



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**Biología reproductiva de la tilapia de Nilo
(*Oreochromis niloticus*) en el embalse Huitchila,
Morelos, México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Biólogo

P R E S E N T A:

Diana Paola Castillo Lara



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. José Luis Gómez Márquez
Mayo, 2015
Realizado con el apoyo DGAPA-PAPIME PE205513**

México, D. F.



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.

Agradecimientos

A la universidad Nacional Autónoma de México, por abrirme sus puertas y dejarme pertenecer a esta máxima casa de estudios por medio del colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente y la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, y me permitió alcanzar mis metas profesionales e intelectuales.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por brindarme todas las herramientas necesarias para terminar mi carrera y esta investigación, instalaciones, inmobiliario, laboratorios, equipo, reactivos y materiales.

A mi director de tesis Dr. José Luis Gómez Márquez por dejarme estar en su laboratorio transmitirme su sabiduría, sus regaños todo ello me hecho crecer mucho, pero sobre todo por su gran generosidad, amistad y sus consejos y apoyo cuando más lo necesite son cosas que llevare el resto de mi vida, Gracias Dr. por todo.

A la Dra. Bertha Peña Mendoza por su apoyo incondicional, amistad, consejos, enseñanzas y comentarios, por ayudarnos siempre siendo nuestra cómplice y amiga y hacer las salidas a campo muy divertidas además de defendernos cuando el Dr. se enojaba. Gracias

Al Biol. José Luis Guzmán Santiago, miembro de comité tutorial por sus comentarios y correcciones porque sin esto no hubiera sido posible la realización de esta investigación, por su amistad y los momentos divertidos y todas las llamadas de atención en la clase de biometría. Gracias

Al Dr. Ernesto Mendoza Vallejo, miembro del comité tutorial, por su gran amistad, buenos consejos y orientaciones para terminar esta investigación, las clases que me impartió en la FES y los buenos deseos. Gracias

Al Biol. Angélica Elaine González Schaff, miembro del comité tutorial, por sus observaciones, comentarios y sugerencias durante el desarrollo de esta investigación sin esto no hubiera sido posible. Gracias

A la Sociedad Cooperativa del embalse Huitchila en el estado de Morelos, por la pesca y los organismos sin su ayuda esto no se podría haber realizado.

A mis padres sin todo su esfuerzo y deseos de un mejor futuro jamás lo habría logrado sin ustedes, sé que ha sido un camino muy difícil e hicieron lo imposible por darme la educación. Los amo, al fin se cumplió este sueño.

A José E. por haber llegado a mi vida y ser mi cómplice, mi gran amigo y el amor de mi vida, sin ti muchas cosas no las habría realizado tú lo sabes. Gracias

A todos mis compañeros del laboratorio de limnología por los agradables momentos y todos esas salidas a campo, en especial a Cesar, Yode y Luis, gracias por brindarme su amistad.

Y a todas las personas que participaron directa e indirectamente en este sueño cumplido. Gracias

Al proyecto DGAPA-PAPIME PE205513 por el apoyo financiero para realización de esta investigación, así como, la beca de titulación de la SEP.

Dedicatorias

A Dios por dejarme vivir estas experiencias de la vida con sus buenos y malos momentos y hacerme la persona que soy, la vida siempre nos pone retos pero lo importante es vencerlos y seguir adelante para perfeccionarnos como personas.

A mis padres que me dieron y siempre quisieron que tuviera una educación profesional y que creyeron en mí y en mis sueños, por todo el amor incondicional que me han dado sé que no solo es un triunfo mío sino de todos, se los mucho que nos ha costado llegar hasta aquí, y siempre han estado apoyando en todo momento dándome ánimos cuando quería tirar la toalla, espero que estén orgullosos de mí y saben que lo hice por ustedes. Los amo con toda mi alma

A mi hermano que a pesar de que no son los mejores momentos, siempre había sido mi gran amigo y mi adoración te quiero carnal.

A mi gran amor que sin ti muchas cosas no se hubieran realizado, siempre has estado ahí para apoyarme y recordarme lo fuerte que soy, por todos esos momentos tan hermosos que pasamos juntos y los que vienen.

A mis amigos de años Mirna, Mireya, Jossimar, Susana y Sergio por todos los buenos momentos dentro de esta Facultad y fuera de ella. Las cosas fueron más divertidas con ustedes, gracias chicos.

Y por último a mi misma, para que dentro de años cuando lea esto me sienta orgullosa de lo que he logrado y que no solo es el primer triunfo de mi vida sino que es el comienzo de muchos. Y recordar que siempre que tengas ganas y desees algo, pese a los obstáculos se puede lograr.

No puedes guiar el viento, pero puedes cambiar la dirección de tus velas.

Proverbio chino

Índice

Agradecimientos	2
Dedicatorias	3
Resumen	1
Introducción	2
Descripción de la especie en Estudio	5
<i>Oreochromis niloticus</i>	7
Antecedentes	8
Zona de Estudio	16
Justificación	19
Objetivos	19
General	19
Particulares	19
Material y Métodos	20
Fase de campo	20
Fase de laboratorio	21
Fase de gabinete	21
RESULTADOS	25
Proporción sexual	26
Relación talla-talla	26
Relación Peso-Longitud	27
Talla de primera madurez sexual	32
Factor de condición	33
Madurez gonádica	35
Índice gonadosomático	38
Índice hepatosomático	39
Fecundidad	41
Fecundidad relativa	42
Parámetros físicos y químicos del agua	43
Discusión	50
<i>Proporción sexual</i>	51
Relación Peso-Longitud	52
Talla de primera madurez sexual	53
Factor de Condición	54
Madurez Gonádica	55
Ciclo reproductivo: índices	56
Fecundidad	59
Parámetros físicos y químicos del agua	60
Conclusiones	66
Literatura citada	67
Anexos	80

Resumen

En los últimos veinte años, la tilapia ha despertado un importante y creciente interés como especie acuícola para fines comerciales y para programas de subsistencia alimenticia con la finalidad de corroborar lo anterior, es por lo que se realizaron muestreos mensuales de marzo de 2013 a junio de 2014, en el embalse Huitchila Morelos, organismos que obtuvieron a partir de la captura comercial con atarraya de 6.5 cm de luz de malla, se recolectaron un total de 485 peces, 431 machos (89.79%), 49 hembras (11.36%) y 5 organismos indiferenciados (1.03%), la proporción sexual obtenida 8.79:1 M:H ($\chi^2=304.0$; $p<0.05$) favoreciendo a los machos. El intervalo de talla para los machos estuvo entre 15.2 y 22 cm de longitud total (Lt) y peso total (Pt) que osciló entre 70.9 y 198.8 g, mientras que para las hembras las tallas registradas fueron de 12.2 cm a 19 cm, con peso total de 30.3 g a 115.6 g. La relación peso-longitud para los sexos combinados es $Pt=0.0636Lt^{2.5583}$; ($r^2=0.8575$), la cual indica que la población presenta crecimiento alométrico negativo, esto es, mayor crecimiento en longitud que peso y se comprobó que existen diferencias significativas entre las pendientes de hembras y machos ($F=11.39$ $P<0.05$). La talla de primera madurez sexual fue de los 15.17 cm de longitud total para ambos sexos. El factor de condición muestra valores máximos durante la época reproductiva para hembras y machos. Respecto a los indicadores reproductivos (IGS) los machos realizaron la reproducción entre abril-junio (época de secas) de ambos años y las hembras en agosto periodo corto (periodo de lluvias) y de febrero-mayo (época de secas). La fecundidad absoluta osciló entre 163 a 1,165 ovocitos por pez con un promedio de 551 ovocitos, con diámetros que van de 400 a 2500 μm , en tallas entre 12.2 a 19 cm Lt, se determinó que la fecundidad relativa se correlaciona mejor con el peso ($r^2=0.1309$ $p<0.05$) que con la longitud ($r^2=0.0244$ $p<0.05$) y se obtuvo el modelo $F = 11,816Pt - 424,95$. Se concluye que los organismos presentan un desarrollo ovárico asincrónico por grupos y que la fecundidad es baja pero con un alto grado de supervivencia. Con respecto a los parámetros físicos y químicos del agua, el embalse artificial de Huitchila es un cuerpo de agua somero, eutrófico, que abarca un área de 11.21 Ha con una profundidad máxima de 4.7 m, y una visibilidad promedio de 0.47 m. La temperatura ambiente osciló entre 26 a 30°C y la temperatura del agua de 19 a 26°C, la dureza total fue de 56.5 a 148.6 mg CaCO_3/L , lo que indica aguas duras, productivas (alcalinidad total de 99-112.5 mg CaCO_3/L), el pH es ligeramente alcalino (se mantuvo de 8.1 a 8.8), la conductividad eléctrica de 860-1470 μs y los sólidos disueltos de 449-763.2 ppm, aguas oxigenadas (oxígeno disuelto con promedio de 5.87 mg/L) y los niveles de amonio no sobrepasaron los 0.04 mg/L, por lo que se puede decir que la calidad del agua es buena para el cultivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Introducción

