



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo
"la palapa", Morelos, Méx.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A

GARCIA GONZALEZ MARIANA ALEJANDRA

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ

México,D.F.

Mayo, 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañándome en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad.

A mi Madre por ser una persona maravillosa e importante en mi vida, estar conmigo en todo momento, apoyarme durante todos mis estudio, porque con su apoyo, cariño y comprensión he podido salir adelante, gracias por esos consejos que me han enseñado que la vida es maravillosa y hay que vivirla al máximo, Gracias por tu fuerza y amor, Te quiero muchísimo.

A Raúl González Espinoza por ser un excelente hermano, por su amor y cariño, apoyarme y darme consejos en todo momento, por compartir momentos tristes pero muchos más felices, por esas peleas que nos acercaban mas, con todo mi cariño, Te quiero.

A el amor de mi vida Manuelito ya que sin su ayuda esto no hubiera concluido tan maravillosamente, por ayudarme en la realización de esta investigación, por llegar a mi vida cuando más lo necesitaba, por ser una persona importante en mi vida, por respetarme, tenerme mucha paciencia, estar conmigo en momentos tristes y maravillosos, por sus consejos y sobre todo por amarme tanto. Te amo con todo mi corazón.

A Víctor Manuel Escogido Caballero, por su apoyo en mis estudios en mis salidas a campo, por ser una gran persona, por querer a mi madre, a mi hermano y a mí.

A mi Padre que a pesar de la distancia siempre estuvo atento para saber cómo iban mis estudios, dándome ánimos para seguir adelante, Te quiero. "lo logre"

A toda mi familia y a cada uno de los que me aprecian, me quieren, me apoyaron y me acompañaron durante esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que me abrió las puertas, me permitió que siguiera con mis estudios, siendo parte de esta la mejor casa de estudios superiores que me permitió alcanzar mis metas profesionales y poderme desarrollar intelectualmente, gracias.

A la facultad de Estudios Superiores Zaragoza por apoyarme en cuanto al inmobiliario laboratorios, equipo, reactivos y materiales que se me otorgaron para concluir satisfactoriamente esta investigación, gracias.

A mi director de tesis el Dr. José Luis Gómez Márquez, por su generosidad al brindarme la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica, por su confianza, su afecto, su grandiosa amistad y regaños, por impulsarme a participar en foros y congresos y por el apoyo a lo largo de todo el trabajo de investigación, muchísimas gracias.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza, por su apoyo incondicional, amistad, consejos, comentarios, asesoría, enseñanzas tanto en laboratorio como en campo, por defendernos y ser nuestra cómplice, gracias.

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago, miembro del comité tutorial por sus comentarios, sugerencias, por su grandiosa amistad, complicidad y peleas de todos los días, gracias.

Al Dr. Ernesto Mendoza Vallejo, miembro del comité tutorial, por ser una grandísima persona, por sus buenos consejos, el apoyo de esta investigación, el ánimo que me brindó, su amistad incondicional, gracias.

Al Dr. Guillermo Artemio Blancas Arrollo, miembro del comité tutorial, por sus observaciones, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación, gracias.

A la Sociedad Cooperativa del bordo "la palapa" en el estado de Morelos, sin su ayuda el trabajo de campo no se hubiera podido llevar a cabo, gracias.

A mis amigos que me acompañaron durante toda la carrera, Edith Sierra Mondragon, Salvador Arellano Velázquez y Claudia García Sánchez, gracias por su amistad, por esas salidas a campo inolvidables, sus consejos y estar conmigo cuando más los necesitaba, gracias.

Gracias también a mis queridos compañeros de laboratorio de limnología por su paciencia, soportar mis malos ratos, su amistad y cariño, gracias.

Y a todas aquellas personas que han estado conmigo en todo momento, a quienes colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, gracias.

INDICE

| | |
|---|-----|
| RESUMEN | 4 |
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| <i>Oreochromis niloticus</i> | 10 |
| ANTECEDENTES..... | 13 |
| ZONA DE ESTUDIO | 21 |
| JUSTIFICACIÓN | 25 |
| OBJETIVO GENERAL..... | 26 |
| OBJETIVOS PARTICULARES..... | 24 |
| MATERIAL Y MÉTODOS | 27 |
| FASE DE CAMPO..... | 27 |
| FASE DE LABORATORIO..... | 28 |
| FASE DE GABINETE | 28 |
| RESULTADOS | 33 |
| PROPORCIÓN SEXUAL | 34 |
| RELACIÓN PESO-LONGITUD | 35 |
| TALLA DE PRIMERA MADUREZ | 41 |
| FACTOR DE CONDICIÓN..... | 42 |
| ÍNDICE GONADOSOMÁTICO..... | 43 |
| ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO | 45 |
| MADUREZ GONÁDICA | 46 |
| FECUNDIDAD | 48 |
| ANÁLISIS MULTIVARIADO DE COVARIANZA (ANAMUCOVA) | 49 |
| BATIMETRÍA Y MORFOMETRÍA..... | 54 |
| PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS | 55 |
| DISCUSIÓN | 63 |
| CONCLUSIONES | 86 |
| BIBLIOGRAFÍA | 88 |
| ANEXO..... | 105 |

RESUMEN

La tilapia (*Oreochromis niloticus*) es una especie que se explota en el bordo "la palapa" en el estado de Morelos, México con un intervalo de las tallas para machos entre 15-25.5 cm de longitud total y 67.1-252.6 g de peso total y de 9.2-20.8 cm de longitud total y 15-147.4 g de peso total para las hembras. La proporción sexual macho: hembra fue de 3.9:1 ($\chi^2= 135.38$; $p<0.05$) favoreciendo a los machos. Los valores de la relación peso-longitud se determinaron por sexo (ANDECOVA, $F=9.91$; $p<0.005$). El tipo de crecimiento para esta especie en el bordo es alométrico negativo ($b<3$), apoyado por la aplicación de la prueba *t-student* (hembras $t = 7.9$ y machos $t = 17.6$; $p<0.05$). La talla de primera madurez para hembras es de 17.2 cm y para los machos de 16.8 cm. Los valores de factor de condición de Clark mostraron que las hembras presentan cierta variabilidad a lo largo del estudio, mientras que los machos se mantienen constantes. Respecto al índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS) se puede observar que la especie en este sistema se reproduce en dos épocas del año, la primera de diciembre-enero (época de secas) y la segunda de abril-junio (inicio de época de lluvias). La fecundidad media fue de 718 ovocitos/pez con diámetros de ovocitos que van de 300 a 3200 μm . Con la finalidad de apoyar las tendencias que se observaron con los indicadores de la reproducción se realizó el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA), aplicando los criterios de García-Berthou y Moreno-Amich (1993). Se calculó la frecuencia porcentual de las fases de madurez gonádica para hembras y para machos de manera mensual, para analizar su comportamiento temporal y su relación con los indicadores biológicos de la reproducción.

Se realizó la morfometría y batimetría del sistema en el mes de junio de 2010, obteniendo una longitud máxima de 380 m, ancho máximo de 146 m, perímetro de 846 m, área superficial de 32666.10 m^2 y volumen de 36999 m^3 , con profundidad máxima de 4 m. En cuanto a los parámetros físicos y químicos no se encontraron diferencias significativas entre niveles ni entre estaciones, por lo que se trabajaron los promedios de estos; temperatura del agua de 22.2 a 28.8 $^{\circ}\text{C}$, conductividad eléctrica de 853 a 1488 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos disueltos totales de 526 a 762 mg/L , oxígeno disuelto de 2.1 a 11 mg/L , pH de 7.8 a 8.5 unidades, dureza de calcio de 116 a 534 $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$, dureza total de 496 a 763 $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$, alcalinidad de 116 a 456 $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ y amonio de 0.22 a 0.91 mg/L , todos los parámetros analizados se encuentran dentro del intervalo recomendado por varios autores para que los organismos tengan un buen crecimiento y desarrollo. Al finalizar este estudio se pudo apreciar que las tallas de los organismos eran mayores a los reportados en otros cuerpos de agua aledaños a este, se cree que estos organismos no se alimentan solo de fitoplancton y zooplancton sino también de detritus debido a la gran cantidad de sólidos en suspensión que se *reportan, lo que provoca sus tallas y pesos altos, y por consiguiente un beneficio para la comunidad pesquera, estos resultados servirán para el diseño y manejo de proyectos acuícolas para el mejoramiento y aprovechamiento del sistema.

INTRODUCCIÓN

El proceso de la reproducción suele ser en general un proceso discreto, es decir discontinuo en el tiempo. Se entiende por reproducción al proceso biológico por el cual las especies se perpetúan y en combinación con los cambios genéticos, aparecen por primera vez características para las nuevas especies (Lagler *et al.*, 1984; Wootton, 1990; Moyle y Cech, 2000). En efecto la mayor parte de la producción de la progenie en una población suele limitarse a un intervalo generalmente corto del periodo de vida de los animales. Aunque la reproducción tiene siempre la finalidad de producir un nuevo organismo; existen maneras diferentes de llevarse a cabo el fenómeno reproductivo entre los peces. Basándonos en varios autores (Lagler *et al.*, 1984; Cailliet *et al.*, 1986; Wootton, 1990; Barnabé, 1996; Moyle y Cech, 2000) y utilizando diferentes criterios, se pueden distinguir los siguientes tipos de reproducción entre los peces:

Atendiendo al origen de los gametos, la reproducción se puede clasificar en bisexual, hermafrodita y partenogenética. La reproducción bisexual es la que prevalece y en la que los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos masculinos y femeninos separados (gonocorístico). La hermafrodita (un tipo de intersexualidad) es aquellas en la que los dos sexos se encuentran en un mismo individuo, existe la autofertilización o verdadero hermafroditismo funcional. (Lagler *et al.*, 1984; Wootton, 1990). La partenogénesis consiste en el desarrollo del óvulo sin fertilización, requiere su apareamiento con un macho, pero el esperma sirve solo para provocar el desarrollo del óvulo y no participa en el proceso de la herencia (Lagler *et al.*, 1984; Rodríguez, 1992; Moyle y Cech, 2000; De Juan *et al.*, 2001).

Teniendo en cuenta el desarrollo de las crías, se puede hablar de reproducción ovípara y vivípara. La mayoría de los peces son ovíparos, es decir, sus hembras ponen los óvulos antes de que estos sean fecundados y el desarrollo del embrión se produce en el interior de un huevo que generalmente se fecunda y deposita fuera del animal. En menor proporción los peces pueden ser vivíparos donde la madre proporciona los nutrientes para el desarrollo de los huevos mientras que los embriones están en los ovarios (De Juan *et al.*, 2001)

Según donde se realiza la fertilización y cuidado de los huevos se pueden distinguir tres tipos de reproducción: a) externa, b) interna y c) superficial. La mayoría de las especies de peces, realizan una fertilización y desarrollo externo; es decir, la unión del espermatozoide con el óvulo tiene lugar en el medio acuático, fuera de los padres. Esta forma de reproducción coincide con la reproducción ovípara. En este tipo de fertilización los peces se pueden dividir en desovadores pelágicos o demersales (Lagler *et al.*, 1984;

Moyle y Cech, 2000). En la fertilización interna la unión de los gametos se produce en el tracto genital de la madre. Esta forma de reproducción coincide frecuentemente con la reproducción vivípara, que se presenta en la mayoría de los peces cartilaginosos y en pocos casos de teleósteos (por ejemplo Poeciliidae). Finalmente existen otros mecanismos evolucionados del cuidado de las crías como son el acarreo de los huevos sobre o dentro del cuerpo de uno de los padres, pero fuera de las vías genitales. Entre estos mecanismos se tiene la incubación bucal (Cichlidae e Ictaluridae) o el transporte de los huevos encima del cuerpo. (De Juan *et al.*, 2001)

Atendiendo a la forma de apareamiento hay tres tipos de reproducción: a) promiscua, b) poligamia y c) monogamia. En la forma promiscua ambos sexos tienen múltiples parejas en una única estación reproductiva. Para los poligámicos se pueden distinguir dos formas la poliginia y la poliandria. En la primera el macho tiene múltiples parejas hembras en una única estación reproductora. En la segunda la hembra tiene múltiples parejas macho en una única estación reproductora (*Poecilia reticulata*, *Microphis brachyurus*) y en la reproducción monogámica las parejas que se aparean permanecen juntas (el cíclido *Microgeophagus ramirezi*, ciprinido *Brachydanio rerio*) (De Juan *et al.*, 2001).

En casi todos los animales la reproducción ocurre durante o después del periodo de crecimiento máximo. En el proceso discontinuo de la reproducción, se puede observar que en la mayor parte de los grupos animales, la intensidad, duración y modalidad en que se lleva a cabo dicho proceso suele ser sumamente variable, incluso para la misma especie. El proceso de reproducción está sujeto a una cantidad de variables extrínsecas e intrínsecas. Como variables extrínsecas se encuentra la relación entre los periodos de luz y oscuridad (fotoperiodo), alimentación, temperatura, corrientes, respuesta inducida por la presencia del sexo opuesto y algunos otros factores medio ambientales. Como variables intrínsecas se consideran los genéticos y los metabólicos y en forma determinada el mecanismo endocrino reproductor (Guzmán, 1982). Se ha reportado que la temperatura y el fotoperiodo son importantes debido a: 1) la acción directa sobre la gametogénesis; 2) la secreción de las gonadotropinas de la hipófisis; 3) la liberación metabólica de las hormonas; 4) respuesta del hígado a la producción de estrógenos durante la producción de vitelogeninas y 5) respuesta de las gónadas a la estimulación hormonal (Lam, 1983; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

La conducta reproductora en la mayoría de los animales es cíclica, en periodos más o menos regulares. La mayoría de los peces, tienen un ciclo anual de reproducción y una vez que han comenzado con él, lo continúan teniendo hasta que mueren, a este proceso se le denomina semilparidad.

Pero existen otras especies que desovan más de una vez en un año y más o menos continuamente a lo que se le denomina iteroparidad (Lagler *al.*, 1984; Miller, 1984; Moyle y Cech, 2000; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

En general los organismos deben responder a los cambios medio ambientales, utilizando la estrategia reproductiva más adecuada para asegurar la supervivencia de la progenie. Esta estrategia mantiene en equilibrio a la población, depende fundamentalmente de aspectos como: supervivencia, fecundidad, densidad de la población, estructura sexual y tiempo de vida (Pianka, 1974). Por lo tanto, el conocimiento sobre los aspectos reproductivos es de gran utilidad para la comprensión de la biología básica de un recurso, siendo la fecundidad y la fertilidad los factores que influyen en la abundancia y recuperación de una población.

La acuicultura ya sea con fines comerciales o como alternativa para la obtención de alimento en zonas rurales, empezó a adquirir en México un marco interesante (Hernández-Avilés y Peña-Mendoza, 1992). El aumento de la producción acuícola en México, entre 2000 y 2002, fue de 16.9%; valor que permitió ubicarlo en 2003 dentro de los 10 productores con mayor crecimiento del mundo. (DOF. 2004).

Particularmente los embalses artificiales se utilizan mucho en actividades piscícolas mediante la introducción de diversas especies dulceacuícolas entre las que destaca la mojarra de origen africano *Oreochromis niloticus*, en los que ha encontrado condiciones favorables que han permitido su introducción en diferentes cuerpos de agua por todo el territorio nacional (Beltrán-Álvarez *et al.*, 1998). Además de que a nivel comercial, muchos productores tratan de diversificarse, dirigiendo sus esfuerzos hacia especies omnívoras como la tilapia *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758 (Bolívar *et al.*, 2004).

Las especies con mayores volúmenes de captura en México en aguas interiores son la tilapia y carpa, las que desde la década de 1970 han superado la captura de las especies nativas. La acuicultura se basa particularmente en el cultivo de 7 grupos de especies introducidas (carpas chinas, tilapias, bagre, trucha, langostinos, ostras japonesas y mejillones) y 5 nativas (camarón blanco del Pacífico, ostra americana, abulón, almejas y langostinos). Las especies que como cultivos tuvieron una mayor contribución al total de su producción nacional fueron ostión 95%, la mojarra 90% y carpa 80%. (DOF. 2004).

La tilapia en pocos años, a partir de su introducción, superó tanto la captura de carpa como su preferencia en el mercado urbano, llegando a ocupar el primer lugar en la producción pesquera de las aguas epicontinentales

mexicanas con más de 70 000 toneladas anuales en promedio (Sugunan, 1997; Anónimo, 2009). En cuanto a la producción de mojarra en México en 1997 fue de 91944 toneladas y en el 2009 disminuyó a 77009 toneladas; Para el estado de Morelos, la producción de mojarra en 1997 fue de 1078 toneladas, producción que disminuyó drásticamente para 2007 al alcanzar solo 161 toneladas e incrementarse nuevamente para el 2009 y obtener 622 toneladas (Anónimo, 2009).

Es por lo anterior que el crecimiento y la reproducción como parámetros poblacionales son de gran interés en el análisis de la pesquería, ya que al conocer las características de una población en un momento dado y junto con otros factores como fecundidad, reclutamiento, vulnerabilidad, captura, etc., estos permitirán integrar modelos predictivos, sobre un recurso pesquero determinado (Galicia, 1976).

La reproducción de la tilapia está muy bien documentada en otros países como África. Un importante número de estudios sobre aspectos biológicos y comerciales de cíclidos en especial de la tilapia han sido estudiados y publicados: Fryer e Iles (1972), Babiker y Ibrahim (1979), Basurto (1984), Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986), Stewart (1988), Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas (1989), Morales (1991), Hernández-Avilés y Peña-Mendoza (1992), Morales (1992), Gómez-Márquez *et al.*, (1993), Castrejón *et al.*, (1995), Palacios (1995), Ramos-Cruz (1995), Gunasekara *et al.*, (1995, 1996, 1997), Admassu (1996), Gunasekara y Lam (1997), Gómez-Márquez (1998), Siddiqui *et al.*, (1998), Rocha y Reis-Henríquez (1998), de Graaf *et al.*, (1999), Peña y Domínguez (1999), Coward y Bromage, (1999), Fawole y Arawomo (2000), Gómez-Márquez *et al.*, (2003), Jiménez y Nepita (2000), Günther y Jiménez-Montealegre (2004), Castro *et al.*, (2004), Peña-Mendoza *et al.*, (2005), Arias-Rodríguez *et al.*, (2006), Jiménez-Badillo (2006), Komolafe y Arawomo (2007), Gómez-Márquez *et al.*, (2008) y Espinosa-Lemus *et al.*, (2009).

Existen dos criterios distintos de clasificación para el grupo de las tilapias: el primero de ellos considera características morfológicas y merísticas, agrupando a las diferentes especies de acuerdo a sus afinidades y colocándolas dentro de una categoría subgenérica (Thys, 1968). El segundo criterio consiste en separar a las especies de esta tribu, no solo basándose en las características morfológicas externas e internas sino, también en sus hábitos reproductivos o alimenticios haciendo un énfasis especial en la conducta del cuidado del huevo y los alevines, en la que pueden intervenir ya sea la madre, el padre o ambos (Trewavas, 1982 y 1983)

La tilapia pertenece a la familia Cichlidae, está representada por cerca de 100 especies y posee un tipo de reproducción bisexual. Son especies aptas

para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales del país. Se encuentran en aguas lenticas principalmente, así como en loticas a orillas de ríos, entre las piedras y plantas acuáticas. La función reproductora corresponde primordialmente al sistema reproductor, compuesto por las glándulas sexuales llamadas gónadas, que son los ovarios en la hembra y testículos en el macho. Todas las especies de tilapia presentan una madurez sexual temprana (Nirchio y Pérez, 2002; Baltazar, 2007).

La tilapia posee gran importancia en la producción de proteína animal en aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo, siendo identificadas como las especies de mayor relevancia para la actividad acuícola. Los principales atributos que presenta la tilapia son: rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y a diferentes salinidades, así como a la habilidad de nutrirse de una amplia variedad de alimentos naturales y artificiales (Yi *et al.*, 1996; De Graaf *et al.*, 1999).

Por todos estos aspectos mencionados, el ciclo reproductivo de la especie en estudio y algunos otros aspectos biológicos son importantes como un eslabón en el ciclo de vida de los peces. Debido a que no es posible explotar una especie acuática sin antes conocerla y sin tomar en cuenta los procesos de reproducción, es por esto que en la presente investigación se llevo a cabo el análisis del comportamiento del ciclo reproductivo de *O. niloticus* en el bordo "la palapa" en el estado de Morelos, por medio de indicadores biológicos.

Oreochromis niloticus

Oreochromis spp. Es el género más importante en la acuicultura debido a que presenta las tasas altas de crecimiento, fácil reproducción y manejo, entre otros factores (Baltazar, 2007), contempla cuatro especies que son *O. urolepis hornorum*, *O. mossambicus*, *O. aureus* y *O. niloticus* (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

La línea lateral en los cíclidos esta interrumpida y se presenta generalmente dividida en dos partes; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que en la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal (García y Calvario, 2007).

Entre las especies más comunes se puede mencionar a *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) pez nativo de África y que ha sido cultivado en estanques desde la antigua época de Egipto (Morales, 1991). En 1978 se trajeron los primeros ejemplares de *O. niloticus* procedentes de Panamá y fueron reclutados en la estación Ciprinícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo y luego fueron enviado al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca, en donde se han mantenido desde entonces (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Descripción morfológica y merística

El cuerpo de estos peces es robusto comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado, con aleta dorsal que tiene de 23 a 31 espinas y radios entre 14 y 29 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial, aleta dorsal XVII-XVIII, la moda XVII,12-13; aleta anal III, 10-11; aleta pélvica 1,5. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal, de tipo cicloideas; la boca es protráctil, mandíbula ancha, a menudo bordeada por labios gruesos con dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos, en otros casos puede presentar un puente carnoso (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio. La coloración del cuerpo es rosada a morado oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro; la cabeza rojo purpura, el vientre rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finas, el color de los ojos es rosado claro y el perfil frontal es convexo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986; Morales, 1991; García y Calvario, 2007) (Figura 1)

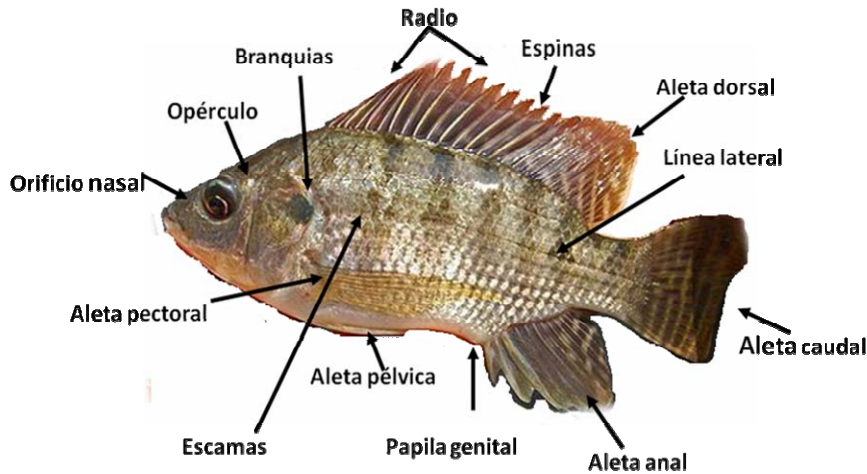


Figura 1. Anatomía externa de *Oreochromis niloticus*

Hábitos alimentarios

Especies omnívoras (que se alimentan tanto de plantas como de animales), principalmente de fitoplancton del cual las diatomeas son un importante componente (Abdulrahman, 1996 y 1997). La parte frontal del hueso faríngeo presenta un área dentada con una menor cantidad de dientes. Se puede apreciar en la parte superior la presencia de dientes bicúspides y en la parte inferior de monocúspides curvados hacia atrás (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989; García y Calvario, 2007).

Crecimiento

Su crecimiento es longitudinal, esto es para todas las etapas de su desarrollo a partir del alevín. El crecimiento también va a depender de varios factores como son: temperatura, densidad y tipo de alimentación principalmente. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 6 a 8 meses, el crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 300 gr (Hepher y Pruginin, 1985; Baltazar, 2007).

Reproducción

El macho desarrolla una coloración muy marcada en la época de reproducción y fija su territorio, tiene un periodo prenupcial corto, el macho es polígamo y usa el nido como un sitio temporal para el cortejo y la fertilización de los óvulos, los nidos tienen la forma de cráteres circulares ligeramente más grandes que la longitud de la hembra. Los óvulos fertilizados son cuidados por la madre manteniéndolos en su boca por espacio de 20 a 30 días en función de la temperatura. Las hembras desovan en repetidas

ocasiones, normalmente una hembra realiza de 4 a 5 puestas en un año en condiciones favorables de temperatura. Cada puesta puede contener entre 200 y 2000 huevos que son de color amarillo naranja (2.2 a 3 mm), no presenta una cubierta adherente. Después de la fertilización, uno o ambos padres vigilan cuidadosamente los embriones en desarrollo hasta que eclosionan y las larvas pueden nadar; por lo tanto, la supervivencia de crías es alta (Morales, 1991; Baltazar, 2007). La hembra presenta las siguientes partes anatómicas externas: uréter, oviducto y ano; y el macho presenta las siguientes partes anatómicas externas: poro urogenital y ano.

Son especies euritermas, siendo sus límites de tolerancia de 12 °C a 42 °C; eurihalinas, ya que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, con límites de tolerancia de 0/00 a 40 partes por mil y en algunos casos, por arriba de esta salinidad. Además, son especies que soportan muy bajas concentraciones de oxígeno disuelto, con un requerimiento mínimo de 0.5 partes por millón (Tenorio-Colín, 2003).

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983), las tilapias existentes en México se clasificaron de la siguiente forma (SEPESCA, 1988):

| | |
|------------|---|
| PHYLUM | CHORDATA |
| SUBPHHYUM | VERTEBRATA |
| SUPERCLASE | GNATHOSTOMATA |
| SERIE | PISCES |
| CLASE | ACTINOPTERYGI |
| ORDEN | PERCIFORMES |
| SUBORDEN | PERCOIDEI |
| FAMILIA | CICHLIDAE |
| GENERO | <i>Oreochromis</i> |
| ESPECIE | <i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1757) |

ANTECEDENTES

Los remanentes fósiles de las tilapias demuestran su existencia, desde hace más de 18 millones de años y un fósil de tilapia estrechamente relacionado con *Tilapia mossambica* ha sido encontrado en depósitos del Pleistoceno en el este de África (Fryer e Iles, 1972; Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo 1986).

Las investigaciones sobre tilapia, fueron iniciadas en África a principios del siglo pasado (1990), época en que Cunnington preparó un inventario de las aguas continentales, abriendo con ello el camino a la labor de Boulenger, quien fue el primero en estudiar la diversidad de la tribu Tilapiini, en una serie de documentos publicados desde 1909 hasta 1916, reconociendo un total de 96 especies encontradas en África (Morales, 1991)

La diagnosis genérica de *Tilapia* fue introducida originalmente por Regan (1920) incluyendo a *Neotilapia* y *Pelmatochromis* (Morales, 1991). En este género Thys (1968) reconoció 80 especies incluyendo algunas subespecies, la mayoría de ellas agrupadas en tres secciones y 15 subgéneros, integradas en unidades morfológicas con un número de especies muy relacionadas y generalmente alopátricas (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Trewavas en 1973 en forma radical creó dos géneros distintos *Tilapia* y *Sarotherodon* basando sus diferencias fundamentalmente en los hábitos reproductivos y alimenticios de las especies de estos géneros. La misma Trewavas (1982), decidió separar a la tribu Tilapiini en cuatro géneros; *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y *Dankilia* partiendo de los nuevos conocimientos sobre la conducta y el desarrollo de los incubadores bucales maternos, nombre que fue asignado prioritariamente a *Oreochromis hunteri* por Gunther en 1889 (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986) analizan la situación taxonómica actual de las distintas especies de tilapias introducidas en México, refiriéndose a la problemática de su manejo, cultivo y fomento debido al estado de confusión que guarda su posición taxonómica y señala la agrupación infragenérica que se utilizan para clasificarlas, reconoce cinco especies distintas, además de una línea genérica albina y de híbridos, proporcionan una diagnosis de la tribu Tilapinni y presenta una clave para la identificación de las diferentes especies introducidas.

Arreguín-Espinosa y Uribe-Alcocer (1989), informa de los estudios citogénéticos llevados a cabo a fin de establecer un cariotipo patrón, auxiliado por técnicas de bandas tipo G para las especies *Oreochromis urolepis hornorum* y *O. mossambicus*, así como en su híbrido, provenientes de

las estaciones piscícolas "El Rodeo" y "Zacatepec" del Estado de Morelos. En los estudios realizados no se detectaron marcadores cromosómicos útiles en la acuicultura, pero se enfatiza el potencial de las tilapias para producir líneas híbridas mejoradas de valor alimentario incrementado.

Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas (1989), realizaron la descripción macro y microscópica de los huesos faríngeos de cinco especies de la tribu Tilapiini introducidas en México, como una alternativa para corroborar su identificación taxonómica. Las especies estudiadas presentaron diferencias en cuanto a la estructura del aparato mandibular, que pueden ser importantes para separarlas.

Alvarado *et al.*, (1990), trabajaron en el lago "El Rodeo", Morelos, sobre algunos aspectos reproductivos de mojarra *Oreochromis mossambicus* y establecieron que la proporción de sexos de la población fue 1:1. La fecundidad de la hembra se vio influenciada por la longitud (86.142%) y no por el peso (75.68%), con un número mínimo de 500 óvulos por desove. Determinaron la existencia de tres épocas reproductivas (primavera, verano e invierno).

Getabu (1992), obtuvo datos de distribución de frecuencia longitud colectados en el lago Victoria, se estimaron parámetros de crecimiento, mortalidad total, índices de crecimiento en *Oreochromis niloticus*. La longitud asintótica (L_{∞}) y mortalidad total (Z), fueron estimadas a ser 64.6 cm y 3.219 respectivamente, K fue de 0.254 año⁻¹ y Z de 0.818 año⁻¹

Gómez-Márquez *et al.*, (1993), describen algunos aspectos de la reproducción de *O. mossambicus* en la laguna de El Rodeo, Mor. Mencionan que la longitud de primera madurez gonádica fue de 6.4 cm para las hembras y de 6.8 cm para los machos; el número de óvulos por desove individual fue menor a 500 y se registraron tres épocas de reproducción, con máxima intensidad en verano.

Ramos-Cruz (1995), realizó un estudio sobre la producción y crecimiento de mojarra-tilapia *Oreochromis aureus* en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México. Obtuvo que la población la conformaban el 72.2% machos y 27.8% hembras. La proporción sexual fue de 2,6:1 (machos: hembras); la especie alcanza la primera madurez sexual a los 235 mm de longitud total, además detectó tres periodos de reproducción: de enero a abril, de junio a julio y de septiembre a noviembre.

Admassu (1996), estudio la temporada de reproducción de *O. niloticus* en el lago Awassa. Peces de varios estadios de desarrollo de gónadas fueron capturados casi todos los meses, pero la reproducción fue más frecuente

dos veces al año, el máximo se obtuvo durante enero-marzo asociado con el incremento de la radiación solar y horas de sol y el segundo en julio-septiembre asociado con fuertes precipitaciones fluviales. El índice gonadosomático tuvo dos picos durante todo el estudio enero-marzo y uno menos pronunciado en julio-septiembre.

