



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA

REPRODUCCION DE *Oreochromis niloticus* DEL  
BORDO AMATE AMARILLO, MOR.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
BIOLOGA

P R E S E N T A:

CLAUDIA VANESSA ZENTENO ZAMORA

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA

ABRIL 2017



Proyecto apoyado por el programa PAPIIT-DGAPA IN201105-3

CIUDAD DE MÉXICO



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

*Un camino de mil millas comienza con el primer paso...  
en el penúltimo día antes de llegar a kamakura jamás abandones el paso,  
porque no podrás ver la hermosa luna que se asoma desde ese lugar....*

*Nichiren Daishonin*

## DEDICATORIAS

- œ Dedico mi tesis a mis padres...Alfonso Zenteno Solano y Susana Zamora Araujo, por todos los sacrificios hechos para darme una carrera, por los desvelos, por cuidar de mí y por hacerme una persona de bien y provecho. Sin ustedes nada de esto sería posible! ¡Son mi adoración y mi razón de ser!
- œ A mis hermanos... Susan Miriam Zenteno Zamora y Carlos Alfonso Zenteno Zamora; por ser mis mejores amigos y cómplices. Por darme ese empuje en todo este tiempo de lucha! ¡Los Amo Chiquitines!
- œ A Lesli Andrea Espino Zenteno... Por ser una razón para terminar mi tesis. Espero que me entregues un trabajo de estos... ¡Te amo nena!
- œ A Erubey Bello... Por ser el amor más grande que haya conocido y mi motivación. Gracias por estar a mi lado, por enseñarme que nunca es tarde para realizar mis sueños, por ser pieza fundamental para la culminación de este trabajo, por el apoyo, el amor y por buscar siempre los recursos para hacerme feliz. ¡¡Te Amo!!
- œ A mis santos por abrir mis ojos, tener inteligencia, sabiduría y fortaleza necesaria para poder alcanzar una de mis metas propuestas, al ser una profesional.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de ser parte de una de las mejores universidades del mundo y abrir las puertas de su seno científico para estudiar mi carrera.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por mi formación profesional, así como el apoyo otorgado por el Programa PAPIT-DGAPA IN201105-3, que se me otorgaron para concluir satisfactoriamente esta investigación.

Gracias a mis maestros José Luis Gómez Márquez y Bertha Peña Mendoza, por su invaluable amistad, por todas y cada una de las cosas que me enseñaron; pero sobre todo por no dejarme nunca sola. Mil gracias... Los admiro y los quiero...

A mis sinodales José Luis Guzmán Santiago, Judith Villavicencio y Angélica González; por creer en mi hasta el último momento y por el tiempo dedicado a la revisión y corrección de este trabajo; Muchas gracias.

A mis compañeros de carrera y laboratorio: Paty, Rasviet, Ana, Misael, Rodrigo, Christian, Daniel, Tanya y Eleane; por todas las aventuras vividas, su complicidad, su amistad y su ayuda... Nunca los olvidare, siempre estarán en mi corazón y mis pensamientos.

A mis profesores de carrera y servicio social: Raúl Arcos Ramos, Manuel castillo Rivera, Isaías Salgado Ugarte, Aida Zapata Cruz y Elvia García Santos; Gracias por todos los conocimientos que me transmitieron.

A la Cooperativa pesquera del bordo Amate Amarillo en el estado de Morelos por que sin su apoyo el trabajo de campo no se hubiera llevado a cabo. Gracias

A todos los Zamoritas; por cada uno de sus consejos, su apoyo siempre incondicional, confianza y por estar siempre orgullosos de mí; ¡Gracias familia!

A mis padrinos Margarita Hernández Terres y José Alberto Martínez Becerra; por todo el apoyo espiritual y por estar siempre al pendiente de mí. De todo corazón gracias!

A mis amigos y compañeros de trabajo muchas gracias, ya que de alguna forma estuvieron involucrados en la culminación de mi tesis: Mayte Vargas Ocampo, Aurora Villaseñor Martínez, Rodrigo Sánchez Gutiérrez, Jesús Alatraste, José Luis Morales y Luis Cervantes.

## INDICE GENERAL

PREFACIO.....	1
DEDICATORIAS .....	2
AGRADECIMIENTOS .....	3
INDICE GENERAL.....	5
RESUMEN.....	8
INTRODUCCION.....	10
ANTECEDENTES.....	14
AREA DE ESTUDIO.....	19
OROGRAFIA.....	21
HIDROGRAFIA.....	21
ECOSISTEMAS.....	22
EDAFOLOGIA.....	23
JUSTIFICACION.....	24
OBJETIVO GENERAL.....	25
OBJETIVOS PARTICULARES.....	25
MATERIAL Y METODO.....	26
FASE DE CAMPO.....	26
FASE DE LABORATORIO.....	29
FASE DE GABINETE.....	30
RESULTADOS.....	35
Relación longitud total-longitud patrón.....	36
Relación peso total-longitud patrón.....	37

Relación longitud patrón-peso eviscerado.....	37
Relación peso-longitud patrón para hembras.....	38
Relación peso-longitud patrón para machos.....	39
Proporción Sexual.....	40
Índice Gonadosomático.....	41
Índice Hepatosomático.....	42
Factor de condición de Clark.....	43
Talla de primera madurez sexual para hembras.....	44
Talla de primera madurez sexual para machos.....	45
Estadíos gonadicos para hembras.....	45
Estadíos gonadicos para machos.....	46
Biometría de las gónadas de hembras.....	48
Biometría de las gónadas de machos.....	50
Caracterización de los estadíos de madurez gonadal.....	52
HEMBRAS.....	52
MACHOS.....	54
Cortes Histológicos de Ovarios.....	55
Cortes Histológicos de Testículos.....	57
Factores Ambientales.....	59
DISCUSIÓN.....	62
Relación peso-longitud.....	63
Factor de condición "C".....	64
Proporción sexual.....	66
Índice Gonadosomático e índice Hepatosomático.....	68
Madurez gonadica.....	72

Parámetros físicos y químicos del agua.....	75
CONCLUSIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó un estudio acerca de los aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus*, ya que tiene una relevancia importante, no solo a nivel de ciclo de vida de la especie o potencialidad de la especie como recurso, sino también para el conocimiento de la biología básica.

Se determinó la época de reproducción por medio de proporción sexual, madurez gonádica, índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS), factor de condición y primera talla de madurez sexual. Además de analizar las propiedades físicas y químicas del agua que intervienen con la reproducción de la especie. Se realizaron muestreos mensuales a partir de enero de 2007 a junio 2008; en los que se colectaron aproximadamente 30 organismos de la pesca comercial del bordo Amate Amarillo, Mor.

De los organismos colectados, se registraron diferentes intervalos de tallas y peso de ambos sexos, lo cual se debe posiblemente a las características del sistema, al arte de pesca utilizado y al dimorfismo sexual, ya que los machos presentaron mayores pesos y longitudes con respecto a las hembras.

Los datos registrados para los peces durante el tiempo de estudio presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo tanto para hembras, machos y la población total; lo que indica que los organismos crecen más en longitud que en peso. La proporción sexual total de *O. niloticus* registrada en el Bordo Amate Amarillo, fue de 1:3.5 (hembra: macho), lo cual indica, que la mayor proporción de individuos está a favor de los machos, ya que son más fácil de capturar por presentar mayor talla y encontrarse a las orillas del sistema al construir el nido.

Durante el tiempo de trabajo, se detectaron dos épocas de reproducción tanto para hembras como para machos, la primera en los meses de marzo y mayo que corresponde a la época de seca del año y la segunda de menor intensidad, pero no por eso menos importante en los meses de septiembre y noviembre que corresponde a la época de lluvias.

En el caso de los parámetros de la calidad del agua del bordo Amate Amarillo fueron óptimos durante todo el muestreo, se registraron temperaturas del sistema que fueron de 19.5 °C como mínima y máxima de 28.5°C. Los valores de pH del agua de 8.04 unidades. En cuanto a la alcalinidad se registró una mínima de 17.12 mg/L y máxima de 73.75 mg/L. La dureza fue de 467 mg/L como mínima y máxima de 762 mg/L y finalmente la conductividad tuvo valores que fluctuaron entre 1169 y 1583  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que se puede interpretar como que es un sistema con buena calidad de agua bien oxigenadas, blandas, moderadamente duras y con una gran concentración de sólidos en suspensión, adecuadas para el cultivo y reproducción de la tilapia. La talla de primera madurez sexual para ambos sexos se registró a los 16.8 cm de longitud total.

Con base en los estadios gonádicos se puede reportar que la especie en este sistema se reproduce a lo largo de todo el año. Tanto los ovarios como los testículos de *O. niloticus* incrementan en peso, longitud y diámetro de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentren.

## INTRODUCCION

La tilapia constituye un grupo de la tribu Tilapini de la familia Cíclidae, que ha tenido en el ámbito mundial un gran éxito en la piscicultura, ya que posee características relevantes entre las que pueden mencionar: a) elevada tasa de crecimiento, b) amplia tolerancia a pobres condiciones de calidad del agua, c) buena adaptación a los ambientes dulceacuícolas, salobres y marinos, d) amplia resistencia a las enfermedades, e) fácil reproducción en condiciones de cautiverio y otras características más que les han permitido adaptarse fácilmente en numerosos cuerpos de agua en los países donde han sido introducidas (Jiménez y Arredondo, 2000.)

Las tilapias han sido introducidas en forma acelerada a otros países tropicales y subtropicales en todo el mundo. Por eso recibieron el sobrenombre de las “gallinas acuáticas” por la aparente facilidad de su cultivo, basado en la rusticidad de su manejo, alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, en algunos casos aun las más extremas. Es de fácil reproducción, alta productividad, generalmente herbívoras, aunque aceptan todo tipo de alimentos tanto naturales como artificiales (Instituto Nacional de la Pesca, 2003; Peña-Mendoza *et al.*, 2011).

La tilapia o mojarra africana fue introducida a México el 10 de Julio de 1964, procedente de Auburn, Alabama, EUA; las cuales fueron depositadas, en la estación piscícola de Temascal, Oaxaca. Las especies que se incluyeron en esta introducción fueron: *Tilapia aurea*= *Oreochromis aureus*, *T. melanopleura*= *Oreochromis melanopleura* y *T. mossambica*= *Oreochromis mossambicus*. Posteriormente, en 1978 se introdujo la *T. nilotica*= *Oreochromis niloticus* (Morales, 1991).

En 1981 se introduce al país la tilapia roja *Oreochromis mossambicus* y *Oreochromis urolepis hornorum* provenientes de Florida, EUA; fueron depositadas para su cultivo en jaulas flotantes en los centros acuícola de Zacatepec y El Rodeo en el estado de Morelos. En 1986 nuevamente se hace otra introducción de tilapia roja de la especie *O. niloticus*, con dos variedades, negra y roja, depositándose en Zacatepec, Morelos

por segunda vez para su cultivo. Su adaptación en el país ha sido amplia, principalmente en las zonas tropicales como en los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa (Morales, 1991).

Los cíclidos se diferencian de la mayoría de los peces dulceacuícolas, ya que su cuerpo es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado; en muchas especies, la cabeza del macho es invariablemente más grande que la de la hembra; algunas veces con la edad y el desarrollo se presentan en el macho tejidos grasos en la región anterior y dorsal de la cabeza (Dimorfismo sexual) (Morales, 1991).

Es importante, conocer las características anatómicas de la especie, así como el proceso y la conducta reproductiva, ya que en la mayoría de los animales es cíclica, en periodos más o menos regulares. La mayoría tiene un ciclo anual de reproducción y solo una vez en su vida se reproducen, proceso que se denomina semilparidad. Muchas especies desovan más de una vez en un año y más o menos continuamente, a este proceso se le llama iteroparidad (Lagler *et al.*, 1984).

En los peces se observan por lo menos tres tipos de reproducción: bisexual, hermafrodita y partenogenética. En la reproducción bisexual que es la clase que prevalece, los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos masculinos y femeninos por separado. En el hermafroditismo (un tipo de intersexualidad) los dos sexos se encuentran en un mismo individuo, en algunas especies existe la auto fertilización y en otras el verdadero hermafroditismo. Finalmente la partenogénesis que consiste en el desarrollo del óvulo sin fertilización, condición que debería de llamarse ginogénesis y ocurre en el pez tropical poecílido del Amazonas *Poecilia formosa* (Lagler *et al.*, 1984).

Por otra parte, las estrategias reproductivas de los peces son frecuentemente reflejadas en las diferencias anatómicas entre los sexos. Internamente, el sexo de muchos peces es fácilmente distinguible por medio del examen de las gónadas. Tanto los testículos en los machos, como los ovarios en la hembras son típicas estructuras

pareadas que se encuentran suspendidas por mesenterios a través de la cavidad del cuerpo, en asociación con el riñón (Moyle y Cech, 2000).

En el caso de las tilapias son heterosexuales, es decir, tienen sexos separados. Los organismos alcanzan su madurez sexual a partir de los 2 o 3 meses de edad. Se reproducen a temprana edad, alrededor de las 8 o 10 semanas, teniendo una talla entre 7 a 16 cm, por lo que dificulta el control de la población de los estanques donde se cultiva (Arredondo y Lozano, 2003).

Su fecundación es externa y el número de óvulos producidos por hembra varía según la especie, la talla y peso de los reproductores. La frecuencia de desove varía considerablemente dependiendo de los factores climáticos, pudiendo ser desde 6 a 16 veces al año (Arredondo y Lozano, 2003).

La pubertad en teleósteos como en mamíferos, viene marcada por la ovulación en hembras y la espermatogénesis en machos. Su aparición depende de estímulos internos (factores genéticos o reloj biológico, factores nutricionales, etc.) y estímulos externos o ambientales (temperatura, fotoperiodo, feromonas, etc.) (Agulleiro, 2008).

Los cambios de temperatura, la duración del fotoperiodo durante el año, entre otros factores, son las principales condiciones ambientales que se manifiestan en el control en la reproducción de los peces en las zonas templadas. La importancia de estos factores varía con la especie y la estación del ciclo reproductivo. La calidad del agua afecta directamente la fisiología del pez, modo de reproducción, velocidad de crecimiento, la dinámica y estructura de la población (Pickering, 1981).

La investigación básica del ciclo reproductor en peces de importancia comercial, debe evaluar los patrones que afectan las etapas reproductivas. El conocimiento de los aspectos reproductivos tales como desoves, talla, edad de primera madurez sexual y fecundidad, son aspectos de importancia relevante, tanto para el conocimiento de la

biología básica del recurso, como para el empleo del método de evaluación (Parker, 1985).

De esta manera, la información obtenida de estos análisis puede emplearse para establecer la edad y talla a la 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 óvulos. Por lo tanto, las estimaciones de la fecundidad con la información anterior, puede emplearse para calcular las dimensiones de una población y su potencial reproductivo (Holden y Raitt, 1975;).

La evaluación gonádica de hembras y machos tiene implicaciones desde el punto de vista ecológico, así como de cultivo. En el primer caso se requieren establecer parámetros como: proporción de machos y hembras que garanticen la unión de productos sexuales durante la fecundación, la talla de primera edad en la que alcanzan la madurez sexual y el establecimiento de la época reproductiva, entre otros, parámetros todos ellos necesarios en el manejo de las pesquerías, ya que tienen repercusión en la producción (Rodríguez, 1992).

Esta evaluación gonádica se puede dar a varios niveles, dependiendo de la información que se desee obtener, del equipo con que se cuente, etc. Dentro de estos está el manejo de índices que no son definitivos pero si específicos y que pueden ser usados como indicadores del estado fisiológico, de las características fenotípicas o caracterizar la fase reproductiva.

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 una población explotada y forman parte de su evaluación fundamental (Holden y Raitt, 1975).

## ANTECEDENTES

Para el presente trabajo, se realizó la revisión bibliográfica en la cual se muestran algunos de los diferentes proyectos de investigación que se han realizado con la especie.

Para el año 1985, Jirón presentó un estudio del índice gonadosomático de *Tilapia aurea*, el cual fue realizado en la estación piscícola Gral. Omar Torrijos Herrera, en Managua, Nicaragua. El trabajo tuvo como objetivo conocer el comportamiento mensual de la maduración en las gónadas de la *Tilapia aurea*. Se obtuvo como resultado, que el mayor porcentaje de estadíos de madurez gonádica se reflejó en el segundo estadío. Además se muestra que la maduración gonadal se inicia en los dos primeros meses del año y se obtiene su primer desove en el mes de marzo decreciendo hasta abril. Posteriormente se incrementa en mayo donde se da el siguiente pico de reproducción, para luego decrecer hasta los seis meses restantes del año (julio - Diciembre).

En 1986, García y Phillip, realizaron un estudio del desarrollo de los ovocitos en la tilapia *O. niloticus*, mediante cortes histológicos. En el cual reportan una escala de 5 estadíos gonádicos para la especie, además de determinar el tiempo que pasa entre uno y otro desove; de esta manera mencionan cuanto tiempo tarda el desarrollo embrionario y pre-larval en esta especie, así como el número de desoves. Los ejemplares utilizados para este estudio provenían de la presa Zaza, provincia de Sancti Spiritus y de un estanque de cincuenta metros cuadrados, situado en las instalaciones del CIM (Centro de Investigaciones Marinas).

En 1988 Menocal realizó un trabajo, para conocer la fecundidad y el tamaño de los óvulos de *O. aureus* y sus variaciones dentro del periodo reproductivo. Para determinar la fecundidad en relación a la población muestreada, se utilizaron 92 hembras maduras, tomadas de la presa Zaza en el mes de Mayo de 1983. Para determinar la variación de la fecundidad en relación al periodo reproductivo y la distribución de la

frecuencia de tallas de los ovocitos intraováricos, se tomaron muestras de 20 hembras maduras de 36 cm de longitud total, en los meses de marzo, mayo y agosto. Como resultados se obtuvo que en las variaciones de la distribución de frecuencias del diámetro de los ovocitos intraováricos dentro del periodo reproductivo, no existe una variación de la distribución de frecuencias de los ovocitos en los meses estudiados, esto indica que constantemente se están desarrollando ovocitos del stock de reserva para convertirse en óvulos; es decir la vitelogénesis no cesa después del estado de maduración, por lo que los ovocitos en maduración aparecen siempre a través de todo el periodo de desove. La relación de la fecundidad con la longitud total y el peso eviscerado, fueron de 0.34 y 0.35 respectivamente, lo cual indica que existe una gran dispersión de los puntos, ya que las variaciones de fecundidad no solo se deben a las variaciones de talla y peso, sino que también se ven afectadas por factores ambientales y genéticos. Para las variaciones de la fecundidad en relación al periodo reproductivo, el análisis de varianza efectuado, demostró que existían diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las fecundidades medias de los meses estudiados, notándose que a medida que avanza el periodo de desove hacia mayo y agosto, decrece la fecundidad de la especie en comparación con el mes de marzo.