En los vertebrados, los peces son el grupo más numeroso que comprende el 48.5%, pudiéndose encontrar cerca de 28,000 especies vivientes, la mayoría de las cuales pertenece al grupo de los teleósteos. Los peces viven en un medio acuático, que experimenta cambios cíclicos muy marcados que afectan de manera sustancial a diversos procesos vitales, como el reproductor, que son fundamentales para su supervivencia (Estévez, 2009). En contraste con otro grupo de vertebrados, la reproducción en los peces exhibe una gran diversidad y muchas características originales. De acuerdo a varios autores se reconocen al menos tres tipos diferentes de reproducción en los peces y las estrategias reproductivas son tan diversas como las adaptaciones a numerosos ambientes acuáticos (Lagler *et al.*, 1990, Moyle y Cech, 2000, Vazzoler, 1996 y Parra, 2005). Esta diversidad puede referirse a la sexualidad, la reproducción, comportamiento de los padres, la sensibilidad a los factores ambientales y las características específicas de la gametogénesis (Jalabert, 2005; Bone y Moore, 2008).

Los peces presentan diferentes formas de reproducción, que son: bisexual, hermafrodita y partenogenética. La reproducción bisexual es la que prevalece, los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos separados masculinos y femeninos y se denomina Gonocorismo. El hermafroditismo se presenta en los ciclóstomos y en algunos de los teleósteos es un tipo de intersexualidad, lo que significa que ambos sexos están presentes en el mismo individuo, existe la autofertilización o verdadero hermafroditismo funcional (Hoar, 1969; Wootton, 1990; Lagler *et al.*, 1990; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005;), existen tres tipos el hermafroditismo sincrónico en donde un individuo tiene ovarios y testículos funcionales (Warner, 1978: citado en: Salgado-Ugarte *et al.*, 2005; Bone y Moore, 2008), el hermafroditismo protogínico en el cual los organismos se comportan como hembras primero y posteriormente como machos (Lagler *et al.*, 1990) y el hermafroditismo protándrico en el cual los individuos se comportan primero como machos y luego como hembras (Granado, 2002; Bone y Moore, 2008). La partenogénesis consiste en el desarrollo del óvulo sin fertilización, requiere el apareamiento con el macho, pero el paquete espermático solo sirve para provocar el desarrollo del óvulo y no participa en el proceso de herencia (Lagler *et al.*, 1990; Rodríguez, 1992; Moley y Cech, 2000).

De acuerdo al desarrollo de las crías se presenta la reproducción ovípara, la ovoviviparidad y la viviparidad (Bone y Moore, 2008). Las especies ovíparas son aquella que depositan óvulos y estos son fecundados externamente por el macho. En las especies ovovivíparas, los óvulos son fecundados internamente y el embrión es retenido en el sistema reproductor materno por un periodo de tiempo determinado, pero la alimentación del embrión solo se realiza a través del vitelo. En algunas especies se puede producir la fecundación interna a esto se le llama viviparismo facultativo, pero lo normal es que se de el viviparismo obligado es decir, la fecundación interna es un requisito esencial para la reproducción. En este caso existen dos modos de alimentación: el viviparismo lecitotrófico, donde el embrión se desarrolla mayoritariamente a expensas del vitelo acumulado por la hembra en el huevo y el viviparismo matotrófico, donde hay un aporte continuo de nutrientes de la madre al embrión (Saborido-Rey, 2008). En las especies ovovivíparas la fecundación es interna, los huevos son retenidos por la

madre hasta la eclosión y en las especies vivíparas tiene a sus crías ya completamente formados (Granado, 2002)

De acuerdo a las estrategias reproductivas en la mayoría de los animales se da de manera cíclica en periodos más o menos regulares. En los peces existe la semelparidad que es anual y se reproducen una sola vez en su vida. Sin embargo, existen otras especies que desovan más de una vez al año y más o menos continuamente, a este proceso se le denomina iteroparidad (Lagler *et al.*, 1990; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

La mayoría de los teleósteos presentan desoves cíclicos, por lo que los ovarios tienen diferentes apariencias durante el ciclo reproductivo, se describen tres tipos de desarrollo de los ovarios en peces siendo sincrónicos, sincrónicos por grupo y asincrónicos (Wallace y Selman, 1981). El sincrónico se da una vez que las especies comienzan a madurar, todos los óvulos o espermias que van a ser emitidos por cada pez en un solo periodo de reproducción se desarrollan simultáneamente, el sincrónico de dos o más grupos de ovocitos se encuentran en el mismo grado de desarrollo y cada grupo en diferente etapa y el asincrónico es cuando los ovarios contienen ovocitos en todas las etapas de maduración y por consiguiente desoves continuos (Wallace y Selman, 1981; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

En los peces se ha observado dos tipos de fecundación: la externa e interna. La fecundación externa es la más común y por lo tanto la que se presenta de la mayoría de los peces. La fecundación interna se lleva a cabo por medio de la penetración del gonopodio y la depositación del paquete espermático del macho en el oviducto de la hembra (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Mientras el pez es inmaduro toda la energía adquirida se reparte entre el crecimiento, mantenimiento y la supervivencia. Al madurar gran parte de esta energía debe ser dedicada a los diversos procesos reproductivos, el éxito reproductivo depende de dónde y cuándo se reproduce y de cómo los recursos energéticos se desvían hacia la reproducción (Saborido-Rey, 2008). Las diversas especies a lo largo de su historia evolutiva han desarrollado estrategias reproductivas para optimizar la viabilidad de su descendencia y han desarrollado una serie de mecanismos que les permite captar los cambios ambientales o estímulos y traducirlos, convenientemente, para que el organismo de la respuesta fisiológica adaptativa adecuada. Esta suele ser cíclica y en sincronía con los cambios abióticos y bióticos que experimenta el ecosistema en el que habitan (Estévez, 2009).

Para entender la biología de una especie y sus ciclos de vida es importante conocer algunos parámetros de las poblaciones de la especie (Granado, 2002). La comprensión de los mecanismos que regulan la función reproductora de los peces teleósteos y su control, es un requisito esencial en el cultivo de los peces (Estévez, 2009).

De acuerdo a Komolafe y Araworo (2007) el conocimiento de los hábitos de cría y la fecundidad de los peces ayuda a establecer su potencial de producción e invariablemente su explotación y gestión del recurso.