Abdulrahman (1996 y 1997), estudio la tilapia *O. niloticus* y reporta que esta especie presenta con base en la relación peso-longitud un crecimiento alométrico negativo, además de que estos peces consumen una dieta de algas en la que dominan los grupos de Chlorophyta, Cyanophyta y Chrysophyta.

Arul (2000), realizó una investigación donde demostró que existen problemas productivos en el manejo de la reproducción. Encontró que los reproductores más jóvenes son de 1-2 años y la relación hembras: machos de 2:1 o 3:1 son más productivas que los reproductores más viejos y razones más elevadas, respectivamente. También se ha demostrado claramente que el *destete* o separación de los huevos y alevines con saco vitelino que las hembras mantienen en su boca, tiene como resultado una enorme mejora de la productividad de semilla. Se han realizado numerosos avances tecnológicos que pueden aplicarse en la acuicultura práctica dependiendo de la viabilidad económica de las soluciones derivadas de dichos avances.

Peña y Domínguez (1999), estudiaron el efecto de tres condiciones de fotoperiodo (12:12 luz/oscuridad, 24/0 luz/oscuridad y 0/24 luz/oscuridad) sobre el crecimiento en longitud patrón, peso total, desarrollo gonadal y concentración de monoaminas en el hipotálamo de *Oreochromis niloticus*. Los resultados muestran que no existe diferencia en el crecimiento de la tilapia cuando se somete a diferentes fotoperiodos. El IGS de las hembras expuestas a condiciones de oscuridad continúa fue mayor para aquellas que se encontraban en fotoperiodo de 12h luz/12h oscuridad. Los resultados apoyan que existe diferencia sexual y por exposición a los diferentes fotoperiodos en el mecanismo neuroendocrino que regula la maduración sexual de la tilapia.

Duponchelle y Legendre (2000), estudiaron a *Oreochromis niloticus* de octubre 1994 a octubre 1996, con respecto a su tamaño y edad de primera madurez sexual, temporada de reproducción, fecundidad y tamaño de los ovocitos. La época de reproducción fue de enero a septiembre con un pico entre abril-mayo y julio. La edad de primera madurez fue a los 10 meses a un tamaño entre 11.6 cm y 13.5 cm. La cantidad de ovocitos fue poca (343 a 416) peso medio (7.7 a 7.9 mg), se discuten y relacionan los resultados debido a una competencia con *S. melanotheron*.

Gómez-Márquez *et al.*, (2003), realizaron una investigación de proporción de sexos, talla de maduración, estado de maduración, fecundidad y diámetro de ovocitos de *Oreochromis niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos, México. El estudio se llevó a cabo de enero a diciembre de 1993. La proporción de sexos (macho: hembra) fue aproximadamente 1:1.02. La talla de maduración fue 117 mm en machos y 120 mm hembras. La fecundidad fluctuó entre 114 y 709 ovocitos con diámetro desde 1000 a 3000 μm , el índice gonadosomático y hepatosomático indican que la especie se reproduce en verano e invierno.

Ingle de la Mora *et al.*, (2003), evaluaron algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación utilizado en la acuicultura, sometido a distintas cargas de biomasa de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* y de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss*. Los peces fueron alimentados durante 120 días dos veces al día con el 2% de su biomasa total. Los bajos valores detectados de amoníaco se debieron al arrastre eficiente hacia la atmósfera (50% amoníaco y más del 90% respectivamente). Otras posibles causas que contribuyeron a la eliminación de los compuestos nitrogenados, fueron la asimilación por microorganismos presentes en los lodos acumulados en la cisterna de sedimentación, además de la absorción y la adsorción por los lodos. Los resultados mostraron que la calidad del agua mantenida en el sistema permitió el 99% de sobrevivencia de ambas especies y una tasa de crecimiento aceptable.

Khallaf *et al.*, (2003), estudiaron para *O. niloticus* la relación longitud-peso, factor de condición, edad, crecimiento, mortalidad, índice gonadosomático y fecundidad en el canal Shanawan en Egipto. Colectaron 162 organismos de abril de 1992 a mayo de 1993. Se encontró una madurez sexual temprana (8-9 cm), fecundidad (1,234-3,893 ovocitos) y alta mortandad (91% para machos y 94% para hembras). Los resultados obtenidos se discutieron y encontraron una atribución de efecto de eutrofización y contaminación afectando el crecimiento, edad y otros aspectos biológicos. El análisis múltiple de correlación mostró que el IGS en las hembras está correlacionado con pesticidas y contaminación con metales pesados.

Bwanika *et al.*, (2004), estudiaron la dieta, los caracteres de la historia de vida y la abundancia de *Oreochromis niloticus* de dos lagos cráter en Uganda occidental (lago Nyamusingiri y lago Kyasanduka) que difieren en su historia por la presión de pesca de *O. niloticus*. En ambos lagos, el tamaño máximo y el tamaño en la madurez eran pequeños en relación a otros cuerpos más grandes en la región. En ambos lagos la dieta era sobre todo herbívora; con el fitoplancton dominando en la dieta.

Castro *et al.*, (2004), evaluaron el crecimiento de alevines de tres especies de tilapia: *Oreochromis aurea*, *O. niloticus* y *O. mossambicus*, en condiciones de estrés por altos niveles de CaCO_3 en el agua. Se midieron porcentaje de mortandad al momento de la siembra y durante el periodo de cultivo, peso y longitud de los peces a los 30, 60, 90 y 120 días de cultivo. Fueron alimentados dos veces al día con alimento comercial. El estudio se realizó en la comunidad de San Antonio Nanahuatipam, región de la Cañada del Estado de Oaxaca. Los resultados muestran que la especie *Oreochromis mossambicus* presentó un 3.3% de mortandad durante el periodo de evaluación, obtuvo el mayor crecimiento con una longitud de 20.17 cm seguida por *O. niloticus* con 16,53 cm y *O. Aurea* con 15,21 cm a los 120 días *O. mossambicus* demostró su mayor crecimiento con 46,6 g, seguida por *O. niloticus* con 26,1 g y *O. Aurea* con 21,5 g, mostrando diferencias significativas ($p < 0,05$).

Jiménez-Badillo (2004), para la pesquería de tilapia en la presa Infiernillo, México utilizó modelos holísticos y analíticos para analizar la pesquería en embalse; los modelos de Schaefer y Fox permitieron entender la situación de la pesquería en el pasado, mientras que el estado actual del stock fue analizado aplicando los modelos de Beverton y Holt, análisis de cohortes de Jones y Thompson y Bell. A través de procesos de simulación se establecieron propuestas para el manejo de la pesquería. Actualmente la pesquería se encuentra en un estado deteriorado y registra un rendimiento máximo sostenible de 8 698 toneladas. La incidencia de la pesca es sobre organismos en estado reproductivo. Se demostró que los modelos holísticos y analíticos son herramientas útiles en la evaluación de pesquerías en embalses.

Peterson *et al.*, (2004), revisaron aspectos de la biología del reclutamiento reproductivo de *Oreochromis niloticus* recolectados en la línea divisora de las aguas del río de Pascagoula y del Bayou de Simmons, un sistema de marea de la Bahía de Biloxi, Mississippi. El índice gonadosomático (IGS) para los machos y hembras indicó que la reproducción se realiza a lo largo de todo el año con una intensidad creciente de marzo a mayo y en el verano tardío de agosto a septiembre. La fecundidad baja es compensada más a fondo por la capacidad adaptativa de las crías a través de su estación reproductiva a lo largo de todo el año.

Saíto-Quezada (2004), estimó la edad y crecimiento en *Oreochromis niloticus* de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México, mediante la lectura de anillos de crecimiento en otolitos. Los resultados presentados muestran una mayor proporción de machos en comparación con hembras (2:1, $\chi^2=47.78$, $p < 0.05$); el tipo de crecimiento mostrado por los datos indica una tendencia alométrica negativa. El análisis de borde e incremento marginal en otolitos mostraron dos periodos de formación de diciembre a febrero y otro de noviembre a enero.

Manríquez-Ledesma (2005) determinó la edad y el crecimiento para *Oreochromis niloticus* en el lago de Coatetelco, Morelos, México. Los resultados obtenidos indican una mayor proporción de machos sobre hembras (8.85:1, $\chi^2=219.2$; $p<0.05$), el tipo de crecimiento con base en la relación peso total-longitud total, es alométrico negativo; en hembras se observa alométrico negativo con tendencia a la isometría y en machos se aprecia un mayor crecimiento en longitud que en peso.

Peña-Mendoza *et al.*, (2005), analizaron la temporada de reproducción de tilapia por medio de muestras mensuales en la presa Emiliano Zapata. Con muestreos de 50 peces mensuales, la proporción de sexos fue 1:1.29 (hembras: machos) ($\chi^2=10.26$; $p<0.05$). Alcanza la madurez a los 151.3 mm en hembras y 152.0 mm en machos. Agosto y febrero son la temporada de reproducción. La variación de fecundidad estuvo mejor relacionada con la longitud ($r=0.7473$ $p<0.002$) que con el peso ($r=0.7395$; $p<0.002$). El intervalo de fecundidad estuvo entre 243 y 847 ovocitos por organismo con diámetros entre 300 a 3700 μm .

Britton y Harper (2006), reportaron el comportamiento de la constante b en la relación peso-longitud ($W=a L^b$) para 10 especies de peces muestreados en dos lagos en el Valle de Kenya, en uno de los lagos se encontraban dos especies introducidas al este de África (*Micropterus salmoides*, *Cyprinus carpio*) y tres especies nativas de África (*Tilapia zilli*, *Oreochromis leucostictus*, *Barbus paludinosus*) y en el otro lago todas las especies eran nativas (*Oreochromis niloticus*, *Labeo cylindricus*, *Barbus intermedius australis*, *Barbus lineomaculatus*, *Clarias gariepinus*) y llegaron a la conclusión que los valores de b para todas las especies están entre 2.90 y 3.22.

Jiménez-Badillo (2006), comparó la edad de los organismos con diferentes métodos. El método no-lineal fue considerado el mejor modelo poblacional con las variables más altas. Los parámetros de estimación fueron $L_{\infty}=479$ mm, $k=0.46/\text{año}$, $t_0= -0.055$ año. Dominaron los juveniles con menos de 1.5 años. La pesquería afecta el crecimiento de la población de tilapia porque son capturados antes de la reproducción.

Kolding (2006), observó los aspectos dinámicos de la población de la tilapia del Nilo alrededor del Golfo de Ferguson en el lago Turkana. Evaluó la temporalidad, las variaciones inter-anales en la abundancia y los cambios en el tamaño según la talla de primera madurez. Con esto se logró una comprensión clara de los mecanismos de regulación aunque los cambios estacionales en la hidrología de los refugios de *O. niloticus* parecen desempeñar un papel importante, ya que toman en cuenta los impactos y las correlaciones de la productividad primaria y de los depredadores.

Getinet y Amrit (2007), caracterizaron la variabilidad en la reproducción de hembras de *O. niloticus* de una población de 68 individuos durante 12 meses en un estanque. Las hembras se agruparon de dos maneras; en un grupo de alta procreación (HSF) y de baja procreación (LSF), de esta manera ellos sugirieron que la actividad de procreación en las hembras es consistente dentro de las poblaciones donde predomina un ambiente común, así como además el peso corporal no influye en el número de ovocitos producidos por las hembras. Con este estudio se llegó a la conclusión de que la separación entre grupos podría ser una importante estrategia para improvisar la producción comercial de la tilapia.

Komolafe y Arawomo (2007), estudiaron a *Oreochromis niloticus* en el embalse Opa en Nigeria, con 1430 organismos. y obtuvieron los siguientes resultados; diámetro de los ovocitos de 2.12 mm y 2.69 mm con una media de 2.47 ± 0.02 mm, el IGS en hembras fue de 1.34 ± 0.01 y para machos de 0.39 ± 0.02 . Se encontró que las hembras si cargaban los ovocitos en la cavidad bucal, la proporción fue 1:1; la fecundidad fue de 73 a 1810 ovocitos por hembra, con una media de 815 ovocitos.

Gómez-Márquez *et al.*, (2008), determinaron la edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus*, utilizando 1039 especímenes colectados en un lago tropical somero de México, de Enero a Diciembre 1993. El intervalo de longitud patrón para las hembras fue de 9 a 16.5 cm y en machos de 8.9 a 14.8 cm. En la relación longitud-peso se obtuvo $P=0.1207L^{2.469}$. Los datos de la edad derivados de la lectura del hueso opercular, fueron usado para estimar los parámetros de crecimiento con la ecuación de von Bertalanffy $L_{\infty}=17.88$ cm, $K=0.3409$, $t_0=-1.543$ y $W_{\infty}=149.21$ g. El ejemplar más viejo de machos y hembras fue de 2.5 años, la proporción (hembra: macho) fue 1:1 ($\chi^2=0.02$, $p>0.05$).

Martir-Mendoza (2008), estudió y analizó el impacto e influencia económica y social que representa para cada municipio la actividad pesquera desarrollada en la presa Melchor Ocampo, Michoacán, el número de pescadores que radican permanentemente en cada municipio, ubicación de los centros de recepción y los centros de procesos de la tilapia.

Sastre (2008), analizó algunos aspectos poblacionales y pesqueros que permitieron evaluar el estado de la producción de tilapia en la presa Emiliano Zapata en el estado de Morelos, con base en los resultados la proporción sexual macho: hembra fue 8.77:1 ($\chi^2=501.136$, $p>0.05$), el tipo de crecimiento es alométrico negativo, el valor de factor de condición mostró una adecuada condición para hembras y machos. Respecto al índice gonadosomático y hepatosomático se encontró que se reproduce de dos

épocas: julio a septiembre y de enero a marzo. La longitud de primera madurez de machos osciló entre 15.07 y 17.9 cm y para hembras de 16.6 a 17.9 cm. Utilizó el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA) para reforzar los resultados obtenidos a partir de los índices gonadosomático y hepatosomático.

Beltrán- Álvarez (2010), realizó un estudio sobre la edad y crecimiento de *O. aureus* en la presa Sanalona en Sinaloa. Se midió la longitud total (Lt), el peso total (Pt), el sexo y la madurez gonádica. La edad se determinó mediante lecturas de marcas de crecimiento en escamas y su validación se realizó mediante el índice marginal e índice gonadosomático. Las tallas y pesos variaron de 125 a 345 mm y de 40 a 671 g respectivamente. El crecimiento en longitud y peso se describe mediante las ecuaciones de von Bertalanffy: $Lt = 416 [1 - e^{-0.3682 (t+0.4975)}]$ y $Pt = 1323[1 - e^{-0.3682 (t+0.4975)}]^{3.0652}$.

ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en el estado de Morelos el cual se encuentra situado en la parte central de México, en el vertiente Sur de la Serranía del Ajusco y dentro de la cuenca del Río Balsas; colinda al norte con el Distrito Federal y el estado de México, al sur con Guerrero, al este con Puebla y al oeste con el Estado de México y Guerrero

El bordo “la palapa”, se encuentra ubicado en el municipio de Ayala en el estado de Morelos. El municipio de Ayala, se encuentra en la parte central del estado y el bordo “La palapa” se ubica entre los 18° 43'4.9” latitud norte y los 98° 54'39.7” longitud oeste, a 1220 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con los municipios de Jaltepec, Cuautla y Yecapixtla, al sur con Tepalcingo y Tlaquiltenango; al este con Temoac, Jantetelco y Jonacatepec y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec. Tiene una extensión territorial de 345.688 kilómetros cuadrados y representa el 6.97% con respecto a la superficie del estado. (Figura 2 y 3) (SEGOB, 2005)

CLIMA: Presenta un clima Awo(w)(i')gw” cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 25° C, la precipitación máxima se presenta en los meses de junio a octubre, con lluvias que oscila entre 190 y 200 mm y la mínima en los meses de diciembre febrero y marzo con un valor de 5 mm. El viento tiene una dirección de noreste a suroeste (García, 2004)

HIDROGRAFÍA: Este municipio se beneficia con la afluencia de la microcuenca del río Cuautla, del río Ayala que se favorece con los escurrimientos de las barrancas, El Hospital y Calderón. La vegetación es Selva Baja Caducifolia, principalmente se encuentra huizache (*Acacia sp*), caahuate (*Ipomoea wolcottiana*), tulipán (*Tulipa sp.*), amate (*Ficus glabrata*), acacia roja (*Delonix regi*), copal (*Bursera fagaroides*), tepehuaje (*Lysiloma acapulcensis*), frutales tales como chirimoya (*Annona cherimola*), mamey (*Mammea americana*) y ciruelo (*Prunas sp.*)(SEGOB, 2005).

La fauna también es muy variada, entre ellos tenemos al mapache (*Procyon sp*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), zorrillo (*Mephitidae sp*), armadillo (*Dasypodidae sp*), zarigüeya (*Didelphimorphia sp*), coyote (*Canis latrans*), zopilote (*Coragyps atratus*), lechuza (*Tytonidae sp*), gavilán (*Accipiter nisus*), iguana (*Iguana sp*) y escorpiones (*Escorpionida sp*) (S.P.P., 1981). Las familias de peces presentes en el cuerpo de agua se encuentran *Suluridae*, *Poecillidae* (*Poecilia sphenops*, *Poeciliopsis gracilis*, *Heterandria bimaculata*) y *Cichlidae* (*Oreochromis niloticus*). Estos registros son visuales de las observaciones en campo y no están documentadas para este cuerpo de agua (SEGOB, 2005).

SUELO: Los tipos de suelos que predominan en el municipio son Chernozem, Castañozem, Feozem háplico, Litosol y Vertisol pélico, compuesto generalmente de rocas sedimentarias clásicas (S.P.P., 1981).

AGRICULTURA: En los alrededores del sistemas se basa principalmente en cultivos de maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum spp*), cebolla (*Allium cepa*), arroz (*Oryza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*) y caña (*Saccharum sp*) (SEGOB, 2005).

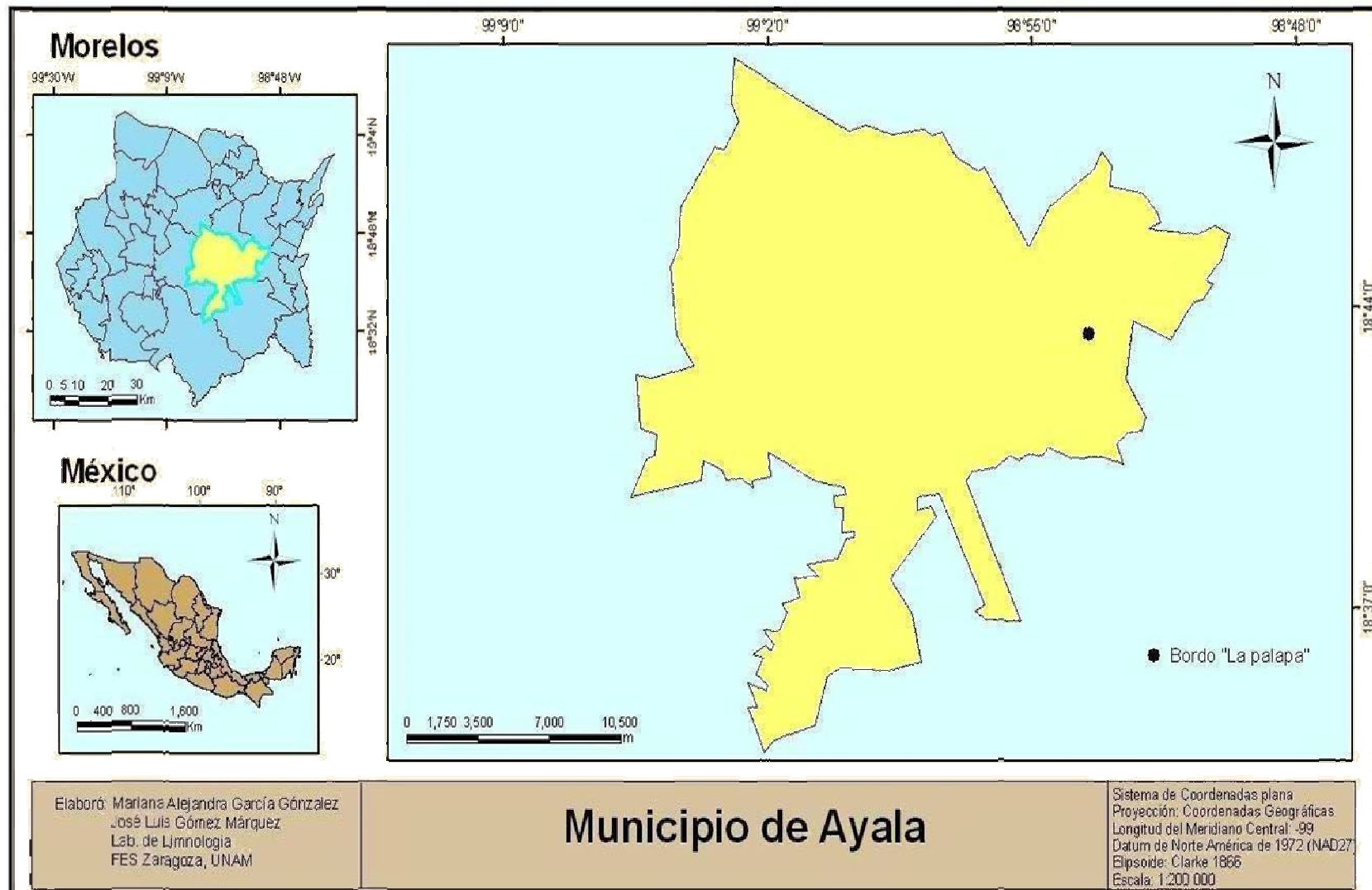


Figura. 2. Ubicación geográfica, firma y orientación del municipio de Ayala, Estado de Morelos Méx.

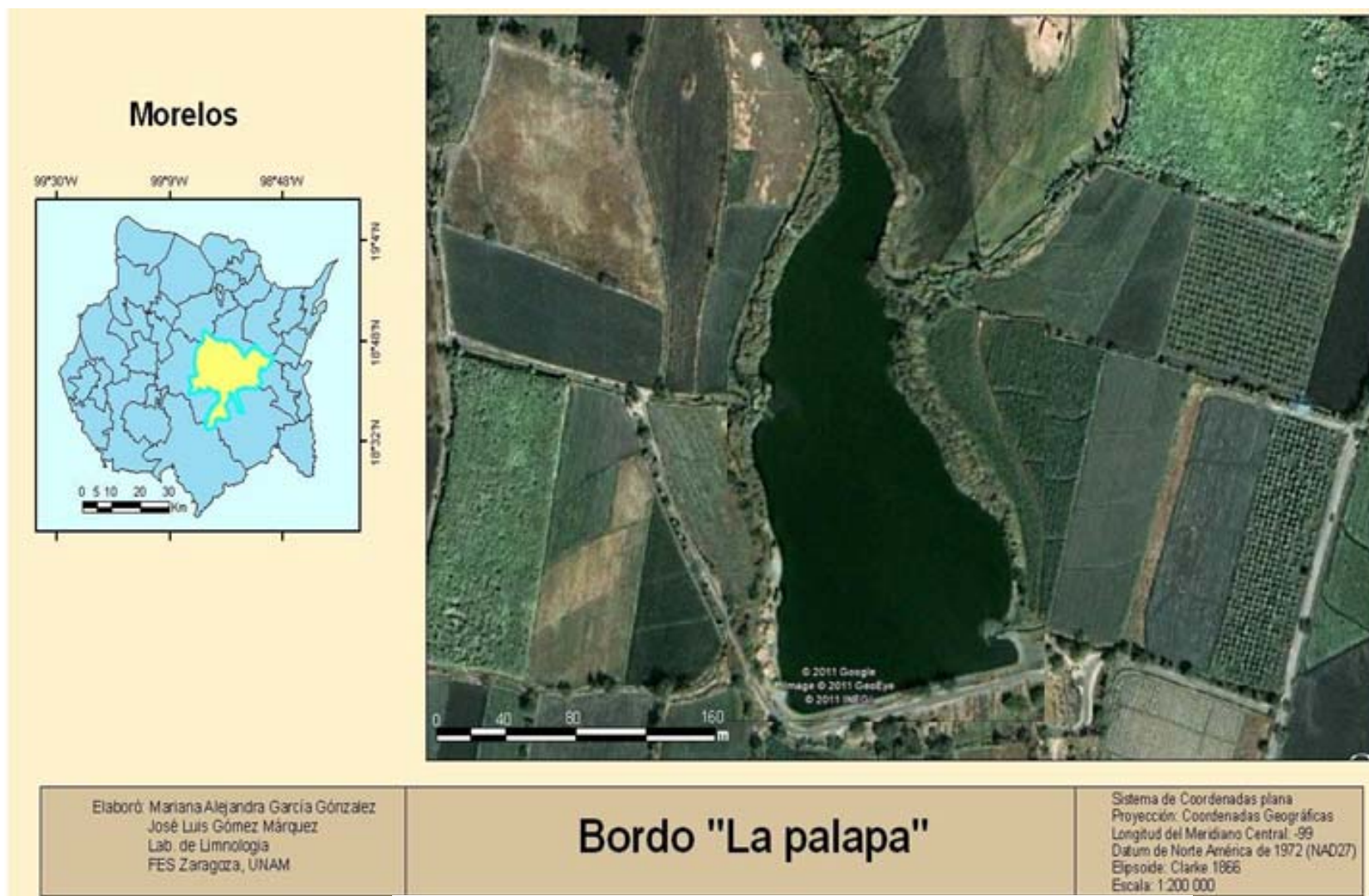


Figura. 3. Ubicación geográfica, firma y orientación del Bordo "La palapa"

JUSTIFICACIÓN

El propósito de este trabajo está encaminado al conocimiento sobre los aspectos reproductivo que son de gran utilidad para la comprensión de la biología reproductiva de los peces, siendo la reproducción un proceso biológico importante para conservar y explotar el recurso acuícola. Es importante realizar este tipo de estudios en México en especial en el cuerpo de agua “la palapa” en el municipio de Ayala en el estado de Morelos, ya que no se tienen hasta el momento reportados estudios en este sistema que es importante para el manejo y la explotación de la pesquería de esta especie y de otras que se obtienen en la captura y que se lleva a cabo por parte de los pobladores de Xalostoc. La tilapia es uno de los recursos que se explota por estas comunidades y de acuerdo a esto, este tipo de estudio está enfocado a conocer las características biológicas de la especie, así como analizar la estructura poblacional por tallas o edades, la variación de la captura y el esfuerzo a que se ve sometido el recurso y a largo plazo, además esta situación puede ser acrecentada por la influencia de las condiciones ambientales sobre los parámetros poblacionales. Por todo esto, es importante, llevar a cabo estudios sobre la reproducción de *Oreochromis niloticus* en el sistema, aplicando métodos adecuados en la producción extensiva para beneficio de las comunidades aledañas.

OBJETIVO GENERAL

Conocer el comportamiento del ciclo reproductivo de *O. niloticus* por medio de indicadores biológicos

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la proporción sexual que presenta la especie en el sistema de manera temporal y anual.
- Determinar la época o estación de reproducción por medio del índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y la madurez gonádica.
- Determinar la talla de madurez sexual así como la fecundidad relativa como índices de reproducción.
- Analizar la relación peso-longitud y fecundidad-talla-peso para la población y por sexo, así como la condición de los organismos en el sistema.
- Realizar el análisis de los parámetros físicos químicos y biológicos del agua (profundidad, visibilidad al disco de Secchi, Temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza, amonio y clorofilas) y relacionarlos con las características reproductivas de *O. niloticus*.
- Emplear el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA) como método alternativo de los índices tradicionales (Índice gonadosomático e índice hepatosomático) para estudiar el ciclo reproductivo.

- **MATERIAL Y MÉTODOS**

El proyecto se dividió en tres fases

- I. Fase de campo
- II. Fase de laboratorio
- III. Fase de gabinete

I.- FASE DE CAMPO

Se realizaron colectas de 30 a 40 organismos mensuales de septiembre 2009 a agosto 2010 obtenidos de la captura comercial con una atarraya de 6.5 cm de luz de malla y a cada uno se le realizó la siguiente biometría (ver anexo): longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura (A) con un ictiómetro con precisión de ± 1 mm, peso total con balanza digital (marca Ohaus Triple Beam, peso máximo de 300g, precisión de ± 0.1 g) y el sexo por medio de la exposición directa de las gónadas, lo cual se hizo mediante un corte ventral desde la abertura anal hasta la cintura escapular del organismos para obtener el peso de las gónadas, el hígado, el tracto digestivo, el peso eviscerado y se determinó el estadio gonádico con base en la escala de madurez incluida en Holden y Rait (1975) (véase anexo).

Se tomó la hora, porcentaje de nubosidad y se georreferenció el sistema en estudio, se tomaron muestras mensuales de agua en dos estaciones en la entrada y salida del sistema a dos niveles de profundidad (0.30 y 1.0 m) debido a la poca profundidad del sistema, con una botella Van Dorn de dos litros de capacidad. Se almacenó en botellas de polietileno de un litro de capacidad a una temperatura aproximada de 4°C y se transportaron al laboratorio para su posterior procesamiento. Se determinó la transparencia y la profundidad máxima del sistema con el disco de Secchi, la temperatura del agua y ambiental con un termómetro de mercurio de ± 1 °C, oxígeno disuelto por medio del método de Winkler modificación de azida, pH y conductividad con un multiparámetros (marca HANNA modelo HI 991300), alcalinidad por el método de indicadores y dureza total por el método complejométrico (Wetzel y Likens, 1991; APHA, AWWA y WPCF, 1992).

Batimetría y morfometría: la batimetría se realizó con cinco transectos perpendiculares a lo largo del sistema. Los transectos se dividieron en segmentos de 20 metros y, en cada uno de esos puntos se midió la profundidad con la ayuda del disco de Secchi. La morfometría se realizó por medio del método de segmentos orientados mediante el uso de una brújula marca Bruonton, siguiendo el criterio de Welch (1948) y tomando como referencia el punto visado y con la ayuda de la imagen satelital de Google earth (2009), todos los datos fueron introducidos al programa ArcView 9.3 para obtener el mapa batimétrico y calcular el área y volumen del sistema.

FASE DE LABORATORIO

A las gónadas de hembras y machos se les registró la longitud total y diámetro, además a los ovarios se les realizó el conteo de los ovocitos, así como la medición de los mismos con ayuda de un estereoscopio y del programa Motic Images Plus ver. 2.0 (2005), para determinar la fecundidad relativa (Bagenal, 1978; Granada, 2002; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005) y fecundidad media (Shoesmith, 1990) la cual se basó en las células que se observan dentro de los ovarios.

Se realizaron los análisis de agua: amonio por el método del azul de indofenol (fenato), clorofilas por el método espectrofotómetro (Cervantes, 1984 y Contreras, 1994).

FASE DE GABINETE

Los datos de los peces capturados fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos:

Proporción de sexos: Este se determinó con el número total de los individuos y calculando el porcentaje de hembras y machos. Para comprobar que no existe diferencia significativa se realizó una prueba de bondad de ajuste de chi-cuadrada χ^2 ($p < 0.05$) de manera mensual y anual.

Relación peso-longitud: Es importante para el estudio del ciclo de vida de una especie, conocer su crecimiento en longitud y peso, puesto que poblaciones de una misma especie pueden presentar tasas diferentes de crecimiento ponderal (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$P = aL^b$$

P=peso del individuo
L=Longitud organismo
a y b= cte.