Graaf *et al.* realizaron un estudio en 1999, el cual tuvo como objetivo observar el desempeño reproductivo de las hembras de *Oreochromis niloticus* en estanque, bajo condiciones tropicales. El trabajo se realizó entre 1989 y 1990, en la Estación Nacional de Cultura de Peces en Djoumouna, República de Congo. Se utilizaron individuos de 2-4 meses y peso de 30-50 g. Los oocitos fueron clasificados de acuerdo al color, en blancos y amarillos y fueron contados y medidos. Se realizó una clasificación histológica, se evaluó el IGS, se aplicó una prueba de análisis de varianza para comparar el tamaño de los oocitos con el peso de las hembras. Además se realizó otra prueba para observar si hay relación entre el factor de condición y la fecundidad de las hembras. Como resultados se obtuvo que la madurez en las hembras de tilapia se alcanzó cuando éstas tenían un peso de 12.7 g, con talla de 8.7 cm y un IGS de 5.3%. La fecundidad absoluta varía entre 50 y 220 oocitos por pez, este número incrementa cuando el pez incrementa de talla. El factor de condición, oscila entre 1.40% y 3.14%

además de que no existe una relación significativa entre el factor de condición y la fecundidad absoluta.

Para el mismo año de 1999 Peña y Domínguez, realizaron un estudio en el cual analizaron el efecto del fotoperiodo sobre el peso total, el crecimiento en longitud patrón y el desarrollo gonadal. En los resultados se muestra que para el desarrollo gonadal, específicamente para el IGS, las hembras que se encontraron expuestas a condiciones de oscuridad continua (0/24 luz/oscuridad) fue mayor que para las hembras que se encontraban en un fotoperiodo de 12/12. Además de que no existe diferencia en el crecimiento de estos peces cuando se someten a diferentes fotoperiodos.

Más tarde, para el 2003, Gómez *et al.* realizaron el estudio de algunos aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus*, en el lago Coatetelco en el estado de Morelos; para lo cual se capturaron 319 organismos. Como resultado se obtuvo una proporción sexual de 1:1.02 hembras: machos. Así mismo, se calculó el índice gonadosomático y el índice hepatosomático, los cuales reflejan dos periodos de actividad reproductiva; una en verano y otro en invierno.

García en el 2005 trabajó sobre los aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* en dos sistemas acuáticos del Estado de Morelos: la presa Emiliano Zapata (enero del 2004 a marzo del 2005) y el lago Coatetelco (marzo 2004 a febrero del 2005). Se obtuvieron un total de 518 peces para la presa Emiliano Zapata con una proporción sexual de 5.7:1 macho: hembra ( $\chi^2 = 127.02$ ,  $p < 0.05$ ); la talla de primera madurez sexual para machos fue de 12.42 cm. y para las hembras de 13.87 cm. de longitud patrón; la fecundidad media que se estimó fue de 426 folículos. Para los organismos del lago Coatetelco se analizaron 390 organismos registrándose una proporción sexual de 1.6:1 macho: hembra ( $\chi^2 = 11.45$ ,  $p < 0.05$ ); la talla de primera madurez sexual para machos fue de 12.47 cm. y para las hembras de 12.58 cm de longitud patrón, se estimó la fecundidad media de 423 folículos. El crecimiento de los organismos en ambos sistemas fue de tipo alométrico negativo. Con base de la

madurez gonádica, factor de condición, índice gonadosomático y hepatosomático se establecieron dos períodos de desove de las hembras en ambos sistemas: el primero corresponde a la época de secas (enero a febrero), mientras que el segundo se presenta durante la época de lluvias (junio a julio), para ambos sistemas.

Peña *et al.* (2005) realizaron un estudio de la biología reproductiva de la tilapia en la presa Emiliano Zapata en el estado de Morelos, donde se obtienen como resultados una proporción sexual de 1:1.29 hembras:machos. La talla de primera madurez sexual de *O. niloticus* se alcanza a los 15.1 cm (hembras) y a los 15.2 cm (machos) de longitud total. Se detectaron dos épocas de reproducción para la especie; las cuales fueron en el mes de Agosto, que corresponde a la época de lluvias y en el mes de Febrero, en la época de secas. El intervalo de fecundidad fue entre 243 y 847 ovocitos por individuo.

En 2007 Komolafe y Arawomo, realizaron un estudio de la tilapia *Oreochromis niloticus* en la reserva de Opa, Nigeria. Para lo cual se recolectaron 1430 organismos. Como resultado se tiene que durante todo el periodo de estudio, que fue de octubre de 1997 a febrero de 2000 se llevó a cabo la reproducción de la especie, además de que existe el cuidado materno, ya que es la hembra la que incuba y cuida a las crías en la boca. La proporción machos: hembras fue aproximadamente 1:1.

Sastre (2008) analizó aspectos poblacionales y pesqueros que permitieron evaluar la producción de la tilapia en la presa Emiliano Zapata en el estado de Morelos, las tallas obtenidas oscilaron entre 5.1 a 28.5 cm, la proporción sexual que obtuvo fue de 8.77:1 macho: hembra ( $\chi^2=501.136$ ;  $p<0,05$ ), el tipo de crecimiento es alométrico negativo, el factor de condición que obtuvo mostró la misma condición para ambos sexos. Con respecto al índice gonadosomático y hepatosomático se reporta que se reproduce en dos épocas, la primera de julio a septiembre y la segunda de enero a marzo. La talla de primera madurez sexual osciló entre 15.07 a 17.9 cm para los machos y de 16.6 a 17.9 cm para las hembras.

García (2011) investigó los aspectos reproductivos de la tilapia el Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el bordo la Palapa. Las tallas registradas para los machos oscilaron entre 15.5 a 25.5 cm y de 9.2 a 20.8 cm para las hembras. La proporción sexual fue de 3.9:1 favoreciendo los machos. El tipo de crecimiento que presentaron fue alométrico negativo; para la talla de primera madurez sexual se obtuvo de 17.2 cm para las hembras y 16.8 para los machos. Se identificaron dos periodos reproducción: de diciembre-enero y abril-junio. La fecundidad media fue de 718 ovocitos/pez con diámetros de 300 a 3200  $\mu\text{m}$ .

En 2011, SAGARPA Y CONAPESCA. Emiten la Guía empresarial para el cultivo, engorda y comercialización de la tilapia (mojarra), la cual se elaboró con el fin de orientar a los productores y comercializadores de esta especie en la implementación de mejores prácticas de producción, comercialización, administración y finanzas. Plantea el material teórico, tecnológico, operativo, jurídico, administrativo y comercial. Expone las operaciones de una granja de cultivo y engorda de la tilapia, en ella se identifican las diferentes etapas que componen el proceso reproductivo de la especie, calidad del agua y se describen buenas prácticas del manejo del producto.

Paredes (2013) estudio el ciclo reproductivo de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) de septiembre 2010 a agosto de 2011, en el embalse de Huitchila Morelos, México. Los machos presentaron tallas de 13.7 a 24 cm de Lt y peso total de 35.8 a 168 g. Para las hembras las tallas se ubican de 13.3 a 18.6 cm de Lt y con un peso de 34.3 a 102.3 g. La proporción sexual (macho: hembra) registrada fue de 6.2:1 ( $\chi^2=180.63$ :  $p<0.05$ ), viéndose favorecidos los machos en todos los meses. De acuerdo a los valores de los índices gonadosmáticos y hepatosmático los machos tuvieron su evento reproductivo en mayo-junio y las hembras en mayo y agosto. La fecundidad media se estimó en 757 folículos, con un mínimo de 589 y un máximo de 902. La fecundidad relativa fue  $F=2.7553L^{1.9939}$ .

## AREA DE ESTUDIO

El Estado de Morelos es uno de los estados más pequeños de la República Mexicana, situado entre los 18°22' y 19°07' LN y los 98°30' y 99°37' LW, al Sur del Trópico de Cáncer, a una altitud de 1,480 msnm y con una temperatura promedio al año de 22.2°C.

El Estado de Morelos representa el 0.3% de la superficie del país y colinda al Norte con el estado de México y el Distrito Federal; al Este con los estados de México y Puebla; al Sur con los estados de Puebla y Guerrero; al Oeste con los estados de Guerrero y México (Gob. Mor. 2005) (ver imagen 1).

El municipio de Ayala, se encuentra en la parte central del estado, y se ubica entre los 18° 46' de latitud norte y los 98° 59' de longitud oeste, a 1,220 m.s.n.m., limita al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla, al sur con Tepalcingo y Tlaquiltenango; al este con Temoac, Jantetelco y Jonacatepec y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec. La distancia aproximada a la capital del estado es de 60 km (Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009).

El bordo Amate Amarillo se encuentra en el municipio de Ayala en la parte central del estado y se ubica entre los 18° 46' latitud norte y los 98° 59' longitud oeste, a 1,220 m.s.n.m., con un volumen de agua aproximado de 209 512 m<sup>3</sup> y un área de 75 552.8 m<sup>2</sup> (ver imagen 2).

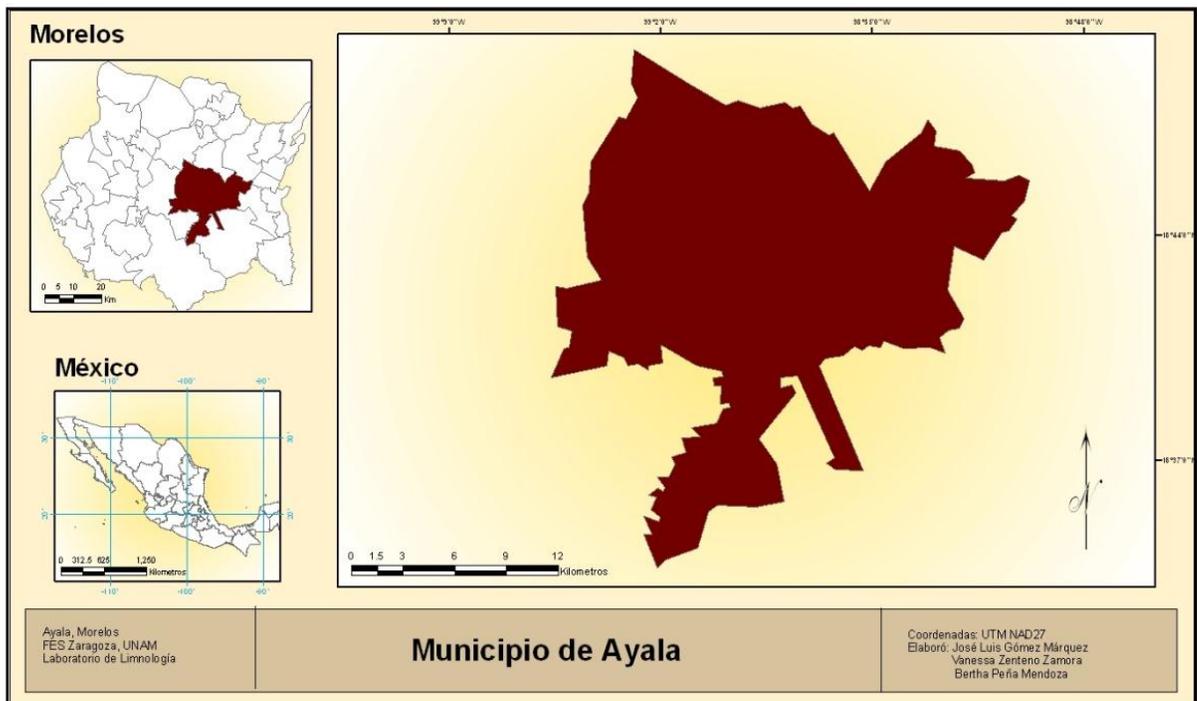


Imagen 1. Ubicación de la zona de estudio

El municipio de Ayala tiene una extensión territorial de 345.688 kilómetros cuadrados y representa el 6.97% con respecto a la superficie del estado ((Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009)

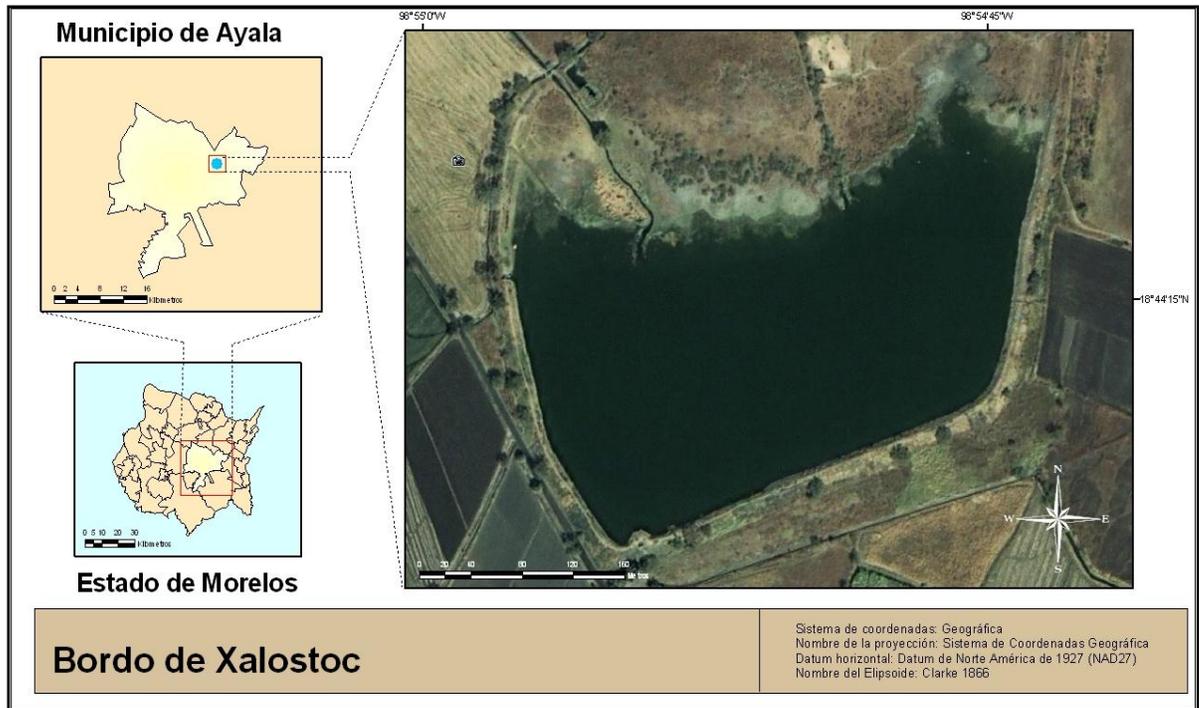


Imagen 2. Características del bordo Amate Amarillo (Xalostoc), Mor.

## OROGRAFIA

El municipio forma parte de los fértiles valles del Plan de Amilpas, los cerros más importantes son El Tenayo, El Aguacate, El Jimil y el cerro Prieto que alcanzan alturas del orden de 1,500 msnm (Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009).

## HIDROGRAFIA

Este municipio se beneficia con la afluencia de la micro cuenca del río Cuautla, del río Ayala que favorece con los escurrimientos de las barrancas, El Hospital y Calderón; estos ríos se juntan al este de la cabecera y siguen su curso, hacia el sur, pasando por Abelardo I. Rodríguez, Olin-tepec y Moyotepec, en donde recibe las aguas de la barranca de Ahuehueyo.

La parte oriente del municipio, la cruza la barranca de la Cuera, los Papayos y los Guayabos, que atraviesan Tlayecac, y sigue hacia el sur pasando por Jaloxtoc, y aguas abajo se une al río Cuautla. Posteriormente este río sigue por San Vicente de Juárez y Tecomalco, para desembocar en el Amacuzac y finalmente al río Balsas. Se cuenta también con pequeños manantiales como el Axocoche, El Colibrí y el Platanal; además de unos pequeños vasos de agua en Anenecuilco, Jaloxtoc, Moyotepec y una presa en Palo Blanco ((Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009).

### **CLIMA**

El clima en este municipio conforme el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (2000) y García (2004) es cálido subhúmedo (Awo(w)(i') gw''), la precipitación y temperatura media anual es de 723 mm y 23.2 °C respectivamente. Este estrato climático, se localiza en altitudes sobre el nivel del mar menor a 1,400 m. Su precipitación y temperatura media anual es de 800 mm y 24°C respectivamente, el viento tiene una dirección de noreste a suroeste. Clasificación propuesta por Köppen modificada por García (1964). Banco de información de 53 estaciones meteorológicas del campo experimental de Zacatepec, Morelos (Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009).

### **ECOSISTEMAS**

La vegetación es de selva baja caducifolia, principalmente encontramos cubatas (*Acacia pennatula*), cazahuates (*Ipomoea murucoides*), amates (*Ficus drupácea*), framboyanes (*Delonix Regia*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*), guaje colorado (*Leucaena asculenta*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), bonete (*Pileus mexicana*), tepeguaje (*Lysiloma acapulcensis*), frutales tales como anono (*Anona squamosa*), chirimoyo (*Annona cherimola*), mamey (*Calocarpum mammosum*), ciruelo (*Lonchocarpus sp*) y guayabo (*Psidium guajava*) (Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009).

La fauna también es muy variada, entre ellos tenemos al mapache o tejón (*Procyon lotor*), conejo (*Oryctolagus cuniculus*), zorrillo (*Mephitis macroura*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), coyote (*Canis latrans*), urraca

(*Calocitta formosa*), zopilote (*Cathartes aura*), lechuza (*Cathartes aura*), gavilán (*Buteo sp*), iguana (*Iguana iguana*) y escorpión (*Buthus occitanus*). Entre los peces se cuenta con bagre (*Ictalurus balsas*) y mojarra (*Oreochromis niloticus*). (Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009).

## **EDAFOLOGIA**

Los tipos de suelos que predominan en el municipio se describen a continuación:

Vertisol. Suelos pesados (arcillos), difíciles de laborar y de drenaje interno, con tendencia a deficiente; sin embargo presenta buenos niveles de fertilidad.