Un ejemplo claro de un recurso pesquero son las tilapias, que son peces originarios de África, Israel y Jordania, pero durante la primera mitad del siglo XX fueron dispersadas por el mundo,

llegando al Sureste Asiático (Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia), en donde se intensificó su cultivo y su progresivo éxito en el ámbito mundial. La tilapia es el nombre común aplicado a tres géneros de peces de la familia: Cichlidae: *Oreochromis*, *Sarotherodon* y *Tilapia* (McAndrew, 2000). Hoy son el segundo grupo de peces más producido por la acuicultura mundial y las especies de mayor importancia económica para la acuicultura son del género *Oreochromis* (Watanabe *et al.*, 2002) siendo la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) la responsable por más del 85% de la producción total y el 15% restante corresponde a las demás especies, entre las que se destacan la *Tilapia mossambica* (*O. mossambicus*), la *Tilapia aurea* (*O. aureus*) y la *Tilapia hornorum* (*O. hornorum*) y sus híbridos de colores rojo, naranja, azul, rosado, blanco, gris o negro (Zimmermann, 2005).

Es el pez más importante en la piscicultura de Centro América y el segundo más importante en Latino América (Meyer y Triminio 2007; Quintero, 2011). En México fueron introducidas en 1964 y desde entonces han sido muy apreciadas en la acuicultura debido a que la siembra de juveniles en embalses mexicanos ha generado empleo y alimentación a las poblaciones aledañas a estos sistemas (Peña-Mendoza *et al.*, 2011), además de facilitar la disponibilidad de proteínas de bajo costo y bajo contenido de grasas en los alimentos básicos (Espinosa-Lemus *et al.*, 2009). Para México es una de las tres pesquerías más importantes, ya que de acuerdo con el volumen de captura se ubica en el quinto lugar de la producción nacional con 75,827 toneladas, pero por su precio se encuentra en el tercer lugar (Peña-Mendoza *et al.*, 2011; SAGARPA 2012).

La producción actual de las tilapias deriva de 75 ejemplares que fueron introducidos a México a diferentes etapas (Arredondo *et al.*, 1994) Álvarez-Hernández *et al.*, (2001) comenta que el manejo reproductivo de los organismos no ha sido el adecuado. Hasta el momento se carece de un programa correcto de manejo, las actuales poblaciones presentan problemas de hibridación no controlada, así como un alto índice de endogamia. Esta actividad reproductora sin control provoca una reducción crítica, en el intercambio genético de las especies presentes en los cuerpos de agua y tiene como consecuencia una alta probabilidad de producir organismos con deformaciones y más propensos a enfermedades; lo cual, sin duda puede afectar en corto tiempo sus rendimientos pesqueros y acuícolas (Álvarez-Hernández *et al.*, 2001).

Los principales atributos que presenta la tilapia, que le permite ser considerada como uno de los organismos más apropiados para la piscicultura, son su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y a diferentes salinidades, así como a la habilidad de nutrirse de una amplia variedad de alimentos naturales y artificiales (Tenorio-Colín 2003; Ochotorena y Espitia 2005; Peña-Mendoza *et al.*, 2011).

La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), es una de las especies más difundidas e importantes de agua dulce tropical en la acuicultura, y es la especie más importantes de México ecológica y comercialmente. La principal ventaja de la tilapia es su bajo costo de producción, principalmente por los alevines y la calidad de su carne (Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Peña-Mendoza *et al.*, 2005). La producción de tilapia a escala de autoconsumo es común en la acuicultura rural (SAGARPA, 2012), ya que este organismo posee una tasa de crecimiento y conversión alimenticia que favorece su cultivo, además de ser resistente a condiciones

adversas en su medio, como variaciones en la temperatura, anoxia, exceso de materia orgánica, aguas duras y periodos de ayuno (Morales-Bojórquez, 1995; Delgado-Vidal *et al.*, 2009).

Las tilapias del Nilo se reproducen cuando tienen sólo unos pocos meses de edad, a menudo por debajo del peso de mercado. La madurez sexual temprana también puede tener una influencia negativa sobre la tasa de crecimiento (Morales-Bojórquez, 1995). Una reducción en el crecimiento somático puede conducir a retraso en el crecimiento de *O. niloticus*, que a menudo es visto como un problema importante en el cultivo de tilapia. Por consiguiente, la tasa de crecimiento de la tilapia adulta disminuye y menos peces de talla comercial se puede cosechar (De Graaf *et al.*, 1999; Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

Descripción de la especie en Estudio

El término tilapia es utilizado como un nombre común para un gran número de especies dentro de tres géneros para la familia: Cichlidae: *Oreochromis*, *Sarotherodon* y *Tilapia*.

De acuerdo con Berg, modificada por Trewavas (1983), la tilapia *Oreochromis niloticus* se clasifica de la siguiente manera:

Phylum	Cordata
subhyllum	Vertebrata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Actinopterygi
Orden	Peciformes
Suborden	Percoide
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>O. niloticus</i> (Linnaeus, 1758)

Características de la familia Cichlidae

Presentan un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente de entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado, y en muchas veces la cabeza del macho es invariablemente más grande que

la de la hembra. La boca es protráctil, generalmente ancha a menudo bordeada por labios gruesos, las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Pueden o no presentar un puente carnoso que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio. Presentan membranas branquiales unidas por 5 o 6 radios branquióstegos y un número variable de branquiespinas según las diferentes especies. La parte anterior de la aleta dorsal y anales corta y consta de varias espinas y la parte terminal de radios, en que los machos suelen estar frecuentemente pigmentados. La aleta caudal esta redondeada, trunca o raramente escotada, según la especie (Morales, 1991).

La línea lateral esta interrumpida y se presenta generalmente dividida en dos partes; la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de aleta caudal. Presentan escamas de tipo cicloidea y el número de vertebras aumenta con la edad y pueden ser de 8 a 40 (Morales, 1991).