La ecuación se transformó en forma lineal mediante el uso de logaritmos (base 10 o neperianos), por lo que se tiene:

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

Si $b=3$ el crecimiento es isométrico y si $b \neq 3$ es alométrico. Se usó una prueba de *t-student* para probar si un valor de b calculado por medio de la relación peso-longitud es significativamente diferente de 3. La ecuación utilizada para obtener el estadístico de t es (Pauly, 1984):

$$t \text{ student} = \frac{e.s_x}{e.s_y} * \frac{b-3}{\sqrt{1-r^2}} * \sqrt{n-2}$$

$e.s_x$ = desviación estándar del log de Longitud

$e.s_y$ = desviación estándar del log de Peso

n = número de organismos

r = coeficiente de correlación

El valor de b es diferente de 3 si el valor de t calculado es más grande que el valor de tablas con $n-2$ grados de libertad.

Talla de primera madurez sexual: Se entiende por madurez sexual, a la capacidad que tienen los peces para reproducirse. Se les considera sexualmente maduros, cuando las gónadas salen de su latencia y empiezan a desarrollarse, lo cual es evidente con la aparición de los ovocitos y espermatozoides en diferentes fases de desarrollo, así como cambios morfológicos de las gónadas; ésta representa la longitud a la cual el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros (Cailliet *et al.*, 1986; King, 1995).

$$P = \frac{1}{(1 + \exp^{-r(L-L_m)})}$$

P = proporción de peces maduros

L =Longitud patrón

L_m =longitud media

r =pendiente de la relación

Factor de condición (K): Es una herramienta importante indicadora del bienestar o robustez de la población de peces. El factor de condición fue expresado matemáticamente por Clark (1928) el cual sugiere el cálculo a partir del peso eviscerado (Nikolsky, 1963).

$$K = (Pe / L^b) X 100$$

K =Factor de condición

Pe =peso eviscerado

L =longitud total

b =pendiente de relación peso-longitud

Usando el factor de condición de Clark es posible definir la verdadera condición del pez sin el efecto de los pesos de la gónada y el contenido

intestinal que puedan enmascarar la verdadera dinámica de la condición del pez de ahí que se recomienda utilizar este factor de condición (Nikolsky, 1963).

Índice gonadosomático (IGS ó IG): se utilizó para seguir el ciclo reproductivo de una especie en un año a intervalos mensuales o de menor tiempo. Este índice asume que el ovario incrementa en tamaño conforme aumenta el desarrollo y compara la masa o peso de la gónada (PG) con la masa total del animal (PE) (King, 1995; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$IGS = 100(PG / PE)$$

PG=peso de la gónada

PE=peso eviscerado

Índice hepatosomático (IHS ó IH): es la relación que existe entre el peso del hígado (PH) y el peso del pez. Es específica para hembras, ya que el hígado segrega vitelogéninas exógenas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo. Es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove, siendo un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992).

$$IHS = 100(PH / PE)$$

PH=peso del hígado

PE=peso eviscerado

Estadios de maduración: se refiere al grado de maduración de los ovarios y testículos, los cuales fueron determinados por medio de la escala de madurez insertada en Holden y Rait (1975). Se graficó la proporción de estadios gonádicos por mes y por sexo para observar el comportamiento de este proceso.

Fecundidad relativa: es expresada como el número de ovocitos producidos por unidad de biomasa de hembras; es un parámetro de gran interés no solo característico de la población, sino también como término fundamental en los modelos de dinámica poblacional. Para su determinación se realizó una regresión entre los datos de longitud patrón, peso y número de óvulos (Bagenal, 1978; Granado, 2002; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$F = a X^b$$

F=fecundidad relativa

X=longitud patrón (cm) o peso total (g)

a y b=constantes

Fecundidad media: es el número promedio de ovocitos en el ovario antes del desove y se determina por la siguiente expresión (Shoesmith, 1990):

$$\Phi_{DS} = \frac{1}{n \sum_{j=1}^n \hat{AL}_j^b}$$

Φ_{DS} =fecundidad media

n= total de población de relación de la longitud con el numero de ovocitos
a y b = parámetros que pueden ser estimados de la regresión lineal de mínimos cuadrados del log de fecundidad y el Log de L longitud patrón
L= longitud patrón

Análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA). Un paso adicional en la complejidad del análisis reproductivo de las especies acuáticas es el método propuesto por García-Berthou y Moreno-Amich (1993), los cuales proponen que en lugar de tener una sola variable de respuesta en el método lineal, todas las medidas relacionadas con la actividad reproductiva se incluyen simultáneamente en conjunto con factores tales como el sexo y la fecha de muestreo y se ajustan por el uso de una covariada. La propuesta de estos autores es el análisis multivariado de covarianza. Las medidas predichas del modelo describen las variaciones estacionales y de otros factores haciendo innecesario el empleo de índices. Probando que no existe paralelismo de las pendientes, se usó la transformación logarítmica del peso total, peso eviscerado, peso del hígado y peso de las gónadas como las variables dependientes y la transformación logarítmica de longitud patrón como variable covariada. Para evitar el uso de valores negativos, se multiplicaron todas las variables previamente por 10^6 . Los factores a considerar fueron el sexo (macho y hembra) y la fecha del muestreo. Como primer paso se obtuvo la significancia de la covarianza agrupada por la interacción de los factores para verificar la hipótesis del paralelismo de las pendientes, como segundo paso se realizó el diseño del ANAMUCOVA estándar y en tercer paso se hizo la interpretación. Los cálculos se llevaron a cabo por medio del modelo lineal general (GLM) del módulo del paquete estadístico Minitab for Windows, Release 10.5 (Minitab, Inc. 1995) y el procedimiento del MANCOVA del SPSS-X (SPSS Inc., 1993). El subcomando CONTRAST = REPEATED del comando MANCOVA del SPSS fue empleado para calcular el contraste univariado *a posteriori* para realizar la comparación de las estimaciones ajustadas para fechas continuas.

Parámetros físicos y químicos: para conocer el comportamiento de los factores ambientales durante el estudio, principalmente en el momento de la reproducción, se realizó un análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992) por métodos gráficos previo al análisis estadístico, se elaboraron diagrama

de cajas por cada estación; posteriormente, se determinó la normalidad, linealidad, homocedasticidad e independencia, para seleccionar el análisis (paramétrico o no paramétrico) y la transformación de los datos en caso de decidir realizar el paramétrico. Posteriormente se aplicó el análisis de correlación de Pearson o de Spearman dependiendo del comportamiento de los datos.

RESULTADOS

En el presente estudio se realizaron muestreos mensuales de *Oreochromis niloticus* en el bordo "la Palapa" estado de Morelos, de septiembre 2009 a agosto 2010. Se capturaron 384 organismos, para los machos se tuvo un intervalo de tallas de 15 a 25.5 cm de longitud total y 67.1 a 252.6 g de peso total. En las hembras las tallas variaron de 9.2 a 20.8 cm longitud total y 15 a 147.4 g peso total. (Tabla 1). Se realizó un análisis de U de Mann-Whitney ($W = -6850.0$ $p = 0.0$) el cual demostró que estadísticamente hay diferencias significativas entre las longitudes de hembras y machos; en cuanto al peso por el análisis de Mann-Whitney también se encontró que existen diferencias significativas entre el peso de hembras y machos ($W = -7921.0$, $p = 0.0$).

Tabla 1. Resumen de la biometría para machos y hembras de *O. niloticus*

| | MACHOS | | | HEMBRAS | | |
|------------|--------|-------|-------|---------|-------|------|
| | MIN | MAX | PROM | MIN | MAX | PROM |
| LT(cm) | 15 | 25.5 | 19.3 | 9.2 | 20.8 | 17 |
| LP(cm) | 9.3 | 20 | 15.2 | 7.1 | 16.8 | 13.7 |
| ALTURA(cm) | 4.5 | 8.6 | 6 | 4 | 6.4 | 5.2 |
| PT(g) | 67.1 | 252.6 | 124.5 | 15 | 147.4 | 89.4 |

Se realizó un análisis de distribución de frecuencia de tallas donde se observó que la mayoría de los machos se encontraron entre los intervalos de tallas de 14 a 16 cm de longitud, mientras que para las hembras el intervalo osciló entre 13 y 14 cm de longitud (Figura 4).

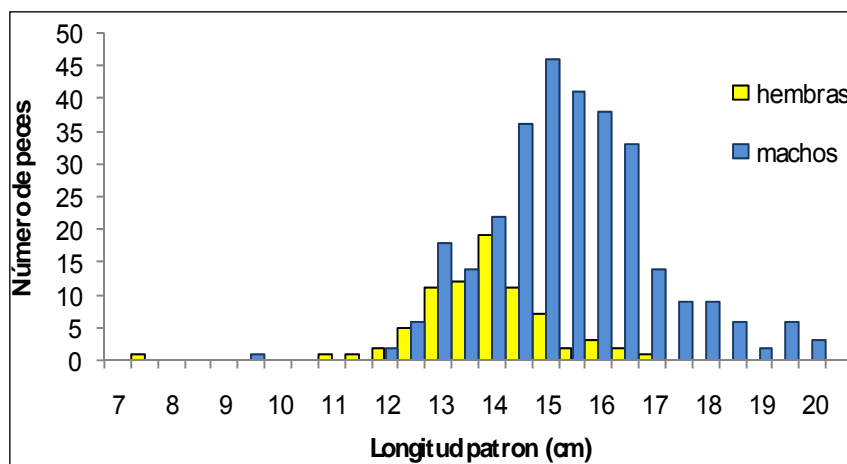


Figura 4. Frecuencia de tallas de hembras y machos de *O. niloticus*

PROPORCIÓN SEXUAL

De los 384 organismos capturados el 79.7% correspondió a machos (306) y el 20.3 % fueron hembras (78); la proporción sexual macho:hembra fue de 3.9:1 ($X^2= 135.38$; $p < 0.05$); favoreciendo a los machos.

En la figura 5 se observa que la mayor cantidad de hembras se registró en el mes de noviembre y febrero. En el mes de septiembre y octubre se registró la mayor cantidad de machos. Se obtuvieron relaciones hasta de (18M: 1H) en el mes de septiembre y en agosto donde no se obtuvo ninguna hembra. En general se puede decir que los machos dominaron en todos los meses analizados, aunque en algunos meses no se detectaron diferencias estadísticas significativas en la proporción sexual.

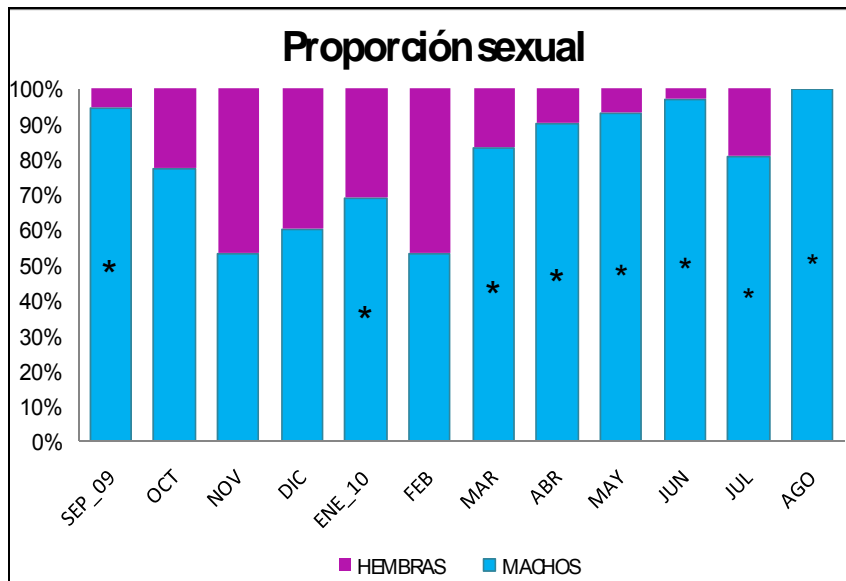


Figura 5. Variación mensual de machos y hembras de *O. niloticus*

RELACIÓN PESO-LONGITUD

Se realizó un análisis de correlación entre la longitud total (LT), longitud patrón (LP) y peso total (PT), para identificar cual longitud tenía más relación con el peso, se observó que el peso tiene mayor correlación con la longitud patrón (0.93) que con la longitud total (0.91), por esta razón se optó por utilizar los valores de la longitud patrón (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de correlación entre las variables de longitud total, longitud patrón y peso total para *O. niloticus*

| Correlaciones | | | |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | LP | LT | PT |
| -- | | | |
| LP | | 0.9634 (402) | 0.9337 (402) |
| LT | 0.9634 (402) | | 0.9162 (402) |
| PT | 0.9337 (402) | 0.9162 (402) | |
| | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |

Para conocer la relación que existe entre la talla de los organismos en el sistema, primeramente se realizó una regresión lineal entre la longitud patrón y la longitud total (Figura 6). Se obtuvo que para la población de *O. niloticus*, existe una relación lineal con una alta correlación entre estas variables. El fin de ésta relación es poder realizar transformación de ambas variables (LT ó LP) para fines de comparación con otros estudios.

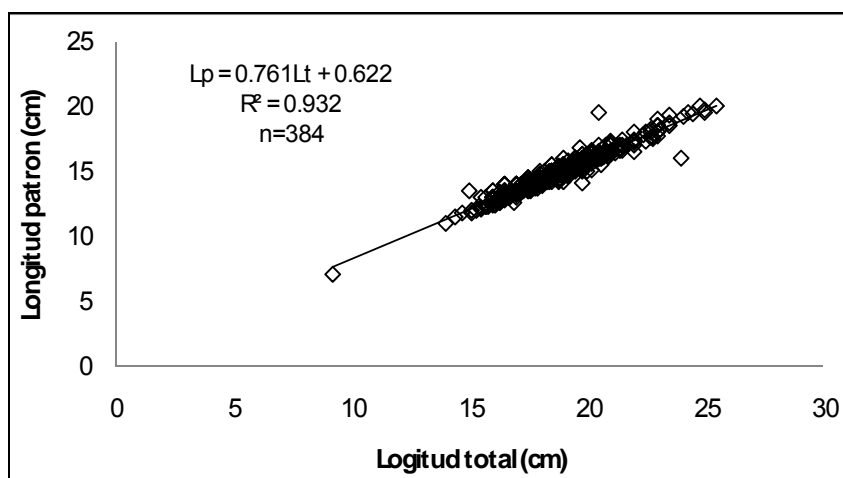


Figura 6. Relación longitud total-longitud patrón para *O. niloticus*

Se aplicó el análisis de covarianza (ANDECOVA) para determinar si existían diferencias entre la talla y el peso por sexos en las regresiones lineales de las variables en escala logarítmica. De acuerdo a los resultados (Tabla 3) se observó que existen diferencias significativas ($F=9.91$; $p<0.005$) por lo que se calculó la regresión lineal para cada sexo. (Tabla 4 y 5)

Tabla 3. Análisis de covarianza para el peso total (PT) y longitud patrón (LP) para la población de *O. niloticus* considerando el sexo

| Observados = | 384 | R-cuadrado = | 0.8729 | | |
|--------------|-------------------|---------------------|----------------|---------|---------|
| Root MSE = | .045926 | R-cuadrado ajust. = | 0.8722 | | |
| Fuente | Suma de cuadrados | gl | cuadrado medio | F | P-Valor |
| Modelo | 5.51675291 | 2 | 2.75837645 | 1307.78 | 0.0000 |
| inlp | 4.12773963 | 1 | 4.12773963 | 1957.01 | 0.0000 |
| inlp*sexo | .067635194 | 1 | .067635194 | 32.07 | 0.0000 |
| Residuo | .80360893 | 381 | .00210921 | | |
| Total | 6.32036184 | 383 | .01650225 | | |

El diagrama de dispersión entre la longitud patrón y el peso total se observa en la figura 7, se muestra que para el total de los datos se presenta un comportamiento de tipo potencial y también similar para los diferentes periodos de captura (Figura 8); para ambos sexos (Figura 9) se observa la dispersión con el mismos tipo de comportamiento, además de que se aprecia que los machos son mayores en peso y longitud que las hembras.

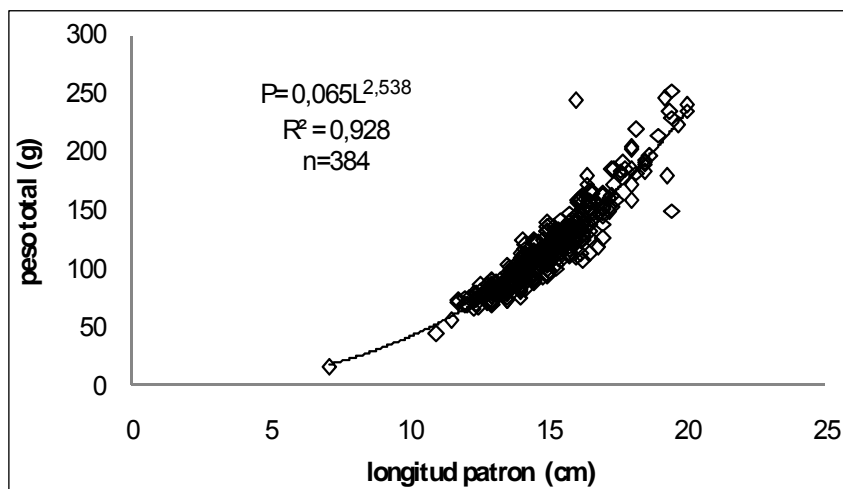


Figura 7. Relación peso total–longitud patrón para la población *O. niloticus*

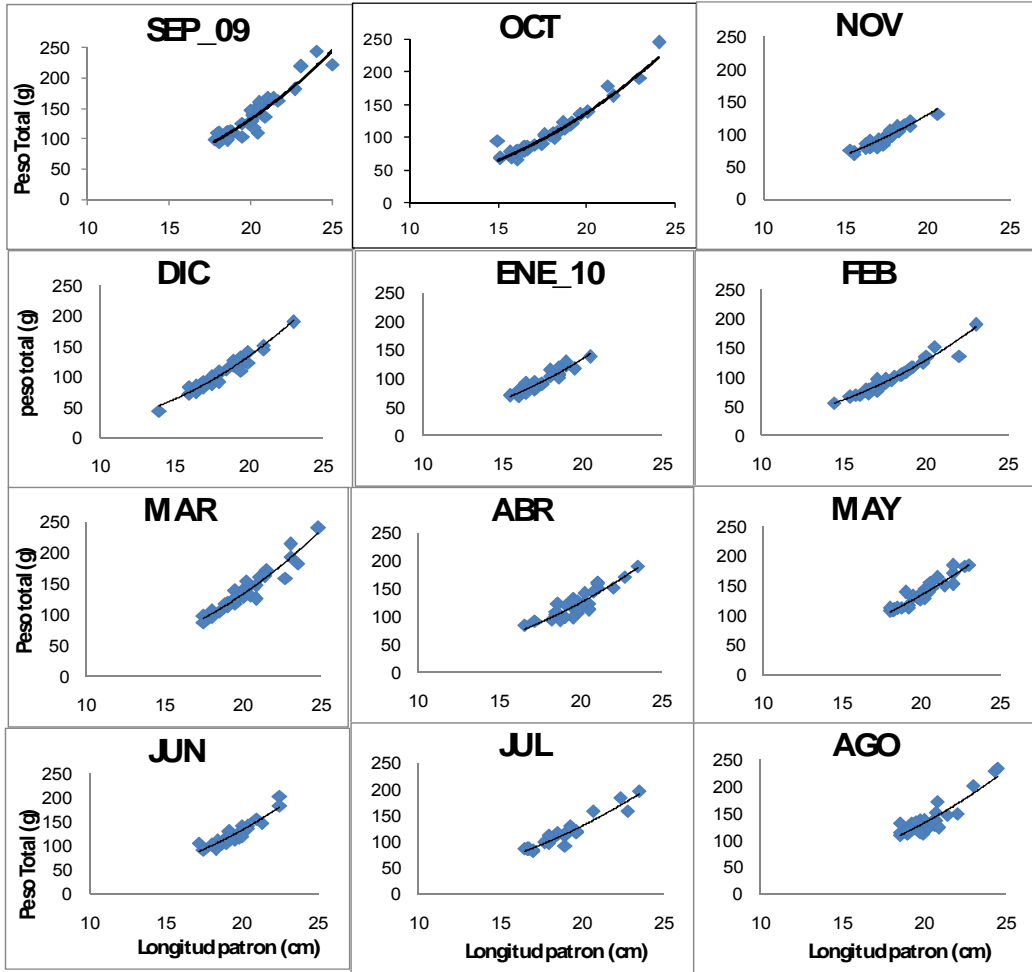


Figura 8. Dispersión del peso total-longitud patrón mensual de *O. niloticus*.

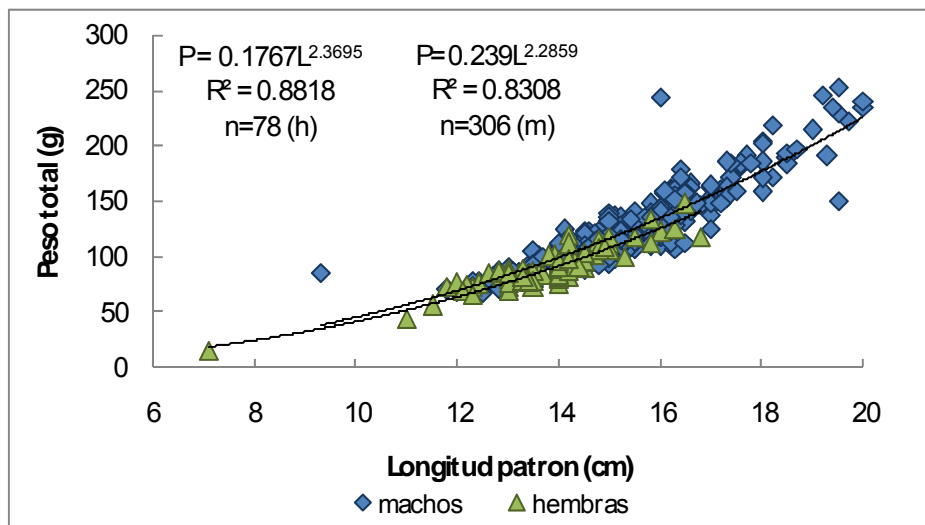


Figura 9. Relación de peso total-longitud patrón por sexo de *O. niloticus*.

Se aplicaron logaritmos base 10 al total de los datos para linealizar esta relación. Los valores del análisis de regresión para cada sexo por separado y para la población se presentan a continuación (Tabla 4 y 5):

Tabla 4. Regresión peso total y longitud patrón para las hembras de *O. niloticus*

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | | | | | | |
|---|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------|
| <i>Coefficiente de correlación múltiple</i> | | | | | | |
| <i>Coefficiente de determinación R² ajustado</i> | | | | | | |
| <i>Error típico</i> | | | | | | |
| <i>Observaciones</i> | | | | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> | |
| <i>Regresión</i> | 1 | 0.99026534 | 0.99026534 | 566.745681 | 5.6509E-37 | |
| <i>Residuos</i> | 76 | 0.13279354 | 0.00174728 | | | |
| <i>Total</i> | 77 | 1.12305888 | | | | |
| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad Superior 95%</i> | <i>Superior 95.0%</i> | |
| <i>Intercepción</i> | -0.75287782 | 0.11315806 | -6.65332923 | 3.9212E-09 | -0.52750402 | -0.52750402 |
| <i>Variable X 1</i> | 2.3694776 | 0.09953103 | 23.806421 | 5.6509E-37 | 2.56771083 | 2.56771083 |

Tabla 5. Regresión peso total y longitud patrón para los machos de *O. niloticus*

| <i>Estadísticas de la regresión</i> | | | | | | |
|---|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------|-------------|
| <i>Coefficiente de correlación múltiple</i> | | | | | | |
| <i>Coefficiente de determinación R² ajustado</i> | | | | | | |
| <i>Error típico</i> | | | | | | |
| <i>Observaciones</i> | | | | | | |
| ANÁLISIS DE VARIANZA | | | | | | |
| | <i>Grados de libertad</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Valor crítico de F</i> | |
| <i>Regresión</i> | 1 | 3.28407499 | 3.28407499 | 1492.78783 | 2.59E-119 | |
| <i>Residuos</i> | 304 | 0.66878814 | 0.00219996 | | | |
| <i>Total</i> | 305 | 3.95286312 | | | | |
| | <i>Coefficientes</i> | <i>Error típico</i> | <i>Estadístico t</i> | <i>Probabilidad Superior 95%</i> | <i>Superior 95.0%</i> | |
| <i>Intercepción</i> | -0.62156658 | 0.06999599 | -8.88003184 | 5.9362E-17 | -0.48382861 | -0.48382861 |
| <i>Variable X 1</i> | 2.28586318 | 0.05916314 | 38.6366126 | 2.59E-119 | 2.40228429 | 2.40228429 |

Asimismo, se aplicó el análisis de regresión a cada uno de los meses de muestreo para conocer como se modificaba la constante indicadora del tipo de crecimiento para la población de *O. niloticus* (Tabla 6)

Tabla 6. Datos de la relación peso total-longitud patrón mensual de *O. niloticus*

| MES | Ecuación peso-longitud | r ² | n |
|------------|--------------------------|----------------|-----|
| Septiembre | $P_t=0.034L_t^{2.757}$ | 0.904 | 38 |
| Octubre | $P_t=0.059L_t^{2.555}$ | 0.927 | 53 |
| Noviembre | $P_t=0.147L_t^{2.254}$ | 0.857 | 30 |
| Diciembre | $P_t=0.048L_t^{2.644}$ | 0.917 | 30 |
| Enero | $P_t=0.054L_t^{2.610}$ | 0.888 | 30 |
| Febrero | $P_t=0.061L_t^{2.557}$ | 0.93 | 30 |
| Marzo | $P_t=0.061L_t^{2.564}$ | 0.918 | 30 |
| Abril | $P_t=0.081L_t^{2.452}$ | 0.681 | 30 |
| Mayo | $P_t=0.1123L_t^{2.367}$ | 0.88 | 30 |
| Junio | $P_t=0.043L_t^{2.676}$ | 0.854 | 30 |
| Julio | $P_t=0.0100L_t^{2.392}$ | 0.903 | 21 |
| Agosto | $P_t=0.090L_t^{2.432}$ | 0.803 | 30 |
| Hembras | $P_t=0.1767L_t^{2.3695}$ | 0.881 | 78 |
| Machos | $P_t=0.239L_t^{2.2859}$ | 0.830 | 306 |
| Total | $P_t=0.065L_t^{2.538}$ | 0.928 | 384 |

Con la aplicación de la prueba *t-student* (Pauly, 1984) al valor de la pendiente de las muestras se determinó el tipo de crecimiento que presentan las poblaciones correspondientes a cada periodo. Se tiene que todos los valores fueron diferentes de tres ($b \neq 3$); (hembras *t-student* = 7.9 y para machos *t-student* = 17.6; $p < 0.05$), esto es, que el tipo de crecimiento que presenta la población en general así como los machos y hembras por separado de *O. niloticus* es alométrico negativo, es decir que los organismos crecen más en longitud que en peso (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba de *t-student* para las pendientes de la relación peso-longitud mensual de *O. niloticus*

| MES | Pendiente (b) | t calculada | n | Ho B=3 | tipo de crecimiento |
|---------------|---------------|-------------|-----|---------|---------------------|
| Septiembre_09 | 2.757 | 1.6995 | 38 | Rechaza | alometría negativa |
| Octubre | 2.555 | 4.2507 | 53 | Rechaza | alometría negativa |
| Noviembre | 2.254 | 4.3208 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Diciembre | 2.644 | 2.3974 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Enero_10 | 2.61 | 2.2325 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Febrero | 2.557 | 3.3916 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Marzo | 2.564 | 3.0080 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Abril | 2.452 | 1.8047 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Mayo | 2.367 | 3.8383 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Junio | 2.686 | 1.4755 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Julio | 2.392 | 3.3807 | 21 | Rechaza | alometría negativa |
| Agosto | 2.432 | 2.4958 | 30 | Rechaza | alometría negativa |
| Hembras | 2.369 | 7.9671 | 78 | Rechaza | alometría negativa |
| Machos | 2.285 | 17.6327 | 306 | Rechaza | alometría negativa |
| Total | 2.538 | 13.5109 | 384 | Rechaza | alometría negativa |

TALLA DE PRIMERA MADUREZ

Con respecto a la talla de primera madurez sexual a la cual los peces tienen la capacidad de iniciar el proceso de la reproducción, con los datos capturados en campo se encontró que para las hembras, la más pequeña madura era de 13.4 cm de longitud y el macho más pequeño y maduro es de 14.3 cm de longitud total. La talla promedio de primera madurez sexual para machos de *Oreochomis niloticus* lo alcanzan a la talla de 16.8 cm (Figura 10) mientras que para las hembras es a los 17.2cm (figura 11). Al parecer los machos son más precoces ya que maduran un poco antes que las hembras.

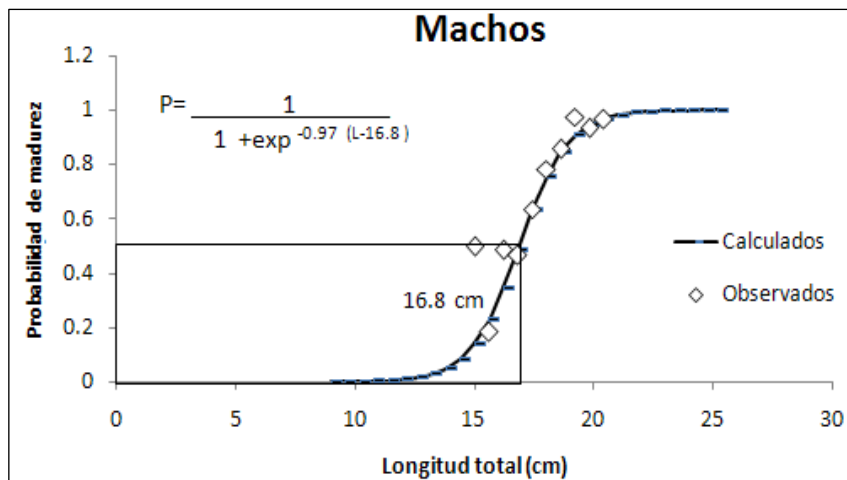


Figura 10. Curva logística para la talla de primera madurez para machos de *O. niloticus*

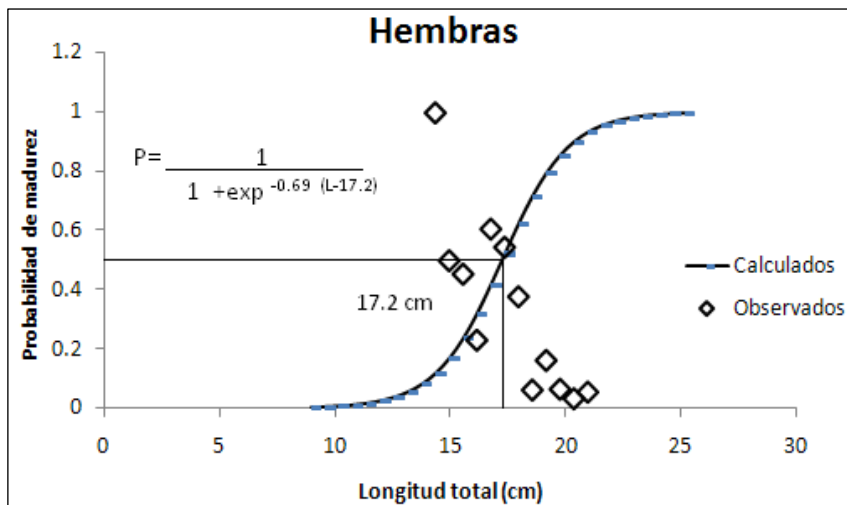


Figura 11. Curva logística para la talla de primera madurez para hembras de *O. niloticus*

FACTOR DE CONDICIÓN

Al analizar el factor de condición de Clark (1928) para ambos sexos de *O. niloticus*, para los machos se tiene un comportamiento estable durante todo el estudio, obteniendo una baja en abril y después se incrementan pero se mantiene constante (Figura 12). Para las hembras se puede observar una variabilidad, estas presentan una buena condición, pero en época de secas se eleva y al final de estas empieza a disminuir hasta abril y cuando comienza la época de lluvias aumenta nuevamente registrándose el valor más alto en septiembre (Figura 13). Todos los valores de las hembras fueron menores que los de machos.