Chernozen. Son suelos que a una profundidad de por lo menos 15 cm. Tienen buen contenido de material orgánico y a más profundidad tienen de moderada a alta concentración de caliza pulvurulente. Los cultivos que prosperan en este suelo pueden presentar síntomas de deficiencia de fierro.

Castañozem. En los primeros 15 cm de profundidad estos suelos tienen un buen contenido de materia orgánica y color pardo o castaño, pero inmediatamente a bajo tienen altas concentraciones de caliza pulvurulente y color claro.

Feozen haplico. Estos suelos están ubicados en sistemas de lomerios y sierras, tienen una profundidad de hasta 125 cm. Básicamente soportan vegetación natural de selva baja caducifolia.

Litosol. Son suelos delgados (menos de 10 cm), pedregosos de topografía accidentada y susceptibles a la erosión de acuerdo a la delimitación y definición de agrohabitats del estado de Morelos (Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos, 2009).

## JUSTIFICACION

El ciclo reproductor de cualquier especie indica la época en la que se reclutan a la población nuevos individuos, por lo que los estudios de madurez gonadal son sumamente importantes para determinar el ciclo de vida de las especies e indirectamente la potencialidad de un recurso. Las estructuras generales del cuerpo y órganos de los peces son fundamentalmente las mismas que las de los vertebrados superiores; sin embargo, los peces tienen características morfológicas y fisiológicas específicas, por lo que los tejidos son algunas veces diferentes de los otros grupos de animales. De esta manera, realizar estudios acerca de los aspectos reproductivos, tienen una relevancia importante, no solo a nivel de ciclo de vida de la especie o potencialidad de la especie como recurso, sino también para el conocimiento de la biología básica del recurso. La información obtenida de estos análisis puede emplearse para establecer la edad y talla a la 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 óvulos para un adecuado manejo y explotación del recurso.

## OBJETIVO GENERAL

Determinar la época de reproducción de *Oreochromis niloticus* por medio de proporción sexual, madurez gonádica, índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS), factor de condición y primera talla de madurez sexual. Además de analizar las propiedades físicas y químicas del agua que intervienen con la reproducción de la especie

## OBJETIVOS PARTICULARES

- ❖ Obtener el tipo de crecimiento para la especie por medio de la relación peso-longitud.
- ❖ Analizar la variación temporal del Índice gonadosomático (IGS) e Índice hepatosomático (IHS)
- ❖ Analizar la variación temporal del factor de condición de Clark.
- ❖ Determinar la talla de primera madurez sexual para la especie
- ❖ Determinar la proporción sexual para la especie
- ❖ Analizar la variación temporal de los estadios de madurez gonádica
- ❖ Analizar la estructura histológica de ovarios y testículos
- ❖ Determinar las condiciones físico-químicas del agua (dureza, alcalinidad total, oxígeno disuelto, temperatura ambiente y del agua, pH, entre otros) del bordo Amate Amarillo y cómo influyen en el ciclo reproductivo de la especie.

## MATERIAL Y METODO

El método se compuso de tres fases:

### **FASE DE CAMPO**

### **FASE DE LABORATORIO**

### **FASE DE GABINETE**

#### **FASE DE CAMPO.**

Se realizaron muestreos mensuales a partir de enero de 2007 a junio 2008; en los que se colectaron aproximadamente 30 organismos de la pesca comercial del bordo Amate Amarillo, Mor., la captura se realizó con una red agallera de 6.5 cm. de luz de malla (ver imagen 3). A los peces colectados se les tomó la siguiente biometría: Longitud total (Lt), Longitud patrón (Lp), Altura (A) con un ictiómetro convencional, además el Peso total (Pt), Peso eviscerado (Pe), Peso hígado (Ph) y Peso gónada (Pg), con una balanza digital marca Ohaus de 0.1 g de precisión (ver imagen 4). Al mismo tiempo, se registró el sexo de los organismos, basados en las diferencias sexuales externas; lo que se corroboró al disectar al pez y exponer las gónadas y determinar la madurez gonádica con base en la escala propuesta por Holden y Raitt (1975) (ver imagen 5 y 6). Las gónadas de cada uno de los ejemplares, fueron fijadas en formol al 10% neutralizado con fosfato de sodio monobásico y fosfato de sodio dibásico.



Imagen 3. Pesca comercial en el bordo Amate Amarillo, Mor.



Imagen 4. Toma de biometría a los peces



Imagen 5. Determinación de la madurez gonádica



Imagen 6. Disección de pez, para corroborar diferencias sexuales.

Por otro lado, para la determinación de la calidad del agua, se tomó la transparencia del agua con ayuda del disco de secchi. Posteriormente se colectó una muestra de agua con la botella Van-Dorn de 2 litros de capacidad, en una estación a tres niveles de profundidad (30 cm, 1m y 2m) para determinar *in situ*: pH y conductividad, los cuales se tomaron con un aparato multiparámetros marca Hanna; potencial óxido-reducción, con un aparato OPR marca Hanna; sólidos totales disueltos, con un aparato TDS marca Hanna y la temperatura, tanto del agua como la del ambiente se tomó con un termómetro de décimas de -1 a 51° C.

## FASE DE LABORATORIO

Con la muestra de agua colectada en campo, se determinó:

Oxígeno disuelto por medio del método de Winkler con la modificación de azida de sodio, utilizando botellas tipo D.B.O. de 300 mL de capacidad.

Alcalinidad total por medio del método de indicadores.

Dureza total y Dureza de calcio por medio del método complejométrico.

CO<sub>2</sub> por medio del método volumétrico

(APHA-AWW-WPCF, 1992).

Se midió la longitud total y el diámetro de las gónadas tanto de hembras como de machos, con la ayuda de un vernier marca Pretul. Del ovario izquierdo, se contaron los óvulos y se midieron con la ayuda de un estereoscopio marca Nikon con ocular micrométrico de 10X y aumento de 4X. El ovario derecho, así como algunos ejemplares de testículos en diferentes estadios de maduración se deshidrataron y se incluyeron en parafina para realizar cortes histológicos y teñirlos con la técnica convencional de Hematoxilina-Eosina (Muñetón-Gómez *et al.*, 2000)

## FASE DE GABINETE

### Relación peso-longitud

El peso corporal varía como una potencia de la longitud (relación alométrica), debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene esta forma, se dice que el crecimiento es isométrico y "b" es igual a 3. Cuando esto no ocurre, es decir, no se mantiene la proporcionalidad, el crecimiento es alométrico y el valor es distinto de 3. Así es posible establecer la relación a través de la siguiente ecuación:

$$P = a L^b$$

DONDE:

P= peso total (g)

L= Longitud total o patrón (cm.)

a y b= constantes que se obtienen por medio del método de mínimos cuadrados, el cual consiste en ajustar la recta que cumpla con la condición de que la suma de los cuadrados de las desviaciones de cada valor observado de L con su correspondiente valor de predicción P.

Esta expresión puede transformarse en una recta, mediante el uso de logaritmos, obteniéndose:

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

Siendo:  $\log a$  la ordenada en el origen y  $b$  la pendiente de la recta (Pauly, 1984)

### **Índice Gonadosomático (IGS)**

Se basa en la relación del peso de la gónada con respecto al peso eviscerado del organismo, la cual guarda una relación directa que explica el estadio de desarrollo gonádico, ya que, alcanza un valor máximo inmediatamente antes del desove (Rodríguez, 1992).

$$IGS = \frac{Pg}{Pe} * 100$$

Donde:

Pg = peso de la gónada

Pe = peso del pez eviscerado

### **Índice Hepatosomático (IHS)**

Se conoce como índice hepatosomático a la relación que existe entre el peso del hígado y el peso eviscerado del ejemplar. Esta relación es de gran importancia, ya que el hígado segrega vitelogeninas durante la vitelogénesis, las cuales van a ser captadas por el óvulo en desarrollo (Rodríguez, 1992; Granado, 1996).

$$IH = \frac{Ph}{Pe} * 100$$

DONDE:

Ph = peso del hígado

Pe = peso del pez eviscerado

### Factor de condición “C”

Con el coeficiente de condición de Clark es posible definir la verdadera condición del pez sin el efecto del peso de las gónadas y del contenido intestinal, ya que pueden enmascarar la dinámica de la condición del pez (Nikolsky, 1963). En pocas palabras, expresa cuanto de “buen peso” están los integrantes de una población íctica, ya que existe un elevado número de factores que intervienen en el buen estado del pez (Granado, 1996)

$$C = \left( \frac{Pe}{L^b} \right)$$

DONDE:

- C = Factor de condición,
- Pe = Peso eviscerado del pez,
- L = Longitud,
- b = Pendiente de la relación peso-longitud.

### Talla de primera madurez sexual (P)

El término primera madurez es usado para describir el momento de la primera reproducción o del primer desove (Cailliet, 1993). Por medio del modelo logístico, se obtendrá la longitud media para la primera reproducción o longitud media de madurez sexual (P) que se define como la longitud a la cual el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros (King, 1995).

$$P = \frac{1}{(1 + \exp[-r(L - Lm)])}$$

DONDE:

P = Proporción de peces maduros.

Lp = Longitud patrón.

Lm = Longitud media.

r = Pendiente de la curva

**Fecundidad media  $\Phi_{DS}$**

La fecundidad está tomada por el promedio del número de óvulos en los ovarios por pez antes del desove. La fecundidad media es denotada por  $\Phi$  y  $F$  es usada para denotar la fecundidad individual de un pez. Usando esta notación  $\Phi$  es el promedio del valor de la fecundidad tomada de una particular clase de edad de la población (Shoemith, 1990)

$$\Phi_{DS} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n AL_j^b$$

DONDE:

$\Phi_{DS}$  = Fecundidad media

n = Número de peces involucrados en el análisis,

A y b = Parámetros estimados de la regresión lineal de mínimos cuadrados del log del no. de folículos y el log de longitud,

L = Longitud patrón.

### **Proporción sexual**

Se calculó la proporción sexual mensual y total para los individuos del bordo Amate Amarillo mediante la prueba de  $\chi^2$  ( $p < 0.05$ ) para determinar si existió o no diferencia significativa entre dicha proporción para la población.

### **Madurez gonádica**

Los estadios de madurez se refieren al grado de madurez de los ovarios y de los testículos del pez. El término estadio reproductivo, mejor dicho estadio de madurez es muchas veces apropiado, aunque se utiliza mas el término de estadio de madurez (Cailliet, 1993), para lo cual se obtuvo el porcentaje de los diferentes estadios de madurez a través del tiempo de muestreo.

Se realizó el análisis exploratorio de los datos (Longitud total, Longitud patrón, peso total, peso eviscerado, peso gónadas y peso hígado) con la finalidad de observar las tendencias y el comportamiento de los mismos (Salgado-Ugarte, 1992).

### **Histología**

Una vez realizados los cortes histológicos tanto de ovarios como de testículos, se procedió al reconocimiento de la anatomía microscópica en las diferentes etapas de maduración de *O. niloticus* con ayuda de un microscopio óptico con aumentos de 4X, 10X, 40X y 100X en objetivos y 10X en los oculares.

### **Factores ambientales**

Para conocer el comportamiento de los factores ambientales durante todo el año y principalmente en el momento de la reproducción de la especie se realizaron gráficas de la temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total y dureza total contra el tiempo.

## RESULTADOS

Durante el desarrollo del trabajo, se colectaron muestras de peces de enero de 2007 a junio de 2008, a partir de la pesca comercial efectuada por los pescadores de la zona, quienes utilizan una atarraya con abertura de malla de 6.5 cm. Se colectó un total de 528 organismos de *Oreochromis niloticus* (117 hembras y 411 machos) en los cuales se observó diferentes intervalos de tallas y pesos para machos y hembras (Tabla 1). En dicha tabla se puede observar que las tallas y pesos más pequeños fueron registrados para las hembras con respecto a los datos obtenidos para los machos.

Se realizó una prueba de “t” de student para la longitud patrón ( $t=6.08$ ;  $p<0.05$ ), longitud total ( $t=6.57$ ;  $p<0.05$ ) y peso total ( $t=5.58$ ;  $p<0.05$ ) entre sexos, con la cual se encontraron diferencias estadísticamente significativas, por lo cual se decidió realizar los análisis por sexo separado.

Tabla 1. Valores mínimo, máximo y promedio para la longitud total, patrón y peso de hembras y machos de *O. niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor.

	Hembras (n=117)			Machos (n=411)		
	mínimo	máximo	promedio	mínimo	máximo	promedio
Longitud total (cm)	14.1	23.2	17.3	14.6	30.2	18.4
Longitud patrón (cm)	11.1	18.5	13.6	11.5	24.5	14.9
Peso total (g)	49.8	219.0	93.5	60.7	414.6	110.4

### Relación longitud total- longitud patrón

Se aplicó un análisis de regresión lineal entre la longitud patrón y la longitud total, de la que se obtuvo una alta correlación entre las variables, lo cual indica que es adecuado el modelo ( $r^2 = 0.9557$ ,  $p < 0.05$ ) (Figura 1)

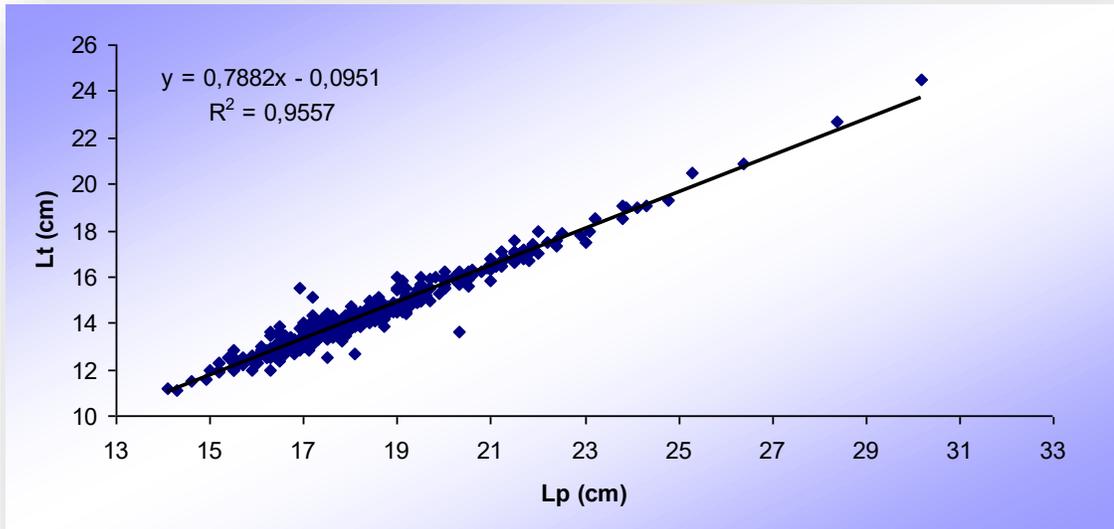


Figura 1. Relación Longitud patrón-Longitud total de *Oreochromis niloticus*

Se aplicó el análisis de correlación entre la longitud patrón, la longitud total, peso total y la altura. Con base a los resultados se determinó que la longitud patrón se utilizaría para llevar a cabo los siguientes análisis debido a la alta correlación observada con el peso total; además de que es la variable que biológicamente presenta menor error en su medición (Tabla 2).

Tabla 2. Valores obtenidos del análisis de correlación entre la longitud patrón, longitud total, altura y peso total de *Oreochromis niloticus*

	Lt (cm)	Lp (cm)	A (cm)	P (g)
Lt (cm)	1			
Lp (cm)	0.99	1		
A (cm)	0.81	0.82	1	
P (g)	0.95	0.96	0.83	1

### Relación peso total - longitud patrón

La relación peso total-longitud patrón para la población de *Oreochromis niloticus* del bordo Amate Amarillo, muestra un tipo de crecimiento potencial (Figura 2).

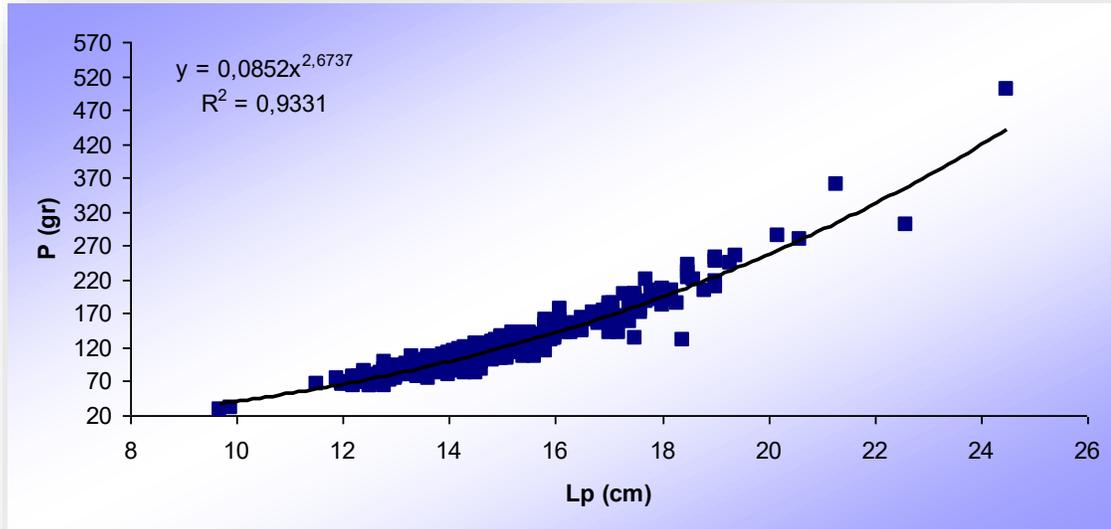


Figura 2. Relación peso - longitud patrón para la población de *Oreochromis niloticus* no eviscerados.

### Relación longitud patrón- peso eviscerado.

La relación longitud patrón-peso eviscerado para la población de *Oreochromis niloticus*, se aplica cuando se quiere evitar que el peso de las gónadas y tracto digestivo afecte la relación en etapa reproductiva, ya que durante esta época el hígado y los ovarios aumentan el peso. El crecimiento de la población de *Oreochromis niloticus* eviscerados, también muestra que la relación es de tipo potencial (Figura 3).