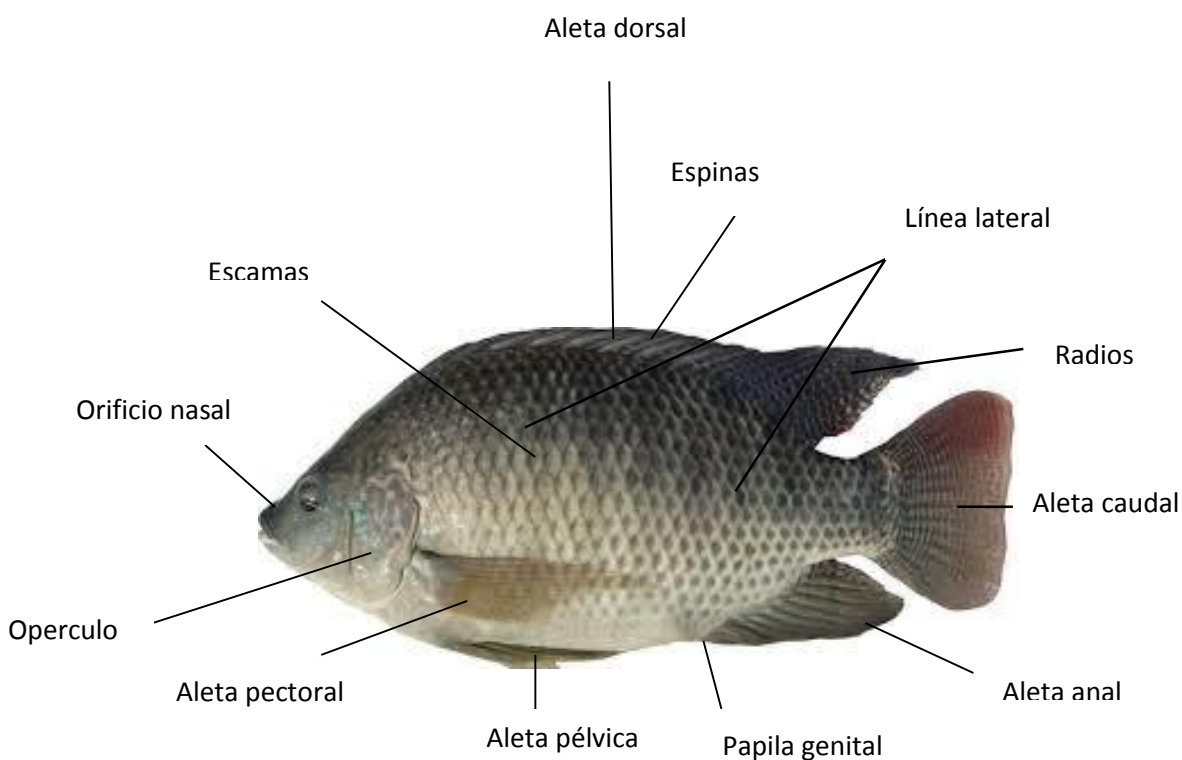


Figura.1. Anatomía extrema de *Oreochromis niloticus*.

Oreochromis niloticus

Descripción

Posee cuerpo comprimido con la línea lateral interrumpida (FAO, 2006; 2007) Total de espinas dorsales: 15-18; radios dorsales: 11-13; espinas anales: 3; radios anales: 9-11 y un número de vértebras: 30-32 (FishBase, 2007). Presenta de 19 a 22 branquiespinas en el arco inferior del primer arco branquial, tiene de 3 a 4 hileras de dientes robustos y gruesos. Las escamas son cicloideas, de 31 a 33 escamas en serie longitudinal (Morales, 1991).

Hábitat

La tilapia del Nilo (*O. niloticus*) es un pez tropical. Existe en una variedad de hábitats, se pueden desarrollar en agua dulce y salobre. Son especies diurnas. Su temperatura preferida es 31 a 36 grados centígrados, pero puede sobrevivir 12-42 grados centígrados, la especie prefiere aguas poco profunda con un rango de 0 a 6 m (FishBase, 2007; ISSG Database, 2008).

Nutrición

Es una especie omnívora, se puede alimentar de fitoplancton, perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna bentónica y detritus también puede filtrar alimento pero generalmente roza la superficie de las capas de perifiton (FAO, 2006; 2007).

Reproducción

El macho establece un territorio y excava un nido y luego las hembras depositan los óvulos en el nido. La madurez sexual se alcanza a los 3-6 meses, dependiendo de la temperatura, cerca de los 30 g. Los desoves tienen lugar sólo cuando las temperaturas son más de 20 ° C en general a los 24 grados centígrados (FishBase, 2007). El cortejo dura varias horas. Después de la fertilización por el macho, la hembra recoge los huevos en su boca y se va. Varios desoves anuales ocurren a lo largo del año, por lo regular cada 30 días, la hembra incuba los huevos en su boca hasta la eclosión, aproximadamente 1-2 semanas después alevines pueden nadar y regresan a la boca de su madre cuando hay una amenaza. Debido a las técnicas de incubación bucal, el número de huevos por desove es más pequeño que otras especies, pero las tasas de supervivencia de los juveniles son altas. Los machos pueden fecundar los óvulos de las hembras en serie, y si no hay una disminución de la temperatura las hembras pueden desovar continuamente. Los machos de *O. niloticus* pueden crecer el doble de rápido que las hembras (FAO, 2006; 2007; ISSG Database, 2008).

Antecedentes

Los estudios sobre las pesquerías de la tilapia se han llevado a cabo desde los años 60's en los grandes lagos africanos, incidieron primeramente en la identificación de las especies y su relación en el medio ambiente. Estudios sobre la composición por especies, edades y sexos de la captura comercial, condiciones ambientales, disponibilidad de alimento así como comportamiento se han iniciado recientemente en México (Morales, 1991).

Varios estudios se han realizado sobre la ecología y biología de la tilapia del Nilo desde hace ya más de 20 años proporcionando datos de su biología como talla, edad, crecimiento, tipo de desove, tipo de reproducción, talla de primera madurez sexual, fotoperiodo, etc. Todos estos estudios aportan un cúmulo de información que permite hacer planteamientos para la evaluación y manejo de las poblaciones de la especie, y para ello se han realizado algunos estudios que se presentan a continuación.

Trewavas, (1973) describió dos géneros distintos *Tilapia* y *Sarotherodon* basados en sus diferencias, fundamentalmente en los hábitos reproductivos y alimenticios de las especies de estos géneros (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Trewavas, (1982) decidió separar a la tribu Tilapiini en cuatro géneros; *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y *Danakilia* partiendo de los conocimientos sobre la conducta y el desarrollo de los incubados maternos, paternos y mixtos, agrupando dentro del género *Oreochromis* a los incubadores bucales maternos.

Trewavas, (1983) clasificó a la tribu Tilapiini de acuerdo con la naturaleza de su dentición y sus hábitos reproductores en cinco géneros distintos; *Tilapias*, *Tristamella*, *Danakilia*, *Sarotherodon* y *Oreochromis*.

Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986) estudiaron la situación taxonómica de las especies introducidas en México refiriéndose a la problemática de su manejo, cultivo y fomento, debido al estado de confusión que guarda su posición taxonómica y se señalan los criterios de agrupación infragenérica que se utilizan para clasificarlas, obtuvieron como resultado cinco especies *Tilapia rendalli*, *Oreochromis urolepis*, *O. aureus*, *O. mossambicus* y *O. niloticus*, además de aportar una clave de identificación de las diferentes especies.

Henry, (1994) estudió aspectos de la biología reproductiva de *O. niloticus* en el lago Victoria, Kenia; la investigación se realizó de marzo a agosto de 1991 con un total de 546 organismos. La proporción sexual fue de 2.08: 1 en favor de los machos. La prueba de Chi-cuadrada indicó una diferencia significativa con el resultado esperado proporción 1: 1. Una variación en la proporción de sexos se observó que las hembras predominaron sobre los machos en longitudes entre 37,5 y 41,0 cm de longitud total. La fecundidad osciló desde 864 hasta 6316 óvulos con un promedio de 2141. La relación entre la fecundidad (F), y la longitud total (L) y el peso (W) fue $F = 22.755 L^{1.2141}$; $F = 177.142W^{0.342}$.

De Graaf *et al.*, (1999) estudió el comportamiento reproductivo de las hembras de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus* L., criada en estanques bajo condiciones tropicales. Los experimentos utilizaron un stock maduro a la edad de 2 a 3 meses con peso entre 30 y 50 g. El desarrollo de los ovocitos resultó ser un mejor indicador para la determinación de la talla de primera maduración que la elaboración del índice gonadosomático. La tilapia del Nilo tuvo un retraso en el crecimiento ya que la crianza temprana se llevó a cabo, pero el crecimiento somático de la población continuaba. Este resultado indica que la reproducción temprana de tilapia del Nilo no es un verdadero cuello de botella para la expansión de este sector de la producción. No se encontró relación entre el factor de condición y la talla de primera maduración o la fecundidad relativa. Esto llevó a la conclusión de que el agravamiento de las condiciones de vida no es una causa importante de la reproducción temprana en estanques de *O. niloticus*.