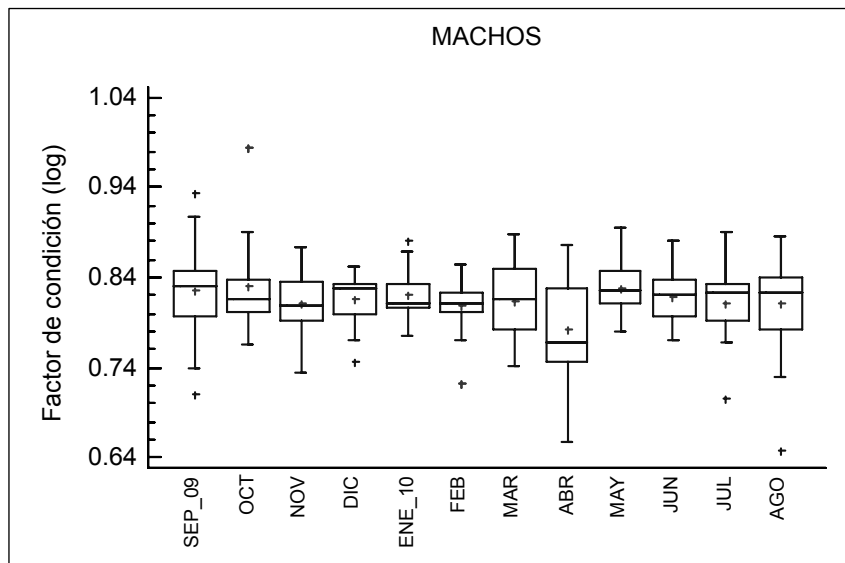


Figura 12. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus*

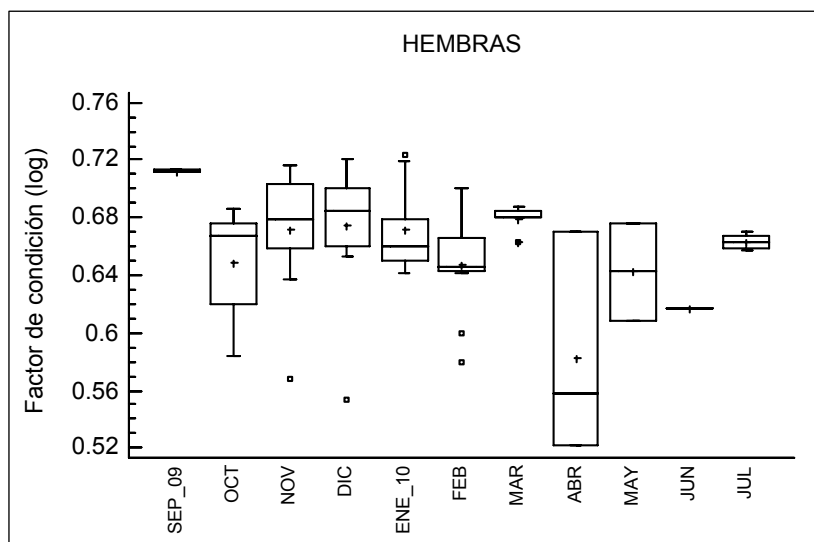


Figura 13. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus*

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)

Para determinar la época reproductiva se analizó la variación del índice gonadosomático (IGS) así como los valores del índice hepatosomático (IHS) de las hembras. Los resultados mostraron algunas variaciones a lo largo del estudio como se observa en el IGS de hembras que de julio a enero se mantuvo constante, de febrero a mayo estos valores aumentaron, en abril se registró el valor mayor de la mediana (4.29) y el valor menor en junio (0.33), esta disminución se debió a que se ha llevado a cabo el desove y el pez se encuentra en estado de descanso. Con los valores del IGS se pueden ver dos periodos de reproducción, uno corto en julio a septiembre y otro más largo de febrero a mayo con máximos en abril (Figura 14).

El índice gonadosomático para machos no muestra mucha variación se observa que los valores empiezan a aumentar hasta llegar al valor máximo que es en el mes de junio (0.83) y comienza a descender hasta el valor mínimo para el mes de noviembre (0.17), el cual indica que las gónadas se encuentran en estado de reposo. Se puede observar que el periodo de reproducción para los machos sería de abril a junio. (Figura 15) que se superpone con el de las hembras y otro de menor intensidad en octubre.

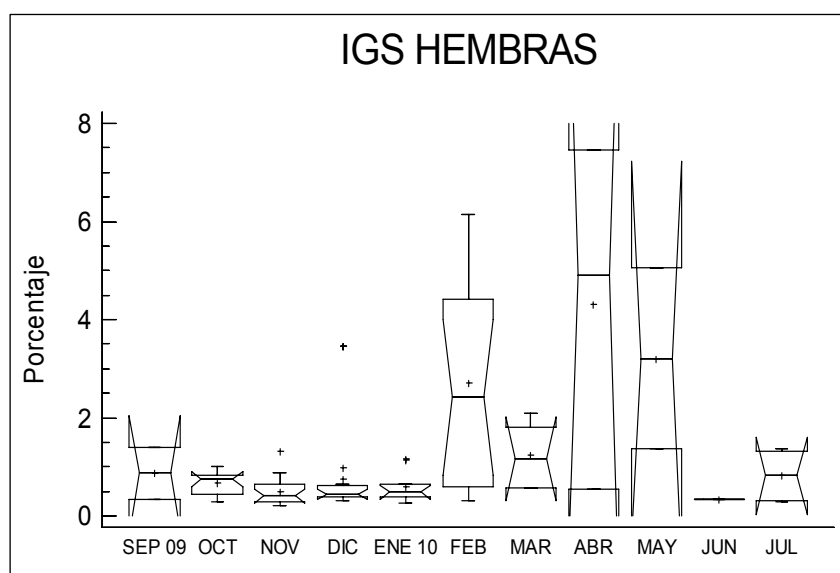


Figura 14. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*.

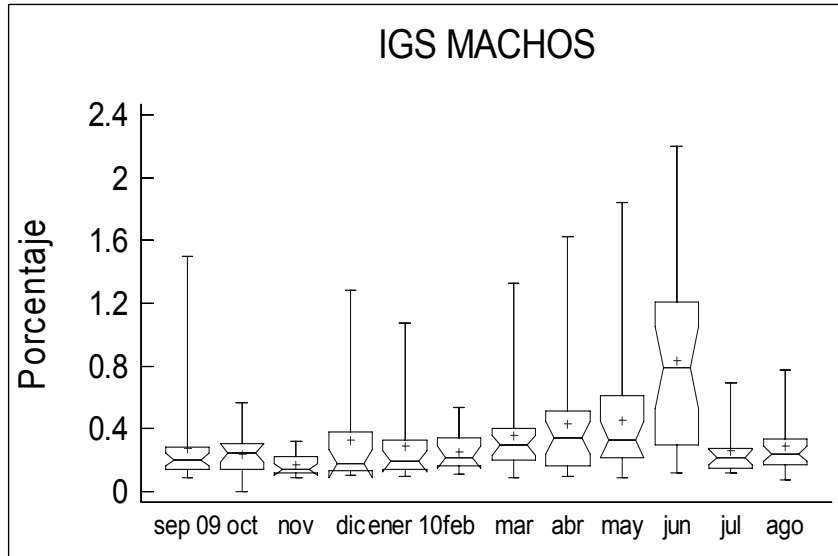


Figura 15. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*.

ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS)

Para el índice hepatosomático de las hembras se muestra una gran variación obteniendo el valor máximo en el mes de febrero (1.36) y el valor mínimo para septiembre (0.80), los cuales coinciden con el periodo de reproducción de la especie (Figura 16).

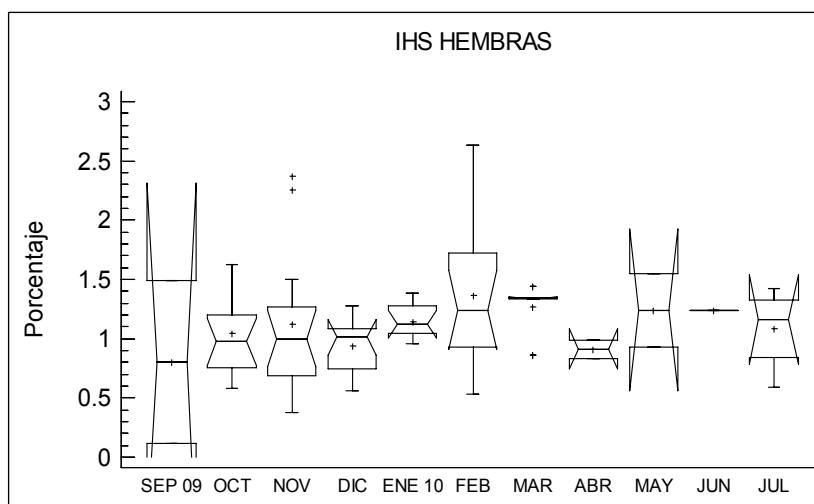


Figura 16. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*.

En la Figura 17 se observa la variación de los valores promedio del IGS de hembras y machos y el IHS de hembras, en el que se puede ver que el comportamiento del IHS es inverso al IGS de las hembras, ya que en abril el mínimo de IHS corresponde con un máximo del IGS, aunque las hembras no estuvieron bien representadas durante todo el estudio.

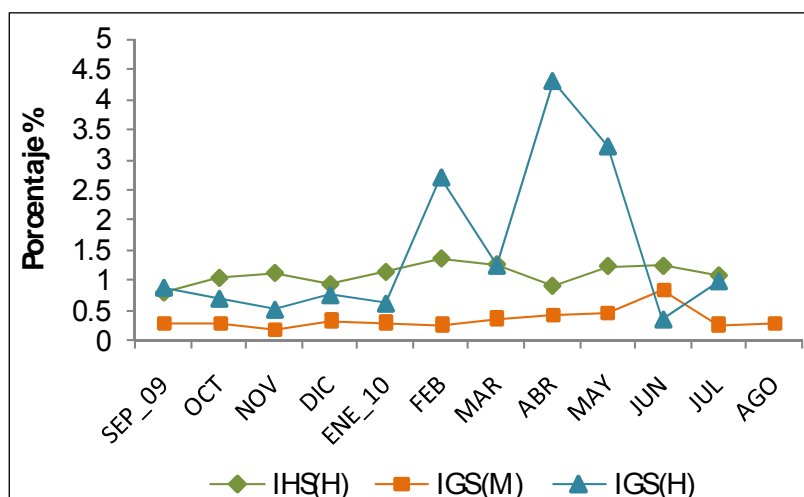


Figura 17. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*

MADUREZ GONADICA

Al analizar los diferentes estadios de maduración gonádica de los organismos de *O. niloticus* se encontró que la mayoría de los estadios estuvieron presentes en todo el estudio excepto el estadio inmaduro o indiferenciado (I). En la Figura 18 de acuerdo a la escala de maduración (modificación a la tabla registrada en Holden y Raitt, 1979) se puede observar que para los machos el estadio que domino durante el estudio fue el estadio en desarrollo (II) con 70%, el estadio de maduración (III) con 14%, en la fase reproductiva (IV) 5% y el posdesové (V) con 5%); también se observa que el estadio de reproducción (IV) se presenta en noviembre-diciembre y otro en mayo-julio. Con respecto a las hembras, se puede observar que el estadio que con mayor proporción que se registró es el de la fase de desarrollo (II) con 70%, en fase de maduración (III) el 13%, en fase de reproducción (IV) el 15% y en fase de posdesové (V) el 3%; la fase de reproducción para hembras se observó en dos periodos, uno corto de noviembre a diciembre y otro largo de febrero a mayo (Figura 19).

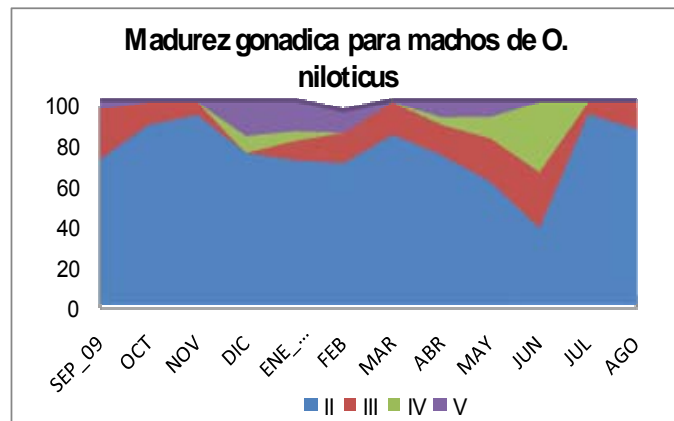


Figura 18. Variación temporal de los estadios gonádicos de machos para *O. niloticus*.

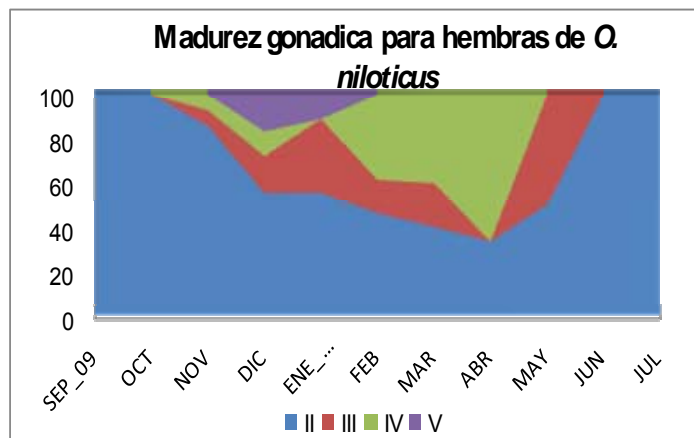


Figura 19. Variación temporal de los estadios gonádicos de hembras para *O. niloticus*.

En la Tabla 8 se observan las longitudes y diámetro de los ovarios por mes; Sé observó que en el mes de septiembre se obtuvo la longitud máxima (4.5 cm) y la mínima en octubre (0.99 cm), mientras que para el diámetro el valor mayor fue en febrero (1.08 cm) y el mínimo en octubre (0.1 cm); en cuanto al peso el más bajo se registró en octubre (0.1 g) y el mayor en abril (3.9 g). También se observan las longitudes de los testículos (Tabla 9), las cuales en el mes de septiembre y abril se obtuvieron los valores más altos de longitud (5.76 cm) y los valores mínimos en los meses de septiembre y octubre (1.19 cm); en los diámetros el valor mínimo se midió en septiembre (1.19cm) y el valor mayor en abril (5.78), en cuanto al peso estos variaron desde 0.1g en enero hasta 2.3 g en abril.

Tabla 8. Biometría para los ovarios de *O. niloticus*

| MADUREZ GONADICA | LONGITUD (cm) | | | DIAMETRO (cm) | | | PESO (g) | | |
|------------------|---------------|------|----------|---------------|------|----------|----------|-----|----------|
| | MIN | MAX | PROMEDIO | MIN | MAX | PROMEDIO | MIN | MAX | PROMEDIO |
| II | 0.99 | 3.27 | 2.2 | 0.1 | 0.55 | 0.39 | 0.1 | 1.5 | 0.4 |
| III | 2.46 | 2.83 | 2.6 | 0.59 | 0.65 | 0.5 | 0.5 | 2.8 | 1.18 |
| IV | 2.82 | 4.5 | 3 | 0.77 | 1.08 | 0.83 | 1.2 | 3.9 | 3 |
| V | 1.7 | 2.65 | 2.2 | 0.24 | 0.35 | 0.34 | 0.2 | 0.3 | 0.26 |

Tabla 9. Biometría para los testículos de *O. niloticus*

| MADUREZ GONADICA | LONGITUD (cm) | | | DIAMETRO(cm) | | | PESO(g) | | |
|------------------|---------------|------|----------|--------------|------|----------|---------|-----|----------|
| | MIN | MAX | PROMEDIO | MIN | MAX | PROMEDIO | MIN | MAX | PROMEDIO |
| II | 1.19 | 4.43 | 3.7 | 0.18 | 0.28 | 0.19 | 0.1 | 0.9 | 0.22 |
| III | 2.5 | 6 | 4.66 | 0.34 | 0.5 | 0.31 | 0.5 | 1.2 | 0.58 |
| IV | 3.98 | 5.25 | 4.78 | 0.21 | 0.34 | 0.32 | 1 | 2.3 | 1.26 |
| V | 2.94 | 5.78 | 4 | 0.15 | 0.27 | 0.2 | 0.1 | 0.5 | 0.34 |

FECUNDIDAD

La fecundidad de *Oreochromis niloticus* en el bordo "la palapa" varió en cada estadio, en el estadio de desarrollo (II) se tuvo un intervalo de 250 a 550 ovocitos con un promedio de 436, y diámetro de 300 a 2000 μm , en hembras que tuvieron una longitud promedio de 16.8 cm y un peso de 86.8 g; en el estadio de maduración (III) se contaron de 483 a 868 ovocitos con un promedio de 769, diámetro de 400 a 3100 μm , en hembras con una longitud promedio de 17.2 cm y peso de 93.1 g y, en el estadio de reproducción (IV) se registraron de 455 a 842 ovocitos con un promedio de 735, diámetro de 500 a 3200 μm , los cuales tienen una longitud promedio de 18 cm y 100g. (Tabla 10).

Tabla 10. Variación y longitud de los ovocitos de *Oreochromis niloticus*

| Estado de maduración | Núm. Ovocitos (intervalo) | Núm. de ovocitos (Promedio) | Longitud de ovocitos (intervalo μm) |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------|---|
| II | 250-550 | 436 | 300 – 1000 |
| | | | 1001 – 2000 |
| III | 483 - 868 | 769 | 300 – 1000 |
| | | | 1001 - 2000 |
| | | | 2001- 3000 |
| IV | 455 - 842 | 735 | 300 - 1000 |
| | | | 2001- 3200 |

En la Figura 20 se observa la correlación entre la fecundidad y la longitud patrón del pez que fue mayor ($r^2=0.724$) que la correlación con el peso total ($r^2= 0.6485$). La fecundidad media obtenida para *O. niloticus* fue de 718 ovocitos por pez. La fecundidad aumentó con el incremento de la longitud del cuerpo, ya que las hembras con valor de longitud de 9.2 cm registraron 271 ovocitos promedio, los organismos de 13 cm con un promedio de 415 ovocitos, los peces de 15 cm con un promedio de 675 y los organismos mayores de 18 cm con un promedio de 842 ovocitos.

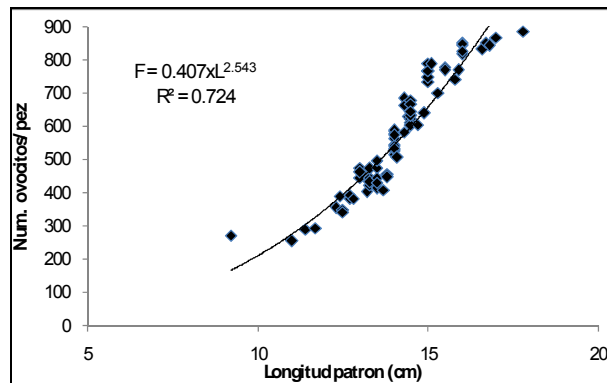


Figura 20. Variación de la longitud patrón y número de ovocitos para *O. niloticus*.

ANALISIS MULTIVARIADO DE COVARIANZA (ANAMUCOVA)

Aunque los indicadores de reproducción (IGS e IHS) representan el comportamiento de la información para la especie, los valores de las medias ajustadas del peso total, peso eviscerado, peso de la gónada, peso del hígado y del tracto digestivo se obtuvieron con el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA), con la finalidad de apoyar las tendencias que se observaron con los indicadores de la reproducción.

El análisis multivariado de covarianza para hembras muestra un valor de significancia para la mayoría de las variables con excepción del peso del hígado el cual no es significativo de acuerdo a los criterios de Pillai, Wilk, Hotelling y Roy ($p < 0.05$) todos los demás fueron significativos (Tabla 11). Para los machos muestra un valor significativo para todas las variables de acuerdo a los criterios de Pillai, Wilk, Hotelling y Roy (Tabla 12).

Tabla 11. Resultado del análisis multivariado de covarianza para hembras de *O. niloticus*

Pruebas univariadas

| Fuente | Variable Dependiente | Suma de cuadrados | gl | Cuadrado Medio | F | Sig. |
|-----------|----------------------|-------------------|----|----------------|-------|------|
| Contraste | PT | .056 | 10 | .006 | 4.815 | .000 |
| | PEVIC | .070 | 10 | .007 | 5.390 | .000 |
| | PGON | 4.503 | 10 | .450 | 4.512 | .000 |
| | PHIG | .420 | 10 | .042 | 1.132 | .352 |
| | PTRAC | .445 | 10 | .044 | 2.633 | .009 |
| Error | PT | .077 | 66 | .001 | | |
| | PEVIC | .086 | 66 | .001 | | |
| | PGON | 6.587 | 66 | .100 | | |
| | PHIG | 2.447 | 66 | .037 | | |
| | PTRAC | 1.115 | 66 | .017 | | |

Prueba de Levene igualdad de error de varianzas

| | F | gl | gl | Sig. |
|-------|-------|----|----|------|
| PT | 2.450 | 10 | 67 | .015 |
| PEVIC | 1.473 | 10 | 67 | .169 |
| PGON | 2.658 | 10 | 67 | .009 |
| PHIG | 6.787 | 10 | 67 | .000 |
| PTRAC | 5.373 | 10 | 67 | .000 |

Prueba la Hipótesis Nula de que la varianza del error de la variable dependiente es igual en todas los grupos

Pruebas multivariadas

| Efecto | | Valor | F | Hipotesis gl | Error gl | Sig. |
|------------|--------------------|--------|----------------------|--------------|----------|------|
| Intercepto | Traza de Pillai | .825 | 58.516 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |
| | Lambda de Wilk | .175 | 58.516 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |
| | Traza de Hotelling | 4.719 | 58.516 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |
| | Raiz mayor de Roy | 4.719 | 58.516 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |
| MES | Traza de Pillai | 1.433 | 2.652 | 50.000 | 330.000 | .000 |
| | Lambda de Wilk | .147 | 2.989 | 50.000 | 286.128 | .000 |
| | Traza de Hotelling | 2.745 | 3.316 | 50.000 | 302.000 | .000 |
| | Raiz mayor de Roy | 1.591 | 10.502 ^b | 10.000 | 66.000 | .000 |
| LP | Traza de Pillai | .935 | 177.730 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |
| | Lambda de Wilk | .065 | 177.730 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |
| | Traza de Hotelling | 14.333 | 177.730 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |
| | Raiz mayor de Roy | 14.333 | 177.730 ^a | 5.000 | 62.000 | .000 |

a. Estadística exacta

b. La estadística esta por encima del límite superior que se obtienen del límite inferior del nivel de significancia

Tabla 12. Resultados del análisis multivariado de covarianza para machos de *O. niloticus*

Pruebas univariadas

| Fuente | Variable dependiente | Suma de cuadrados | gl | Cuadrado medio | F | Sig. |
|-----------|----------------------|-------------------|-----|----------------|-------|------|
| Contraste | PT | .128 | 11 | .012 | 6.286 | .000 |
| | PEVIC | .167 | 11 | .015 | 6.392 | .000 |
| | PGON | 5.508 | 11 | .501 | 6.728 | .000 |
| | PHIG | .733 | 11 | .067 | 2.648 | .003 |
| | PTRAC | 1.612 | 11 | .147 | 6.269 | .000 |
| Error | PT | .478 | 259 | .002 | | |
| | PEVIC | .615 | 259 | .002 | | |
| | PGON | 19.277 | 259 | .074 | | |
| | PHIG | 6.517 | 259 | .025 | | |
| | PTRAC | 6.054 | 259 | .023 | | |

Prueba de Levene de igualdad del error de varianzas

| | F | gl1 | gl2 | Sig. |
|-------|--------|-----|-----|------|
| PT | 1.484 | 11 | 260 | .138 |
| PEVIC | 1.781 | 11 | 260 | .057 |
| PGON | 2.763 | 11 | 260 | .002 |
| PHIG | 2.178 | 11 | 260 | .016 |
| PTRAC | 10.531 | 11 | 260 | .000 |

c Prueba la Hipótesis Nula de que la varianza del error de la variable dependiente es igual en todos los grupos.

Pruebas multivariadas

| Efecto | | Valor | F | Hipotesis gl | Error gl | Sig. |
|------------|-------------------|-------|----------------------|--------------|----------|------|
| Intercepto | Traza Pillai | .599 | 76.217 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |
| | Lambda de Wilk | .401 | 76.217 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |
| | Traza Hotelling | 1.494 | 76.217 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |
| | Raiz mayor de Roy | 1.494 | 76.217 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |
| MES | Traza Pillai's | .768 | 4.274 | 55.000 | 1295.000 | .000 |
| | Lambda de Wilk | .413 | 4.528 | 55.000 | 1183.924 | .000 |
| | Traza Hotelling's | 1.029 | 4.741 | 55.000 | 1267.000 | .000 |
| | Raiz mayor de Roy | .499 | 11.746 ^b | 11.000 | 259.000 | .000 |
| LP | Traza Pillai | .826 | 241.838 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |
| | Lambda de Wilk | .174 | 241.838 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |
| | Traza Hotelling' | 4.742 | 241.838 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |
| | Raiz mayor de Roy | 4.742 | 241.838 ^a | 5.000 | 255.000 | .000 |

a. Estadística exacta

b. La estadística esta por encima del límite superior que se obtienen del límite inferior del nivel de significancia

Los resultados obtenidos para las medias ajustadas por la covariada (longitud patrón) para las hembras se muestran en la Figura 21 en la que se puede observar que en cuanto al peso de la gónada aparecen dos máximos que concuerdan con la época de reproducción de la especie, uno pequeño en septiembre (época de lluvias) y uno más pronunciado de febrero a mayo (época de secas). En cuanto al peso del hígado este muestra un comportamiento inverso al del peso de la gónada; el peso total y el peso eviscerado tienen un comportamiento constante similar con una disminución en el mes de abril durante el periodo de reproducción; el peso del tracto digestivo es constante con aumento en noviembre y junio después de periodo reproductivo, siendo estos meses donde el peso de la gónada es el menor durante todo el estudio.

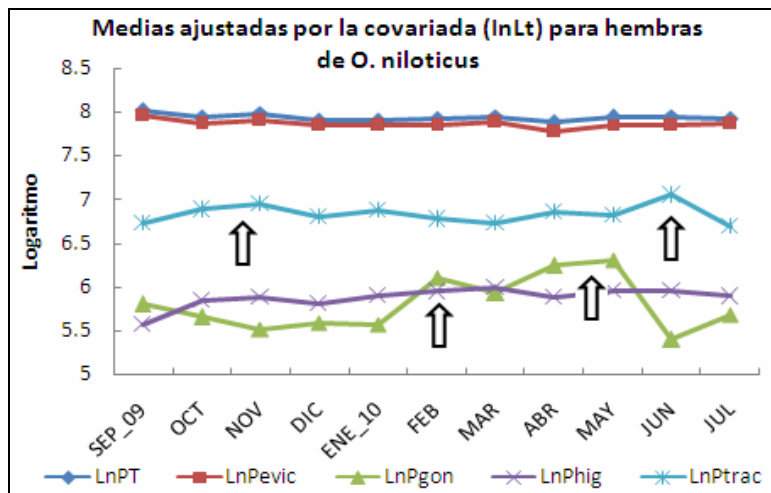


Figura 21. Valores medios ajustados por mes precedido por el efecto de la covariada en la muestra para hembras de *O. niloticus*

En cuanto a las medias ajustadas para machos al tomar a la longitud patrón como covariada, estos presentan un comportamiento constante en todas las variables. En el peso de la gónada al igual que las hembras presenta dos máximos de reproducción uno menos pronunciado en octubre y uno más alto en junio; el peso del hígado no muestra un comportamiento inverso como en el caso de las hembras, este se mantiene constante con un pequeño incremento en noviembre. En cuanto el peso total y el peso eviscerado son similares y casi constantes denotando buena condición de los organismos después del periodo reproductivo, aunque durante la parte de los meses de abril y octubre disminuye ligeramente la condición para posteriormente incrementar en el periodo de la reproducción; el peso del tracto digestivo muestra un pequeño aumento en noviembre y una disminución en junio donde se puede observar un aumento en el peso de la gónada (Figura 22). Lo encontrado en el análisis del ANAMUCOVA es muy similar a lo obtenido en los estadios de madurez gonádica y en los indicadores de la reproducción (IGS e IHS) para ambos sexos. Sin embargo, algo que no se ha probado es el paralelismo de las pendientes del peso de las gónadas con el peso eviscerado, por lo cual se realizó el ANMUVOVA para evitar efectos por no comportamiento isométrico en esta variables.

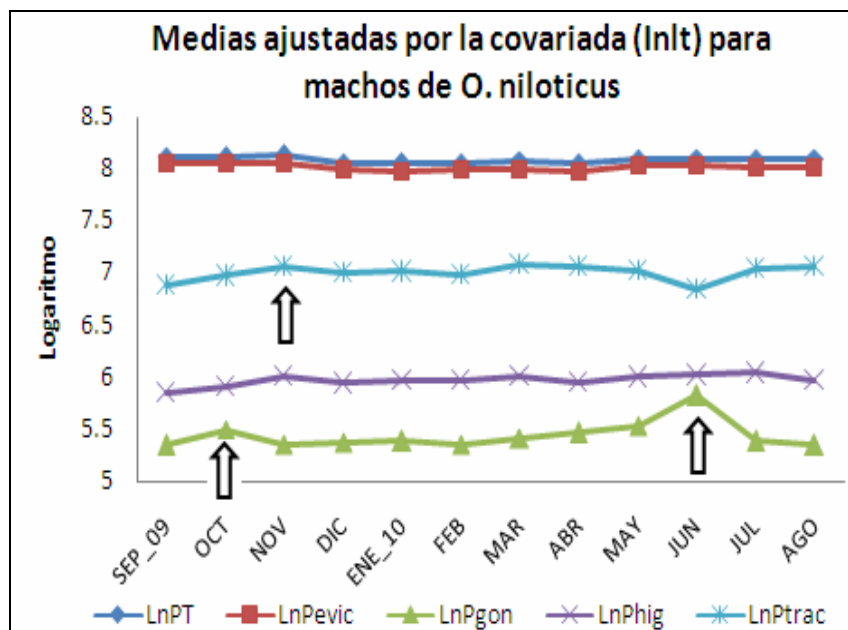


Figura 22. Valores medios ajustados por mes precedido por el efecto de la covariada para machos de *O. niloticus*

BATIMETRIA Y MORFOMETRIA

En la Figura 23 se puede observar el mapa batimétrico y la morfometría para el bordo "la palapa" correspondiente al mes de agosto de 2010; se observa en dicha figura las isobatas (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3 m) así como el punto de mayor profundidad en el sistema (4 m).