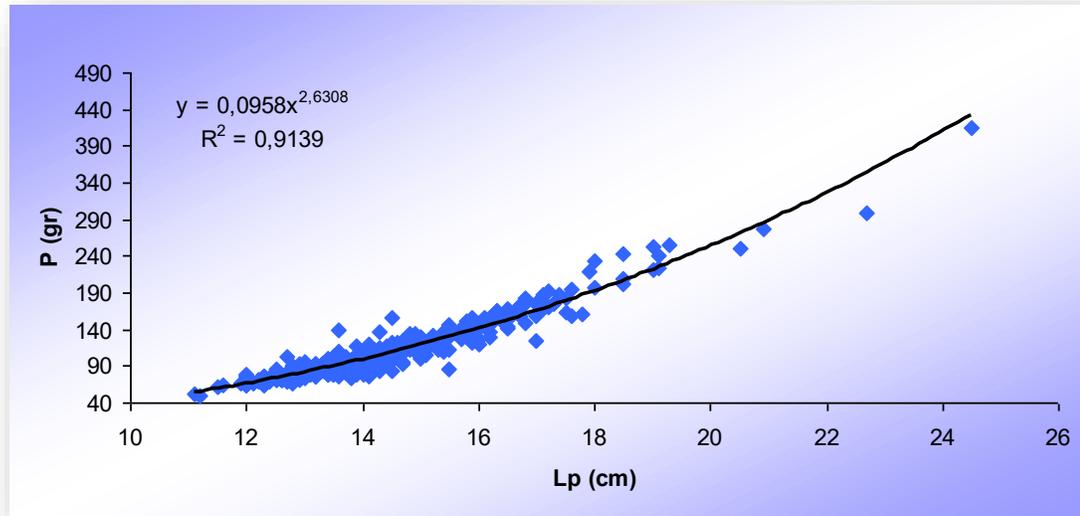


Figura 3. Relación peso- longitud patrón para la población de *Oreochromis niloticus* eviscerada.

### Relación peso-longitud patrón para hembras

En el caso de las hembras, presenta un crecimiento potencial de tipo alométrico negativo, lo cual significa que su crecimiento es mas en longitud que en peso. Aunque cabe mencionar que al acercarse a la época de reproducción, el valor de b, se puede ver afectada y presentar un crecimiento del tipo alométrico positivo, por el incremento del peso de la gónada (Figura 4).

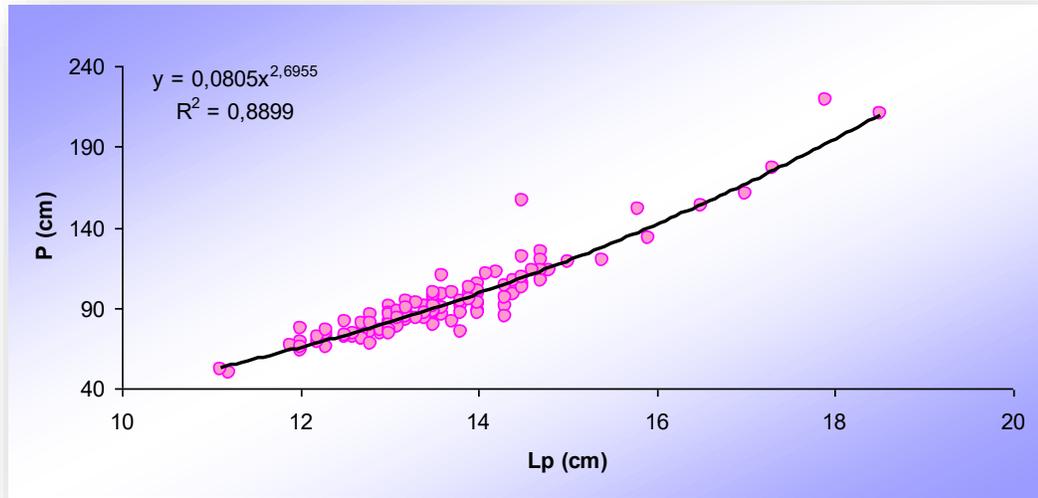


Figura 4. Relación peso- longitud patrón para la población de hembras de *Oreochromis niloticus*

### Relación peso-longitud patrón para machos

De igual forma en el caso de los machos, se presenta un crecimiento potencial, de tipo alométrico negativo, lo cual significa que su crecimiento es más en longitud que en peso (Figura 5).

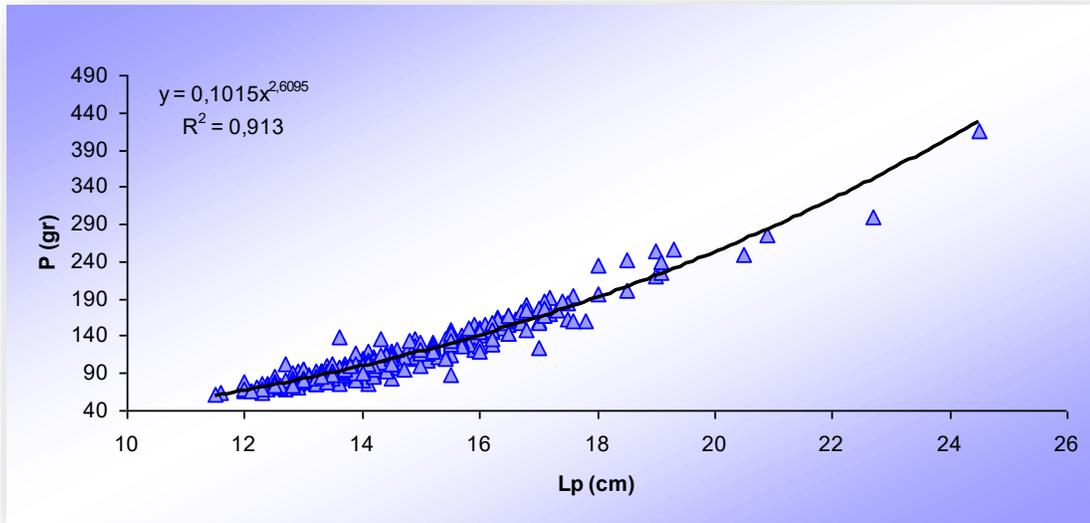


Figura 5. Relación peso- longitud patrón para la población de machos de *Oreochromis niloticus*

### Proporción sexual

De los 528 organismos de *Oreochromis niloticus* colectados en campo, 117 organismos corresponden a hembras (22.15%) y 411 organismos corresponden a machos (77.84%) con una proporción sexual total de 1:3.5 (hembra: macho), ( $\chi^2=198.44$ ;  $p<0.05$ )

La proporción de machos fue más alta en la mayoría de los meses, por lo tanto se registraron diferencias significativas. Mientras que para los meses de noviembre de 2007, febrero y marzo de 2008 no se registraron diferencias significativas (Figura 6).

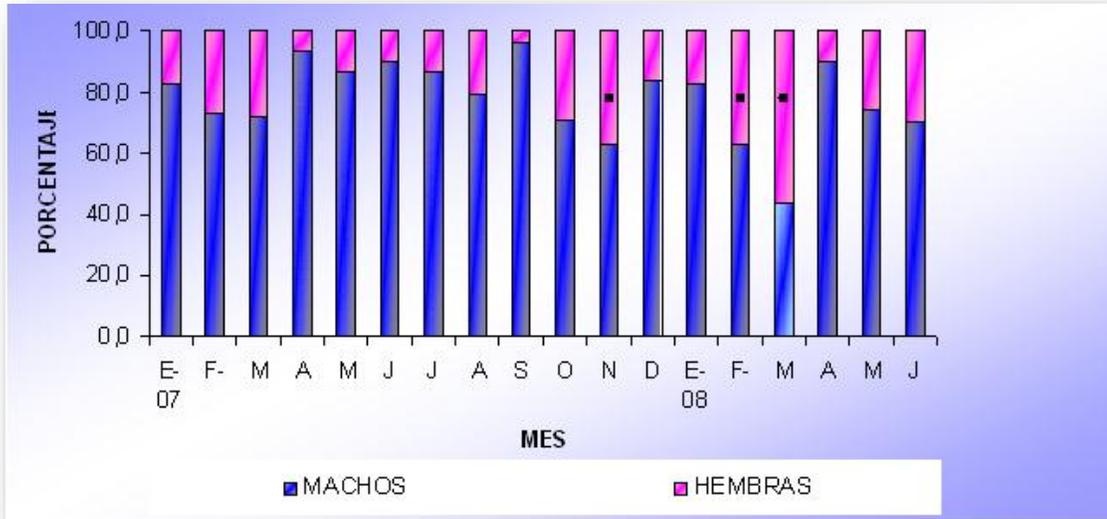


Figura 6. Proporción sexual para la población de *Oreochromis niloticus*.

### Índice gonadosomático

El Índice gonadosomático (IGS) de hembras, presentó un incremento máximo en el mes de marzo y mayo de 2007 y otro de febrero a junio de 2008, los cuales corresponden a la época de secas y otro de menor intensidad de septiembre-noviembre de 2007, el cual se presentó en época de lluvias.

Para los machos, se presentó un incremento en el IGS en los meses de septiembre y noviembre de 2007, los cuales corresponden a la época de lluvias y otro pico de menor intensidad en el mes de abril del 2008 (época de secas) (Figura 7).

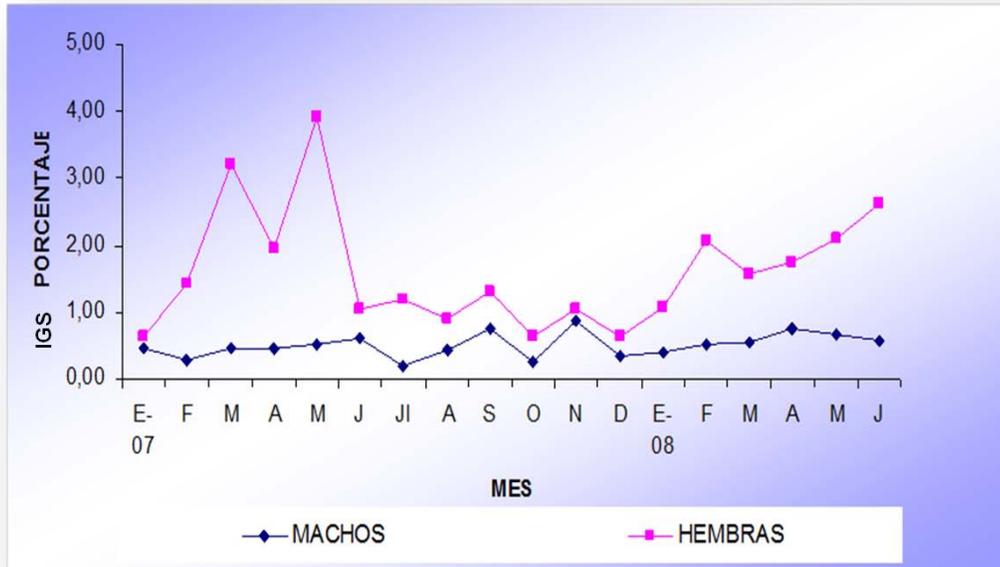


Figura 7. Comportamiento de Índice gonadosomático para hembras y machos de *Oreochromis niloticus* durante el muestreo.

### Índice Hepatosomático

Para el Índice hepatosomático (IHS) de hembras, se presentó un incremento en el mes de febrero y abril, el cual cae drásticamente hacia el mes de septiembre de 2007 y posteriormente tiene otro incremento importante para el mes de marzo de 2008.

Para los machos este índice presenta dos valores importantes; uno en el mes de febrero del 2007 y marzo del 2008 (época de secas) y otro en el mes de noviembre (finales de la época de lluvias) (Figura 8).

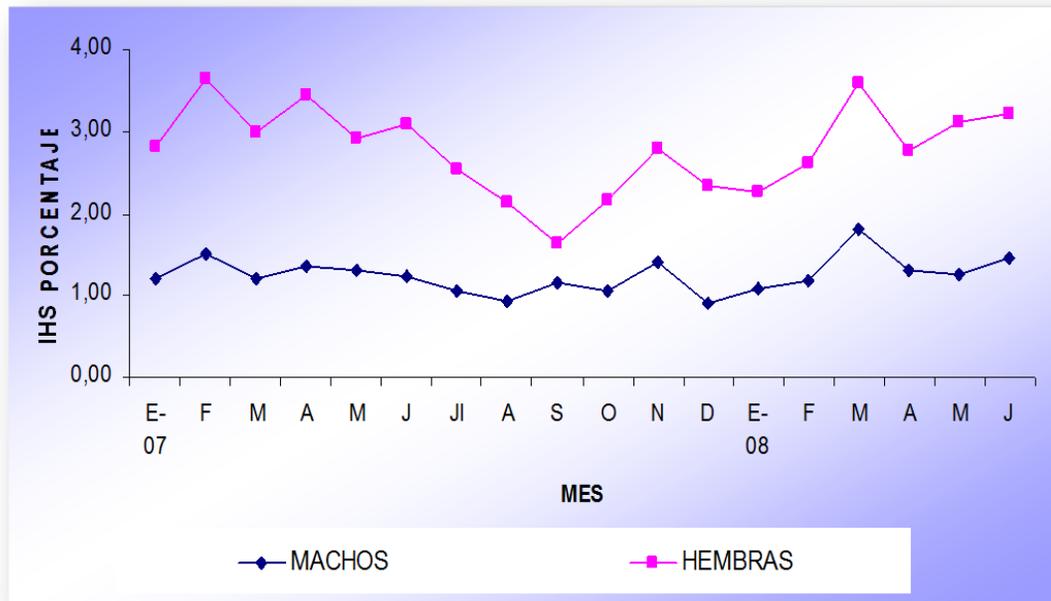


Figura 8. Comportamiento de Índice hepatosomático para Hembras y Machos de *Oreochromis niloticus* durante el muestreo.

### Factor de condición de Clark

Para el Factor de condición de Clark en las hembras, se tiene un pico máximo o de bienestar de los peces para el mes de septiembre de 2007, el cual corresponde a la época de lluvias.

En el caso de los machos, se presentan los valores máximos en los meses de octubre y Diciembre del 2007 que corresponden al final de la época de lluvias y principios de la época de secas y otro pico máximo en el mes de abril de 2008, el cual corresponde a la época de secas (Figura 9). La tendencia fue la de incrementar conforme se realizaba el estudio.

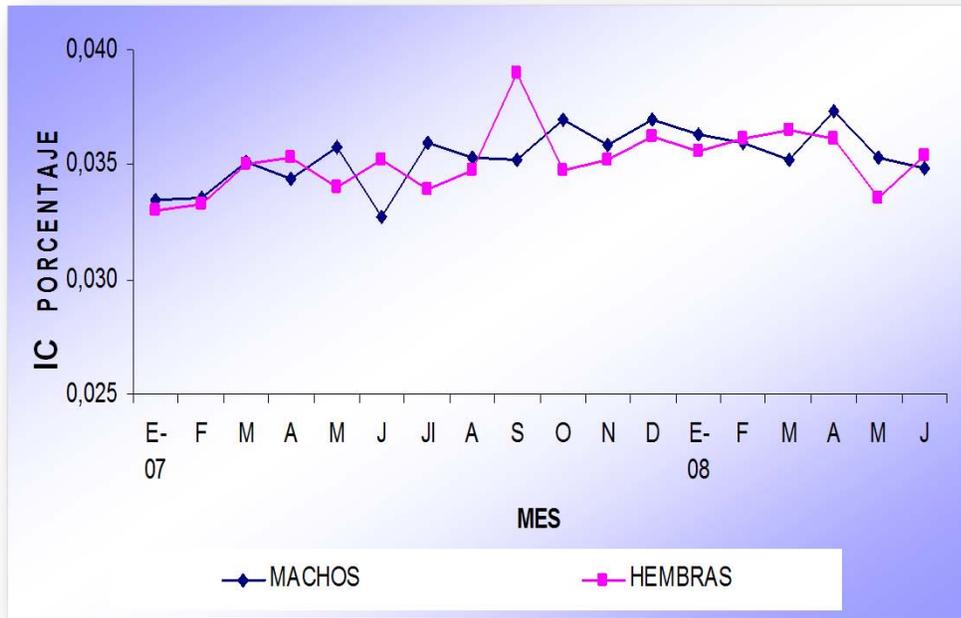


Figura 9. Variación del Factor de condición de Clark para Hembras y Machos de *Oreochromis niloticus* durante el tiempo de estudio

### Talla de primera madurez sexual para hembras

Referente a la talla de primera madurez que presentan las hembras, se estimó que ésta la alcanzan cuando presentan una longitud total de 16.8 cm (Figura 10).

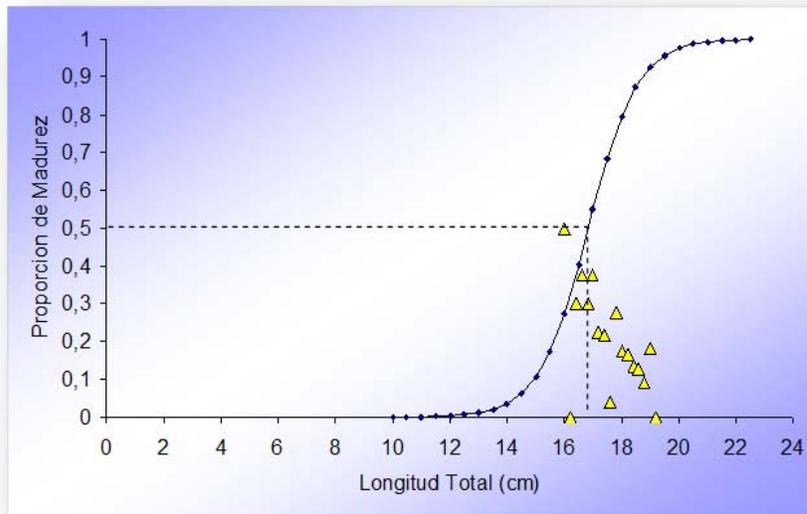


Figura 10. Distribución de Talla de primera madurez sexual de *Oreochromis niloticus* hembras

### Talla de primera madurez sexual para machos

La talla de primera madurez sexual que presentan los machos, se estimó que ésta, la alcanzan cuando presentan una longitud total de 16.8 cm (Figura 11)

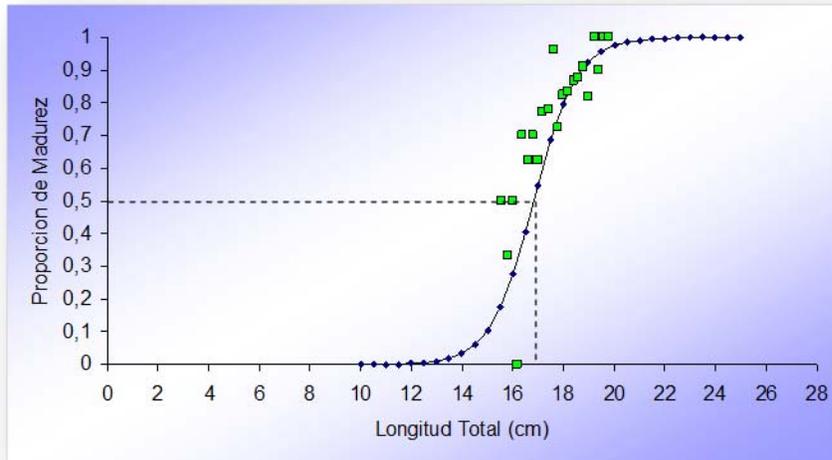


Figura 11. Distribución de Talla de primera madurez sexual de *Oreochromis niloticus* machos

### Estadíos gonádicos para las hembras

Para los estadios gonádicos de las hembras; el estadio II o de desarrollo, presentó valores importantes para los meses de agosto, octubre y noviembre de 2007. En el caso del estadio III de maduración, se registraron valores importantes para los meses de mayo, junio, julio y Diciembre de 2008.