Ojuok, (1999) realizó una investigación de la biología reproductiva de *O. niloticus* en el Golfo de Nyanza en el lago de Victoria, Kenia. Se obtuvieron un total de 1711 peces. La longitud total osciló entre 15 a 56 cm, la relación peso-longitud demostró un crecimiento alométrico, para la población de *O. niloticus*, el factor de condición varió entre 0.96 a 1.18 teniendo una población saludable. Con base en la aparición estacional de los estadios de madurez y las variaciones estacionales en el índice gonadosomático (IGS) se obtuvieron dos períodos en el ciclo de reproducción de *O. niloticus*, de julio a octubre y el período prolongado de diciembre a junio. La talla de primera madurez se estimó en 31 cm TL para las hembras y 34 cm LT para machos. La distribución del tamaño de los ovocitos osciló entre 0.05 a 2.0 mm. Las estimaciones de fecundidad absoluta variaron de 905 hasta 7619 para los peces de longitud de 28 a 51 cm, TL y 480 a 2850 g de peso; la fecundidad promedio fue 2715 ovocitos. Los coeficientes de correlación entre la fecundidad y el peso corporal, la longitud del cuerpo y el peso del ovario indican que sólo la longitud total proporciona predicciones adecuadas de fecundidad.

Dupochelle y Legendre, (2000) estudiaron algunos aspectos reproductivos de la tilapia del Nilo en Costa de Marfil de octubre de 1994 a octubre de 1996. El total de organismos colectados fue de 1345 especímenes. La época de reproducción se produjo durante el período de enero a septiembre, con un pico entre abril-mayo y julio. Los peces maduran a los 10 meses con rango de tamaño entre 11,6 y 13,5 cm de longitud patrón. La fecundidad absoluta fue de 160 ovocitos para las hembras de 42.2 g, 178 para los pesos 77.8 g, 625 ovocitos para las hembras de 156.5 g y 717 para los pesos de 208.6. Rasgos de historia de vida de *O. niloticus* en el lago Ayame se comparan con los obtenidos para otras poblaciones en Côte d'Ivoire, y discutido en relación a la competencia interespecífica con *S. melanotheron*.

Bakhoum, (2002) estudió la biología reproductiva de *O. niloticus*, *O. aureus* y sus híbridos del lago Edku, Egipto. La proporción sexual entre hembras y machos para la tilapia del Nilo fue 1:1.70, para la tilapia azul fue de 1:1.20 y para los híbridos fue de 1:1.37. La longitud de la primera madurez sexual fue a los 9.4 cm para los machos y 10.3 cm para las hembras de *O. niloticus*, los valores correspondientes para los machos y las hembras de *O. aureus* son 8.2 y 9.2

cm, respectivamente, mientras que para los híbridos son 8.2 cm para machos y 8,4 cm para las hembras. La temporada de reproducción de la tilapia del Nilo que va de abril a septiembre, con un máximo del índice gonadosomático (IGS) en mayo, mientras que en el caso de la tilapia azul y los híbridos, que se fue de febrero a noviembre, con un valor máximo en mayo. La fecundidad mostró que la tilapia azul y los híbridos son mucho menos fértiles que la tilapia del Nilo.

Gómez-Márquez *et al.*, (2003) analizaron la relación entre fecundidad-longitud, la fecundidad-peso, diámetro del ovocito, y el ciclo reproductivo de *O. niloticus* en el lago de Coatetelco Morelos, México. Los muestreos se realizaron de enero a diciembre de 1993, con un total de 319 especímenes, (161 machos y 158 hembras). Los resultados obtenidos de la proporción de sexos (M: H) fue de 1:1.02, la talla de madurez fue de 117 mm (machos) y 120 mm (hembras), la fecundidad osciló entre 104 y 709 ovocitos, con diámetros de 1,000 a 3,000 micras. El índice gonadosomático y hepatosomático indican que la especie se reproduce durante el verano y el invierno.

Elsayed *et al.*, (2003) analizaron la reproducción de *O. niloticus* en el canal de Shanawan provincia de Al-Minufiyah en Egipto; el estudio se realizó de abril de 1992 a mayo de 1993 colectando un total de 162 organismos. La talla de primera madurez sexual se registró de 8 a 9 cm, la fecundidad se estableció de 1,234 a 3,893 ovocitos por hembra. Los resultados obtenidos mostraron una correlación con pesticidas y contaminación con metales pesados.

Campos-Mendoza *et al.*, (2004) evaluó la respuesta reproductiva a la manipulación del fotoperiodo de 32 individuos de tilapia del Nilo. Se evaluó en cuatro fotoperiodos diferentes: de día corto (6L: 18O), día normal (12L: 12O), largo día (18L: 6O), y de iluminación continua (24L: 0O). Huevos significativamente mayores fueron producidos bajo la extensión diurna normal (12L: 12O) en comparación con otros grupos de tratamiento. Los peces criados bajo fotoperiodo largo (18L: 6O) exhibió mayor la fecundidad total (2408 ± 70 óvulos desovan) y la fecundidad relativa (7.2 ± 0.2 óvulos por peso corporal). Esta investigación muestra que la duración del día largo (18L: 6O) ayuda a mejorar algunos aspectos reproductivos importantes de la tilapia del Nilo, y sugiere que dicha metodología se puede utilizar para aliviar los problemas de producción causados por la baja fecundidad y mala sincronía en el desove y por lo tanto, juegan un valioso papel en el futuro en el cultivo de tilapia.

Peterson *et al.*, (2004) investigaron aspectos de la biología reproductiva y el reclutamiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de un pequeño sistema de marea de la bahía de Biloxi en Mississippi, durante un periodo de 16 meses. Los machos variaron entre 32.6 hasta 430 mm de longitud total y las hembras entre 31.7 a 349 mm Lt. El índice gonadosomático (GIS) para los machos y las hembras indicó reproducción durante todo el año con un aumento de la intensidad de desove en la primavera (marzo a mayo) y al final del verano (agosto- septiembre), el 50% de las hembras estaban maduras con 113 mm de longitud total. La fecundidad parcial (BF) varió desde 30 a 2,630 ovocitos y había una relación significativa entre la fecundidad parcial y la longitud y fecundidad parcial y peso eviscerado. La fecundidad relativa varió de 0.89 hasta 11.75 ovocitos /peso.

Komolafe (2004) analizó de octubre de 1997 a febrero de 2000 una muestra de 1430 peces de *O. niloticus* en el embalse de Opa, Nigeria. La proporción sexual que presenta esta población es de aproximadamente 1:1. Los resultados que obtuvo el índice gonadosomático para las hembras fueron de 1.05 ± 0.1 para los machos de 0.39 ± 0.02 criando a lo largo de todo el estudio. El diámetro de los ovocitos fue de 2.12 mm a 2.69 mm con una media de 2.47 ± 0.02 . La fecundidad total osciló de 73 a 1810 con una fecundidad media de 815 ovocitos/pez, la fecundidad relativa fue entre 0.26 ovocitos a 25.82 ovocitos peso por gramo. El coeficiente de correlación entre el log de la fecundidad y log de la longitud patrón fue $r^2 = 0.370$.

Volpato *et al.*, (2004) investigó el efecto del color del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo. Los organismos se sometieron a dos colores blanco (12 grupos) y azul (13 grupos) reportando el número de latencia al primer nido, el peso grava eliminada, área del nido, y la incubación bucal. Los resultados indican que la proporción de la reproducción de peces fue significativamente mayor (6 de 13) en el grupo expuesto al color azul en comparación el grupo expuesto al color blanco (1 de 12) así como que los machos expuestos al color azul eliminaron más masa de grava y los nido tenían una mayor área.