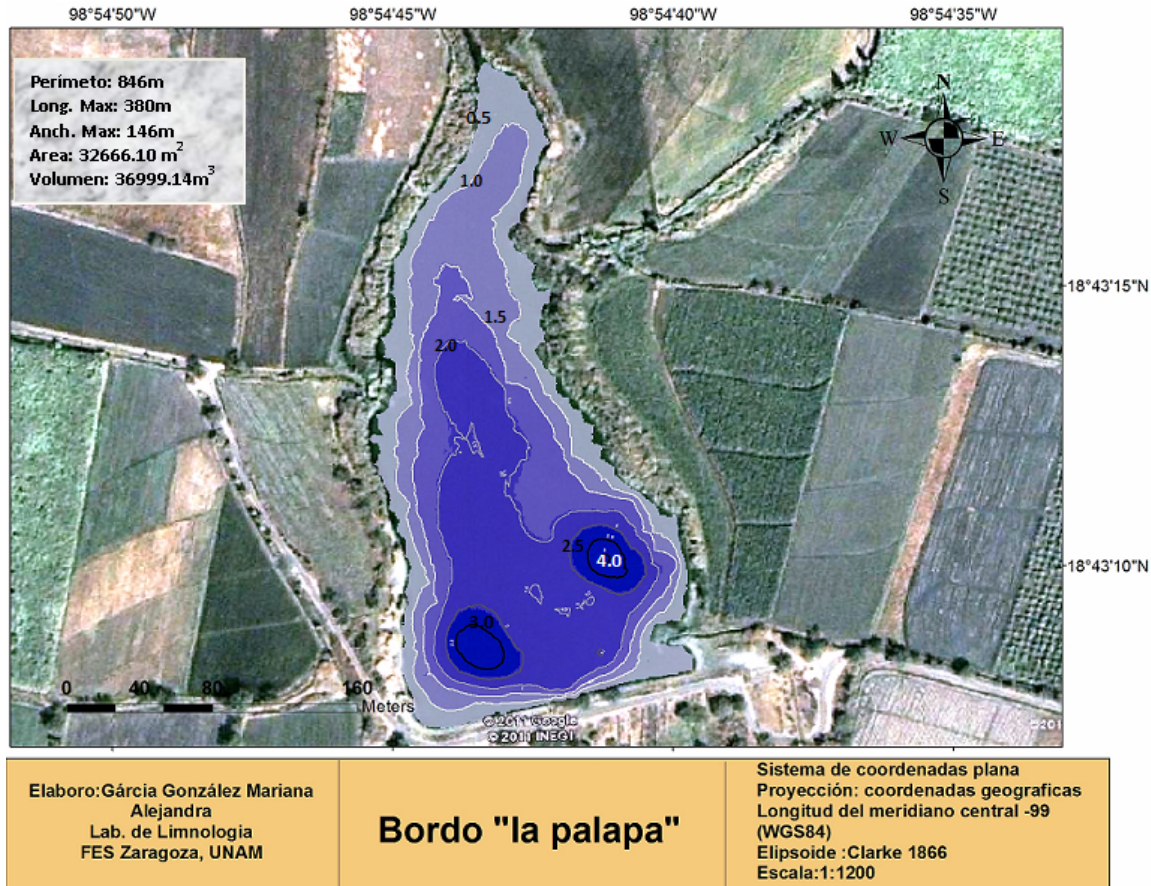


Figura 23. Mapa batimétrico del bordo "la palapa"

PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Se aplicó un análisis de comparación de dos muestras para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los niveles y las estaciones. Todos los sistemas se compararon con base en sus parámetros físicos y químicos, se realizó el análisis de U de Mann-Whitney, estos no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre niveles como tampoco entre estaciones entre cada uno de los parámetros (Tem. $W=270.5$, $p=0.725777$; TDS $W=233.5$, $p=0.265289$; Cond $W=260$, $p=0.570652$; OD $W=265.5$, $p=0.650019$; pH $W=275.5$, $p=0.804504$; Dureza T $W=263.5$, $p=0.620517$; Dureza Ca $W=267$, $p=0.67239$; alcalinidad F. $W=321$, $p=0.485438$; alcalinidad N. $W=271.5$, $p=0.74138$ y amonio $W=259$, $p=0.556629$). Esto quiere decir que estos se comportan de forma muy similar en todos sus aspectos, pues todos ellos están sujetos a las mismas condiciones climáticas y edáficas.

En el estudio la profundidad del bordo "la Palapa" cambio drásticamente registrando durante el mes de mayo (1.7 m) la menor profundidad, mientras que el valor máximo se observó en agosto (4 m); el cambio de profundidad se puede relacionar con la temporada de lluvias y de seca, al igual que influye mucho la abertura de la compuerta para el uso del agua en la actividad agrícola aledaña al bordo; además de que existen otros factores que pueden influir en la disponibilidad del recurso como es la infiltración y la tasa de evaporación (Figura 24).

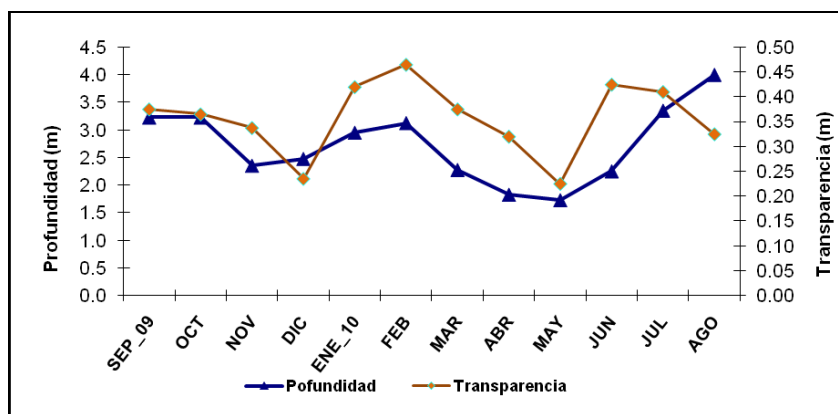


Figura 24. Comportamiento de la profundidad y la transparencia del bordo "la palapa"

Con respecto a la transparencia obtenida por medio de la visibilidad al disco de Secchi, el valor menor se obtuvo en mayo (0.23 m) y el mes con más visibilidad en febrero (0.47 m), por efecto de los factores edáficos y biológicos asociados a la pérdida de agua del sistema (Figura 24).

El valor máximo de temperatura ambiente se registró en el mes de mayo (31.2°C) y la mínima en el mes de febrero (20°C), mientras que para la temperatura del agua la máxima se observó en junio (28.8°C) y la mínima en febrero (22.2°C). Se aprecia en la figura 14 que después de la época de lluvia los valores de la temperatura disminuyen hasta febrero que corresponde a la época seca fría, para incrementar hacia la estación seca cálida hasta el inicio de la época de lluvias. Los valores de temperatura se mantuvieron constantes un poco mayor a la temperatura del agua, con excepción de los meses de septiembre a diciembre y en febrero (Figura 25).

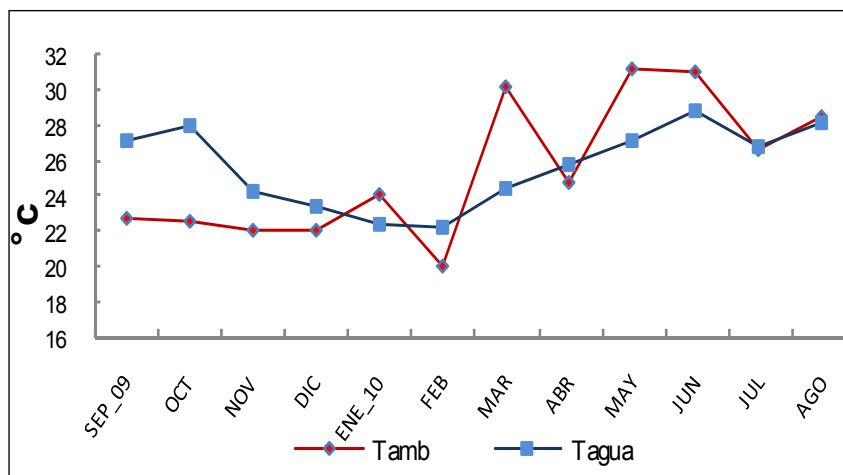


Figura 25. Comportamiento de la temperatura del agua y del ambiente en el bordo “la palapa”

En cuanto a la conductividad eléctrica se observa que esta incrementa de manera constante 853 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en agosto a 1488 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el mes de abril (Figura 26). Similar comportamiento se observa para los sólidos disueltos totales que están muy relacionados con la conductividad. Los menores registros se obtuvieron durante la época de lluvias (por efecto de dilución) y los mayores en la temporada de secas (por efecto de concentración al disminuir el volumen de agua del cuerpo acuático).

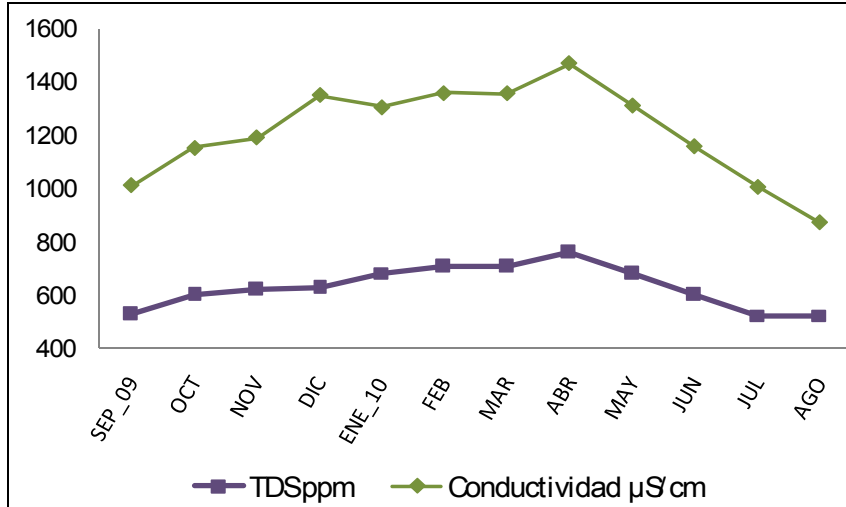


Figura 26. Variación temporal de la conductividad eléctrica y sólidos disueltos en el bordo "la palapa"

Respecto a los valores de oxígeno disuelto para el agua del bordo "la palapa" se observó el máximo para agosto (11 mg/L) y el mínimo para septiembre (2.1 mg/L). La tendencia de este parámetro fue de incrementar durante todo el estudio con los valores menores durante la época de lluvias y los máximos en la temporada de seca fría. En cuanto a los valores de pH se mantuvieron constantes durante el estudio con un valor máximo en agosto (8.5) y mínimo para abril (7.8), es un sistema que presenta agua ligeramente alcalinas, por lo cual la calidad del agua se mantiene estable (figura 27).

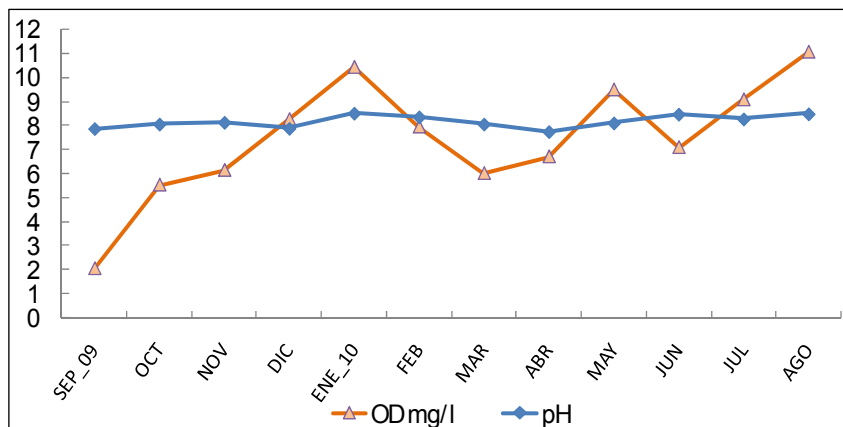


Figura 27. Comportamiento estacional del pH y el oxígeno disuelto en el bordo "la palapa"

En cuanto a la dureza de calcio los valores máximos se obtuvieron en abril (534 mg CaCO₃/L) y los valores mínimos para el mes de mayo (116 mg CaCO₃/L), un comportamiento muy irregular con altas variaciones principalmente durante los meses de la temporada cálida seca (Figura 28). En el comportamiento de la dureza total se observa que los valores aumentan desde inicio del estudio (temporada de lluvias) hasta la época cálida seca, observando el valor máximo en el mes abril (763 mg CaCO₃/L) y los valores menores en septiembre (496 mg CaCO₃/L). El agua del bordo "la palapa" se puede considerar como agua de moderadamente dura a dura, además se aprecia que conforme avanza el estudio la variable se mantiene constante en época de secas, mientras que en época de lluvias esta disminuye por efecto de dilución del cuerpo de agua. En cuanto a la alcalinidad los valores máximos se registraron en diciembre (456 mg CaCO₃/L) y los valores menores en el mes de octubre (146 mg CaCO₃/L). El agua del sistema se considera con buena productividad por los valores obtenidos.

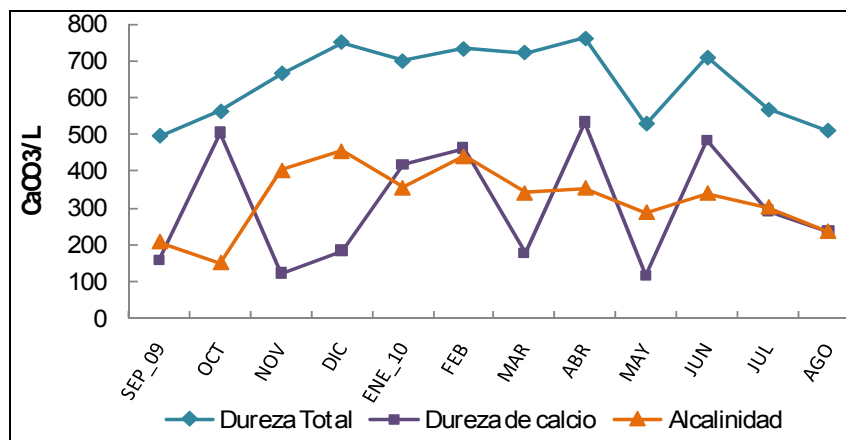


Figura 28. Comportamiento de la dureza de calcio, dureza total y alcalinidad del bordo "la palapa"

El nitrógeno en forma de amonio en el sistema, vario de 0.22 a 0.91 mg/L, con valores menores en noviembre y julio con aumentos en marzo y agosto (0.83 mg/L); este aumento en agosto es debido al acarreo de la materia orgánica procedente de las lluvias (Figura 29). Estos valores se encuentran por debajo de los niveles tóxicos que se reportan para la especie.

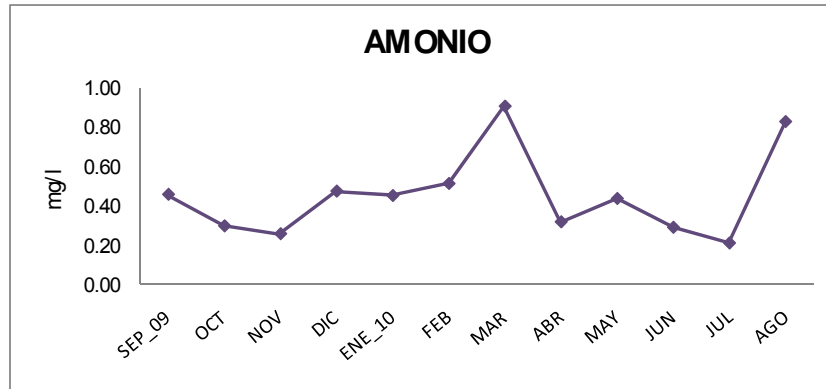


Figura 29. Comportamiento del amonio del bordo "la palapa"

Se realizó un análisis de dispersión entre los valores del índice gonadosomático y hepatosomático con los factores ambientales para observar gráficamente la tendencia que presentaban los datos para poder aplicar el análisis de correlación lineal, en este caso se utilizaron logaritmos para linealizar y obtener una mejor representación de los datos. Solo la relación entre el IHS con pH y el IGS con la temperatura mostraron una tendencia lineal.

En la Tabla 13 se muestran las correlaciones del producto de Pearson, entre cada par de variables. El intervalo de estos coeficientes de correlación mide la fuerza de la relación lineal entre las variables. El segundo número en cada bloque de la tabla es un valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas, valores de p por debajo de 0.05 indican correlaciones significativamente diferentes de cero, con un nivel de confianza del 95.0%. Solo se obtuvo un par de variables que tienen una relación directamente proporcional significativa que es el IHS y pH ($r=0.7014$; $p=0.01$) y entre la temperatura del agua y el IGS de los machos ($r=0.5956$; $p=0.0532$). Las otras correlaciones entre las variables no fueron significativas o los valores de asociación fueron muy bajos.

Tabla 13. Análisis de correlación de parámetros ambientales e índices de *O. niloticus*
 Correlación
 Valor -p

| | T agua (log) | OD (log) | pH (log) | Amonio (log) | IGS H (log) | IGS M (log) | IHS (log) |
|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|----------------|----------------|---------------|
| T agua (log) | - | 0.1213 | -0.0160 | -0.1431 | 0.0224 | 0.5956 | -0.0184 |
| | 0.7223 | 0.9628 | 0.6747 | 0.9479 | 0.0532 | 0.9572 | |
| OD (log) | - | 0.1213 | 0.5281 | 0.1518 | 0.1601 | 0.0883 | 0.4910 |
| | 0.7223 | 0.0949 | 0.6559 | 0.6382 | 0.7963 | 0.1251 | |
| pH (log) | - | 0.0160 | 0.5281 | -0.1094 | - | 0.2296 | 0.7014 |
| | 0.9628 | 0.0949 | 0.7489 | 0.2548 | 0.4970 | 0.0162 | |
| Amonio (log) | - | 0.1431 | 0.1518 | -0.1094 | 0.3315 | 0.0718 | 0.3805 |
| | 0.6747 | 0.6559 | 0.7489 | 0.3193 | 0.8338 | 0.2483 | |
| IGS H (log) | - | 0.0224 | 0.1601 | -0.3757 | 0.3315 | 0.0534 | 0.0574 |
| | 0.9479 | 0.6382 | 0.2548 | 0.3193 | 0.8761 | 0.8670 | |
| IGS M (log) | 0.5956 | 0.0883 | 0.2296 | 0.0718 | 0.0534 | 0.2276 | |
| | 0.0532 | 0.7963 | 0.4970 | 0.8338 | 0.8761 | 0.5009 | |
| IHS (log) | - | 0.0184 | 0.4910 | 0.7014 | 0.3805 | 0.0574 | 0.2276 |
| | 0.9572 | 0.1251 | 0.0162 | 0.2483 | 0.8670 | 0.5009 | |

En la figura 30 se muestra la relación de la temperatura del agua con el índice gonadosomático y hepatosomático donde solo el índice gonadosomático de los machos tiene la misma tendencia, pero estadísticamente no hay una relación. En la figura 31 se observa la relación del índice gonadosomático y hepatosomático con respecto al pH, el cual muestra que el IHS tiene relación con el pH, como lo muestra el análisis de correlación, aunque el IGS de machos gráficamente muestra una tendencia parecida al pH.

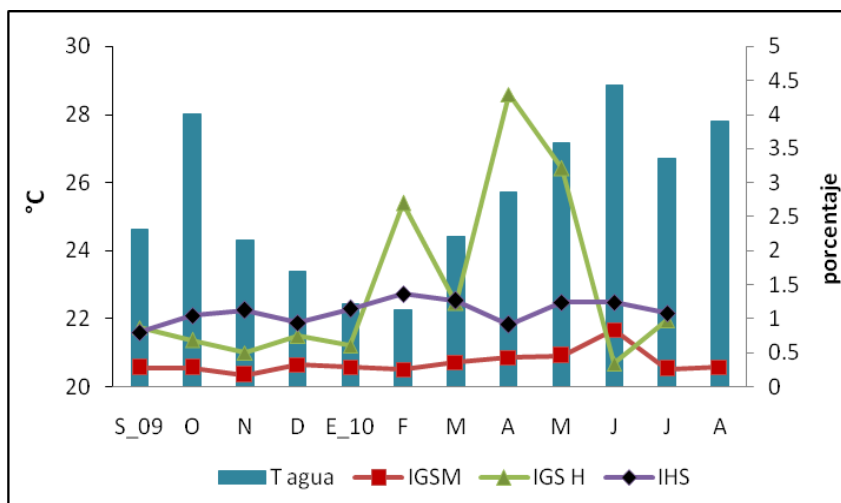


Figura 30. Relación temperatura del agua e índices gonadosomático y hepatosomático

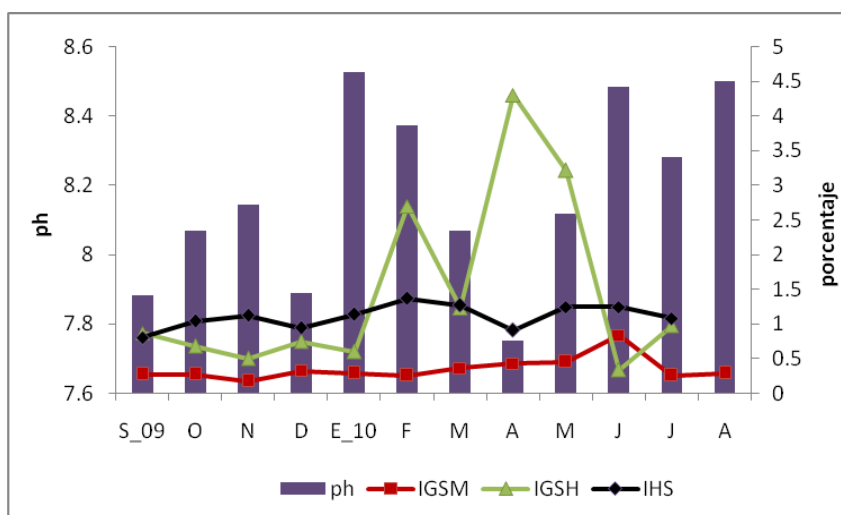


Figura 31. Relación pH del agua e índices gonadosomático y hepatosomático

En la Figura 32 se observan las concentraciones de clorofila "a", las cuales oscilaron de 7 a 90 mg/m³, febrero es el mes donde se registraron los valores más bajos de 7 mg/m³ y en diciembre se tiene los valores más altos de 90 mg/m³, lo cual indica que la biomasa de fitoplancton se mantiene constante en época de lluvias y después esta empieza a aumentar hasta alcanzar el valor máximo en diciembre y tener un descenso drástico para febrero cuando inicia la época de secas. El valor máximo del índice gonadosomático corresponde con los aumentos durante la temporada seca de la biomasa, lo cual posibilita el desarrollo de los peces con abundante alimento durante la temporada cálida seca.

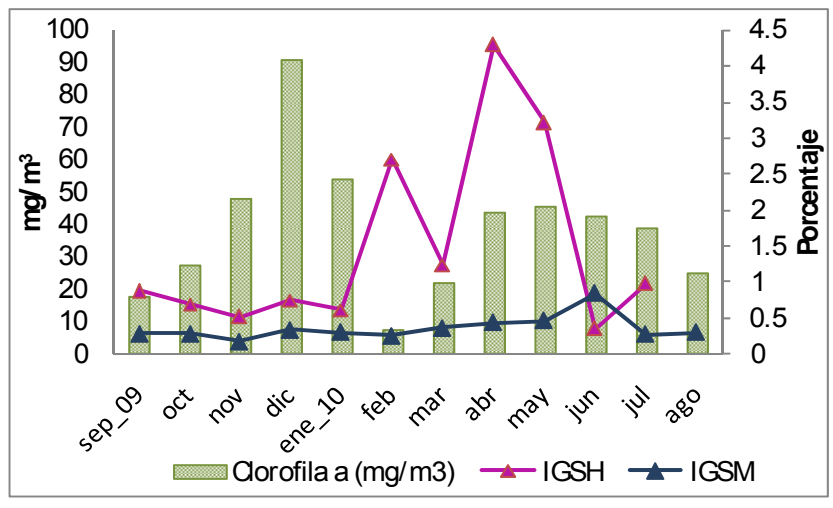


Figura 32. Comportamiento de clorofila a con respecto al IGS de hembras y machos de *O. niloticus*

DISCUSIÓN

A diferencia de los datos registrados en este estudio, Ramos-Cruz (1995) obtuvo que las tallas para *O. aureus* fluctuaron entre 166 y 398 mm de longitud total y el peso total varió de 48 a 1450 g. En cambio, resultados similares a los obtenidos en el presente estudio fueron reportados por Abdulrahman (1996-1997) quién registró que los machos de *O. niloticus* tuvieron una longitud de 6.5 a 26 cm y las hembra midieron de 8.6 a 25.7 cm. Gómez- Márquez *et al.*, (2003) reportaron tallas entre 117 y 206 mm de longitud total en el lago Coatetelco para *Oreochromis niloticus*. Khallaf *et al.*, (2003) reportaron longitudes promedio de longitud total de 19 cm para hembras y 23 cm para machos de *O. niloticus* en los Lagos Nasser Maznala y Vanal Ceben en Egipto. Castro *et al.*, (2004) mencionan diferencias significativas ($p < 0.05$) en las talla entre diferentes especies, para *Oreochromis mossambicus* reportan un talla de 20.17 cm, seguida por *O. niloticus* con 16.53 cm y *O. aureus* con 15.21 cm. Gómez-Márquez *et al.*, (2008) reportaron un intervalo de longitudes para hembras de 9 a 16.5 cm y para machos de 8.9 a 14.8 cm en el lago Coatetelco. Sastre (2008) cita que para *O. niloticus* de la presa Emiliano Zapata los machos registraron un intervalo entre 5.1 a 28.5 cm de longitud total y el peso total osciló entre 21.15 y 300 g, mientras que para las hembras fue de 7.8 a 25 cm de longitud total y de 8.1 a 271 g de peso total.

Con respecto a lo anterior se observa que los machos son los que alcanzaron una mayor talla que las hembras, y así como intervalos de tallas similares a los reportados por los diferentes autores mencionados. Esto es debido principalmente a diferentes factores como la temperatura, que juega un papel importante en cuanto al crecimiento y desarrollo de la especie (Fry e lles, 1972; Morales, 1991; Oliveira y Almada, 1995). Esto tiene que ver con las diferentes estrategias que utilizan los organismos para la reproducción, ya que para que los machos sean aceptados por las hembras estos deben ser grandes, de coloración brillante y llamativa para que sus genes sean transferidos a su descendencia y por lo tanto la supervivencia sea mayor.

La mayoría de los organismos capturados presentan tallas entre 15 y 17cm de longitud patrón, por lo cual Gómez-Márquez *et al.*, (1993) mencionan que la pesquería está afectando sobre la parte juvenil de la población y que sin duda es una de las causas de la sobreexplotación actual. Esta dinámica de explotación impide que el embalse llegue a ser autosuficiente desde el punto de vista de la producción pesquera, ya que al extraer la parte de la producción que esta por reclutarse a la actividad reproductora, el éxito de las capturas dependerá de los programas de repoblación.

El tipo de alimentación también es importante para el crecimiento de la especie, Castillo (1989) menciona que la alimentación debe mantener siempre el crecimiento, la actividad y la reproducción. Arredondo *et al.*, (1994) refieren que el crecimiento depende de varios factores principalmente: temperatura, densidad de individuos y tipo de alimento disponible y que la combinación calidad y cantidad del alimento son directamente proporcionales a la capacidad de crecimiento. Desde 1982, Bowen afirmaba que cuando el alimento es limitado ocurren velocidades de crecimiento más bajas que el potencial máximo y Roberts (1988, citado por Medri *et al.*, 2000) comenta que, la deficiencia de nutrientes induce bajos crecimiento e incluso patologías como desviaciones en la columna vertebral.

Proporción sexual

Nikolsky (1963) sugiere que la proporción sexual esperada para la mayoría de las especies debe ser 1:1; sin embargo, la proporción para el total de organismos capturados en el bordo "la palapa", fue de 3.9:1 ($\chi^2= 135.38$; $p < 0.05$; favoreciendo a los machos), esto es, 79.7% fueron machos (306) y el 20.3 % hembras (78).

Beltrán-Álvarez *et al.*, (1998) mencionan que la proporción sexual favoreció a los machos (1H: 1.02M).Gómez-Márquez (2002) obtuvo una proporción de 1:1.02 (macho: hembra) para *O. niloticus* en el lago Coatetelco; Alvarado *et al.*, (1990) reportaron una proporción de sexos para la población de *O. mossambicus* de 1:1 en el lago; Peña-Mendoza *et al.*, (2005) registraron una proporción de 1:1.29 hembra: macho; Gómez-Márquez *et al.*, (2008) reportaron una proporción hembra: macho de 1:1 ($\chi^2=0.02$, $p>0.05$) de *O. niloticus* en el lago Coatetelco. La proporción de hembras: machos de 3:1 es la más comúnmente utilizada por los operarios de granjas piscícolas (*hatcheries*) de tilapia; Pérez-Ortiz y Patlani-Santiago (2002) reportaron una proporción de 1:1.4; Arul (2000) reporta que los reproductores más jóvenes de 1 a 2 años y la razón hembras: machos de 2:1 o 3:1 son más productivas que los reproductores más viejos ya que la frecuencia de puesta es inferior. Está se ha puesto de manifiesto a pesar de que la nutrición juega un importante papel en el rendimiento de los reproductores de tilapia; Saíto-Quezada (2004) cita para *O. niloticus* una mayor proporción de machos en comparación con hembras (2:1); Ramos-Cruz (1995) cita que para *O. aureus* la proporción sexual fue de 2.6:1 a favor de los machos ; Costa-Pierce y Hadikusumah (1995) hacen notar que proporciones inferiores (2:1 o 3:1 comparadas con 4:1 o más) dan como resultado una producción de semilla mayor; Salamá (1996) hace constar que la producción de larvas según la proporción de hembras: machos desciende de 5:1 a 2:1.

En algunos estudios realizados por varios autores se llegan a encontrar proporciones mayores a los anteriores pero los machos siguen dominando sobre las hembras como lo citan: Alejo *et al.*, (1989) obtuvieron una proporción hembra: macho de 5:4 organismos en la laguna "El Rodeo", Morelos; Manríquez-Ledezma (2005) obtuvo para *O. niloticus* una mayor proporción en machos sobre las hembras de 8.85:1; Tovar (2005) muestra una proporción de 1:16.6 (hembra: macho) para *O. niloticus*.