Se puede observar que el estadio IV de desove, es el más predominante, ya que se presenta en porcentajes importantes en los meses de febrero, marzo, abril, junio, julio y septiembre de 2007 y nuevamente para febrero, abril y mayo de 2008; ya que estos son meses de alta reproducción (Figura 12)

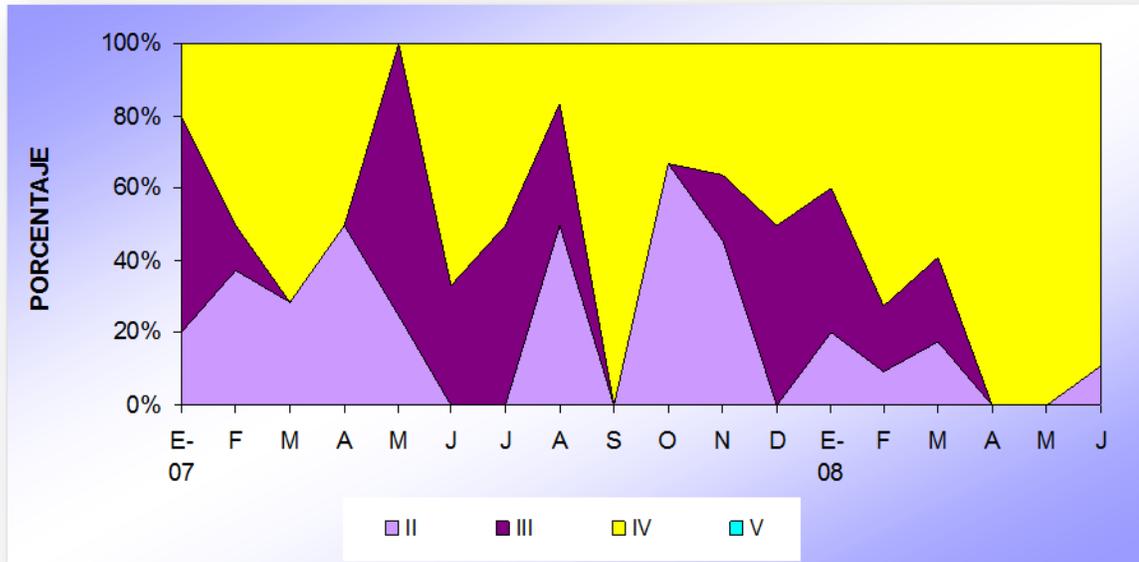


Figura 12. Estadios gonádicos de hembras de *Oreochromis niloticus*

### Estadios gonádicos para los machos

Durante todo el muestreo se presentaron machos en estadio II con máximos en los meses de febrero, julio y octubre de 2007, además de enero y junio de 2008. En estadio III que es el estadio en maduración, se presentan máximo en los meses de marzo y Diciembre de 2007. El estadio IV o de reproducción se observó a lo largo de todo el tiempo de estudio con máximos en los meses de junio, septiembre y noviembre de 2007 y de febrero a mayo del 2008; finalmente, el estadio V que es de recuperación presenta un pico máximo en el mes de enero y abril de 2007 y febrero del 2008 (Figura 13).

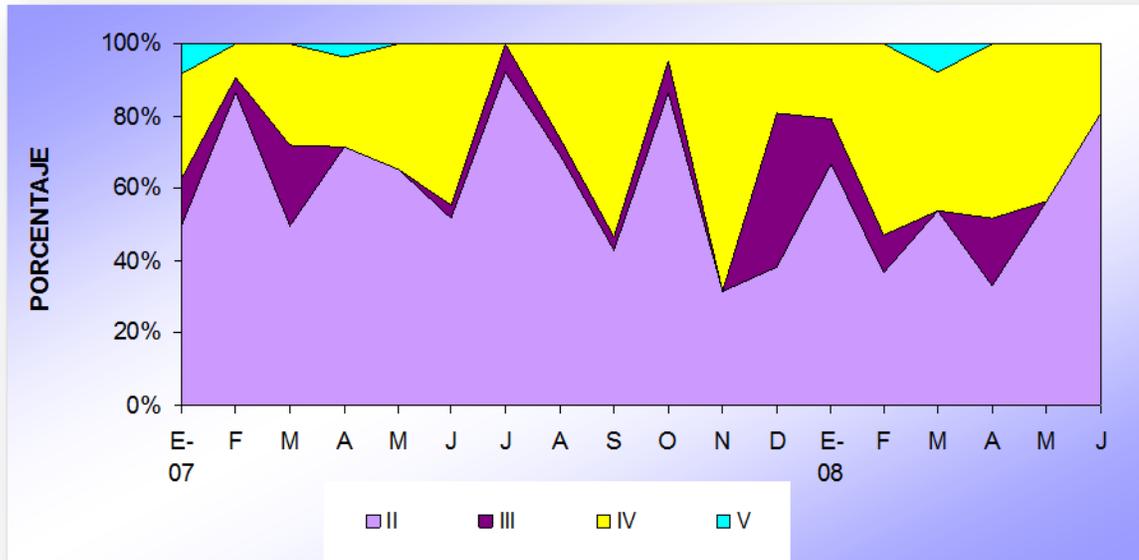


Figura 13. Estadios gonádicos de machos de *Oreochromis niloticus*

### Bimetría de las gónadas de hembras

De los 528 organismos de *Oreochromis niloticus* colectados en campo, 117 organismos corresponden a hembras. De los cuales se tomaron las siguientes medidas de los ovarios (diámetro, longitud y peso)

Para el diámetro de los ovarios de las hembras de *Oreochromis niloticus* examinadas, se observa que el valor va en aumento de acuerdo al estadio de madurez sexual. Entre más madura es una hembra, el diámetro de la gónada es mayor (Tabla 3).

Tabla 3. Valores mínimos, máximos y promedio del diámetro de los ovarios de *O. niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor.

Estadio gonádico	Diámetro ovario derecho (mm)			Diámetro ovario izquierdo (mm)		
	mínimo	máximo	promedio	mínimo	máximo	promedio
II	1	7	3.9	1	6	3.8
III	2	11.8	6.5	2	11	6.5
IV	2	12.5	7.4	2	14	7.4
V	2	7.8	4.4	2	9	4.6

Para la longitud de los óvarios de *Oreochromis niloticus* examinadas, se observa que el valor va en aumento de acuerdo al estadio de madurez sexual. Así como también, la longitud disminuye después de la época de reproducción o estadio reproductivo, como es el caso del estadio V (Tabla 4).

Tabla 4. Valores mínimos, máximos y promedio de la longitud de los ovarios de *O. niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor.

Estadio gonádico	Longitud ovario derecho (mm)			Longitud ovario izquierdo (mm)		
	mínimo	máximo	promedio	mínimo	máximo	promedio
II	12	24.5	19.7	13.5	27	20.5
III	26.2	50	33.3	29	48	34.4
IV	23	53.5	35.4	21.5	46.2	34.4
V	22.8	42	28.8	21	45	28.1

En el caso del peso de los ovarios de *Oreochromis niloticus* examinados, se observa que el valor también va a depender del estadio de madurez gonádica, teniendo un peso mayor en el estadio de reproducción, el cual es el estadio IV y disminuyendo en el estadio V, que es el estadio de recuperación (Tabla 5).

Tabla 5. Valores mínimos, máximos y promedio del peso de los ovarios de *O. niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor.

Estadio gonádico	Peso de ovarios (g)		
	mínimo	máximo	promedio
II	0.2	1.6	0.5
III	0.8	4.7	2.1
IV	1.4	11.9	5.1
V	0.1	2.9	0.8

### Biometría de las gónadas de machos

De los 528 organismos de *Oreochromis niloticus* colectados en campo, 411 organismos corresponden a machos, de los cuales se tomaron las siguientes medidas de los testículos (diámetro, longitud y peso). Como se puede observar en la tabla 6, el diámetro de los testículos aumenta conforme se incrementa la madurez sexual.

Tabla 6. Valores mínimos, máximos y promedio del diámetro de los testículos de *O. niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor.

Estadio gonádico	Diámetro testículo derecho (mm)			Diámetro testículo izquierdo (mm)		
	mínimo	máximo	promedio	mínimo	máximo	promedio
II	0.5	6	1.7	1	5	1.8
III	1.4	3.5	2.3	1.4	3.8	2.4
IV	1.5	10	3.8	1.2	13.2	3.9
V	2	6	3.9	2	7	4.2

Para la longitud al igual que el diámetro de los testículos de los organismos de *Oreochromis niloticus* examinados, el valor fluctúa de acuerdo al estadio de madurez sexual (Tabla 7).

Tabla 7. Valores mínimos, máximos y promedio de la longitud de los testículos de *O. niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor.

Estadio gonádico	Longitud testículo derecho (mm)			Longitud testículo izquierdo (mm)		
	mínimo	máximo	promedio	mínimo	máximo	promedio
II	15.5	49	34.2	17	51	34.3
III	24	57.3	39.6	25	55.3	39.7
IV	28	81.7	46.5	28	87.7	46.1
V	42.1	69	56.4	40	68	54.6

En el caso del peso de los testículos de los organismos de *Oreochromis niloticus* examinados, se observó que el valor también va a depender del estadio de madurez gonádica, teniéndose un peso mayor en el estadio de reproducción, el cual es el estadio IV y disminuyendo en el estadio V, el cual es un estadio de recuperación (Tabla 8).

Tabla 8. Valores mínimos, máximos y promedio del peso de los testículos de *O. niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor.

Estadio gonádico	Peso de los testículos (g)		
	mínimo	máximo	promedio
II	0.1	0.4	0.2
III	0.4	0.6	0.5
IV	0.6	12.5	1.4
V	0.1	0.2	0.2

### Caracterización de los estadios de madurez gonadal

Se realizó una caracterización macroscópica de los estadios de madurez gonádica con base a la escala de madurez gonádica para peces de clima cálido, propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011), misma que se transcribe a continuación, la cual comprende del estadio I al V de madurez, según las características morfológicas, micro y macroscópicas.

### HEMBRAS

Tabla de referencia propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011)

Fase	Estadio	Descripción macroscópica y microscópica de Ovarios.
I	Inmaduro	Lóbulo alargado. No es posible distinguir entre testículos y ovarios.
II	Desarrollo	Longitud de 2.1 cm, diámetro de 0.27 cm y peso promedio de 0.22 g, coloración rosáceo a amarillo, dos tamaños de folículos: 100–1 000 $\mu\text{m}$ y de 1 001–2 000 $\mu\text{m}$ . Folículos en previtelogénesis en los cuales se observaron las células foliculares poco diferenciadas, la membrana basal, la zona pelúcida, el citoplasma, el núcleo prominente y central conteniendo nucleolos y cromosomas. Folículos en vitelogénesis temprana comenzando la acumulación de las vesículas vitelinas.
III	Maduración	En promedio longitud de 2.5 cm, diámetro de 0.53 cm y peso de 1.27 g, coloración amarillenta, se identificaron tres tamaños de folículos: 100–1 000 $\mu\text{m}$ , 1 001–2 000 $\mu\text{m}$ y 2 001–3 000 $\mu\text{m}$ . Se observan folículos en previtelogénesis, vitelogénesis temprana y avanzada. En estos últimos se observa la membrana vitelina bien diferenciada; así como las células foliculares. Las vesículas vitelinas ocupan la mayor parte del citoplasma del folículo.
IV	Reproductiva	Coloración amarillenta a naranja, longitud, diámetro y peso promedio de 2.9 cm, 0.72 cm y 2.38 g respectivamente, dos tamaños de folículos de 100–1 000 $\mu\text{m}$ y 2 001–3 000 $\mu\text{m}$ . Existe acumulación de glóbulos de vitelo en el citoplasma del folículo, el núcleo se rompe y migra hacia el polo animal, los cromosomas se condensan, las células foliculares forman una capa sencilla de células, la membrana vitelina es más evidente.
V	Posdesove	Longitud de 2.3 cm, diámetro de 0.43 cm y peso 0.7 g en promedio, paredes flácidas, translúcidas o sanguinolentas, dos tamaños de folículos: 100–1 000 y 2 001–3 000 $\mu\text{m}$ con mayor presencia de los pequeños y pocos o ausencia de los más grandes.

Para las hembras se realizó el conteo del número de folículos y sus medidas por estadio de madurez.

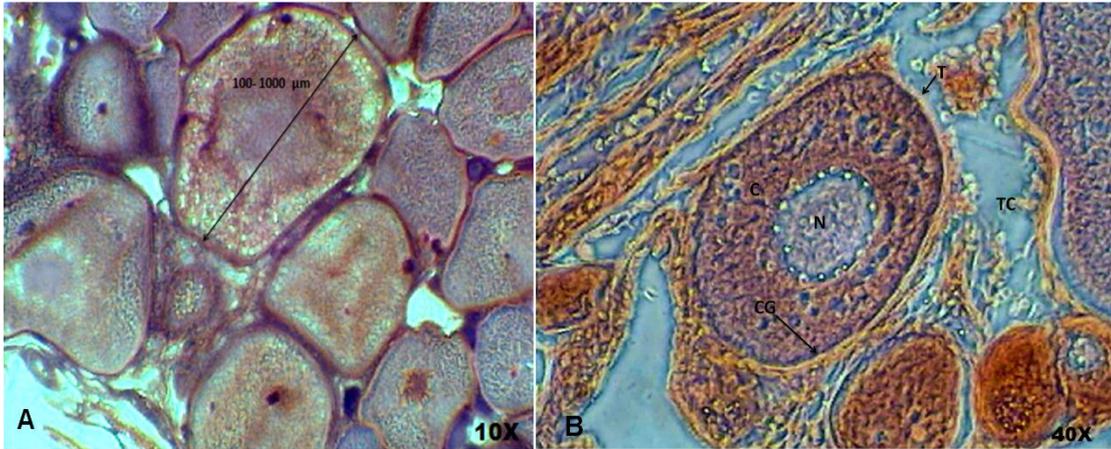
ESTADÍO DE MADUREZ	FOLICULOS Pequeños Medianos Grandes	NUMERO DE FOLICULOS			TAMAÑO DE FOLICULOS	
		MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	LONGITUD µm	DIAMETRO µm
<b>II DESARROLLO</b>	Pequeños	93	589	329	300-1200	150-1000
<b>III PROCESO DE MADURACION</b>	Pequeños	128	549	309	400-1200	400-1000
	Medianos	2	423	193	1300-2300	1050-2000
	Grandes	1	226	80	2100-3400	2050-3000
<b>IV MADURO</b>	Pequeños	40	759	334	100-1100	300-1000
	Medianos	2	173	50	1300-2100	1050-2000
	Grandes	132	671	269	2100-3200	2050-3000
<b>V RECUPERACION</b>	Pequeños	59	712	339	100-1300	200-1000
	Grandes	14	730	292	1100-2200	1050-1900

**MACHOS**

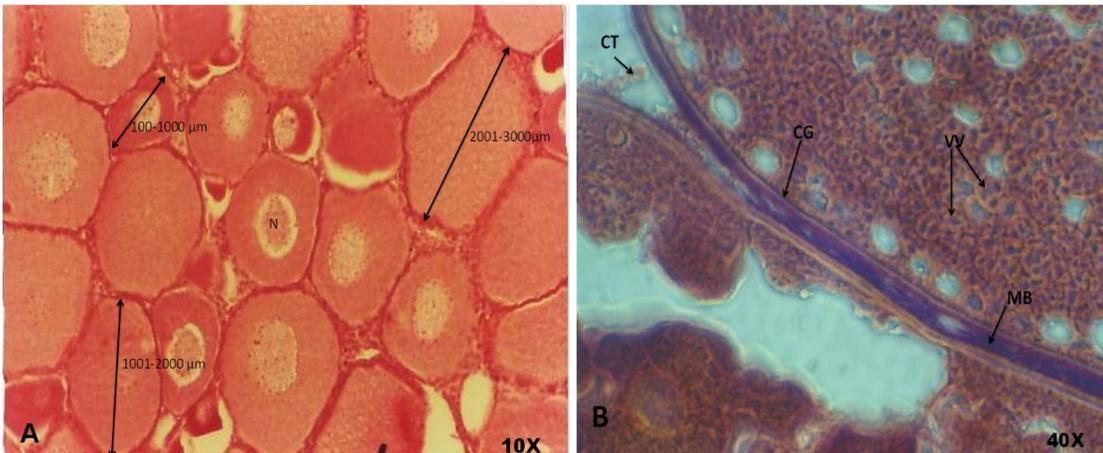
Tabla de referencia propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011)

Fase	Estadío	Descripción macroscópica y microscópica de los testículos.
I	Inmaduro	Lóbulo alargado. No es posible distinguir entre testículos y ovarios.
II	Desarrollo	Color blanco traslucido a opaco, con longitud de 3.3 cm, diámetro de 0.16 cm y peso de 0.17 g en promedio. Gran cantidad de espermatogonias en la periferia del testículo, espermatocitos primarios y secundarios ocupan casi todo el espacio interior del testículo, el lumen lobular reducido a su mínima expresión.
III	Maduración	Coloración de blanco a crema, con longitud de 4.6 cm, diámetro de 0.31 cm y peso de 0.61 g en promedio. La cantidad de espermatogonias disminuye, los espermatocitos primarios y secundarios ocupan gran parte del espacio interior del testículo. El lumen lobular ocupa de uno a dos tercios del espacio interior del testículo. Hay presencia de espermatozoides.
IV	Reproductiva	Coloración crema y longitud de 5.5 cm, diámetro de 0.45 cm y peso de 1.24 g en promedio. Las espermatogonias, los espermatocitos primarios y secundarios son reducidos a su mínima expresión y relegados a la periferia del testículo. Las espermátides ocupan la periferia del lumen lobular. Los espermatozoides ocupan toda la luz del lumen lobular. El lumen lobular abarca más de dos tercios del espacio interior del testículo.
V	Posdesove	Coloración crema con paredes flácidas, longitud, diámetro y peso promedio de 3.9 cm, 0.14 cm y 0.14 g respectivamente.