Peña-Mendoza *et al.*, (2005) analizaron la temporada reproductiva de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) de febrero de 1999 a febrero de 2000, en los cuales capturaron un total de 624 especímenes. Los resultados obtenidos para la proporción sexual fue 1:1.29 (hembras:machos) ($\chi^2 = 1.026$; $p < 0.05$); la madurez de los peces se alcanzó a los 151.3 mm (hembras) y 152.0 mm (machos) de longitud total, la temporada de agosto (periodo de lluvias) y febrero (periodo de secas) se identificaron como el período de reproducción. La fecundidad se correlacionó mejor con la longitud ($r^2 = 0.7473$, $p < 0.002$) que con el peso ($r^2 = 0.7395$, $p < 0.002$). La fecundidad osciló entre 243 y 847 ovocitos por pez, con un diámetro de 300 a 3 700 μm . La actividad de reproducción fue intensa en agosto y febrero, coincidiendo con el aumento de biomasa fitoplanctónica.

Ochotorena y Espitia, (2005) recolectaron mensualmente hembras y machos de *O. niloticus* en el Jardín Zoológico de La Habana, Cuba. En total fueron procesados 52 machos y 63 hembras. El Coeficiente de Condición no evidenció diferencias significativas entre hembras y machos. El índice gonadosomático (IGS) en los machos, afirma que existe relación entre éste y el peso de los testículos; no con el peso corporal. En las hembras existe la misma relación entre el peso de los ovarios y el IGS. Los resultados indican que la reproducción de la especie tiene lugar durante todo el año.

Njiru *et al.*, (2006) citan algunos aspectos reproductivos de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el lago Victoria, Kenia, el cual se llevó a cabo entre junio de 1998 y diciembre de 2000. Como resultados se obtuvo que los machos fueron dominantes (proporción sexual 1.42:1). La longitud de la primera madurez sexual fue de 30.81 ± 0.09 cm Lt para las hembras y 34.5 ± 60.48 cm Lt para los machos. El índice gonadosomático estuvo bajo durante el periodo

de post-desove (de julio a octubre) y altos en el periodo de crianza (de diciembre a junio). La fecundidad osciló de 905 a 7,619 para las longitudes de 28 a 51 cm respectivamente. La relación entre la fecundidad y longitud total, el peso y peso del ovario fue: $F = 8.159L^{1.53}$, $F = 96.269W^{0.4504}$, $F = 1806 + 39.40W$ respectivamente. El valor de b de la relación de longitud-peso fue de 3.08-3.32 para los machos y 3.07-3.22 para las hembras, para ambos casos el crecimiento fue alométrico positivo.

Komolafe y Arawono, (2007) realizaron muestreos de *Oreochromis niloticus* en un embalse de Nigeria, para evaluar las estrategias reproductivas de la tilapia, colectaron 1430 ejemplares los resultados obtenidos fueron un diámetro de los huevos de 2.12 mm y 2.69 mm con un promedio de 2.47, los IGS de las hembras fue de 0.34 ± 0.01 y el IGS de macho fue de 0.39 ± 0.02 . La proporción de sexos fue 1:1. La fecundidad de la especie osciló entre 73 huevos y 1,810 ovocitos por hembra con una fecundidad media de 815 ovocitos.

El-Sayed *et al.*, (2007) reportaron los aspectos reproductivos así como el factor de condición de *O. niloticus* en la bahía de Abu en Egipto, de junio del 2000 a febrero de 2001, con un total de 348 organismos. Los resultados obtenidos para la proporción sexual fue de 1:1.05; la longitud de la primera maduración sexual para las hembras fue de 8.7 cm y para los machos de 9.7 cm. El índice gonadosomático reveló que el desove duró de junio a septiembre, con máximo en julio. El examen macroscópico de las gónadas de *O. niloticus* indicó que las hembras adultas tenían 4 etapas de desarrollo gonadal (maduro II; vitelogénico etapa III; maduras en estadio IV y V). Las etapas de madurez de los machos eran tres (maduro II, maduración III y V maduro). Las características microscópicas de las secciones gonadales de las hembras y los machos mostraron que las gónadas se desarrollan al igual que otros peces a pesar de su hábitat hipersalino. Hembras maduras tuvieron entre 2,138 a 2,464 ovocitos. El factor de condición mostró tendencia similar de crecimiento y decrecimiento entre ambos sexos.

Gómez-Márquez *et al.*, (2008) analizaron la edad y crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando 1 039 organismos capturados en el lago Coatetelco del estado de Morelos de enero a diciembre de 1993. La longitud estándar de las hembras osciló desde 9,0 hasta 16,5 cm y los machos 8,9 a 14,8 cm. Las relaciones longitud-peso para todos los individuos fue $P_t = 0,1207 L_p^{2.469}$ ($r^2 = 0.9462$ $p < 0.05$). Los datos de edad, derivados de las lecturas de hueso opercular, fueron utilizados para estimar los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy: $L_\infty = 17,88$ cm, $K = 0,3409$, $a = -1.543$, y $P_\infty = 149.21$ g. El macho y la hembra de más edad fueron 2,5 años. La proporción de sexos (hembra: macho) fue de 1: 1 ($\chi^2 = 0,02$, $p > 0,05$).

Kariman *et al.*, (2008) investigaron algunos aspectos de la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en el lago de Abu-Zabal Egipto. La talla de primera madurez sexual de hembras fue menor que en los machos (10.5 y 11.5 cm). El periodo de reproducción GSI de las hembras se extendió desde marzo a septiembre. La fecundidad se correlacionó mejor con la longitud ($r^2 = 0.9236$) y el peso ($r^2 = 0.9399$) que con el peso gonadal ($r^2 = 0.7651$). La fecundidad osciló entre 289 a 1,456 ovocitos correspondientes a una longitud total de 10 a 23 cm; el diámetro de los

óvulos osciló de 1.99 a 2.45 mm. Los hallazgos histológicos apoyan los resultados biológicos de que la temporada de desove de *O. niloticus* extiende de marzo a septiembre. El desarrollo de ovocitos durante la primavera la fase de crecimiento fue secundario (ovocito vitelogénico), mientras que el desarrollo durante el verano y otoño se encuentran en la etapa de crecimiento primario y en invierno la fase de crecimiento fue secundario.

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 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.

Castro *et al.*, (2009) evaluaron el efecto de las interacciones químicas macho-hembra en el desarrollo de las gónadas y el comportamiento reproductivo de la tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*. Los peces fueron separados en 4 grupos, el contacto visual, el contacto químico, el contacto químico y visual y sin contacto, a estos grupos se les comparó el comportamiento reproductivo (el cortejo de anidación y desove) y el índice gonadosomático (IGS). Los resultados obtenidos fueron que la comunicación química no afectó el comportamiento reproductivo de peces ni tampoco mejoro los efectos del contacto visual pero lo que demostró es que la comunicación visual es una señal eficaz, que estimula la reproducción de los peces de tilapia del Nilo.

Nyakuni, (2009) investigó los hábitat y la biología reproductiva de la tilapia del Nilo en una porción del rio Nilo Albert en Uganda de enero a julio del 2007. Tiene cinco tipos de hábitat: caña (*Phragmites mauritianus*), papiro (*Cyperus papyrus*), hierba de hipopótamo (*Vossia cuspidata*), varios arbustos y especies flotantes como el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y aguas abiertas. Registraron alta abundancia de *Oreochromis niloticus* en *V. cuspidata* (35.7%) y en aguas abiertas (27.5%) y una baja abundancia en *P. mauritianus* (14.9%), las tallas de la población oscilaron entre los 2.3 a 42 cm con un promedio de 16.8 ± 0.45 cm. El factor de condición de la población osciló de 1.50 a 2.44 $p<0.05$; para las hembras fue de 1.56 a 2.31 y 1.70 a 2.48 para los machos, también se registró una diferencia significativa entre los hábitat ($F=4.5123$ $p<0.05$). Para la proporción sexual se utilizaron un total de 469 organismos con longitudes de 9.4 a 42 cm de Lt y 28 a 1,700g de peso total, se registraron 265 hembras (57.7%), 204 machos (42.3%) y la proporción fue de 1:1.3 ($\chi^2 = 7.42$ $p<0.05$). La madurez sexual muestra que las hembras y los machos alcanza la madurez a diferentes longitudes, en las hembras el 35.8% se encontraban en etapa II, 27.67% en la III, 19.92% en la IV, 10.71% en la V y 5.16% en la VI, lo que significa que el 35.79% están en proceso de reproducción; para los machos el 17.19% en la etapa II, 44.41% en la III, 29.25% en la IV, 9.10% en la V y 8.59% en la VI, lo que significa que el 41.44% están en proceso de reproducción. La talla de primera madurez sexual se registró para las hembras de 17.8 cm y 108 g en peso y para los machos 17.8 cm y 200 g. La fecundidad

se correlacionó mejor con la longitud del cuerpo $F = 1.95L^{1.456}$ ($r^2 = 0.88$ $p < 0.05$) y la relación fecundidad peso se expresó como $F = 38.3W^{0.564}$.