Con base en los resultados citados anteriormente la mayoría de los trabajos mencionan que fueron los machos los que dominaron sobre las hembras. Es posible que existan estas diferencias debido a que una vez concluida la fertilización de los óvulos, las hembras migran hacia aguas profundas o en zonas cercana a la orilla donde existe vegetación acuática o rocas para incubar y llevar a cabo la protección de los huevos y cuidado de las crías, en cambio los machos permanecen en las zonas someras en donde se encuentran los nidos para cortejar a otra hembra, además de alimentarse (Ramos-Cruz, 1995; Gómez-Márquez *et al.*, 2003).

Otro factor que influye es el arte de pesca que fue utilizado, ya que dependiendo de la luz de malla, es como se distribuyen y se capturan los organismos de las diferentes tallas, el arte de pesca muchas veces se coloca lejos de la orilla del sistema provocando que las hembras que se encuentran lejos de los nidos sean capturadas, aunque estas regularmente suelen estar protegidas por la vegetación. También otro factor que propicia la disminución de algún sexo, es la sobre explotación del recurso que ocasiona un desplazamiento en el tamaño promedio de la captura, por lo que se altera la composición de la población y de alguna manera esto es un reflejo en los machos que dominan sobre las hembras (Nikolsky, 1963).

Nikolsky (1963) menciona que la proporción de sexos varía considerablemente de especie a especie pero en la mayoría de los casos es cercano a uno y puede variar año con año en la misma población, esto es importante para destacar el hecho que en algún tiempo está compuesto por más machos, puede ser favorable para la pesquería, porque puede servir como un mecanismo de regulación para la proporción de sexos también señala que el tamaño de los machos es el resultado de una tasa de crecimiento diferencial con respecto a las hembras.

Respecto a la diferenciación sexual Van Aerte *et al.*, (2004), Devlin y Nagahama (2002) y Guerrero-Estévez y Moreno-Mendoza (2009) señalan que existen una gran variedad de mecanismos que definen la proporción sexual. Estos pueden ser genéticos o dependen de las condiciones ambientales tales como temperatura, pH y factores de la comunidad, los cuales pueden influir en la proporción sexual de la población. Además, de acuerdo con

Devlin y Nagahama (2002) las fluctuaciones de la temperatura en los diferentes hábitats donde los peces viven, pueden alterar las rutas bioquímicas de la determinación del sexo y actúan sobre el individuo para inducir el desarrollo del macho o de la hembra. Además, Conover y Kynard (1981) mencionan que la primera especie de pez teleósteo donde la determinación del sexo fue descrita como dependiente de la temperatura fue *Menidia menidia*.

Por otra parte, Conover y Fleicher (1986) citan que en la naturaleza, algunos descendientes nacen al inicio de la temporada de reproducción mientras la temperatura es relativamente baja, por lo regular los peces son hembras y cuando se reproducen en la temporada final mientras la temperatura es alta, la descendencia favorece a los machos. En algunos peces gonocóricos, donde los individuos sólo son funcionales como uno de los dos sexos en su vida ya sea como macho o hembra, existen organismos donde la mayoría de los organismos inicialmente se diferencian en hembras, pero en el desarrollo temprano algunos se desvían, presumiblemente por factores genéticos, para diferenciarse en machos (Uchida *et al.*, 2002). Por lo tanto, en el estudio los machos deberían aparecer en mayor cantidad en la temperatura seca, cuando la temperatura es más alta y eso hace que los machos probablemente puedan tener altas tasas de supervivencia debido a su gran tamaño, mayor longevidad y ser más resistentes al rigor del esfuerzo reproductivo que las hembras.

Relación peso-longitud

La relación peso-longitud es una característica que resulta ser importante dentro del análisis de la pesquería, ya que proporciona información sobre la condición de una población. Además, permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida (Jiménez-Badillo, 2006).

Se aplicó un análisis de covarianza a los datos y se obtuvo que existen diferencias significativas entre sexos, por lo cual los sexos se trabajaron de manera independiente.

El valor de la pendiente muestra que todos los organismos tienen un crecimiento de tipo alométrico negativo; es decir, crecen más en longitud que en peso. Alejo *et al.*, (1989), Gómez-Márquez (2002), Cruz y Ramírez (2002), Saíto-Quezada (2004), Gómez-Márquez *et al.*, (2008) y Sastre (2008) reportan para las especies estudiadas en los diferentes cuerpos de agua un crecimiento de tipo alométrico negativo. Santiago-López y Jardon-Olvera (1997) mencionan para *O. niloticus* un crecimiento alométrico positivo en la presa Cerro de Oro. Khallaf *et al.*, (2005) citan que en el análisis de

covarianza en la relación peso-longitud no existen diferencias significativas ($t=0.322$; $p>0.05$); Manríquez-Ledezma (2005) reporta para *O. niloticus* machos un crecimiento de tipo alométrico negativo y en las hembras se observa un crecimiento alométrico negativo con tendencia a la isometría; Jiménez-Badillo (2006), indica que no hay diferencias significativas entre los sexos con un crecimiento alométrico negativo y Beltrán-Álvarez (2010) obtuvo un exponente diferente de 3 con un crecimiento alométrico positivo en *O. aureus* en la presa Sanalona en Sinaloa.

En condiciones naturales era de esperarse que el crecimiento de los organismos fuera alométrico negativo por el efecto que los factores ambientales ejercen hacia ellos, primero con una alometría negativa, cuando los organismos crecen más en longitud que en peso para evitar la depredación o competencia de otras especies y después presentar un crecimiento alométrico positivo donde crecen más en peso que en longitud, debido en parte al proceso reproductivo al aumentar en peso y talla las gónadas y a que acumulan más tejido; Bagenal (1978) afirma que las constantes alométricas pueden variar dentro de una especie por diversos factores, entre ellos la madurez gonádica.

Anderson y Gutreuter (1983) indican que valores de la pendiente por encima de tres son evidencia de peces que incrementan el peso con el incremento de la talla, mientras que una pendiente de 3 indica una forma constante de crecimiento del cuerpo (crecimiento isométrico). Por otra parte, poblaciones de peces con valores de la pendiente menores de 3 (crecimiento alométrico) pueden tipificar problemas de densidad o alimentación dentro de los cuerpos de agua (Fonticiella, 2000).

Asimismo, las diferencias o similitudes respecto al valor de la pendiente de la relación peso-longitud, además de ser atribuidas a factores intrínsecos de las especies, se relacionan también con el hábitat, época del año, reproducción, así como con el contenido estomacal (Nikolsky, 1963). Asociado a esto, el peso de las hembras puede ser afectado por el número y tamaño de los ovocitos en las gónadas que en consecuencia producen un mayor desarrollo de las gónadas y por lo tanto, el peso corporal de los individuos aumenta proporcionalmente dependiendo de la etapa de madurez gonádica.

Talla de primera madurez

King (1995) y Salgado-Ugarte *et al.*, (2005) mencionan que la madurez sexual es la fase durante la cual el pez alcanza el estado adulto con capacidad de reproducirse, aunque no solo comprende a los individuos que han alcanzado la primera madurez sexual sino, también a los individuos que entran en maduración gonadal cada año durante la época de reproducción.

La talla de la primera madurez sexual para este estudio fue menor para los machos de tilapia en comparación con las hembras, las cuales tienen un largo periodo de crecimiento antes que maduren y por lo tanto, bajas tasas de crecimiento. Esto significa que desde el punto de vista ecológico y pesquero los machos toman ventaja de ser precoces y tienen una larga vida reproductiva mientras las hembras retardan su maduración. Huet (1978), Oduleye (1982) y Hernández-Avilés y Peña-Mendoza (1992) mencionan que a pesar de las ventajas que presenta la mojarra en cuanto a producción, se tiene el problema de la precocidad sexual que se traduce en sobreproducción, competencia por el alimento, espacio y disminución en el crecimiento.

La talla de maduración de *O. niloticus* no es excepcional. Tallas similares de primera madurez sexual han sido reportadas por Morales (1991) quien señala que las mojarras se empiezan a reproducir desde los 140 mm, lo que probablemente ocurre en sistemas cerrados como estanques y acuarios; en el bordo "La palapa" los machos y las hembras registraron una talla similar a lo reportado por Huet (1978), quien indicó para el género *Tilapia* inicia su reproducción a los 15 cm de longitud. Castillo (1989) y Arredondo *et al.*, (1994) mencionan que las tilapias alcanzan la madurez sexual entre 10 – 18 cm y peso de 70 –100 gramos; Basurto-Origel (1994) reporta tallas de 235 mm para las hembras y 240 mm para los machos de *O. niloticus*, , aunque este autor advierte que en las capturas comerciales por efecto de la selectividad del arte de pesca no es posible obtener peces menores a las 20 cm de longitud.; Ramos-Cruz (1995), reporta que *O. aureus* inicia la madurez cuando alcanza los 235 mm de longitud total y Beltrán *et al.*, (1998) mencionan que los organismos de *O. aureus* en la presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa inicia su madurez a los 204 mm de longitud.

Barbieri *et al.*, 2000) reportaron que el tamaño de la primera maduración gonadal de *O. niloticus* en 76 mm; Duponchele y Legendre (2000) estimaron que la edad de primera madurez que alcanza *O. niloticus* es a los 10 meses de edad cuando los organismos presentan una talla entre 11.6 cm y 13.5 cm de longitud; Cosson (2000) indica que todas las especies de tilapia son conocidas por su madurez temprana y que *O. niloticus*, alcanza su madurez sexual entre los 30 y 40 gramos; Gómez-Márquez *et al.*, (2003) reporta como talla de primera madurez 14.5 cm de longitud total y 50 g de peso total para ambos sexos del lago Coatetelco; Khallaf *et al.*, (2003) citan que la talla de madurez es a los 8 y 9 cm en ambos sexos y que el 100% de los organismos la alcanzan a los 14 cm de longitud patrón, refieren que existe mucha variación en ese parámetro, en ocasiones influenciado por el aspecto antropogénico y la contaminación de los sitios donde habitan estos peces. Bocek (2003) afirma que *O. niloticus* madura con una talla de 10 a 12 cm y un peso de 40

a 100 gramos; Peña-Mendoza *et al.*, (2005) obtuvieron 15.1 cm para hembras y 15.20 para machos y Sastre (2008) estimó la primera madurez para machos de *O. niloticus* entre tallas de 15.07 y 17.9 cm y para hembras de 16.6 a 17.9 cm.

Estas diferencias surgen porque la madurez sexual es una función del tamaño y puede ser influenciada por la abundancia y disponibilidad estacional del alimento, la temperatura, la edad, el fotoperiodo y otros factores ambientales que se presentan en diferentes localidades (Nikolsky, 1963; Babiker e Ibrahim, 1979; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Factor de condición

En el índice de condición propuesto por Fulton (1902) se emplea el peso total del pez, lo que puede producir ciertas desviaciones de los resultados deseados debido a que se incluye el peso de las gónadas y del estómago, por lo que Clark (1928) sugirió el cálculo del factor de condición a partir del peso eviscerado. Algunos autores consideran que este método excluye también las grasas acumuladas en algunos órganos, las cuales están estrechamente relacionadas con la condición del pez y que son significativamente importantes en el estudio de la nutrición.

El factor de condición es un indicador de bienestar o robustez de una población de peces, el cual sirve de base para inferir cambios en la condición de los organismos al aumentar la talla, edad, variaciones estacionales en el balance metabólico ocasionadas por la disponibilidad del alimento, así como la condición sexual antes y después del desove (Lagler, 1956; Weatherley *et al.*, 1987).

En este estudio se observa que los machos tienen buena condición para poder subsistir, encontrándose que los machos presentan valores más altos, lo cual indica que su condición es buena y tendrán más energía la cual gastarán buscando a su pareja y posteriormente protegiendo el nido; sin embargo, se observa un pequeño descenso conforme transcurre el ciclo reproductivo. En cambio las hembras muestran diferencias bien marcadas que es donde indica que ha pasado la reproducción y tienen un desgaste debido al cuidado de las crías, y es donde se encuentran los valores más bajos en abril y estos coinciden con los valores más bajos en los machos, pero después de este mes la condición incrementa ya que se aproxima la siguiente época reproductiva y tienen que alimentarse.

Abdulrahman (1996-1997) reportó que el factor de condición varía en los machos de 2.36 a 4.35 y en las hembras de 3.35 a 4.35 en *O. niloticus* en Nigeria; Khallaf *et al.*, (2003) mencionan que este valor desciende en abril, julio a noviembre y esto puede ser por la actividad sexual; Sastre (2008) cita

que los valores del factor de condición de Fulton y Clark mostraron una variabilidad adecuada de condición para machos y hembras así como para la población en general durante la época de secas y una baja condición en la época de lluvias.

Weatherley *et al.*, (1987) mencionan que en muchas especies esta diferencia en el factor de condición entre los sexos se da después de que los individuos llegan a la madurez. Así mismo, se observa que el factor de condición puede disminuir para la especie debido a que no hay repoblamientos (introducción de nuevos organismos), lo que genera problemas en la talla y peso.

Bolger y Connolly, (1989) mencionan que a la madurez sexual le antecede un evento relacionado con el almacenamiento de energía, en donde los cambios de factor de condición refleja variaciones estacionales debido a fluctuaciones relacionadas con el metabolismo del animal. Murphy y Willis (1991) citan que el factor de condición provee la manera de evaluar indirectamente las condiciones ecológicas de un determinado ambiente, por medio de la respuesta en crecimiento y engorde de las especies ante las condiciones ambientales específicas en que se desarrollan.

Un factor determinante para el desarrollo y la vida de esta especie es que cuenten con una buena condición física, ya que esto ayudaría a que la mayoría de los organismos tuviera un mayor tamaño, mayor madurez y mejor calidad de los productos sexuales y por consiguiente una mejoría en la calidad de la especie para su comercialización; en cambio, cuando la condición física es muy baja indica que las reservas energéticas y el metabolismo son muy bajos, lo cual propiciaría adquirir alguna enfermedad con facilidad y por ende tener una alta mortalidad.

A partir del momento en que el organismo inicia su maduración sexual el crecimiento se ve disminuido, se manifiestan cambios en sus proporciones, los cuales pueden ser evaluados por el factor de condición. Wiegert (1968) describe que la condición se utiliza en forma diferencial de acuerdo con la edad, el sexo y los cambios estacionales, en el mantenimiento de las funciones propias, búsqueda del alimento, de resguardo y de la pareja, para el crecimiento tisular y para los procesos relacionados con la perpetuidad de la especie; también señala que los factores que determinan la condición de los peces pueden ser además de los genéticos, la calidad de la alimentación, hábitos alimenticios, estado sanitario, etapas de desove y talla de edad.

Granado (2002) menciona que existen un elevado número de factores que intervienen en el buen estado del pez y que el índice de condición varía según la especie, morfotipo, sexo, edad, estado de madurez reproductiva,

época del año y ambiente acuático. Tiene gran utilidad para comparar poblaciones de una misma especie, en distintos ambientes.

Madurez gonádica

El estudio de la madurez sexual y del ciclo reproductivo de *O. niloticus* constituye una primera aportación al conocimiento de la biología básica de esta especie, con la cual se compromete una pesquería de gran importancia.

Es por eso que se realizó la biometría de las gónadas tanto de hembras como de machos y no se observaron anomalías, en cuanto a los testículos se observó que conforme avanza el desarrollo de los mismos estos incrementan en diámetro y longitud, hasta alcanzar más del doble de su tamaño inicial, excepto en el estadio V, donde estos solo aumentan en el largo pero no en diámetro y se observa algo de grasa en las gónadas, ya que están en estado de reposos o recuperación para la siguiente época de reproducción; Los ovarios van creciendo más en diámetro que en longitud por el desarrollo de los ovocitos, con excepción del estadio V donde esta es de diámetro menor y en algunos casos con restos de grandes ovocitos en la gónada.

Varios autores entre ellos Babiker e Ibrahim (1979), Basurto-Origel (1994), Catrejón *et al.*, (1995) y Admassu (1996) reportan que las hembras desovan mas de una vez al año. Morales (1991) menciona que la frecuencia de los desoves varía considerablemente en función de los factores ambientales y que en México pueden presentarse de uno a diez desoves durante un año; Basurto (1984) menciona que la población en la Laguna de Chila se reproduce todo el año y que los individuos de *O. niloticus* alcanzan el estado IV en marzo, aunque a partir de enero se empiezan a observar tilapias con gónadas en fase de reproducción; Mari *et al.*, (1989) señalan que durante el estudio de la población de *O. aureus* se encontraron ejemplares completamente maduros y desovados durante todos los meses, en mayor o menor porcentaje en dependencia de la época del año. Este comportamiento conjuntamente con las variaciones del IGS indica que la reproducción de la especie tiene lugar durante todo el año, con un período de mayor intensidad reproductiva y esos resultados coinciden con los que aquí se presentan para la especie en el bordo "la palapa".

Ramoz-Cruz (1995) registró el 24% de hembras maduras para *O. aureus* en la presa Benito Juárez en Oaxaca; Gómez-Márquez *et al.*, (2003) mencionan que el 51% de las hembras se encontraban en estadio III y en los machos el 59% se encontró en estadio V, el estadio IV se presento en febrero, abril-junio; Komolafe y Arawomo (2007) citan que el estadio IV representó el 35% en

machos y 43% en hembras, con reproducción en enero y agosto para machos y en junio y enero-julio para hembras de *O. niloticus* en Nigeria

Indice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS)

Para conocer mas adecuadamente cuando se da el proceso de reproducción en el sistema acuático, se utilizó la variación del índice gonadosomático (IGS) cuyos valores de mediana máximos registrados corresponden con los meses de febrero – mayo para las hembras y para los machos en junio, por lo que se puede determinar que la época de reproducción coincidió con los valores altos de temperatura ambiente y que la época de lluvias esta cerca, lo que conlleva a una mayor disponibilidad de alimento por el aporte de materia orgánica.

Los valores medios mensuales del IGS no presentan una tendencia muy clara, por el contrario, presentan una variación a lo largo de todo el año de estudio. Esto puede deberse a que hay actividad reproductiva todo el año y no toda la población se reproduce al mismo tiempo, dando lugar a que cada mes se presente más de un estadio de madurez y con ello la variación del IGS.

Independientemente de la variación de los estadios de maduración de los machos y las hembras, la periodicidad del desove indica que los peces la realizan dos veces durante el año uno en época de secas y otro mas largo en época de lluvias; Sánchez y Gómez (1986) mencionan que el IGS para las hembras de *O. aureus* presenta una correlación negativa con el peso corporal. Asimismo, García *et al.*, (1994) mencionan que el valor y las variaciones del peso relativo de las gónadas, además de facilitar la evaluación del grado de desarrollo de los productos sexuales, brindan una idea sobre la magnitud de los gastos de energía en función de dicho proceso.

Resultados similares a los reportados en este estudio son los mencionados por Alejo *et al.*, (1989) quienes mencionan que existen dos periodos de reproducción uno en diciembre y el otro en septiembre; Castrejon *et al.*, (1995) así como Admassu (1996) para *O. niloticus* reportan que las hembras desovan más de una vez en una estación reproductiva. Salgado-Ugarte (1995) menciona que una pobre condición somática durante la época de procreación es una observación común en muchas especies de peces y da como indicación que el crecimiento somático es limitado junto con el desarrollo de las gónadas, además la disminución en la condición siempre esta acompañada en una baja en las reservas corporales durante la madurez gonadal.

Beltrán-Alvarez *et al.*,(1998) reportan para *O. aureus* tres periodos de reproducción siendo el más importante de abril a mayo; Peña y Dominguez (1999) reportaron para *O. niloticus* que el IGS incrementó dos veces en los machos y tres veces en las hembras y el fotoperiodo no afectó el índice gonadosomático; Barbier (2000) dice que para *O. niloticus* el periodo reproductivo se extiende de septiembre a diciembre; Duponchelle y Legendre (2000) indican que para *O. niloticus* la temporada de reproducción ocurre de enero a septiembre con un máximo entre abril-mayo y julio; Gómez-Márquez *et al.*,(2003) mencionan que la época de reproducción para *O. niloticus* en el lago Coatetelco se realiza en junio y enero. Khallaf *et al.*,(2003) reportan que *O. niloticus* se reproduce de septiembre a mayo en el canal Shanawan en Egipto; Peterson *et al.*,(2004) describen para *O. niloticus* que la reproducción se lleva a cabo todo el año con mayor intensidad de marzo a mayo y en el verano tardío de agosto a septiembre; Peña-Mendoza *et al.*, (2005) citan para la especie en estudio en la presa Emiliano Zapata que la época reproductiva se lleva a cabo en agosto y febrero; Jimenez-Badillo (2006) menciona que *O. aureus* se reproduce de mayo a enero con máximo en junio-julio y octubre-noviembre; Komolafe y Arawomo (2007) reporta que el IGS en machos varió de 0.03 a 1.67 y en hembras de 0.12 a 4.06, este parámetro aumenta con el desarrollo de las gonadas y decrece con el desove. Sastré (2008) con base en el estadio gonádico, el índice gonadosomático y hepatosomático establece que la época de la reproducción máxima es de julio a octubre; Beltrán-Álvarez (2010) registró valores bajos en meses invernales de enero a marzo e incremento la maduración de julio a septiembre.

Para apoyar la época de reproducción se utilizó el índice hepatosomático (IHS), el cual es un buen indicador de la condición fisiológica. La presencia de valores altos durante el desarrollo gonadal y durante el desove, pueden ser interpretados como una baja en las reservas energéticas almacenadas en el hígado en forma de glucógeno, el cual es transferido a la gónada para ser usado en el proceso reproductivo, produciendo una baja en la condición de los peces durante el periodo de desove (Bagenal, 1978; Khallaf, *et al.*, 2003).

Como se sabe, el ciclo reproductor de los peces está estrechamente relacionado con los cambios ambientales, particularmente con los cambios estacionales de la luz y la temperatura. Estos dos factores son, con frecuencia, los más importantes porque ellos pueden actuar sobre o a través de los órganos de los sentidos - en las glándulas que producen hormonas que determinan la conducta y la respuesta fisiológica adecuada para la reproducción de los peces. Numerosos estudios experimentales demuestran que la temperatura es uno de los principales factores ambientales que regulan este ciclo, aunque la luz también juega un importante papel, así

como otra serie de variables como la salinidad del agua, la concentración de amoníaco, el ruido, etc. (De Juan *et al.*, 2009).

Se observó que en los datos obtenidos IHS no se registro una gran variación a lo largo del estudio mientras que para los valores de IGS los valores aumentan sobre todo en los meses de febrero a abril; este valor va en un aumento y se puede observa que existen dos máximos de IGS, en cambio los valores de IHS son bajos e incluso inversos a los encontrados en el IGS tanto de hembras como de machos. Se presentan valores máximos antes de la temporada de reproducción en los meses de octubre, febrero, marzo y junio lo cual puede coincidir con lo esperado para esta especie de acuerdo con lo reportado por la mayoría de los autores.

Fecundidad

Se obtuvo un alto índice de fecundidad en las hembras posiblemente ocasionada por factores físicos, químicos y biológicos; ya que en este caso el bordo "la palapa" es un sistema somero y por lo tanto tienden a ser más productivo, además, es más fácil que la temperatura del agua sea más alta lo cual puede favorecer el proceso reproductivo de la especie.

Bagenal (1978) cita que las especies exhiben amplias fluctuaciones en la fecundidad entre peces de la misma especie, tamaño y edad y que esta se encuentra relacionada con la longitud de los peces, es decir, a mayor longitud es mayor el número de óvulos presentes en el ovario.

Con base a los resultados obtenidos, se puede decir que los organismos del bordo "la palapa" presentan este comportamiento, ya que a mayor longitud se encuentra un mayor número de ovocitos, aunque no sobrepasan los 900 ovocitos por pez, en el estadio de maduración II se registraron 736 ovocitos/pez, en el estadio III 769 ovocitos/pez y en el estadio IV 847 ovocitos/pez, con un valor promedio de 758 ovocitos/pez y estos se pueden clasificar en tres tamaños: chicos (300-1000 μm), medianos (1100-2200 μm) y grandes (2100-3200 μm).

Basurto (1994) menciona que el número de ovocitos en *O. niloticus* varió de 1505 a 5595, la fecundidad media se estimó en 3205, con una desviación estándar de 1099; Arul (2000) menciona que las hembras grandes de tilapia producen más ovocitos por puesta que las pequeñas; sin embargo, las pequeñas producen más ovocitos por unidad de peso vivo; Duponchele y Legendre (2000) reportan que el número de ovocitos producidos por las hembras es escaso (416 y 343 por 100 g de peso) aunque estos son pesados (7.7 a 7.9 mg); Peterson *et al.*, (2004) mencionan para *O. niloticus* que la baja fecundidad es compensada por la capacidad adaptativa de las crías a

través de su estación reproductiva a lo largo de todo el año; Peña-Mendoza *et al.*, (2005) mencionan que la fecundidad para *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata varió de 243-847 ovocitos/pez con diámetro de 300-3000 μm , se obtuvo alta correlación de la fecundidad con la longitud ($r=0.74$) que con el peso ($r=0.73$). Por otro parte Komolafe y Arawomo (2007) reportaron que en el estadio II el diámetro varió de 0.008 mm a 0.19 mm; en los maduros de 2.12 mm a 2.69 mm y el estadio IV el número de ovocitos varió de 73 a 1810 ovocitos por hembra, con una media de 815 ovocitos. Gómez-Márquez *et al.*, (2003) reportan para *O. niloticus* un intervalo de 104 a 709 ovocitos/pez, que existe una menor relación entre la fecundidad y longitud y más alta con el peso, el diámetro de ovocitos fue menor de 1000 μm en el estadio II, de 1000-2000 μm en el estadio III y de 2000-3000 μm en el estadio IV, presentó una baja fecundidad; Tacon *et al.*, (1996) reportaron en un estudio de fotoperiodo en acuarios que el tamaño de los ovocitos es de 500-700 μm en estadio I, 800-1000 μm en el estadio II, 1100-1300 μm en el estadio III, 1400-1600 μm en el estadio IV y mayor a 1700 μm en el estadio V.

Wootton (1990) menciona que el número de ovocitos que una hembra desova en un tiempo definido, depende del número de ovocitos por desove el cual está en función del tamaño corporal como fue observado en este estudio. Las hembras de un mismo tamaño difieren en su fecundidad y la misma hembra puede tener diferentes fecundidades dentro de la misma temporada de reproducción (Bagenal, 1978).

Arul (2000) y Baltazar (2007) mencionan que las hembras de *Oreochromis* normalmente incuban las larvas en su boca unos 10 días. Las tilapias más viejas mantienen más huevos y larvas en sus bocas de forma que la frecuencia de puesta es inferior; Durante este periodo, están privadas de la mayoría de los alimentos. Como resultado, necesitan de un periodo de aproximadamente dos semanas para reacondicionarse antes de volver a desovar. (Bocek 2003) menciona que durante el periodo de incubación interrumpe su actividad alimenticia y previamente se alimenta adecuadamente para tener reservas nutricionales para el periodo de incubación, lo cual trae como consecuencia mayor peso.

Fryer e Iles (1972) y Ronald (2005) mencionan que los cíclidos han desarrollado una amplia gama de estrategias reproductivas que incluyen desovar sobre sustratos, la incubación bucal y cuidado de las crías (uniparental, biparental, colectivo) y que incluyen los sistemas de apareamiento monogamia, poligamia y las estrategias escondidas. Asimismo, sugieren que en algunas especies las influencias exógenas pueden interactuar con las influencias genéticas lo cual se ve acentuado en la ontogenia y por lo tanto, el éxito reproductivo y adaptativo de la especie al medio ambiente donde habita.

Análisis Multivariado de covarianza

Diversos autores han empleado el análisis univariado o multivariado para establecer con mayor precisión el ó los factores que controlan los cambios en las poblaciones y por consiguiente en cada variable, e incluso poder definir regiones que en un análisis simple se perdería (De la Lanza *et al.*, 1998).

García-Berthou y Moreno-Amich (1993) mencionan que el estudio de la reproducción es de tipo fundamental y requiere cierta complejidad en ciencias pesqueras, por eso proponen un método que en lugar de tener una sola variable de respuesta, hacen la propuesta de incluir todas las variables morfométricas relacionadas con la actividad reproductiva y se ajusten por medio de la covariada.

Cuando se aplicó el análisis multivariado de covarianza (ANAMUCOVA) en relación a los datos agrupados (hembra y macho) los resultados fueron altamente significativos, lo que sugiere que existe una variación estacional y una dependencia sobre la talla del organismo de las diferentes variables de peso (eviserado, gónada, hígado y tracto digestivo) analizados.

Los resultados obtenidos tanto para hembras como para machos siguen una misma tendencia, lo que sugiere que el comportamiento del peso promedio de las variables en especial de las gónadas presenta variación estacional marcada, en cuanto al peso del hígado este se comportó de forma inversa con el peso de la gónada; los valores medios más elevados del peso de la gónada para hembras se registraron en época de secas (febrero) y época de lluvias (julio) y para el peso de las gónadas de los machos se registró en octubre y junio.

Gómez-Márquez (2002) menciona que la temporada reproductiva para esta especie, muestra que el peso del hígado es mínimo hacia el inicio del verano, debido a que este órgano presenta una mayor relación con los ovarios que con los testículos, ya que el hígado segrega sustancias protéicas denominadas vitelogeninas durante el proceso de la vitelogénesis exógena, las cuales van a ser captadas por los ovocitos en desarrollo. Por lo tanto, es directamente proporcional al ciclo reproductivo y el valor de este decae justo antes del desove, por lo cual es un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992).

Diversos estudios realizados sobre algunos aspectos que influyen en la reproducción de los peces, se pueden tomar de base para tener una idea de los resultados a esperar con respecto al comportamiento de los valores del IGS y del IHS. Nagahama, (1994; citado en Muñoz, 2011) menciona que

los ovarios como los testículos de teleósteos son capaces de producir varios tipos de esteroides según el momento del ciclo y en respuesta a cada tipo de gonadotropina. Los esteroides son capaces de actuar sobre el hígado, sobre la propia gónada, sobre la hipófisis y el cerebro en un circuito de retroalimentación. Oppen-Berntsen *et al.*, (1992; citado en Muñoz, 2011) menciona que el estradiol producido por las células de la granulosa es transportado por la circulación al hígado, donde estimula la síntesis y secreción de vitelogeninas. Esta vitelogenina es transportada al ovocito e incorporada por micropinocitosis y es responsable del enorme crecimiento del ovocito durante la fase vitelogénica.

Tapia *et al.*, (1988) señala que el peso de las diferentes estructuras de los peces, están asociadas a fenómenos biológicos y ecológicos del reclutamiento, crecimiento, madurez y desove y los valores bajos coinciden con la época de desove y presencia de individuos de tallas grandes, mientras que los valores altos coinciden con el reclutamiento de los individuos juveniles y por lo consiguiente, una maduración reproductiva de la población.

Al utilizar a la longitud como una covariada esto permitió ajustar las medidas de las demás variables al tamaño de los peces, es decir que la longitud no influye en los resultados, así mismo, al separarlos por sexos no se registraron diferencias significativas.

Con respecto al peso del tracto digestivo este fue encontrado proporcional al peso de la gónada, teniendo aumentos antes de reproducirse, debido a que al llevar a cabo la reproducción esta especie tiene una incubación bucal, durante ese tiempo no se alimenta, hasta que los alevines son grandes y pueden valerse por sí mismos.