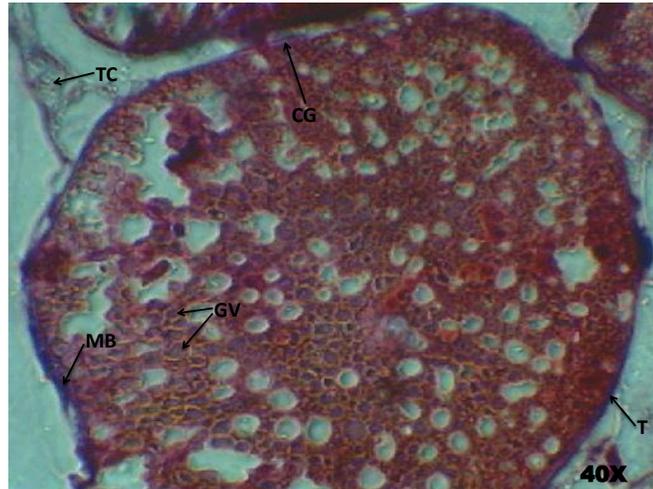
### Cortes histológicos de ovarios



Microfotografía 1. Ovarios en estadio II. A). Se pueden observar gran cantidad de folículos que se encuentran en un intervalo de diámetro entre 100 y 1000 µm, B) se encuentran rodeados por células de la granulosa (CG) y presentan un gran núcleo (N) y varios nucleolos. H-E

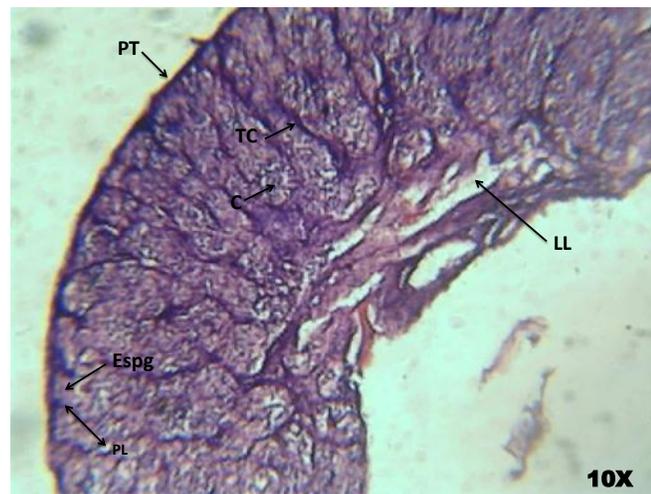


Microfotografía 2. Ovarios en estadio III. A) Estadio en el que es posible observar tres diámetros de folículos y en algunos se distingue el núcleo centrado. B). se puede observar la capa de células de la granulosa (CG) y la capa de células de la teca (CT), así como la membrana basal (MB) y vesículas vitelinas (VV).H-E



Microfotografía 3. Ovarios en estadio IV. Tamaño máximo del folículo con gran cantidad de vesículas vitelinas (VV) y glóbulos de vitelo (GV). H-E 40X

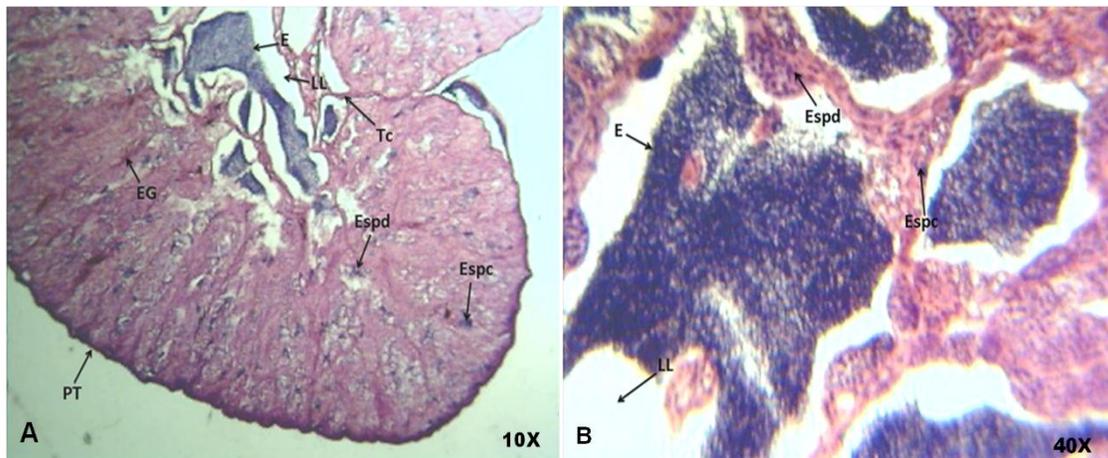
## Cortes histológicos de testículos



Microfotografía 4. Testículo en estadio II. Se ha iniciado la formación de espermatozoides. Se pueden observar las espermatogonias (Espg) a un lado de la pared lobular (PL), además el Lumen Lobular (LL) se encuentra vacío. H-E



Microfotografía 5. Testículo en estadio III. Los conductos eferentes son llenados por los espermatozoides (E), el Lumen lobular (LL) se encuentra casi vacío H-E



Microfotografía 6. Testículo en estadio IV. A). Corte en donde se puede observar los espermatocitos (Espc), espermatidas (Espd). B). El lumen lobular (LL) se encuentra lleno de espermatozoides listos para ser expulsados. H-E

**Factores Ambientales**

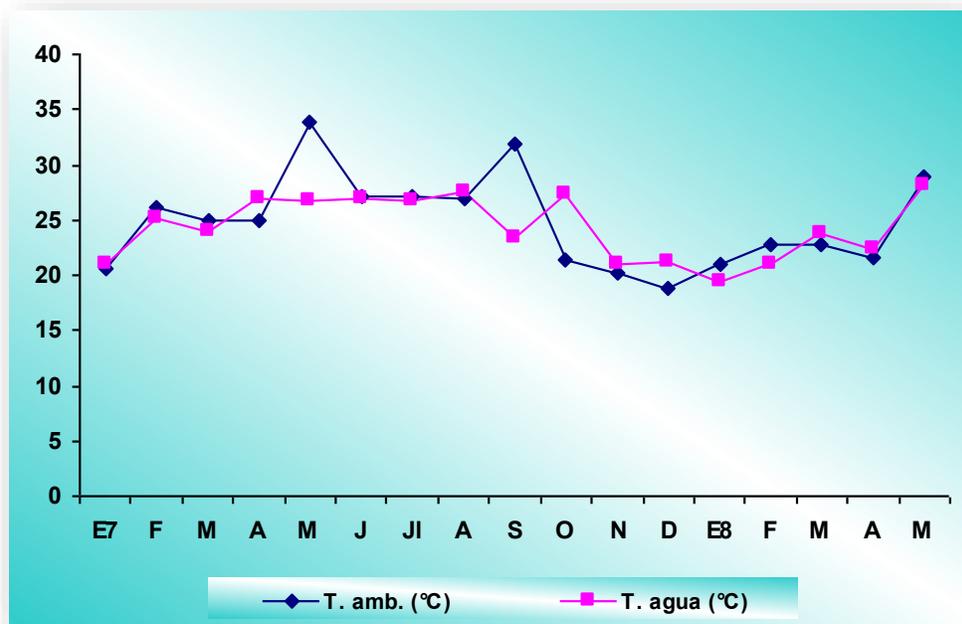


Figura 14. Variación de la temperatura ambiental y la temperatura del agua del Bordo Amate Amarillo

Con respecto a la variación de la temperatura a lo largo de todo el muestreo, se notó que para la temperatura ambiente la mínima fue de 18.9°C que corresponde a diciembre y la máxima de 33.8°C en el mes de mayo. La temperatura del agua también tuvo variaciones, registrando la mínima de 19.5°C para febrero de 2008 y la máxima que fue de 28.5°C para Mayo de 2008. En la mayoría de los muestreos, la temperatura del agua se mantuvo igual o por encima de la temperatura ambiente, excepto en los meses de mayo, septiembre y octubre de 2007.

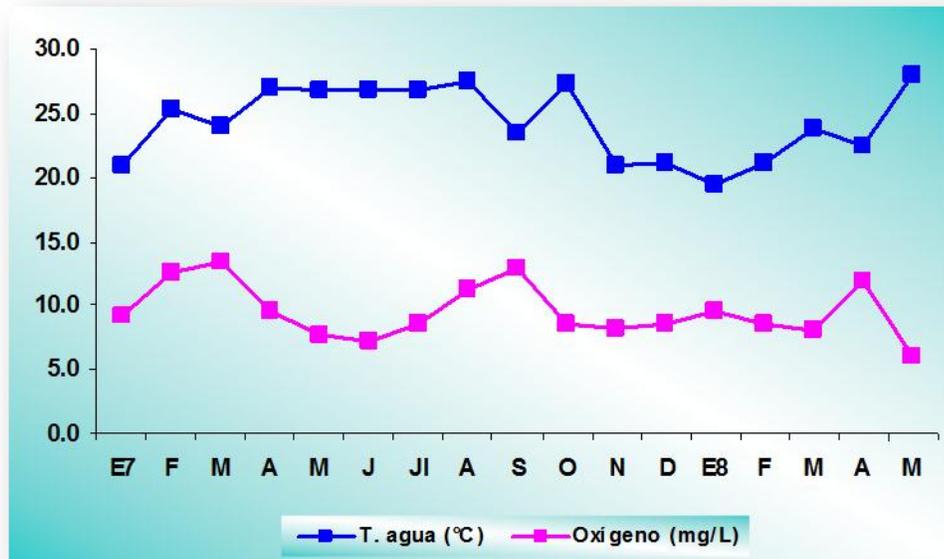


Figura 15. Variación de la temperatura del agua y su relación con la concentración de oxígeno disuelto del agua del Bordo Amate Amarillo

Con respecto a la variación de la temperatura del agua a lo largo de todo el muestreo y el comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto, ésta presentó sus valores más bajos en el mes de enero del 2008 y la máxima para mayo de 2008. Mientras que para la concentración de oxígeno disuelto se registró la mínima para el mes de mayo de 2008 con 6.06 mg/L y la máxima de 14.39 mg/L en el mes de marzo de 2007. Como es de esperarse la concentración de oxígeno se incrementa cuando la temperatura baja.

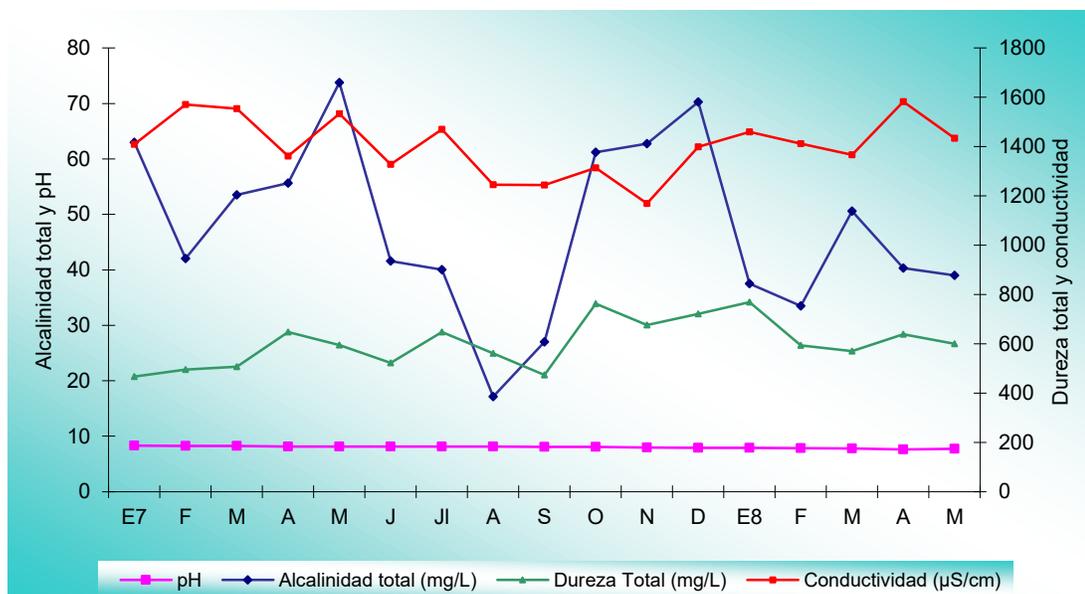


Figura 16. Variación de la Alcalinidad total, dureza total, pH y conductividad del agua del Bordo Amate Amarillo

Con respecto a los valores de pH del agua se obtuvo un valor promedio de 8.04 unidades, teniendo como mínimo 7.6 unidades para el mes de abril de 2008 y como máximo 8.3 para enero de 2007. En cuanto a la alcalinidad se registró una mínima de 17.12 mg/l para el mes de agosto de 2007 y una máxima de 73.75 mg/l para el mes de Mayo de 2007. La dureza fue de 467 mg/l como mínima para enero de 2007 y una máxima de 762 mg/l en octubre de 2007. La conductividad tuvo valores mínimos de 1169 µs/cm en noviembre de 2007 y unos máximos de 1583 µs/cm para abril de 2008.

## DISCUSIÓN

De los organismos colectados, se registraron diferentes intervalos de tallas y peso de ambos sexos, lo cual se debe posiblemente a las características del sistema, al arte de pesca utilizado (atarraya de 6.5 cm de luz de malla) y al dimorfismo sexual, ya que los machos presentaron mayores pesos y longitudes con respecto a las hembras. Los resultados del presente trabajo coinciden con los reportados por Sánchez (2000) en la presa Huites, Sinaloa y Ramírez (2007) en la presa El Varejonal, Sinaloa (citados en Betrán-Álvarez *et al.*, 2010), así como por Beltrán-Álvarez *et al.*, 2010, Sastré (2008) para los organismos de la presa Emiliano Zapata, Morelos y Gómez-Márquez *et al.* (2008) para los peces del lago Coatetelco, Morelos. García (2011) registró tallas de 15 a 25.5 cm de longitud total con pesos de 67.1 a 256.6 g para machos mientras que para hembras las tallas fueron de 9.2 a 20.8 cm con pesos de 15 a 147.9 g para el embalse la Palapa. Paredes-Martínez (2013) para el mismo sistema de estudio obtuvo tallas para los machos de 13.7 a 24 cm Lt con pesos de 35.8 a 168 g y para las hembras 13.3 a 18.6 cm Lt y pesos de 43.4 a 102.3 g.

Con respecto a lo anteriormente citado, se menciona que los machos son los que alcanzan mayores tallas que las hembras así como intervalos de talla similares a los registrados en este trabajo y reportados por los diferentes autores citados. Esto se puede deber a diferentes factores entre los que se puede mencionar a la temperatura del agua, la cual juega un papel importante en el desarrollo y crecimiento de la especie (Fry e Illes, 1972; Morales, 1991). 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 más grandes que ella, de coloración brillante y llamativa para que de esta manera sus genes sean transferidos a su descendencia y que por lo tanto, la supervivencia sea mayor.

Otro factor que afecta el crecimiento es la calidad y cantidad de alimento, el cual también juega un papel importante en el crecimiento de los peces ya que la combinación y la calidad de este son directamente proporcionales al crecimiento

(Arredondo *et al.*, 1994). Existe una diferencia en la tasa de crecimiento de los machos que es mucho mayor a la de las hembras, debido a que estos destinan mayores recursos energéticos a crecimiento, ya que machos con mayores tallas tendrán más éxito productivo, mientras que las hembras destinan mayor energía a la maduración de los productos sexuales, esto lo menciona Sastre, 2008.

Por otra parte, la mayoría de los organismos presentan tallas entre 14 y 16 cm de longitud patrón y de acuerdo con Gómez-Márquez *et al.* (1993) la pesquería está afectando la parte juvenil de la población y está dinámica en la explotación impide que los embalses lleguen a ser autosuficientes desde el punto de vista de la reproducción-producción, con lo cual se requiere de realizar repoblamiento con organismos provenientes de las piscifactorías existentes en Morelos o en otros estados como Veracruz para seguir teniendo éxito en las capturas futuras.

### **Relación peso-longitud**

La relación Peso-Longitud es factor importante en el análisis dentro de los estudios biológico pesqueros y en la industria pesquera, ya que de acuerdo con esto, nos ayuda a establecer información sobre la condición en la que se encuentran los peces. Entre las utilidades esta la de la posibilidad de determinar indirectamente el peso a través de la longitud o viceversa, la comparación de la biomasa de la población para estimar de manera indirecta la producción (Manríquez, 2005) como también da información sobre la condición y patrones de crecimiento de los peces (Bagenal y Tesch, 1978).

Los datos registrados para los peces durante el tiempo de estudio presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo tanto para hembras, machos y la población total; lo que indica que los organismos crecen más en longitud que en peso. Dichos resultados concuerdan con lo reportado por García (2011) para los peces del bordo "La Palapa" en el estado de Morelos y los reportados por García (2006) y Aguilar (2011). Por otra parte, Gómez-Ponce *et al.* (2011), mencionan que el híbrido de *O. niloticus* x *O. aureus* de la repesa Zimapán en Hidalgo, presentó crecimiento de tipo isométrico, lo que implica un crecimiento que tiende a ser proporcional en longitud y

peso. Flores (2006) reporta un tipo de crecimiento isométrico para la especie de tilapia *O. aureus* en la presa El Salto Sinaloa.