García, (2011) investigó los aspectos reproductivos de la tilapia el Nilo 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 a los machos. El tipo de crecimiento que presentaron fue alométrico negativo; 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 de reproducción: de diciembre-enero y abril-junio. La fecundidad media fue de 718 ovocitos/pez con diámetros de 300 a 3200 μm .

Lowe *et al.*, (2012) utilizando datos fisiológicos empíricos, desarrollaron modelos de regresión logística para predecir las probabilidades de supervivencia de la tilapia del Nilo, el crecimiento y la reproducción en diferentes combinaciones de temperatura (14 y 30°C) y salinidad (0-60 ups, en incrementos de 10). Estos modelos predictivos se combinaron con datos de salinidad de temporada derivados de conjuntos de datos a largo plazo para proyectar un nicho fundamental de la especie en las aguas costeras de Mississippi durante años normales de salinidad y los patrones de salinidad en años extremadamente secos y húmedos. Las proyecciones de nichos fundamentales derivados mostraron que durante el verano, la tilapia del Nilo es capaz de sobrevivir a lo largo de Mississippi en aguas costeras, pero el crecimiento y la reproducción se limitaron a desembocaduras de los ríos. En invierno la supervivencia también se limitó a desembocaduras de los ríos. Las áreas en las que la tilapia del Nilo podrían sobrevivir, crecer y reproducirse aumentado durante años muy húmedos (2-368%) y disminuyó durante los años extremadamente secos (86-92%) en el verano con un patrón similar para la supervivencia durante el invierno. Estos resultados indican que la tilapia del Nilo es capaz de 1) el uso de aguas salinas para acceder a otras cuencas en toda la región y 2) el establecimiento de poblaciones cercanas a la costa, en aguas de baja salinidad, sobre todo en la parte occidental de la costa de Mississippi.

Grammer *et al.*, (2012) calcularon las edades basados en los otolitos de la tilapia del Nilo (41,3 a 400,0 mm TL, 1,34 - 1,293 g BW, n=259) recogidos en un depósito de refrigeración de una planta de energía y el río Pascagoula donde existen poblaciones silvestres. El estudio se realizó en invierno todos los días (diciembre a febrero) con mediciones de la temperatura del agua entre 2004-2010. En esta región se registraron temperaturas mínimas letales de $< 10^\circ\text{C}$. Los resultados obtenidos fueron anillo (zona opaca) por año se depositaron entre abril y agosto con base en el análisis de incrementos marginales junto con la estimación de la ranura de la edad de longitud del surco de la tilapia del Nilo. Además, las medidas métricas de historia de vida para esta población en agua templada fueron casi idénticas a los reportados en África, lo que indica que están floreciendo en este hábitat no nativo.

Novaes y Carvalho, (2012) evaluaron la reproducción, la dinámica de los alimentos y el nivel de explotación de la *O. niloticus*, capturado por la pesca en el embalse de Barra Bonita Brasil. Las muestras fueron recolectadas mensualmente, entre julio de 2004 y junio de 2005 y un total de

1,715 especímenes, de cada organismo se obtuvieron datos biológicos y biométricos, los resultados indican que una población bien establecida de *O. niloticus* está presente en el embalse de Barra Bonita, con una reproducción activa durante todo el año, pero más intenso durante el invierno y la primavera.

Paredes, (2013) estudio el ciclo reproductivo de la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) de septiembre de 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 fueron 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 de $F=2.7553L^{1.9939}$.

Alcalá y Alvarado, (2014) estudiaron la dinámica de la reproducción en dos bordos de Morelos de agosto de 2012 a agosto de 2013. Los intervalos de las tallas que registraron fueron de 15.4 a 30 cm Longitud total para Amate de 12.3 a 19 cm Lt para Huitchila, con pesos que variaron de 30 a 300 g, el tipo de crecimiento obtenido para ambos bordos es alométrico negativo. La proporción fue de 1.65:1 para Amate Amarillo (AA) y 13.88:1 para Huitchila (HUI) favoreciendo en ambos casos a los machos. La talla de primera madurez sexual fue de 15.33 cm en el borde de Amate y en Huitchila de 14.3 a 14 cm para hembras y machos respectivamente. Los índices IGS y IHS muestran dos periodos de reproducción de mayo a agosto para Amate y para Huitchila de abril a junio. La fecundidad media fue de 262 ovocitos/pez con diámetros de 300-2500 μm AA y HUI con 389 ovocitos/pez con diámetros de 400-1300 μm .

Zona de Estudio

La zona de estudio se encuentra ubicada en el estado de Morelos, que se encuentra ubicado en la parte central de la República Mexicana, en la vertiente sur de la serranía del Ajusco y dentro de la cuenca del río Balsas. Está situado entre los paralelos 18°22'05" y 19°07'10" latitud norte, 93°37'08" y 99°30'08" longitud oeste. Colinda al norte con el Distrito federal y el Estado de México; al sur con Guerrero; al este con Puebla; y al oeste con el Estado México y Guerrero (SEGOB, 2010).

El embalse se encuentra ubicado en la localidad de Huitchila, que pertenece al municipio de Tepalcingo que se encuentra en el extremo sureste del estado de Morelos a los 18° 39'19.14" latitud norte y 98° 55'15.41" longitud oeste a 1,153 msnm. Geográficamente se ubica en la región de fisiográfica del eje neovolcánico y en las subprovincias: Lagos y volcanes de Anáhuac y Sierra del sur de Puebla (Anónimo, 1994).

Limita al norte con los municipios de Ayala y Jonacatepec; al sur con Tlaquiltenango y el estado de Puebla; al este con Axochiapan y Jonactepec y al oeste con Ayala y Tlaquiltenango. Tiene una superficie total de 349.713 km² que representa el 7.05% total del estado (SEGOB, 2010; Granados-Ramírez *et al.*, 2015).

Clima: De acuerdo a la clasificación de Köpen modificada por García (2004), la zona tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw(w)ig), con una temperatura media anual de 24°C y una precipitación promedio anual de 865.2 mm³ (INEGI, 2013).

Hidrografía: Pertenece a la región hidrológica RH18Fb y a la subcuenca de Cuautla (INEGI, 2013). Cuenta con escurrimientos de la barranca de Amayuca, que se transforma en el río Tepalcingo, debajo de la cabecera municipal, recibe las aguas de los manantiales de Atotonilco, pasa cerca de Ixtlilco el Grande y sirve de límite con el municipio de Axochiapan, unos kilómetros más abajo recibe las aguas del arroyo de Texcaltepec. Existen pequeñas presas, 6 bordos y 63 pozos (SEGOB, 2010; Granados-Ramírez *et al.*, 2015).