Salgado-Ugarte (1995) al tomar en cuenta los comentarios de García-Berthou y Moreno-Amich (1993), cita que el uso del análisis multivariado de covarianza presenta algunas ventajas. Por ejemplo, un análisis preliminar del índice gonadosomático, muestra una clara heterocedasticidad lo cual hace difícil las comparaciones y por otro lado, la comparación de los valores medios adyacentes permitió evaluar la significancia de la variación de las medias a lo largo de los diferentes periodos en estudio.

Por lo tanto, dada la característica de la relación del peso de la gónada y del peso corporal, es necesario realizar un análisis multivariado que permita reconocer el comportamiento de todas las variables involucradas en la reproducción, manteniendo constante el efecto de la longitud para poder analizar más apropiadamente las variaciones de los componentes y definir la

época de reproducción y el estado fisiológico de los organismos en función de la variable temporal.

Parámetros físicos y químicos

La calidad del agua está determinada por sus propiedades físicas y químicas, entre las más importantes destacan la temperatura, oxígeno disuelto, pH, transparencia, y los nutrientes, entre otras. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que es importante que los parámetros del agua se mantengan dentro de los intervalos óptimos para el desarrollo de los organismos.

El bordo "La palapa" es un cuerpo de agua somero con profundidad en época de secas de 1 m y en época de lluvia de hasta 4 m, con una alta visibilidad de hasta 0.47 m. El comportamiento hidrológico del sistema se caracteriza por una etapa de dilución, debido al incremento en el volumen que se da a partir del inicio de la temporada de lluvias (junio), en la que a pesar del acarreo de materiales procedentes de la cuenca hay una reducción de estos por unidad de volumen y otra etapa de concentración de materiales ocasionada por la evaporación durante la estación seca, la infiltración, además de la pérdida por la utilización del agua para riego. Estas fases (concentración y dilución) las describen Barclay (1966), Cole (1979), Arredondo *et al.*, (1982) y Hernández-Avilés *et al.*, (2007) entre otros y son comunes en este tipo de ecosistemas.

Este sistema se caracteriza por presentar periodos de mezcla continuos debido a que es un cuerpo somero favorecido por la acción del viento y por la actividad pesquera, ya que presenta una remoción constante de materiales y nutrientes del fondo y por lo tanto, una menor transparencia.

Esta transparencia no solo afecta a los organismos del plancton, sino también a los peces los cuales son animales poiquilotermos (su temperatura corporal depende de la temperatura del medio) altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura) y los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, ya que mientras mayor sea la temperatura, mayor la tasa metabólica y por lo tanto, mayor consumo de oxígeno (Iturra, 2008)

La turbidez del agua tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces. Al impedir la libre penetración de los rayos solares, la turbidez limita la productividad natural del estanque, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento para *Oreochromis* (Alamilla, 2009). En este estudio la visibilidad fue alta en época de secas y a principios de la

época de lluvias y como se trata de un sistema somero tiene gran afectación en la productividad y en el desarrollo de los organismos.

Díaz-Pardo *et al.*, (1986) mencionan que un factor importante que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura en la columna de agua es la relación entre temperatura del cuerpo de agua y la del aire, que se manifiestan en el intercambio de calor entre ambas fases. En el sistema la temperatura ambiente osciló entre 20 y 31.2°C, la temperatura más baja se registró en el mes de febrero y la más alta en marzo, de septiembre a diciembre la temperatura ambiente fue menor que la del agua, sin embargo, se pudo observar que la temperatura del agua presenta un comportamiento general similar al que presenta la temperatura del ambiente. La temperatura ambiente puede ser menor a la del agua debido a que el agua absorbe grandes cantidades de calor que utiliza en romper los puentes de hidrógeno y por su alta capacidad calorífica. La temperatura del agua desciende más lentamente que la de otros líquidos a medida que va liberando energía al enfriarse. Esta propiedad permite al citoplasma acuoso servir de protección para las moléculas orgánicas en los cambios bruscos de temperatura. (Sadava *et al.*, 2009)

Los valores registrados de la temperatura del agua del sistema se encuentra dentro de los valores óptimos para la reproducción (22 a 28°C) reportados por Fryer e Iles (1972), Morales (1991) y Anónimo (1998), quienes mencionan que la temperatura de desove es superior a los 20°C. Dorantes y Zavala (2003) citan que el intervalo de temperatura de 20 a 30° es adecuado para el cultivo de peces. Bardach *et al.*, (1986) y Morales (1991) reportaron que cuando las tilapias han alcanzado la madurez sexual, estas pueden reproducirse entre las tres y seis semanas siguientes mientras el agua es calida y cuando las condiciones ambientales son desfavorables la actividad reproductiva se suspende.

Se ha observado que durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, cuando se presentan cambios repentinos de 15°C en la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces muere. Cuando la temperatura es mayor a 30°C los peces consumen más oxígeno y la reproducción se inhibe cuando las temperaturas se sitúan por debajo de los 20°C. Para el crecimiento, necesitan temperaturas entre 29 y 31°C y cuando los peces son alimentados a saciedad, el crecimiento se manifiesta 3 veces superior que a los 20- 22°C (Arredondo y Ponce, 1998; Colegio de posgraduados, 2010)

Asimismo, la luz es uno de los factores ambientales que inciden profundamente en la vida de los peces. La luz puede tener varias características: calidad, cantidad y periodicidad. Algunas especies de

peces han demostrado sensibilidad para el color de la luz. Luchiari y Freire (2009) determinaron la presencia de siete pigmentos fotosensibles en la tilapia del Nilo; se observó que la tilapia tiene pigmentos fotosensibles y en condiciones de laboratorio se sugiere que la luz amarilla es el elemento del medio ambiente más favorable para la cría de los grupos de tilapia del Nilo. El color de la luz, la disminución o la intensificación afecta a la tilapia del Nilo en cuanto al crecimiento; la luz permite a los peces capturar el mayor número de fotones disponibles y mejorar la visión para permitir una mejor detección de los depredadores o presas.

Por otra parte, la cantidad de sólidos en suspensión que afectan la cantidad de luz que penetra en el cuerpo de agua, también afectan las características respiratorias de los organismos al cubrir las branquias y evitar el intercambio de gases entre el medio y el tegumento respiratorio de los peces (Iturra, 2008).

Los altos valores de sólidos totales son indicativo de la actividad pesquera que se realiza en el sistema, además del efecto de las condiciones naturales que afecta el mismo, lo cual al introducir los pescadores las redes esto ocasiona que los sedimentos sean re suspendidos e induzca a una disminución en la transparencia y un aumento en la turbidez, provocando con esto una baja en la productividad primaria (por efecto de disminución en la penetración de los rayos luminosos) y por lo tanto, que prevalezca la ruta heterotrófica en el cuerpo de agua.

La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de temperatura a la cual se realice la determinación (Romero-Rojas, 1999). En la acuicultura se puede utilizar como un índice general de contaminación orgánica. Así también permite estimar en forma general la concentración total de materia iónica disuelta en el agua, la cual está relacionada con la fertilidad del sistema (Arredondo y Ponce, 1998).

La conductividad de las aguas epicontinentales de México, varía desde 45 hasta 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en zonas de elevada contaminación, algunas veces llega a exceder este último valor (Arredondo y Ponce, 1998). En la acuicultura, especies de interés de agua dulce suelen desarrollarse bien entre valores de 150-500 $\mu\text{S}/\text{m}$ (Gama *et al.*, 2010). En el bordo "la palapa" se registraron valores de conductividad bajos de 853 a 1488 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo cual indica que el sistema presenta buena fertilidad. La conductividad tiene una estrecha relación con la temperatura, ya que a mayor temperatura mayor conductividad.

Uno de los gases fundamentales para los peces en el agua es el oxígeno disuelto. El cual es indispensable para la sobrevivencia de los organismos que ahí se desarrollan (Colegio de posgraduados, 2010). *Oreochromis sp.* puede vivir en condiciones ambientales adversas debido a que soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Ello se debe a la capacidad de su sangre a saturarse de oxígeno aún cuando la presión parcial de este último disminuya. Asimismo, tiene la facultad de reducir su consumo de oxígeno cuando la concentración en el medio es baja. (Arredondo y Ponce, 1998; Arul, 2000; Colegio de posgraduados, 2010). Morales (1991) menciona que las tilapias son resistentes a bajas concentraciones de oxígeno hasta 1 mg/L. En el bordo se registraron valores de oxígeno disuelto de 2 mg/l en el mes de septiembre y de 10 mg/L en el mes de enero. También se observó que el oxígeno disuelto presentó valores bajos en los meses donde la temperatura del agua era alta, lo cual se traduce de que a mayor temperatura el oxígeno se encontrará en menor proporción y esto es debido principalmente a la solubilidad que este presenta.

Cuando falta oxígeno en el agua, los peces suben a la superficie e intentan aspirar aire, otros nadan de lado o se agrupan cerca de las entradas de agua fresca. Además, se llega a percibir olores desagradables provenientes del agua y normalmente, se presentan bajas concentraciones de oxígeno disuelto en días nublados o sombreados, o en ausencia de luz solar (por la falta de fotosíntesis). (Colegio de posgraduados, 2010).

Como consecuencia a las prolongadas exposiciones de bajas concentraciones de oxígeno disuelto es que disminuyen la tasa de crecimiento del animal, aumenta la tasa conversión alimenticia (relación alimento consumido/aumento de peso), se produce inapetencia letargia, causa enfermedad a nivel de branquias, produce inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades y disminuye la capacidad reproductiva (Iturra, 2008).

El pH en un cuerpo de agua es un parámetro a considerar cuando se quiere determinar la especiación química y solubilidad de varias sustancias orgánicas e inorgánicas en agua. Es un factor abiótico que regula procesos biológicos mediados por enzimas (ej. fotosíntesis, respiración); disponibilidad de nutrientes esenciales que limitan el crecimiento microbiano en muchos ecosistemas (ej. NH_4^+ , PO_4^{3-} y Mg^{2+}); movilidad de metales pesados tales como cobre, que es tóxico para muchos microorganismos; así como también, afecta o regula la estructura y función de macromoléculas y organelos tales como ácidos nucleicos, proteínas estructurales y sistemas de pared celular y membranas. Variaciones en pH pueden tener entonces efectos marcados sobre cada uno de los niveles de organización de la

materia viva, desde el nivel celular hasta el nivel de ecosistemas (Fuentes y Massol-Deyá, 2002).

Los valores de pH que presenta el agua del sistema, determina el crecimiento de los peces, ya que en la calidad del agua el pH interviene determinando si el agua del sistema es ácida o alcalina, dura o blanda, es decir, evalúa los niveles de carbonatos presentes para el desarrollo del cultivo de una especie acuícola. Arredondo (1986) cita que para un adecuado desarrollo de la especie y para todos los teleósteos en general el intervalo recomendado de pH es entre 6 y 9 unidades. Morales (1991) establece que los valores de pH deben oscilar entre 6.5 y 8.5, intervalo que fue registrado en este estudio, lo cual quiere decir que este factor es favorable para la especie. El pH en el agua fluctúa en un ciclo diurno, principalmente influenciado por la concentración de CO_2 , por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El pH para tilapia debe de ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una segregación adecuada del mucus en la piel (Arredondo y Ponce, 1998; Iturra, 2008). En el bordo "la palapa" los valores se mantuvieron de 7 a 8 unidades los cuales son óptimos para su crecimiento y reproducción.

Los efectos de la alcalinidad y de la dureza del agua no son directos sobre los peces, sino más bien sobre la productividad del sistema. Una alcalinidad superior a 175 mg CaCO_3/L resulta perjudicial, debido a las formaciones calcáreas que se producen y que afectan tanto a la productividad del estanque como a los peces al dañar sus branquias (Arredondo y Ponce, 1998; Alamilla, 2009). Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO_3/L se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del sistema. En el bordo los valores fueron de 456 mg CaCO_3/L en diciembre y 116 CaCO_3/L en octubre. Algo que es importante mencionar es que las aguas alcalinas son consideradas altamente productivas, ya que evitan la liberación del dióxido de carbono. Arredondo (1986), menciona que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total, son consideradas más productivas que las de baja alcalinidad y aunque no existe ninguna relación directa entre la productividad y la alcalinidad, al aumentar esta última se presenta un aumento en la disponibilidad de fósforo y otros nutrimentos.

La dureza que presentan las aguas es mayor de 200 mg CaCO_3/L , por lo cual este cuerpo de agua puede considerarse como un sistema de aguas duras (Goldman y Horne. 1983); con los resultados obtenidos se observa que la dureza se encuentra de 534 a 116 mg CaCO_3/L , y siendo la tilapia un organismo que resiste condiciones extremas de carbonatos es posible que pueda mantenerse sin ningún problema.

Como mencionan Arredondo y Ponce (1998) las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son deficientes en calcio y magnesio. El grado de dureza presente en cualquier sistema acuático es necesario para la sobrevivencia y crecimiento de los peces. Se ha reportado que durezas por debajo de 20 mg/L ocasionan problemas en el porcentaje de fecundidad (Iturra, 2008).

Dentro de los productos nitrogenados, el nitrógeno amoniacal es el producto final del catabolismo proteico de la mayoría de los organismos acuáticos y es un contaminante común en sistemas acuáticos, pudiendo ser extremadamente tóxico para los peces especialmente en pH altos y en sistemas con alta carga orgánica (Thurston *et al.*, 1986), teniendo consecuencias negativas para el desarrollo y sobrevivencia de los peces (Jobling; 1994), por lo cual Iturra, (2008) menciona que la concentración letal del amoníaco (NH₃) para los peces varía de 0.2 a 2 mg/L y los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el intervalo de 0.6 a 2.0 mg/L. El efecto negativo de la toxicidad en organismos acuáticos es atribuido al amoníaco en su forma no ionizada (NH₃) (Wajsbrodt *et al.*, 1993). Exposiciones por debajo de los niveles tóxicos de amoníaco causan degeneración de la piel, daños en las branquias, los riñones (Tomasso *et al.*, 1980) y reducción en la capacidad de transporte de hemoglobina (Sousa y Meade, 1977). El amoníaco en su forma ionizada y no ionizada, retardan el crecimiento y causan cambios histopatológicos en diferentes órganos. La sensibilidad puede variar con el tamaño (Ismiño y Arahujo-Lima, 2002).

La elevación de la temperatura no conlleva un aumento en los niveles de amoníaco libre, pero favorece su interacción con otras moléculas, por lo que actúa como catalizador, aumentando notablemente su toxicidad, una subida de pH brusca provocará que los iones amonio se disocien. El amoníaco es más tóxico a altas temperaturas (más a 32, que a 24°C, por ejemplo). La disminución del oxígeno disuelto también aumenta la toxicidad del amoníaco, disminuyendo el apetito y el crecimiento en los peces a concentraciones tan bajas como 0,08 mg/L (Colegio de posgraduados, 2010)

Con respecto a la concentración de clorofila-*a* ésta se utiliza para estimar en forma indirecta la biomasa de la comunidad fitoplanctónica, debido a que es el principal pigmento fotosintético presente en las algas. La clorofila-*a* también es un indicador del grado de contaminación de los ecosistemas acuáticos y un importante índice del estado fisiológico del fitoplancton (Rivera *et al.*, 2005)

La biomasa del fitoplancton en el agua en un tiempo determinado, resulta de una acción dinámica entre la luz, la disponibilidad de nutrientes, el crecimiento y la reproducción del fitoplancton, así como de la cantidad de peces herbívoros existentes en el sistema. El plancton muestra cambios fuertes en sus densidades poblacionales (de un día para otro), debido a su corto ciclo de vida, por lo que se producen fuertes cambios en la composición de especies y muy rápidamente, en su abundancia. En acuicultura, muchas de las medidas de la productividad instantánea no alcanzan a medir la abundancia individual de las especies, sino la totalidad. El método más común de estimación, utilizado ampliamente, es la medición de la clorofila *a* concentrada, como un índice de la abundancia del fitoplancton. (Egna y Boyd, 1997)

Peña-Mendoza *et al.*, (2005), mencionan que en el periodo en que incrementa la biomasa de fitoplancton es también el tiempo en que incrementa el IGS en la presa Emiliano Zapata, este incremento es debido a la gran concentración de nutrientes y a la mezcla de agua de lluvia, además de los cambios asociados en la hidrología de la presa. El aumento en la cantidad de fitoplancton puede jugar un papel importante en la estación reproductiva debido a que tendrán mayor crecimiento y supervivencia ya que hay alimento suficiente disponible.

Con base a lo discutido anteriormente se puede mencionar que *O. niloticus* para el bordo "la palapa", tiene mayores tallas que los reportados en sistemas ubicados también en el estado de Morelos como el microreservorio amate amarillo, Huitchila, la presa Emiliano Zapata y lago Coatetelco; Se observó que la cantidad de fitoplancton es muy bajo (Rivera y Hernández, 2011; com. personal) debido a que existe una gran cantidad de sólidos en suspensión y disueltos que no permiten el paso de la luz para que se lleve a cabo la fotosíntesis y cuando hay demasiada luz esta puede llegar al fondo ya que se trata de un cuerpo somero que en época de secas debido a la temperatura y oxígeno disuelto provoca la desintegración de materia orgánica, lo cual quiere decir que los organismos no se alimentan totalmente del fitoplancton y del zooplancton, sino más bien se alimentan también de detritus; es decir, de restos que quedan de la desintegración y deterioro de vegetales y animales y es por eso que adquieren tallas y pesos mayores y además, a que en el bordo no se explota de manera intensiva solamente en época de cuaresma.

Asimismo, la determinación de la proporción de sexos y la serie de cambios en la fase de madurez que ocurren durante el año, son de enorme

importancia para adquirir un conocimiento completo de la biología general de la población explotada y que forman parte del proceso de evaluación.

La información obtenida de estos análisis puede emplearse para establecer la edad y talla a que los peces alcanzan la madurez sexual, el momento y lugar de la reproducción y la duración del ciclo desde el comienzo del desarrollo del ovario hasta la puesta de los huevos. Junto con las estimaciones de la fecundidad, esta información puede emplearse para calcular las dimensiones de una población y su potencial reproductivo así como el conocer el lugar del desove que se pueden emplear para organizar la pesca, ya que muchas especies son más fáciles de pescar cuando se congregan para la reproducción o cuidan a las crías. Estos resultados servirán para el diseño y manejo de proyectos acuícolas para el mejoramiento y aprovechamiento del sistema.

Si bien, en este estudio se obtuvieron resultados un poco diferentes a los reportados en los antecedentes y esto se debe principalmente a la intensidad de explotación (número de pescadores, días de pesca, cuotas de captura, etc.) a la que esta sometida la especie, así como a la falta de un programa de manejo y administración por parte de Sociedad Cooperativa, que le permitiría obtener mejores ingresos económicos y mayor potencial reproductivo con fines de sustentabilidad a largo plazo.

CONCLUSIONES

- La captura de *Oreochromis niloticus* se compone de tallas de 15 a 25.5 cm de longitud total y 67.1 a 252.6 g de peso total en machos y de 9.2 a 20.8 cm longitud total y 15 a 147.4 g peso total en hembras.
- La longitud y el peso son altos en comparación con estudios realizados en zonas aledañas.
- La población está integrada por 79.7% machos y 20.3% hembras con una proporción sexual de 3.9:1 (macho: hembra), debido a factores reproductivos de la especie así como la influencia antropogénica en la captura.
- En el análisis de covarianza (ANDECOVA) se determinó que existen diferencias significativas entre sexos en la relación peso total y longitud patrón.
- El tipo de crecimiento para ambos sexos es alométrico negativo lo que significa que crecen más en longitud que en peso.
- La talla de primera madurez sexual para machos es a los 16.8 cm mientras que para las hembras es a los 17.2 cm.
- El factor de condición indica que los organismos presentan buenas condiciones sobre todo en época de secas y de lluvias.
- Con base en el índice gonadosomático, hepatosomático y el estadio de madurez gonádica, existen dos periodos de reproducción uno corto en julio-septiembre (época de lluvias) y uno más largo de febrero-mayo (época de secas) en el bordo "la palapa".
- Los organismos presentan un desarrollo ovárico sincrónico por grupos.
- Conforme avanza el desarrollo de las gónadas, en los machos estas aumentan más en longitud que en diámetro, mientras que para las hembras estas crecen más en diámetro que en longitud; excepto en el estadio de recuperación donde ya no hay crecimiento.
- En el peso de la gónada de hembras aparecen dos máximos que concuerdan con la época de reproducción de la especie y con los IGS, IHS y los estadios de madurez gonádica en septiembre (época de lluvias) y febrero- marzo (época de secas)
- Se obtuvo un valor promedio de fecundidad de 424 ovocitos/pez con una longitud de 300 a 3200 μ m.
- La fecundidad tuvo mayor correlación con la longitud patrón ($r^2=0.74$) que con el peso total ($r^2= 0.6485$).
- El análisis multivariado de covarianza (MANCOVA) para hembras muestra un valor de significancia para la mayoría de las variables con excepción del peso del hígado de acuerdo a los criterios de Pillai, Wilk, Hotelling y Roy.
- En el comportamiento que siguen las medias ajustadas, en el caso de las gonadas de las hembras aparecen dos máximos que concuerdan con la época reproductiva de la especie uno pequeño en septiembre

(época de lluvias) y uno más pronunciado de febrero a mayo (época de secas).

- El análisis multivariado de covarianza (MANCOVA) para los machos muestra un valor significativo para todas las variables de acuerdo a los criterios de Pillai, Wilk, Hotelling y Roy.
- El comportamiento que siguen las medias ajustadas, en el caso de las gonadas de los machos el peso de la gónada al igual que las hembras presenta dos máximos de reproducción uno menos pronunciado en octubre y uno más alto en junio.
- En cuanto al peso del hígado este muestra un comportamiento inverso al del peso de la gónada en el análisis multivariado de covarianza (MANCOVA) para ambos sexos.
- El bordo “la palapa”, es un sistema acuático somero el cual se puede considerar como productivo por presentar valores de profundidad mínima de 1.7m, ya que favorece la interrelación entre la superficie y los materiales del fondo.
- Los valores de temperatura del agua fluctuaron de 22.2 a 28.8°C los cuales se encuentran dentro de los valores óptimos para la reproducción.
- Las concentraciones de oxígeno disuelto del agua en el sistema, durante el estudio se pueden considerar adecuados para el desarrollo de la vida acuática y no representa una limitante para el crecimiento de *Oreochromis niloticus*, con los valores menores durante la época de lluvias y los máximos en la temporada seca fría.
- Los valores de pH fueron constantes durante el estudio con un valor máximo en agosto (8.5) y valor mínimo en abril (7.8), los cuales son óptimos para que se lleve a cabo el proceso reproductivo y para un buen crecimiento.
- Los valores de la dureza de calcio, dureza total y la alcalinidad muestran que el bordo “la palapa” es altamente productivo.
- Los valores de amonio, los menores en julio (0.22mg/L) y con aumentos en marzo (0.91mg/L), las concentraciones son tolerantes para la tilapia ya que soporta hasta 2 mg/L.
- En el análisis de Pearson (variables ambientales e índices) solo se obtuvo un par de variables que tienen una relación directamente proporcional significativa que es el IHS y pH ($r=0.7014$; $p=0.01$) y entre la temperatura del agua y el IGS de los machos ($r=0.5956$; $p=0.0532$).
- El valor máximo del índice gonadosmático corresponde con los aumentos durante la temporada seca de la biomasa, lo cual posibilita el desarrollo de los peces con abundante alimento durante la temporada cálida seca.

BIBLIOGRAFIA

- Abdulrahaman A.K. (1996-1997). Food, size and condition of *Oreochromis niloticus* in Nigeria (Pisces: Cichlidae). Rev. Biol. Trop. 44/45: 655-658.
- Admassu D. (1996). The breeding season of tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in Lake Awassa (Ethiopian rift valley). Hidrobiología. 337: 77-83.
- Alamilla, H. (2009). Cultivo de Tilapia (en línea). ZOE tecno-campo. Disponible en <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tilapia/tilapia.htm> (consultado,20/marzo/2011)
- Alejo, P.M., Laguna M.E. y Ramírez T.P. (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna El Rodeo, estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza, UNAM. México. 129 p.
- Alvarado, C.R.M., Fabila, G.M.J. y Zamora, D.V.A. (1990). Algunos aspectos reproductivos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna "El Rodeo", Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM, México. 88 p.
- Anderson, R.O. y Gutreuter, S.J. (1983). Length, weight, and associated structural indices: 284-300. En L. Nielsen y D. Johnson (eds.) Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Anónimo. (1998). Anuario Estadístico de Pesca (1997). Dirección de Estadística y Registro Pesquero. Secretaría de pesca. 235 p.
- Anónimo. (2009). Anuario Estadístico de Agricultura y Pesca (2009). Dirección de Estadística y Registro Pesquero. SAGARPA. 155 p.
- APHA AWWA y WPCF (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 ed. American Public Health Association, EE.UU. 1100 p.
- Arias-Rodríguez, L., Páramo-Delgadillo, S. y Duran-González, A. de la Luz. (2006). Caracterización citogenética del pez tropical de agua

dulce *Parachromis managuensis* (Pisces: Cichlidae). Rev. Biol. Trop. 54(1): 35-42.

- Arredondo, F.J.L. (1986). Breve descripción de los criterios y las técnicas para el manejo y la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Dirección general de acuacultura, Secretaría de pesca, México. 182 p.
- Arredondo, F.J.L, García, J.L.C y Martínez, P.C. (1982). La conducta físico-química y el rendimiento pesquero de un estanque temporal tropical, utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos. Rev. Lat. Acui. 12: 1-12.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y Guzmán-Arroyo, M. (1986). Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Zool. 59(2): 553-571.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y Tejeda-Salinas, M. (1989). El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae), introducidas en México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. UNAM. 16(1): 59-68.
- Arredondo, B, Beltrán, A. y Torres, M. (1994). Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. Convenio SEPESCA/UAM-I. Secretaría de Pesca. 89 p.
- Arredondo, F.J.L y Ponce, J.T. (1998). Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones. AGT Editor S.A. 222 p.
- Arreguín-Espinosa J. y Uribe-Alcocer, M. (1989). Los cromosomas de los peces *Oreochromis urolepis hornorum* y *Oreochromis mossambicus* (PISCES: CICHLIDAE). An. Inst. de Cienc. del Mar y Limnol. 16(2): 189-198.
- Arul, S.V. (2000). Últimos Avances en el manejo de reproductores de tilapia. Aquatic 10: 17-20.
- Babiker, M.M. e Ibrahim, H. (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L): Gonadal maturation and fecundity. J. Fish. Biol. 14: 437-447.
- Barclay, M.H. (1966). An ecological study of a temporary pond near Auckland New Zealand. Austr. J. Mar. Freshwater Res. 17: 239-258.

- Bagenal, T. (1978). Aspects of fish fecundity: 75-102. *En*: Shelby, D. G. (eds.). Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific, Oxford, England.
- Baltazar, M. (2007). La tilapia en el Perú: acuicultura, mercado y perspectivas. *Rev. Perú. Biol.* 13: 267-273.
- Barbieri, G., Giamas, M.T.D., Teixeira-Filho, A.R., Campos, E.C. y Vermulm H. (2000). Biología poblacional da tilapia, *Oreochromis niloticus*, da represa de Guarapiranga, Sao Paulo. II Dinamica de reproducao. *Boletín del Instituto de Pesca. Sao Paulo.* 26 (1): 9-13.
- Bardach, E.J., Ryther, J.H. y Mclarney, W.O. (1986). Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S.A. 718p.
- Barnabé, G. (1996). Bases Biológicas y ecológicas de la acuicultura. Acribia. Zaragoza. 519 p.
- Basurto, M. (1984). Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de *Tilapia nilotica* (Linnaeus) en la laguna de Chila, Veracruz, Tesis de licenciatura. Universidad del Noreste de Tampico, Tampico, México. 50 p.
- Basurto-Origel, M. (1994). Aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. Centro Regional de Investigación Pesquera en Puerto Morelos, Q. Roo. 6: 1-3.
- Beltrán-Álvarez R., Sánchez-Palacios, J., Pedro-Ramírez, J. y Arroyo-Bustos, G. (1998). Comportamiento de la pesquería de mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), de la presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol. México* 44: 141-153.
- Beltrán-Álvarez R., Sánchez-Palacios, J., Valdez, L.G. y Ortega-Salas, A.A. (2010). Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la presa Sanalona, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Trop.* 58(1): 325-338.
- Bocek, A. (2003). Reproductive Biology of *Oreochromis niloticus*. International Center for Aquaculture and Aquatic Environment. Alabama. 5 p.

- Bolger, T. y Conolly, P.L. (1989). The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *J. Fish. Biol.*, 34: 171-182.
- Bolívar, R., Mair, G. y Fitzsimmons, K. (2004). *New Dimensions in Farmed Tilapia Proceedings from the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*. Creative Unlimited. Manila, Filipinas. 399 p.
- Britton, J.R y Harper, D.M. (2006). Length-weight relationships of fish species in the freshwater rift valley lakes of Kenya. *Journal of Applied Ichthyology*. vol. 22 (4): 334-336.
- Bwanika, G.N., Chapman, L.J., Kizito, Y. y Balirwa, J. (2004). Observations on the biology of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L., in two Ugandan crater lakes. *African Journal of Ecology* 42 (sl): 93-101.
- Cailliet, G.M., Love, M.S. y Alfred, W.E. (1986). *Fishes a field and laboratory manual on their structure, identification, and natural history*. Wadsworth Publishing Company. 194 p.
- Castrejón, M.T., Palacios, R. y García-Alarcón, A. (1995). Patrón reproductivo de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, Programa-Resúmenes. XIII Congreso Nacional de Zoología. Nov. 1. Morelia, Michoacán, México. p. 24.
- Castillo, L.F. (1989). Cultivo comercial de la tilapia roja en Colombia: 221-229. *En*: I. Rey y R. Puentes. *Memorias III Reunión Red Nacional de Acuicultura, COLCIENCIAS, CIID-Canadá*. Cali, Octubre 31, Noviembre 1, 2 y 3, Colombia.
- Castro, R.R., Paz, H.J. y Aguilar, B.G. (2004). Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de tilapia (*Oreochromis sp.*) en aguas duras en la región de la Cañada, Oaxaca, México. *Revista AquaTIC* 20: 38-43.
- Cervantes S.A. (1984). *Manual de Técnicas Básicas para el análisis de ambientes acuáticos*. FES Zaragoza UNAM. 106 p.
- Cole, G.A. (1979). *Textbook of limnology*. 2ª, Edition, The C.V. Mosby Co.Louis. U.S. 426 p.