Orozco-Blancarte (2013) registra un tipo de crecimiento alométrico negativo con una  $b=2.5304$  para el embalse de la Palapa Morelos, Camargo y Cruz (2013) establecieron dos tipos de crecimiento para los organismos que se cultivan en la FES Zaragoza para el estanque 1 el tipo de crecimiento fue isométrico mientras que para el estanque 2 y 3 el tipo de crecimiento fue alométrico negativo.

La relación peso- longitud puede variar de acuerdo al sexo, a la madurez sexual y a la ingestión de alimentos (Bagenal y Tesh 1978 y Bedia *et al.*, 2011). Le Cren (1951) establece que el valor de constante de alometría ( $b$ ) sufre variaciones dependiendo de la época y del sistema de muestreo utilizado. Hay que recordar que las constantes pueden variar entre especies o en poblaciones y esto puede ser atribuido a factores intrínsecos (genéticos) de las especies, esta se relaciona también con el hábitat, la época del año y la reproducción (Ricker, 1975; Weatherly y Grill, 1989; Gómez-Márquez, 1998 y Manríquez, 2005).

Desde el punto de vista ecológico los peces crecen de forma alométrica negativa en las primeras etapas de desarrollo debido a la competencia de alimento y espacio y la obtención de mayor longitud para evitar ser depredados, posteriormente cambia a tipo alométrico negativo a alométrico positivo con tendencia a la isometría, ya que la energía que se destinaba al crecimiento ahora se dirige hacia los órganos reproductores incrementado en peso por la madurez de los ovarios y los testículos (Nikolsky , 1963; Frye e Iles, 1972; Weatherly y Grill, 1989; Granado, 2002; Peña-Mendoza *et al.*, 2011; Camargo y Cruz, 2013).

### **Factor de condición “C”**

El factor de condición “C” de Clark, que se basa en estimar las modificaciones temporales del buen estado de los peces bajo las influencias de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos), independientemente de la longitud, ya que existe un elevado número de factores que intervienen en el buen estado del pez como los

son: sexo, edad, estado de madurez reproductiva, época del año y ambiente acuático (Granado, 2002). Dicho factor utiliza como variable el peso eviscerado del pez, lo que evita el efecto del peso de las gónadas y el contenido estomacal, ya que puede variar del 15 al 30% el peso del pez y de esta manera proporcionar valores no verdaderos acerca de la condición del pez (Nikolsky, 1963).

En el caso de las hembras del Bordo Amate Amarillo, éstas presentan un incremento importante en su condición en el mes de septiembre, lo cual puede deberse a que durante la época de lluvias, se lleva a cabo el arrastre de materia orgánica al sistema y esto propició el incremento en la densidad del plancton para la alimentación y buena oxigenación del sistema, aunado a las buenas condiciones de temperatura del agua, lo que finalmente se ve reflejado en la condición de las hembras, gracias al proceso de anabolismo (ganancia en incremento muscular), mientras que para los machos, se presentó el valor máximo de este factor a finales de la época de secas, tiempo durante el cual el sistema se concentra y por lo tanto debe de existir un incremento en la concentración de todos los factores.

Según lo reportado por García (2006) para los peces de la presa Emiliano Zapata y el lago Coatetelco, los machos de ambos sistemas presentan dos etapas de bienestar: una de baja condición durante la época de secas y la segunda de buena condición de julio a diciembre y corresponde a la época de lluvias. Las hembras presentan también dos etapas: la primera de enero a marzo y la segunda de septiembre a enero, aunque no se pueden observar las fluctuaciones del coeficiente a lo largo del muestreo, debido a que no se capturaron hembras en algunos meses. Resultados similares se han obtenido a lo largo de diferentes estudios en diversos sistemas por Peña-Mendoza *et al.* (2005) para los organismos de la presa Emiliano Zapata, Gómez-Márquez *et al.* (2003) para *O. niloticus* del lago Coatetelco, García (2011) para los peces del bordo “La Palapa” en el estado de Morelos y los reportados para la misma especie en el mismo sistema en años anteriores, como son los trabajos de García (2006) y Aguilar (2011).

El aumento observado durante en condiciones alrededor en conjunto de la estación de lluvias, podría atribuirse al desarrollo de material gonadal justo antes de la temporada de cría (Njiru *et al.*, 2006), aunque el factor K puede depender de varios factores como la disponibilidad de alimento o la estacionalidad (Blackwell *et al.*, 2000; Trudel *et al.*, 2005; Rennie y Verdon, 2008), así como los altos grados de contaminación en el agua puede tener influencia sobre los valores (Lowe-McConnell, 1975; El-Sayed *et al.*, 2003).

Weatherley y Grill (1988) mencionan que en muchas especies esta diferencia en el factor de condición entre los sexos se da después de que los individuos llagan a la madurez. Así mismo, se observa que el factor de condición puede disminuir para la especie debido a que no hay repoblamiento, lo que genera problemas de enanismo (en talla) y baja en la biomasa.

Los cambios en la condición se han utilizado como indicadores de períodos de reproducción de varias especies de peces (Dadzie *et al.*, 2000). El factor de condición fisiológico en peces varía de acuerdo con las influencias de los factores fisiológicos y ambientales, siendo conocidas sus fluctuaciones durante un ciclo reproductivo, particularmente en ejemplares adultos (Bagenal, 1957). Esto se interpreta como indicación relativa del bienestar del pez y su comportamiento durante el proceso reproductivo y se utiliza para tener una idea de la conveniencia del ambiente o para la comparación entre peces de zona geográficas distintas (Almeida *et al.*, 1995; Vazzoler, 1996; Anibeze, 2000).

### **Proporción sexual**

La proporción sexual total de *O. niloticus* registrada en el Bordo Amate Amarillo, fue de 1:3.5 (hembra:macho), lo cual indica, que la mayor proporción de individuos esta a favor de los machos, ya que son más fácil de capturar por presentar mayor talla y encontrarse a las orillas del sistema al construir el nido, además de que el pescador en ocasiones puede liberar a las hembras, ya sea porque sabe diferenciar los sexos o bien porque está incubando los huevos en el hocico (para incrementar el número de

peces, gracias a la reproducción). Esto es contrario a lo propuesto por Nikolsky (1963), quien menciona que la proporción adecuada o esperada para cualquier especie debe ser 1:1 (macho:hembra) pero pueden ocurrir desviaciones y variaciones estacionales debido a diferentes factores como es mencionado por Helfman *et al.* (2007).

Esta proporción de sexos es variable durante el año y en algunos meses no se registró dicha diferencia, como es el caso de los meses de noviembre de 2007 y febrero de 2008. Estos resultados se pueden comparar con los reportados por Manríquez (2005) que obtuvo para *O. niloticus* una mayor proporción en machos sobre las hembras de 8.85:1; Tovar (2005), reportó una proporción de 1:16.6 (hembra:macho) para *O. niloticus*. Saito (2004), quien obtuvo variaciones de *O. niloticus* hasta de 29:1 (macho:hembra). Con estos resultados se puede decir que la proporción de sexos favoreció a los machos, debido a que la captura realizada por los pescadores de los diversos sistemas no siempre es azarosa, ya sea porque el arte de pesca utilizado no es el adecuado (abertura de luz de malla de 6.5cm), o porque la pesca la realizan en las zonas abiertas, libres de vegetación y en la orilla, en donde es factible ubicar a los machos.

Otro factor muy importante en la captura de los organismos, se debe al comportamiento y estrategias reproductivas que presenta la especie; ya que los machos tienden a construir los nidos en la zona litoral del sistema, lo cual los hace más susceptibles a la captura, debido a que regresan a cortejar más hembras o a alimentarse; sin embargo las hembras, después de la fertilización de sus óvulos y recoger los huevos del nido, suelen refugiarse entre las rocas o vegetación, debido a la incubación bucal y protección de alevines; periodo en el que la hembra no se alimenta, lo cual las hace menos susceptibles a la captura, como lo citan Gómez-Márquez *et al.*, (2003).

Peña *et al.* (2005), reportaron para los organismos de la presa Emiliano Zapata una proporción sexual de 1:1.29 hembras:machos promedio a lo largo del año, sin embargo, registraron mayor número de hembras para los meses de abril a julio y gran número de machos para los meses de octubre a febrero. Por otra parte, Gómez *et al.*

(2003), reportaron para el lago Coatetelco una proporción sexual de 1:1.02 (machos: hembras). Todos éstos resultados son apoyados por Fryer e Iles (1972), quienes mencionan que en las poblaciones de cíclidos en los lagos africanos es común que los machos sean la proporción dominante, ya que generalmente estos presentan mayor crecimiento que las hembras, sin que esto represente un riesgo para la pesquería.

De acuerdo a King y Etim (2004) la proporción de sexos está influenciada por varios factores, como la mortalidad, la longevidad y la tasa de crecimiento; éstos a su vez conducen a diferencias en la tasa de captura y hace que las proporciones varíen de un sistema a otro. Así mismo, la determinación del sexo en los peces está influenciada por factores genéticos, fisiológicos, y ambientales como son la temperatura, fotoperíodo y pH (Devlin y Nagahama, 2002).

Abucay (1999) menciona que se ha observado que los factores ambientales principalmente la temperatura en la etapa de diferenciación sexual puede influir en la determinación de sexos para la especie y existen diferentes estudios en los que han obtenido que a altas temperaturas causa una disminución en el número de hembras (Abucay, 1999; Azaza *et al.*, 2007) mientras que Conover y Fleisher (1986) mencionan que a temperaturas bajas la descendencia tiende a ser de hembras.

Otro factor que puede afectar la proporción sexual es que después de la fertilización de los óvulos las hembras migran a aguas profundas o a las zonas cercanas a las orillas donde se localiza vegetación acuática o rocas que sirven como refugio para la protección de los huevos y crías, mientras que los machos se localizan en las zonas más someras para la alimentación y cerca de sus nidos para cortejar a demás hembras, lo que produce una mayor captura de ellos (Ramos-Cruz, 1995; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Gómez-Márquez *et al.*, 2008).

### **Índice gonadosomático e índice hepatosomático**

Se analizaron los indicadores biológicos como el índice gonadosomático (IGS) y el hepatosomático (IHS) y su variación mensual, para determinar la época de reproducción de la especie. De acuerdo con DeVlaming *et al.*, (1982) el ciclo

reproductivo se ve reflejado en las variaciones de las tallas de las gónadas y que esos cambios entre las tallas del cuerpo sobre las gónadas han sido para expresar el peso gonadal como porcentaje del peso corporal. La observación y análisis de las variaciones de los índices facilita la evaluación y grado de desarrollo de los productos sexuales y brinda una idea del gasto energético durante el proceso reproductivo (García *et al.*, 1994).

Con base en lo anteriormente mencionado, durante el tiempo de trabajo, se detectaron dos épocas de reproducción tanto para hembras como para machos, la primera en los meses de marzo y mayo que corresponde a la época de secas del año y la segunda de menor intensidad, pero no por eso menos importante en los meses de septiembre y noviembre (época de lluvias). Efectivamente, no puede ser menos importante, ya que si se toma en cuenta las características de la especie, ésta se debe de reproducir en la época del año que existe mayor temperatura ambiental y por lo tanto del agua, aunado a las condiciones del sistema, en el que va a haber un aporte de materia orgánica, como resultado de la entrada de agua con nutrimentos debido a la época de lluvias y por lo tanto, incremento en la biomasa fitoplanctónica, necesaria para la alimentación de las crías resultado de la reproducción.

Existen algunos trabajos realizados en el Estado de Morelos con valores similares y éstos son: Ramírez y Cruz (2002) para *Oreochromis niloticus* reportan valores mayores en los meses de agosto y septiembre (época de lluvias) para ambos sexos. García (2005) reportó que el comportamiento anual del IGS en machos de la presa Emiliano Zapata presentó valores máximos en los meses de mayo, junio, julio, agosto y febrero, en el caso de las hembras no se observa bien el comportamiento, debido a que la muestra no fue representativa; sin embargo los valores máximos se alcanzaron en los meses de julio y febrero. Aguilar (2011) reportó para las hembras del Bordo Amate Amarillo dos épocas de reproducción una en los meses de mayo y julio (época de lluvias) y los meses de enero, febrero y marzo (época de secas), mientras que para los machos, fue en los meses de junio a agosto (época de lluvias) y otro de enero a abril (época de secas).

Peña-Mendoza *et al.* (2005) indican que para los organismos de la presa Emiliano Zapata la época reproductiva se dió en dos periodos: agosto y febrero. Njiru *et al.* (2006) indica que el principal periodo reproductivo se presentó entre enero y abril para los machos y que para las hembras se dio entre enero y mayo para el lago Victoria, Kenia. García (2011) menciona que el no tener una representación clara de las variaciones del índice, se puede deber a que hay actividad reproductiva todo el año y que no toda la población se reproduce al mismo tiempo.

Babiker e Ibrahim (1979) mencionan que es posible que la mayoría de las especies de peces teleósteos se reproduzcan de forma cíclica a lo largo de su vida. El comportamiento de desove múltiple tiene ventajas en entornos altamente estresados (Ogutu-Ohwayo, 1990; Njiru *et al.*, 2006) como lo es sistema del Amate amarillo. Cuando las tilapias alcanza su madurez gonádica pueden reproducirse cada 3 o 6 semanas, siempre que el agua sea de buena calidad y si se presentan condiciones desfavorables, la actividad se suspende (Bardach *et al.*, 1986). El incremento del índice gonadosomático aumenta junto con el desarrollo de las gónadas hasta que se da el desove (Babiker e Ibrahim 1979; Komolafe 2004; 2008; Peña-Mendoza *et al.*, 2005) que para el caso del sistema acuático en estudio se puede observar patrón similar entre las gónadas y el IGS.

Para verificar y como apoyo al ciclo reproductivo se utilizó el índice Hepatosomático el cual funciona como un indicador de la condición fisiológica. El índice hepatosomático (IHS), toma en cuenta el peso del hígado en proporción al peso corporal, expresado en porcentaje y también tiene relación con la época de reproducción de los individuos, ya que permite cuantificar los cambios cíclicos en el peso del hígado, que son debidos fundamentalmente a la síntesis de vitelogenina, precursora del vitelo almacenado en los ovocitos durante la vitelogénesis. Se utiliza con frecuencia como indicador del nivel de reservas del organismo y presenta un comportamiento similar a la del IGS pero desfasado con antelación, por eso aunque la interpretación de los cambios cíclicos en el peso del hígado es más compleja, sirve como índice indirecto del estado de madurez sexual (Saborido-Rey, 2008)

En el caso de los machos, este índice también tiene que ver con el ciclo reproductivo, ya que los machos guardan material de reserva en el hígado antes del periodo reproductivo; una vez comenzando tal periodo dejan de alimentarse, tomando energía del hígado.

Para los organismos colectados en el Bordo Amate Amarillo; en el caso de las hembras este índice tiene un incremento importante para los meses de febrero y abril de 2007, además de otro en el mes de marzo de 2008; justo antes de los meses de reproducción; este incremento se debe a la segregación de vitelogeninas necesarias para la madurez del óvulo. En el caso de los machos, se presenta un incremento de IHS para los meses de febrero de 2007 y marzo de 2008, justo antes de la época de reproducción.

La presencia de los valores altos de IHS 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 (Bagenal y Tesch, 1978; El- Sayed *et al.*, 2003), ya que el hígado segrega vitelogeninas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo (Rodríguez, 1992). Al observar el decremento del IHS, este sugiere que las hembras han utilizado los recursos almacenados en el hepatopáncreas, para cubrir los requerimiento fisiológicos, debido a que en el desarrollo de los huevos y el cuidado de las crías la alimentación es muy limitada (Getinet y Amrit 2007).

De esta manera, el índice Hepatosomático, junto con el índice Gonadosomático, reportaron que se presentan dos épocas de alta actividad reproductiva (temporada de secas y temporada de lluvias); dos periodos amplios de reproducción en el año, lo que implica que la especie se puede reproducir varias ocasiones a lo largo del año, o bien, que algunos peces cada mes están reproductivamente activos, mientras que otros no se encuentran en condiciones de reproducirse. Resultados que se apoyan en lo expuesto por Morales (1991) y Arredondo *et al.* (1994), quienes mencionan que se pueden obtener de 6 a 16 desoves al año y que en México se han observado hasta 10 desoves del mismo individuo al año.

En casi todos los sistemas acuáticos, el periodo de máxima reproducción se da cuando el sistema tiene un menor volumen, mayor temperatura y la disponibilidad del alimento es baja, razón por la cual las hembras tienen en la boca a las crías alimentándose del saco vitelino. El ciclo reproductor están estrechamente relacionado con los cambios ambientales, como son el fotoperiodo y la intensidad de luz que podrían desempeñar un papel importante en el control de la reproducción, actuando sobre los órganos de los sentidos, - en las glándulas que determinan la conducta 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 papel importante, como otra serie de variables como la salinidad del agua, la concentración de amoníaco, el ruido, etc. (De Juan *et al.*, 2009).

### **Madurez gonádica**

El término “fases de madurez” tiene un significado particular que generalmente se acepta en biología halieútica. Se emplea para designar el grado de madurez de los ovarios y testículos de los peces, pero no que el pez está sexualmente maduro o no. Por eso el término “primera madurez” se emplea para describir un pez que se reproduce por primera vez (Holden y Raitt, 1975). Además, constituye una primera aportación al conocimiento de la biología de esta especie, con la cual se compromete una pesquería de gran importancia para la zona aledaña al cuerpo de agua.

La talla de primera madurez sexual se debe a un gran número de factores ambientales y fisiológicos como son: la edad, la especie, la disponibilidad de alimento, la temperatura, entre otros factores; a los cuales se debe esta capacidad de reproducirse por primera vez (King, 1995; Granado, 2002).

Para las hembras y machos del presente estudio, se registró que la talla a la cual se reproducen por primera vez es a los 16.8 cm de longitud, variable que se encuentra muy relacionada con la edad de la primera madurez sexual es un parámetro íntimamente ligado a la coevolución especie-ecosistema (Granado, 2002). Resultados similares a los que reporta Graaf *et al.* (1999) para las hembras de la estación nacional

de cultura de peces en Djoumouna, República del Congo, que fue de 8.7 cm ó 12.7g. Duponchelle y Panfili (1998) reportaron que la talla de primera madurez para las hembras del lago Cote de Ivore fue de 9.1 a 13.2 cm para 1995 y de 11.2 a 14.7 cm para 1996; existiendo diferencias significativas entre ambos años de muestreo.