- Colegio de Posgraduados (2010). Curso de cultivo de peces en estanques circulares. Manual del participante. COLPOS-Campus Veracruz. Acuicultura Rural integral 32 p.
- Conover, D.O. y Fleisher, M.H. (1986). Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia*. J. Can. Fish. Aquat. Sci., 43: 514–520.
- Conover, D.O. y Kynard, B.E. (1981). Environmental sex determination: interaction of temperature and genotype in fish. Science 213:577-579.
- Cosson, J. (2000). Acuicultura en acuarios naturales, Aquatic 10. National Center for Scientific Research. Villefrance sur Mer. 21 p.
- Costa-Pierce, B.A. y Hadikusumah, H. (1995). Production management of double-net tilapia *Oreochromis* spp. hatcheries in a eutrophic tropical reservoir. Journal of the World Aquaculture Society 26: 453-459.
- Coward, K. y Bromage, N.R. (1999). Reproductive physiology of female tilapia broodstock. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 10: 1-25.
- De Graaf, G.J., Galemoni, F. y Huisman, E.A. (1999). Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Res. 30: 25-33.
- De Juan H.J., García, I.M., Pérez, C.R. y Mengual, L.R. (2009). Influencia del sistema visual en la reproducción de los peces. Departamento de biotecnología. Universidad de Alicante. 27 p.
- De la Lanza E.G., Sánchez-Santillán N. y Esquivel H.A. (1998). Análisis temporal y espacial fisicoquímico de una laguna tropical a través del análisis multivariado. Hidrobiología 8(2): 89-96.
- Devlin, H.R. y Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. Aquaculture 208: 191–364.
- Díaz-Pardo, E., Guerra, C. y Vázquez, G. (1986). Estudio bioecológico de la Laguna de Atezca, Hidalgo, México-I. Análisis limnológicos. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. Méx. 30: 171-189.

- DOF. Carta Nacional Pesquera (2004). Sagarpa-INP. *Diario Oficial de la Federación* (15 de marzo). México. (2004). Consultado noviembre de 2010.
(http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/05_aprovechamiento/cap5.html)
- Dorantes, G.E y Zavala, M.M. (2003). Estudios de la calidad del agua de tres cuerpos de agua acuáticos en el estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 92p.
- Duponchelle, F. y Legendre, M. (2000). *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in lake Ayame, coste Dìvovre: life history traits of a strongly diminished population. *Cybiurn* 24(2): 161-172.
- Eгна, H. y Boyd, C.(1997). Dinámica de los estanques en acuicultura. Instituto tecnológico superior de calkini en el estado de Campeche. 19p. (http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/05-acuicultura_sagpya.pdf) consultado diciembre 2010.
- Espinosa-Lemus V., Arredondo-Figueroa, J.L. y Barriga-Sosa, I.A. (2009). Morphometric and genetic characterization of tilapia (Cichlidae: Tilapiini) stock or effective fisheries management in two mexican reservoirs. *Hidrobiológica* 19(2): 95-107.
- Fawole, O.O. y Arawomo, G.A.O. (2000). Fecundity of *Sarotherodon galilae* (Pisces: Cichlidae) in the Opa reservoir, Ile-lfe, Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* 48: 201-204.
- Fessehayе Y., Bovenhuis, H., Resk, M.A. Crooijmans, R., Johan, A.M. Arendonk, V. y Komen, H. (2009). Effect of relatedness and inbreeding on reproductive success of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 294: 180-186.
- Fonticiella D.W. (2000). Peso estándar de la tilapia (*Oreochromis aureus* Steindachner) en Cuba. *Rev. Prod. Anim.* 12: 5-12.
- Fryer, G. e lles, T.D. (1972). The Cichlid Fishes of the Great Lakes of África. Their Biology and Evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- Fuentes F. y Massol-Deyá, A. (2002). Manual de laboratorios. Ecología de microorganismos. Universidad de Puerto Rico. 255 p.

- Galicia, X.R. (1976) Crecimiento del "Camarón Azul" (*Penaeus stylirostris*) y "Camarón Café" (*Penaeus californiensis*) en la zona de Puerto Peñasco S. I. C., S. P., I. N. P. Son. Mem. Simp. Biol. Dinam. Pobl. Camarones, Guaymas Son. México.
- Gama, F.J.L, Pavón, M.E.L., Ramírez, P.T y Ángeles, L.O. (2010). Análisis de calidad del agua, relación entre factores bióticos y abióticos. Primera edición. FES Iztacala, UNAM, México. 119 p.
- García-Berthou, E. y Moreno-Amich R. (1993). Multivariate analysis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 1394-1399.
- García, E. (2004). Modificación al sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 5 ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, 90 p.
- García O.A. y Calvario M.O. (2007). Manual de Producción de Tilapia con Especificaciones de Calidad e Inocuidad. Centro de investigación en alimentación y desarrollo. Unidad Mazatlán en acuicultura y medio ambiente. SAGARPA. 143 p. (<http://www.funprover.org/formatos/cursos/Manual%20Buenas%20Practicas%20Acuicolas.pdf>) consultado marzo 2011.
- García, A., Claro, R. y Koshelev, B. (1994). Reproducción en: ecología de los peces marinos de Cuba.: *En*: Claro, R. (ed.). Revista de biología tropical 44(2) :187-209
- Getabu, A. (1992). Growth parameters and total mortality in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) from Nyanza Gulf, Lake Victoria. Hydrobiologia 232: 91-97.
- Getinet, G.T y Amrit, N.B. (2007). Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture Research 38: 1066-1073 p.
- Goldman, C.R. y Horne, A.J. (1983). Limnology. McGraw-Hill, Inc. New York. 464 p.
- Gómez-Márquez, J.L., Castillo, R.M.A., Fabiola M.J.G y Zamora, V.A.D. (1993). Reproducción de la tilapia en la laguna El Rodeo, Estado de Morelos, México. Tópicos de Investigación y Posgrado III (1): 16-22.

- Gómez-Márquez, J.L. (1998). Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in México. *Rev. Biol. Trop.* 46: 929-936.
- Gómez-Márquez, J.L. (2002). Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 181 p.
- Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H y Guzmán-Arroyo, M. (2003). Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 51(1): 221-228.
- Gómez-Márquez, J.L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I.H. y Arredondo-Figueroa, J.L. (2008). Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in México. *Rev. Biol. Trop.* 56(2): 875-884.
- Granado, R.J.G. (1990). El comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales del Estado de Morelos, México, Tesis de Maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, México. 64 p.
- Granado, L.C. (2002). Ecología de Peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. España. 353 p.
- Guerrero-Estévez, S. y Moreno-Mendoza, N. (2010). Sexual determination and differentiation in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 20:101-121. DOI 10.1007/s11160-009-9123-4.
- Gunasekara, R.M., Shim, K.F. y Lam, T.J. (1995). Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 134: 169-183.
- Gunasekara, R.M., Shim, K.F. y Lam, T.J. (1996). Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 146: 121-134.
- Gunasekara, R.M., Shim, K.F y Lam, T.J. (1997). Influence of dietary protein level on the distribution of amino acids in oocytes, serum and muscle of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 152: 205-221.

- Gunasekara, R.M. y Lam, T.J. (1997). Influence of dietary protein level on ovarian recrudescence in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 149: 57-69.
- Günther, J. y Jiménez-Montealegre, R. (2004). Efecto del probiótico *Bacillus subtilis* sobre el crecimiento y alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y langostino (*Macrobrachium rosenbergii*) en laboratorio. *Rev. Biol. Trop.* 52: 937-943.
- Guzmán A.M. (1982). Ciclo anual de maduración y reproducción del "chacal" *Macrobrachium tenellum* y su relación con factores ambientales en las lagunas costeras de Mitla y Tres Palos, Guerrero, México. (Decapoda: Palaemonidae). *An. del Inst. Cienc. del Mar y Limnol.* 9 (1): 67-80.
- Hopher, B. y Pruginin, Y. (1985). Cultivo de peces comerciales. Basado en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel. Editorial Limusa. 316 p.
- Hernández-Avilés J.S. y Peña-Mendoza, B. (1992). Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos, México. *Hidrobiológica* 3/4: 11-23.
- Holden, M.J. y Raitt, D.F.S. (Editores). (1975). Manual de ciencias pesqueras. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. Documento Técnico. FAO. Pesca, Roma (115) Rev. 1: 211 p.
- Hooi L.K., Bovenhuis, H., Ponzoni, W.R., Rezk, A.M., Charo-Karisa, H. y Komen. H. (2009). Genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selection line reared in two input environments. *Aquaculture* 294: 37-42.
- Huet, M. (1978). Tratado de piscicultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 332 p.
- Ingle de la Mora G., Villareal-Delgado, E.L., Arredondo-Figueroa, J.L, Ponce-Palafox, J. y Barriga-Sosa, I. (2003). Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. *Hidrobiológica* 13(4): 247-253.
- Iturra, J. (2008). Manual de crianza de tilapia. Editorial, Nicovita. Perú. 49 p.

- Ismiño R., y Araujo-Lima, C. (2002). Efecto del amoníaco sobre el crecimiento de la gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). *Folia Amazónica* 13: 1-2.
- Jiménez, B.L. y Nepita, R. (2000). Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) en la presa Infiernillo, Mich.-Guerrero. *Rev. Biol. Trop.* 48: 487-494.
- Jiménez-Badillo, M.L. (2004). Application of holistic and analytical models for the management of tilapia Fisheries in reservoirs. *Hidrobiológica*. 14(1): 61-68.
- Jiménez-Badillo, ML. (2006). Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, México and reproductive behavior. *Rev. Biol. Trop.* 54(2): 577-588.
- Jobling, M. (1994). *Fish bioenergetics*. Chapman y Hall, London. 309 p.
- Khallaf, E.A., Galal, M. y Authman, M. (2003). The biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal. *Ecotoxicology*. 12: 405-416.
- King, M. (1995). *Fisheries biology, assessment and management*. Blackwell Science, London. 341 p.
- Kolding, J. (2006). Population dynamic and life-history styles of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, in Ferguson`s Gulf, Lake Turkana, Kenya. *Environmental Biology of Fishes*. 37 (1): 25-46.
- Komolafe, O.O. y Arawomo, G.A.O. (2007). Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir Ile-ife Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* 55(2): 595-602.
- Lagler, F.K. (1956). *Freshwater fishery biology*. Ed. WMC. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa. 421p.
- Lagler, F.K., Bardach, E.J., Miller, R.R. y Passino, R.D. (1984). *Ictiología*, AGT Editor, S. A., México. 489 p.
- Lam, T.J. (1983). Environmental influences on gonadal activity in fish: 65-116. *En: Hoar W. S., D. J. Handdal y E. M. Donaldson (ed.). Fish Physiology*. Vol. IX-A. Academic Press Inc.

- Luchiari, A.C. y Freire, F.A.M. (2009). Effects of environmental colour on growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), maintained individually or in groups. *J. Appl. Ichthyol.* 25: 162–167.
- Manríquez-Ledesma, Y. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago Coatetelco, Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 111 p.
- Mari, A., Arboleya, Z. y Ruiz, E. (1989). Contribución al estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* en el embalse Canasí. Ministerio de la Industria Pesquera. ENA. Cuba. Boletín Técnico. No. 18. 8 p.
- Mártir-Mendoza A. (2008). Análisis de la pesquería de la tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Melchor Ocampo, Municipio de Angamacutiro, Michoacán. *Ra Ximhai* 4(2): 247-281.
- Medri, V., Pereira, G.V y Leonhardt, J.H. (2000). Growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed with different levels of alcohol yeast. *Rev. Bras. Biol.* 60 (1): 113-121.
- Miller, P.J. (1984). The tokology of Gobioid Fishes: 119-153. *En*: Potts, G. W. y R.J. Wotton (Eds.). *Fish reproduction: Strategies and tactics*. Academic Press. London.
- Montoya, M., Pérez Galicia, M. y Cabañas, P.L. (1988). Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. Secretaría de Pesca, México, 202 p.
- Morales, A. (1974). El cultivo de Tilapia en México. Datos biológicos. Instituto Nacional de Pesca. INP/Sl. 24. 25 p.
- Morales D.A. (1991). La tilapia en México. Biología, Cultivo y Pesquerías. AGT. Editor, S. A. 190 p.
- Morales, B.E. (1992). Evaluación de algunos aspectos biológico-pesqueros de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) en la presa Vicente Guerrero, Las Adjuntas, Tamaulipas. Tesis de Licenciatura, ENEP-Iztacala, UNAM, México. 28 p.
- Moyle, B.P. y Cech, J.J. (2000). *Fishes: An introduction to Ichthyology*. Fourth edition, Prentice Hall. 612 p.

- Muñoz C.J.A. (2011). Control hormonal de la reproducción en peces. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz. Polígono Río San Pedro. 11510-Puerto Real, Cádiz. España. 54 p.
- Murphy, B.R. y Willis, D.W. (1991). Application of relative weight (W_r) to western warm water fisheries. Warm water Fisheries Symposium, USDA Forest Service, Gen. Tech. Rep. RM-207: 242-248.
- Nikolsky, V.D. (1963). The Ecology of Fishes. Part II. Academic Press London. 352 p.
- Nirchio, M. y Pérez, J. 2002. Riesgos del cultivo de Tilapia en Venezuela. *Interciencia*, 27(1): 39-44.
- Oduleye, S.O. (1982). Growth and growth regulation in the Cichlids. *Aquaculture*, 27: 301-306.
- Oliveira, R.F y Aldama, V.C. (1995). Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. *Journal of Fish Biology*. 46(6): 1055-1064.
- Palacios, S.S.E. (1995). Estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864) en la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerrero, México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 81 p.
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila, Philippines, 325 p.
- Peña, B. y Domínguez, R. (1999). The effects of different photoperiods on body growth, gonadal growth and hypothalamic monoamine content in juvenile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Hidrobiológica* 9 (1): 63-70.
- Peña-Mendoza, B, Gómez-Márquez, J.L, Salgado-Ugarte, I.H. y Ramírez-Noguera, D. (2005). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata, dam, Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.* 53: 515-522.

- Peterson, M.S., Slack, W.T, Brown-Peterson, N.J. y McDonald, J.L. (2004). Reproduction in nonnative environments: establishment of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*, in coastal Mississippi watersheds. *Copeia* 2004: 842-849.
- Pianka, E. (1974). Niche overlap and diffuse competition. *Proceedures of the Natural Academy of Science*, 71(5): 2141-2145.
- Pineda, S.H., Jaramillo, P.J.E., Echeverri, E.D.M y Olivera, A.M. (2004). Triploidía en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): posibilidades en Colombia. *Rev. Col. Cienc. Pecuarias* 17(1): 45-52.
- Ramírez-Noguera, D. y Cruz-Miguel, C.L. (2002). Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 53 p.
- Ramos-Cruz, S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México. *Ciencia Pesquera, Nueva época*. 11: 54-61.
- Rivera, R.C., Zapata, A.A., Pinilla, G., Donato, J., Chaparro, B. y Jiménez, P. (2005). Comparación de la estimación de la clorofila-*a* mediante los métodos espectrofotométrico y fluorométrico. *Acta Biol. Colomb.* 10 (2): 95-104.
- Robert, I.A., Lorenzen, K., Homekingkeo, P., Sidavong, K., Sengvilaikham, B. y Garaway, C.J. (2009). Assessing impact of introduced aquaculture species on native fish communities: Nile tilapia and major carps in SE Asian freshwater. *Aquaculture*. 299: 81-88.
- Rocha, G.R.A y Freire, K.M.F. (2009). Biology and dominance relationships of the main fish species in the lake Encantada, Ilheus, Brazil. *Acta Limnol. Bras.* 21 (3): 309-316.
- Rocha, M.J y Reis-Henríquez M.A. (1998). Steroid metabolism by ovarian follicles of the tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Teleostei, Cichlidae). *Comparative Biochemistry and Physiology*. 121: 85-90.
- Rodríguez, G.M. (1992). Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editor, S. A. 79 p.

- Ronald, G.O. (2005). Genetic, abiotic and social influences on sex differentiation in cichlid fishes and the evolution of sequential hermaphroditism. *Fish and Fisheries* 6: 93–110.
- Romero-Rojas, J.A. (1999). *Calidad del agua*. Ed. Alfaomega. México. DF. 273 p.
- Sadava, D., Heller, G., Orians, G., Purves, W. y Hillis, D. (2009). *Vida: la ciencia de la biología*. octava edición. editorial medica panamericana. Universidad de Buenos Aires. 1376 p.
- Saíto-Quezada, V.M. (2004). *Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa Emiliano Zapata, Morelos*. Tesis de licenciatura, FES. Zaragoza, UNAM. 87 p.
- Sánchez, T y Gómez, W. (1986). *Rendimiento corporal de *Oreochromis aureus* en cultivo intensivo*. Ministerio de la Industria Pesquera. Empresa Nacional de Acuicultura. Boletín Técnico No 45. 4 p.
- Santiago-López, M.C. y Jardon-Olvera, J. (1997). *Determinación de la edad, crecimiento y hábitos alimenticios de cuatro especies de cíclidos de importancia pesquera en la presa "Cerro de Oro", Tuxtepec, Oaxaca*. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 68 p.
- Salama, M.E. (1996). Effects of sex ratio and feed quality on mass production of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), Alevines. *Aquaculture Research* 27: 581–585.
- Salgado, U. I. H. (1992). *El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones*. Primera edición. MARC ediciones. México, D.F. 243 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., Gómez-Márquez, J.L. y Peña-Mendoza, B. (2005). *Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros*. FES Zaragoza, UNAM, México. 234 p.
- Sastré, B.L. (2008). *Análisis biológico-pesquero de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata Morelos, México*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. FES Zaragoza UNAM. México. 137 p.

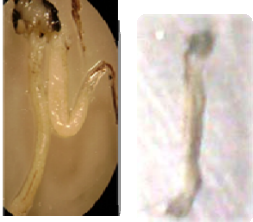


- SEGOB. (2005). Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Morelos. (http://www.e_local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM-morelos)
- SEPESCA. (1988). Manual Técnico para el cultivo de la tilapia en los centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. 202 p.
- Shoesmith, E. (1990). A comparison of methods for estimating mean fecundity. *J. Fish. Biol.* 36: 29-37.
- Siddiqui, A.Q., Al-Hafedh, Y.S. y Ali, S.A. (1998). Effect of dietary protein level on the reproductive performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research* 29: 349-358.
- Sousa, R.J. y Meade, T.L. (1977). Influence of ammonia on the oxygen delivery system of coho salmon hemoglobin. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 58: 23-58.
- Sugunan, V.V. (1997). Fisheries management of small water bodies in seven countries in Africa, Asia and Latin America. *FAO Fisheries Circular*. No. 933. Rome, FAO. 149 p.
- Stewart, K.M. (1988). Changes in condition and maturation of the *Oreochromis niloticus* L. population of Ferguson's Gulf, Lake Turkana, Kenya. *J. Fish. Biol.* 33: 181-188.
- Tacon P., Ndiaye, P., Cauty, C., Le Menn, F. y Jalabert, B. (1996). Relationships between the expression of maternal behavior and ovarian development in the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 146: 261-275.
- Tapia G., Yañez-Arancibia, A., Sánchez-Gil, P. y García-Abad, M. (1988). Biología y ecología de *Cynoscion arenarius* (Ginsburg), en las comunidades demersales de la plataforma continental del sur del golfo de México (Pisces: Sciaenidae). *Rev. Biol. Trop.* 36(1): 1-27.
- Tenori-Colin, G. (2003). Caracterización isoenzimática de *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus* introducidas en México *Universidad del Mar. Ciencia y Mar* 19: 25-32.
- Thurston, R.V., Russo, R.C., Meyn, E.L., Zajdel, R.K y Smith, C.E. (1986). Chronic Toxicity of Ammonia to Fathead Minnows. *Transactions of the American Fisheries Society* 115: 196-207.

- Thys, V.D.A. (1968). An annotated Bibliography of (Tilapia) (Pisces:Cichlidae). Musseum Royal de L'Afrique Centrale., Tervuren, Belgique., Documentation Zoologique No.14: 406 p.
- Tomasso, J.R., Goudie, C.A., Simco, B.A. y Davis, K.B. (1980). Effects of environmental pH and calcium on ammonia toxicity in channel catfish. Transactions of American Fisheries Society. 109: 229-234.
- Torres-Hernández P., Nucamendi-Rodriguez, G.B., Pintos-Teran, P. y Montoya-Márquez, J.A. (2010). Masculinización de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Actinopterygii: Cichlidae) por inmersión en Fluoximesterona y Testostesterona enantato. Zootecnia Trop., 28(3): 341-351.
- Torres R.G.A., González, P.S. y Peña, S.E. (2010). Descripción anatómica, histológica y Ultraestructural de la branquia e hígado de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Inst. J. Morphol. 28(3): 703-712.
- Tovar, G.A. (2005). Edad y crecimiento de (*Oreochromis niloticus*) por medio de estructuras duras. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. México. 74 p.
- Trewavas, E. (1982). Generic groupings of Tilapiini used in Aquaculture. Aquaculture 27: 79-81.
- Trewavas, E. (1983). Tilapiini fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakalia*. British Museum Nat. Hist. 583 p.
- Uchida, D., Yamashita, M., Kitano, T. y Iguchi, T. (2002). Oocyte apoptosis during the transition from ovary-like tissue to testes during sex differentiation of juvenile zebrafish. Journal of Experimental Biology 205: 711–718.
- Van-Aerle, R., Runnalls, T.J. y Tyler, C.R. (2004). Ontogeny of gonadal sex development relative to growth in fathead minnow. Journal of Fish Biology 64: 355–369.
- Wajsbro,T.N., Gasith, A., Diamant, A.M. y Popper, M.D. (1993). Chronic toxicity of ammonia to juvenile gilthead seabream *Sparus aurata* and related histopatological effects. Journal of Fish Biology. 42: 321-328.

- Weatherley, A.H., Gill, H.S. y Casselman, J.M. (1987). The biology of fish growth. Academic Press. 443 p.
- Wetzel, R.G. y Likens, G.E. (1991). Limnological analysis. Second Edition. Springer Verlag, New York. 391 p.
- Wiegert, R.G. (1968). Biology and management of fish stocks in Bahir Dar Gulf, Lake Tana, Etiopia. Ph D. thesis Wageningen Institute of Animal Science, Wageningen Agriculture University Netherlands. 144 p.
- Wootton, R.J. (1990). Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 1. 404 p.
- Yi, Y, Lin, C. K. y Diana, J.S. (1996). Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density on their growth and yield in cages and ponds containing the cages. Aquaculture 146: 205-215.

ANEXO

Descripción de la maduración gonádica para *O. niloticus* desde el punto de vista macro y microscópico (modificación a la tabla de Holden y Raitt, 1979)

| FASE | ESTADIO | DESCRIPCIÓN GENERAL | DESCRIPCIÓN DE OVARIOS (Tamaño y número de ovocitos) |
|---|--------------------------|---|---|
| <p style="text-align: center;">I</p>  | <p>INMADURO</p> | <p>Ovarios y testículos cerca de un tercio de la longitud de la cavidad abdominal, ovarios rosáceos, translucidos; testículos blancuzcos, óvulos invisibles a simple vista</p> | <p>No se han diferenciado los ovocitos</p> |
| <p style="text-align: center;">II</p>  | <p>DESARROLLO</p> | <p>Ovarios y testículos cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, translucidos, testículos blancuzcos, más o menos simétricos. Óvulos visibles a simple vista</p> | <p>Se encuentran dos tamaños de óvulos: 100-1000µm y de 1100- 2000µm, se observan las células de la teca (interna y externa) células de la granulosa, membrana basal, núcleo prominente y central en donde se encuentran los nucléolos.</p> |
| <p style="text-align: center;">III</p>  | <p>MADURACIÓN</p> | <p>Ovarios y testículos cerca de dos tercios de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color rosáceo amarillo, con aspecto granular. Testículos blancuzcos a crema. No hay óvulos transparentes o translucidos visibles.</p> | <p>Se encuentran tres tamaños de ovulos: 100-1000µm; 1100-2000µm; 2100-3000µm, se observa la separación de la teca con la membrana basal completamente diferenciada, se forman vesículas o vacuolas proteicas que se dispersan en el ovocito, los nucléolos desaparecen y el núcleo permanece en la parte central</p> |

IV



REPRODUCCIÓN

Ovarios y testículos de dos tercios a toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja rosáceo con vasos sanguíneos superficiales visibles. Grandes óvulos maduros, transparentes, testículos blancuzcos crema, blandos

Se encuentran dos tamaños de óvulos: 100-1000 μ m; 2100-3000 μ m, existe acumulación de glóbulos de vitelo en el citoplasma del ovocito, el núcleo migra hacia la periferia del folículo, los cromosomas se condensan, las células de la teca y la granulosa que consisten de la teca y una capa cuboidal de la granulosa.

V

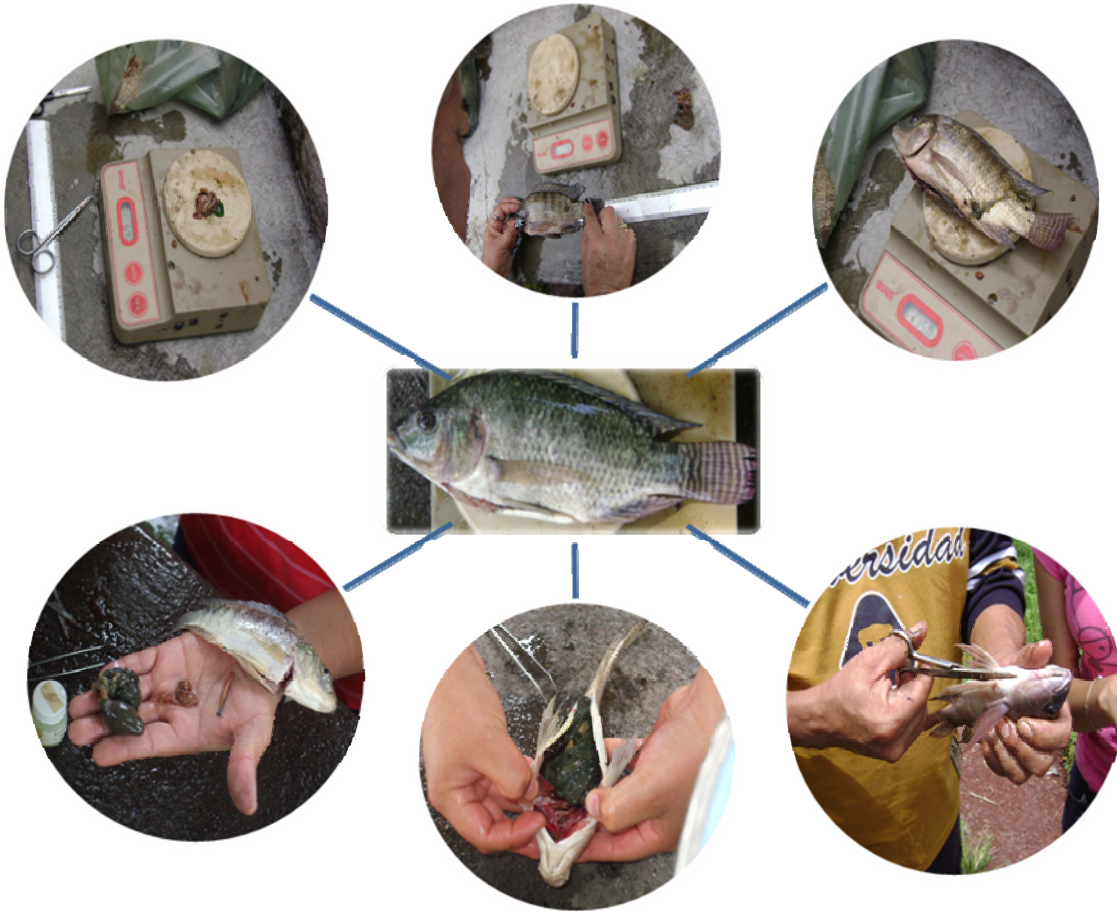


POSDESOVE

Ovarios y testículos cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes flojas. Los ovarios pueden contener restos de los óvulos opacos maduros, en desintegración, oscurecidos o translucidos. Testículos sanguinolentos o flácidos

No se aprecia una diferencia entre este estadio y la fase de maduración II.

BIOMETRIA



INDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Anatomía externa de *Oreochromis niloticus*.
- Figura 2. Ubicación geográfica, firma y orientación del municipio de Ayala, Estado de Morelos Méx.
- Figura 3. Ubicación geográfica, firma y orientación del Bordo "La palapa".
- Figura 4. Frecuencia de tallas de hembras y machos de *O. niloticus*.
- Figura 5. Variación mensual de machos y hembras de *O. niloticus*.
- Figura 6. Relación longitud total-longitud patrón para *O. niloticus*.
- Figura 7. Relación peso total-longitud patrón para la población *O. niloticus*.
- Figura 8. Dispersión del peso total-longitud patrón mensual de *O. niloticus*.
- Figura 9. Relación de peso total-longitud patrón por sexo de *O. niloticus*.
- Figura 10. Curva logística para la talla de primera madurez para machos de *O. niloticus*.
- Figura 11. Curva logística para la talla de primera madurez para hembras de *O. niloticus*.
- Figura 12. Comportamiento temporal del factor de condición para machos de *O. niloticus*.
- Figura 13. Comportamiento temporal del factor de condición para hembras de *O. niloticus*.
- Figura 14. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*.
- Figura 15. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*.
- Figura 16. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*.
- Figura 17. Variación temporal de la condición reproductora de *O. niloticus*.
- Figura 18. Variación temporal de los estadios gonádicos de machos para *O. niloticus*.
- Figura 19. Variación temporal de los estadios gonádicos de hembras para *O. niloticus*.
- Figura 20. Variación de la longitud patrón y número de ovocitos para *O. niloticus*.
- Figura 21. Valores medios ajustados por mes predecido por el efecto de la covariada en la muestra para hembras de *O. niloticus*.
- Figura 22. Valores medios ajustados por mes predecido por el efecto de la covariada para machos de *O. niloticus*.
- Figura 23. Mapa batimétrico del bordo "la palapa".

- Figura 24. Comportamiento de la profundidad y la transparencia del bordo "la palapa".
- Figura 25. Comportamiento de la temperatura del agua y del ambiente en el bordo "la palapa".
- Figura 26. Variación temporal de la conductividad eléctrica y sólidos disueltos en el bordo "la palapa".
- Figura 27. Comportamiento estacional del pH y el oxígeno disuelto en el bordo "la palapa".
- Figura 28. Comportamiento de la dureza de calcio, dureza total y alcalinidad del bordo "la palapa".
- Figura 29. Comportamiento del amonio del bordo "la palapa".
- Figura 30. Relación temperatura del agua e índices gonadosomático y hepatosomático.
- Figura 31. Relación pH del agua e índices gonadosomático y hepatosomático.
- Figura 32. Comportamiento de clorofila a con respecto al IGS de hembras y machos de *O. niloticus*.

INDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Resumen de la biometría para machos y hembras de *O. niloticus*
- Tabla 2. Análisis de correlación entre las variables de longitud total, longitud patrón y peso total para *O. niloticus*.
- Tabla 3. Análisis de covarianza para el peso total (PT) y longitud patrón (LP) para la población de *O. niloticus* considerando el sexo.
- Tabla 4. Regresión peso total y longitud patrón para las hembras de *O. niloticus*.
- Tabla 5. Regresión peso total y longitud patrón para los machos de *O. niloticus*.
- Tabla 6. Datos de la relación peso total-longitud patrón mensual de *O. niloticus*.
- Tabla 7. Prueba de *t-student* para las pendientes de la relación peso-longitud mensual de *O. niloticus*.
- Tabla 8. Biometría para los ovarios de *O. niloticus*.
- Tabla 9. Biometría para los testículos de *O. niloticus*.
- Tabla 10. Variación y longitud de los ovocitos de *Oreochromis niloticus*.
- Tabla 11. Resultado del análisis multivariado de covarianza para hembras de *O. niloticus*.
- Tabla 12. Resultados del análisis multivariado de covarianza para machos de *O. niloticus*.
- Tabla 13. Análisis de correlación de parámetros ambientales e índices de *O. niloticus*.