En el caso de la madurez gonádica, se entiende como el grado de madurez de los ovarios y testículos de los peces; pero esto no significa que el pez este maduro, sino la etapa por la cual va pasando o preparando para reproducirse. No obstante, sería más lógico, hablar de fases de madurez y reproducción, como lo mencionan Holden y Raitt (1975).

Por ello mismo, se realiza una biometría de las gónadas de ambos sexos, dando como resultado que conforme avanza el desarrollo de las gónadas incrementan en diámetro y longitud con excepción de los estadios V (recuperación) que aumentan en longitud pero no en diámetro debido a la liberación del esperma está queda flácida y translúcida para el caso de los testículos, lo contrario pasa con los ovarios que conforme avanza el desarrollo aumentan más en diámetro que en longitud debido al incremento de tamaño de los ovocitos pero pasa lo mismo en el estadio V (recuperación) como en los machos. No se encontró ninguna anomalía en el desarrollo de las gónadas de los organismos del bordo Amate Amarillo y esto concuerda con lo ya descrito por varios autores como Canseco (2004) para el lago Coatetelco y la presa Emiliano Zapata, García (2011) para el sistema de La Palapa.

Para las hembras y machos colectados en el Bordo Amate Amarillo, se presentaron los cuatro estadios de madurez gonádica a lo largo del año, teniendo en cuenta que la mayoría de los meses el estadio gonádico más representativo fue el IV. Los organismos de *Oreochromis niloticus* poseen un tipo de reproducción bisexual, las glándulas sexuales, llamadas gónadas, son los ovarios en las hembras y los testículos en los machos, los cuales incrementan en peso, longitud y diámetro de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentren. Las gónadas de *O. niloticus* se clasificaron con base en la escala propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011).

Las observaciones macroscópicas de los ovarios revelaron que presentan folículos de diferentes tamaños (asincronía), lo que es un indicador de que los peces realizan múltiples desoves en la época reproductiva, razón por la cual al realizar la revisión a nivel macroscópico se lograron diferenciar ciertas características importantes para clasificarlos según su estado de desarrollo. Resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo fueron obtenidos por diferentes autores que han trabajado con *O. niloticus* en el estado de Morelos, entre los que se puede mencionar a Gómez-Márquez *et al.* (2003); García (2005); Peña-Mendoza *et al.* (2005, 2011); García (2011).

Por lo que se refiere a las características macroscópicas de los testículos, también se presentan cambios a lo largo de su etapa reproductiva que van sincronizados con los de las hembras para que finalmente culmine con la puesta y fertilización de los óvulos y reclutamiento de los nuevos individuos a la población. Dichos cambios son similares a los reportados por otros autores que han trabajado en el estado de Morelos, García (2005), García (2011), Gómez-Márquez *et al.* (2003), Peña-Mendoza *et al.* (2005, 2011); sin embargo, a diferencia de las hembras no se les da mucha importancia, ya sea a nivel macro como microscópico, probablemente porque ellos tienen la capacidad de fertilizar la puesta de varias hembras y para lo cual se encuentran preparados a lo largo del año.

En las observaciones de los cortes histológicos de las hembras se denota. Etapa en desarrollo; los folículos en previtelogénesis en los cuales se observaron las células foliculares poco diferenciadas, la membrana basal, la zona pelúcida, el citoplasma, el núcleo prominente y central conteniendo nucléolos y cromosomas. Folículos en vitelogénesis temprana comenzando la acumulación de las vesículas vitelinas.

Etapa de maduración; Se observan folículos en previtelogénesis, vitelogénesis temprana y avanzada. En estos últimos se observan la membrana vitelina bien diferenciada y las células foliculares. Las vesículas vitelinas ocupan la mayor parte del citoplasma del folículo.

Etapa Reproductiva; Existe acumulación de glóbulos de vitelo en el citoplasma del folículo, el núcleo se rompe y migra hacia el polo animal, los cromosomas se

condensan, las células foliculares forman una capa sencilla de células, la membrana vitelina es más evidente.

En las observaciones de los cortes histológicos de los machos, se observa en la etapa de desarrollo gran cantidad de espermatogonias en la periferia del testículo, espermatoцитos primarios y secundarios ocupan casi todo el espacio interior del testículo, el lumen lobular reducido a su mínima expresión. Etapa de maduración; La cantidad de espermatogonias disminuye, los espermatoцитos primarios y secundarios ocupan gran parte del espacio interior del testículo. El lumen lobular ocupa de uno a dos tercios del espacio interior del testículo. Hay presencia de espermatozoides. Etapa en Reproducción; Las espermatogonias, los espermatoцитos primarios y secundarios son reducidos a su mínima expresión y relegados a la periferia del testículo. Las espermátides ocupan la periferia del lumen lobular. Los espermatozoides ocupan toda la luz del lumen lobular. El lumen lobular abarca más de dos tercios del espacio interior del testículo.

Varios autores como Babiker e Ibrahim (1979) y Admassu (1996) mencionan que la tilapia del Nilo desova más de una vez al año pero citan solo dos periodos de desove. Kolding (2006) menciona que la frecuencia con la que se obtienen los diferentes estadios de madurez gonadal, indica que los cíclidos son peces con características de desoves parciales, las hembras tienen patrones individuales de desarrollo de los ovarios por lo que en las poblaciones reproductoras tienden a desovar de forma asíncrona cada 3 a 4 semanas, dependiendo de las condiciones ambientales (Coward y Bromage, 1999; 2000; Campos-Mendoza *et al.*, 2004). Se ha encontrado que los factores ambientales como la temperatura y el fotoperiodo influyen en el desarrollo de las gónadas de la tilapia (Balarin y Hatton, 1979; citado en Tadesse, 1997).

### **Parámetros físicos y químicos del agua**

El término calidad de agua incluye todas las características físicas, químicas y biológicas del agua, entre los factores físicos, la temperatura y la luz son unos de los más importantes. La composición química de las aguas naturales está en función de

su origen el funcionamiento y la dinámica del agua están regidos por tres componentes: el edáfico, el climático y el morfométrico (Hernández-Avilés y Peña-Mendoza, 2002; Sánchez y Zamora, 2012). Así, las aguas superficiales como las que provienen de ríos, lagos y embalses difieren de las aguas subterráneas, aunque en cualquier caso el conocimiento de los distintos parámetros que se deben tener en cuenta para mantener una buena calidad del agua en piscicultura es de fundamental importancia para el buen funcionamiento y óptimo aprovechamiento.

Los peces influyen y se ven determinados por el funcionamiento del ecosistema donde viven (Granado, 2002). El crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar. La temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y el pH juegan un papel muy importante en el desarrollo y la reproducción ya que influyen en los procesos bióticos y abióticos del agua (Boyd, 1990).

En cuanto a los factores ambientales, el agua utilizada para el cultivo de la tilapia debe de mantenerse en condiciones óptimas para la sobrevivencia y el crecimiento de los organismos en cultivo. Muchos parámetros del agua pueden estar en desequilibrio y ocasionar problemas en los organismos acuáticos. La temperatura óptima para el desarrollo de la tilapia es entre 20°C y 32°C. Si la temperatura disminuye a 20°C el pez deja de comer y a temperaturas de 12°C existe peligro de muerte. Es importante mantener la estabilidad de la temperatura, ya que ante cambios repentinos de 5°C el pez se estresa y puede morir. La tilapia es un pez de agua templada, la temperatura no debe exceder los 30°C ya que consume más oxígeno. Las temperaturas letales oscilan entre 10-11°C. El oxígeno es un elemento indispensable para la sobrevivencia de cualquier pez. La concentración normal de este gas para la producción puede variar de 5.0 a 6.0 ppm (5 a 6 mg/L), ya que a concentraciones menores el metabolismo y el crecimiento disminuyen. En cuanto al pH, este determina si el agua es dura o blanda, dependiendo de la concentración de carbonatos presentes.

La tilapia crece mejor en aguas de pH neutro. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO<sub>3</sub>/L se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del estanque. Por su parte la dureza es la medida de la concentración de los iones de Calcio (Ca<sup>++</sup>) y Magnesio (Mg<sup>++</sup>) expresada en ppm de su equivalente de CaCO<sub>3</sub>. Existen aguas blandas (<100ppm) y aguas duras (>100ppm) (SAGARPA Y CONAPESCA, 2011).

Mientras tanto Saavedra (2006) menciona que para el óptimo desarrollo de la tilapia en el sitio de cultivo se deben de mantener los requerimientos medio ambientales en los siguientes valores. La temperatura debe de oscilar entre 20- 30°C, ya que menor a los 15°C ya no presenta crecimiento. La producción se da con éxito a temperaturas entre 26-29°C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 37-42°C. En oxígeno disuelto soportan bajas concentraciones, aproximadamente de 1 mg/L, incluso en periodos cortos valores menores. A menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por lo consiguiente el crecimiento de los peces. Lo más conveniente son valores mayores de 2 ó 3 mg/L. En cuanto a pH los valores óptimos son entre 7 y 8. No pueden tolerar valores menores de 5, pero si pueden soportar valores alcalinos de 11. La alcalinidad total debe oscilar entre 50-150 mg/L.

En el caso de los parámetros de la calidad del agua del bordo Amate Amarillo fueron óptimos durante todo el muestreo, se registraron temperaturas del sistema que fueron de 19.5 °C como mínima y máxima de 28.5°C. En la mayoría de los muestreos, la temperatura del agua se mantuvo igual o por encima de la temperatura ambiente. Mientras que para la concentración de oxígeno disuelto se registró la mínima de 6.06 mg/L y la máxima de 14.39 mg/L. Como es de esperarse la concentración de oxígeno se incrementa cuando la temperatura baja. Los valores de pH del agua de 8.04 unidades. En cuanto a la alcalinidad se registró una mínima de 17.12 mg/L y máxima de 73.75 mg/L. La dureza fue de 467 mg/L como mínima y máxima de 762 mg/L y finalmente la conductividad tuvo valores que fluctuaron entre 1169 y 1583 µS/cm, lo que se puede interpretar como que es un sistema con buena calidad de agua bien

oxigenadas, blandas, moderadamente duras y con una gran concentración de sólidos en suspensión, adecuadas para el cultivo y reproducción de la tilapia.

## CONCLUSIONES

Durante el estudio realizado de enero de 2007 a junio de 2008 en el bordo Amate Amarillo en el estado de Morelos, con un total de 528 organismos colectados de la pesca comercial por pescadores del lugar, se puede concluir que:

- ∞ Los datos registrados para los peces durante todo el estudio presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo; tanto para hembras, para machos y la población total, lo que indica que crecen más en talla que en peso.
- ∞ El índice de condición de Clark las hembras presentaron mayor condición para el mes de septiembre de 2007, el cual pertenece a la época de lluvias; Mientras que para los machos, se presentó el valor máximo de este factor para el mes de abril de 2008, que corresponde a la época de secas,
- ∞ La proporción sexual total de *O. niloticus* registrada en el Bordo Amate Amarillo, fue de 1:3.5 (hembra:macho).
- ∞ Durante el tiempo de trabajo, se detectaron dos épocas de reproducción, la primera en los meses de marzo y mayo que corresponde a la época de seca y la segunda de menor intensidad, en los meses de septiembre y noviembre (época de lluvias).
- ∞ La talla de primera madurez sexual para ambos sexos se registró a los 16.8 cm de longitud total.
- ∞ Con base en los estadios gonádicos se puede reportar que la especie en este sistema se reproduce a lo largo de todo el año.

- ∞ Tanto los ovarios como los testículos de *O. niloticus* incrementan en peso, longitud y diámetro de acuerdo a la etapa de desarrollo en la que se encuentren.
  
- ∞ *O. niloticus* es una especie asincrónica.
  
- ∞ La calidad del agua del sistema Amate Amarillo se considera adecuada para el cultivo de la especie.

## BIBLIOGRAFIA

Agulleiro, G. (2008). Fisiología de la reproducción del lenguado senegales (*Solea senegalensis*): mecanismos endócrinos y aplicaciones en acuicultura. Universidad de Valencia. Server de Publications. 248p

APHA-AWW-WPCF (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Díaz de Santos editores. 17 Edición. España. 1015p.

Arredondo, F.J.L y G.S.D, Lozano (2003). La Acuicultura en México. Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Hidrobiología. Primera Edición. México. 266 p.

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

Cailliet, G.M. (1993). Fishes A field and laboratory manual on their structure, identification and natural history. Wadsworth Publishing Company. Belmont, California. Primer Edition. 194 p.

García, T. y P. Phillip (1986). Desarrollo de los ovocitos en la tilapia *Oreochromis niloticus*. Centro de investigaciones marinas, Universidad de la Habana. Revista de Investigaciones Marinas. Vol: VII, No 2.

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), 5ª. Edición, Instituto de Geografía, UNAM., México, 90 p.

García, A.G. (2005). Histología y Biología de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Laboratorio de Limnología, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 139p.

García, G.M.A. (2011). Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo “La Palapa”, Morelos, Méx. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 105 p.

Gobierno del Estado de Morelos (2005). Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. [www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/morelos/Municipios/17004a.htm](http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/morelos/Municipios/17004a.htm)

Gómez-Márquez, J.L, B. Peña-Mendoza, I.H. Salgado-Ugarte y M. Guzmán-Arroyo. (2003). Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*. 51(1): 221-228.

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

Gómez-Ponce M.A., K. Granados-Flores, C. Padilla, M. López- Hernández y G. Núñez-Nogueira (2011). Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la represa “Zimapán” Hidalgo, México. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 59 (2): 761-770

Graaf, G. J., F. Galemoni y E.A, Huisman. (1999). Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research*, Republic of Congo. 30: 25-33

Granado, L.C. (1996). Ecología de peces. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. 353 p.

Holden M.J. y D.F.S. Raitt. (1975). Manual de Ciencia Pesquera Parte 2 - Métodos para Investigar los Recursos y su Aplicación Roma. <http://www.fao.org/DOCREP/003/F0752S/F0752S00.htm> Revisado Febrero 2010

Instituto de Desarrollo y Fortalecimiento Municipal del Estado de Morelos (IDEFOMM) (2009). <http://www.idefomm.org/principal.htm>

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. Anuario Estadístico del Estado de Morelos, México 461p.

Instituto Nacional de la Pesca (2003). Memorias de la reunión nacional de tilapia. Cámara de Comercio de Guadalajara. Mexico. 263p.

Jiménez, B.M.L. y F.J.L, Arredondo (2000). Manual técnico para la reversión sexual de tilapia. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Hidrobiología, Planta Experimental de Producción Acuícola. Serie desarrollos técnicos en acuicultura. 36p

Jirón, M.H. (1985). Estudio preliminar del índice gonadosomático de *Tilapia aurea*. Documentos Técnicos y Científicos. Estación Piscícola de Managua, Nicaragua. Revista Latinoamericana de Acuicultura. 26:11-32-Dic.

King, M. (2007). Fisheries Biology, assessment and management. Fishing news books. Segunda Edition. 341p.

Komolafe, O.O. y G.A.O, Arawomo (2007). Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir, Ile-Ife, Nigeria. Department of Zoology, Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria. Revista de Biología Tropical. Vol. 55 (2): 595-602.

Lagler, K.F., J.E, Bardach, R.R, Miller y D.R.M, Passino (1984). Ictiología. A.G.T. editor, S. A. Primer Edición. México. 488 p.

Menocal, R.R.L. (1988). Fecundidad de la tilapia *Oreochromis aureus*, SEINDACHNER (1964), en la presa ZAZA. Revista latinoamericana de Acuicultura, Lima- Perú. Jun. No 36: 45-88

Morales, D.A. (1974). El cultivo de la tilapia en México. Datos biológicos. Instituto Nacional de Pesca. INP. México. 25 p.

Morales, D.A. (1991). La Tilapia en México. Biología, Cultivo y Pesquerías. A.G.T. Editor. Primera Edición. México. 190 p.

Moyle, P.B y J.J, Cech (2000). Fishes. An introduction ichthyology. California E.U.A. Second Edition. 559 p.

Nikolsky, D.V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press, Gran Bretaña. Primera Edición. 352 p.

Paredes, M.E.A. (2013). Aspectos Reproductivos de *Oreochromis niloticus* en el bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 88 p.

Parker, K. (1985). Biomass model for the egg production methods. In an egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*, R.Lasker. Ed. NOAA. Chile. Tech. Rep NMFS 30:7-16.

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, M. B. y R. Domínguez (1999). The effects of different photoperiods on body growth and hypothalamic monoamine content in juvenile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Hidrobiológica*, 9(1): 63-70.

Peña-Mendoza, B., J.L. Gómez-Márquez, I.H. Salgado-Ugarte y D. Ramírez-Noguera. (2005). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. Laboratorio de Limnología, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. *Revista de Biología Tropical*. 53 (3-4): 515-522.

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

Peña M. E., R. V. Tapia, J. I. A. Velázquez, A. A. M. Orbe y J. M. de J. V. Ruíz. 2010. Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 58 (4): 1577-1586

Pickering, A.D. (1981). *Stress and fish*. Academic Press. Inglaterra. 367 p.

Rodríguez, G.M. (1992). *Técnicas de Evaluación Cuantitativa de la Madurez Gonádica en Peces*. Primera Edición. AGT Editor. México. 79 p.

Saavedra- M, M.A. (2006). *Manejo del Cultivo de Tilapia*. Nicaragua. 22 p.

Saborido-Rey, F. *Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos*. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Universidad de Vigo. 71 pág.  
<http://digital.csic.es/bitstream/10261/7260/1/Curso%20Ecologia%20reproduccion%20y%20potencial%20reproductivo%20en%20las%20poblaciones%20de%20peces%20marinos.pdf> Fecha de consulta 12- Julio- 2012

SAGARPA Y CONAPESCA (2011). Guía empresarial para el cultivo, engorda y comercialización de la tilapia( mojarra). México. 115p

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.

Salgado-Ugarte, I.H. (1992). Análisis exploratorio de datos biológicos. Ed. Marc ediciones, México. 242p.

Shoesmith, E. (1990). A comparison of methods for estimating mean fecundity. J. Fish Biol.