Geología: El estado está constituido en su mayor parte de depósitos del periodo neógeno (90.20%), Paleógeno (4.14%), Terciario (2.06%), Cretácico (0.96%), Cuaternario (0.81%). Los tipos de roca ígnea son andesita-toba (61.22%) y toba acida (4.14%) y roca sedimentaria: arenisca-conglomerados (28.98%), limolita-arenisca (2.06%) y calizas (0.96%), conglomerados (18.29%) y lutita-arenisca (2.39%).

Edafología: El tipo de suelo dominante es el Leptosol (64.47%), Vertisol (18.21%), Phaeozem (7.91%) y Durisol (7.58%) (Anónimo, 2009).

Vegetación: Está constituida principalmente por selva baja caducifolia, algunas de las especies representativas son: jacaranda (*Jacaranda spp. Juss*), tabachín (*Caesalpinia pulcherrima*), cazaguate (*Ipomoea arborescens*), ceiba y bugambilia (*Bougainvillea*).

Fauna: La constituyen venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), jabalí de collar (*Pecari tajacu*), mapache (*Procyon*), tejón (*Taxidea taxus*), armadillo (*Dasyopus novemcinctus*), liebre (*Lepus*), conejo (*Silvylagus floridanus*), coyote (*Canis latrans*), gato montés (*Lynx rufus*), comadreja (*Mustela frenata*), cacomixtle (*Basariscus astutus*), tlacuache (*Marmosa mexicana*), murciélago (*Chiroptera*), pájaro bandera (*Trogon mexicanus*), chachalaca (*Ortalis*), urraca copetona (*Calocitta Formosa*), zopilote (*Cathartes aura*), lechuza (*Tyto alba*) y aves canoras (*Passeri*) y de ornato (SEGOB, 2010).

Morfometría y batimetría del embalse

De acuerdo a es un cuerpo de agua artificial construido por el hombre con una longitud máxima de 595.92 m y una anchura máxima de 250.04 m. Es un sistema relativamente somero con una profundidad máxima de 5.95 m con un volumen máximo de 280855.67 m³ y ocupa una área superficial de 11. ha.

CARACTERISTICAS MORFOMETRICAS

LOGITUD MAXIMA	595.92 m
ANCHURA MAXIMA	250.04 m
ANCHURA MEDIA	188.26 m
PERIMETRO	1636.33 m
ÁREA SUPERFICIAL	112190.9 m ²
VOLUMEN MAXIMO	280855.67 m ³
PROFUNDIDAD MEDIA \bar{z}	2.50
PROFUNDIDAD MAXIMA Z_m	5.95
PROFUNDIDAD RELATIVA Z_r	1.57
DESARROLLO DEL VOLUMEN D_v	1.26
DESARROLLO DE LINEA DE COSTA	1.37
RELACION $\bar{z}:Z_m$	0.42

Figura. 2. Características morfemetricas de Huitchila (Sánchez y Zamora, 2012).

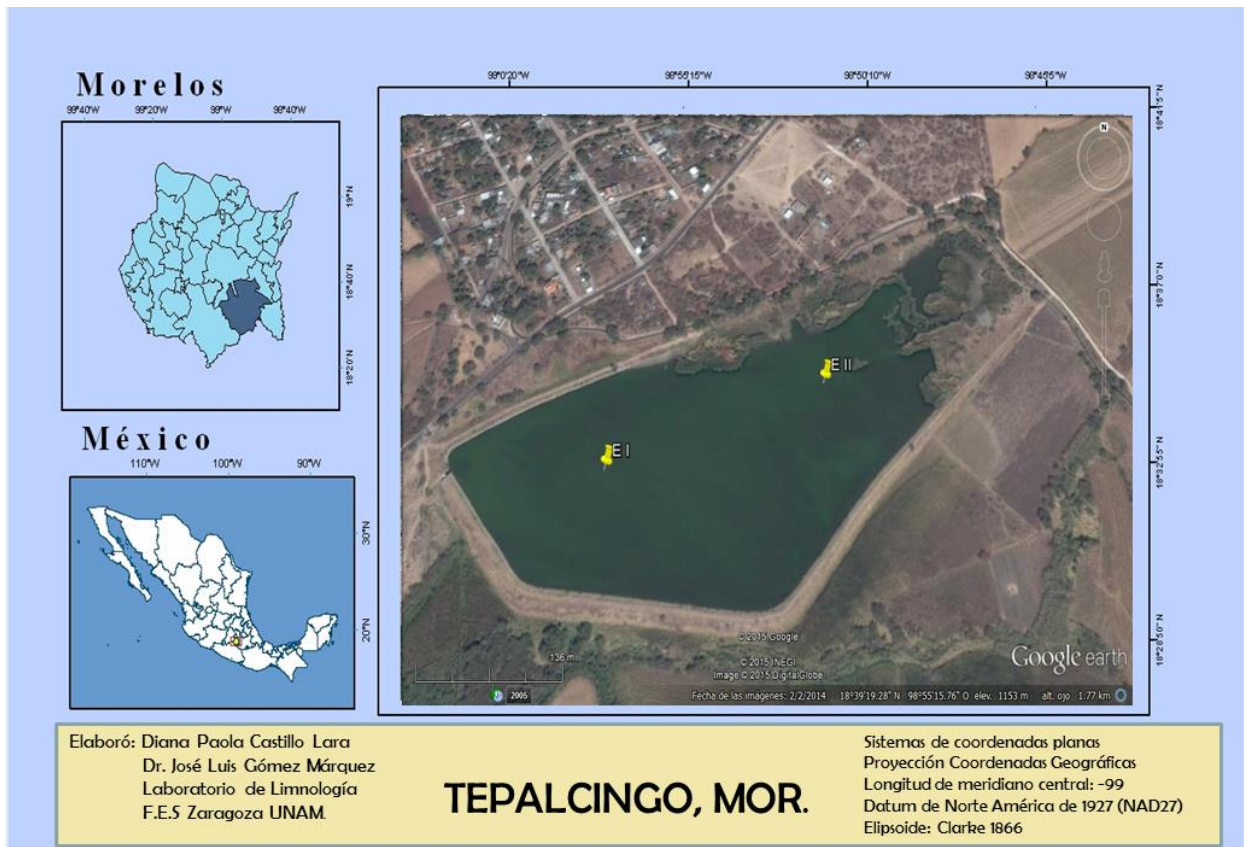


Figura. 3. Orientación geográfica, firma y orientación del embalse de Huitchila, Morelos, México



Figura. 4. Embalse Huitchila, Morelos, México.

Justificación

El propósito de esta investigación fue reconocer el ciclo reproductivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), ya que el conocimiento de su biología es esencial para la utilización racional del recurso, así como conocer la dinámica poblacional de la especie. El estudio está enfocado con fines de manejo y explotación pesquera de dicha especie, así como los factores asociados a ella, ya que son necesarios para proteger a los nuevos reclutas, predecir la variabilidad del reclutamiento y establecer el manejo adecuado para la especie.

La razón principal de tener el conocimiento es para el beneficio de las localidades; ya que para la localidad de Huitchila es un ingreso importante para la economía familiar que depende de esta actividad y un alimento de alta cantidad de proteínas.

Siendo la tilapia o mojarra uno de los recursos más explotados por estas comunidades, debido a sus características que la hacen apropiada para el cultivo y el objetivo es ofrecer la visión de general del ciclo reproductivo y para predecir potenciales cambios en la población además, de que es una región prioritaria para realizar estudios de evaluación ecología pesquera debido a que Morelos es la quinta zona pesquera más importante del país (INEGI, 2013)..

Objetivos

General

- Reconocer el ciclo reproductivo de la tilapia del Nilo por medio de índices de reproducción, en el embalse de Huitchila, Morelos, para un manejo adecuado del recurso.

Particulares

- Determinar la proporción de sexos para la especie en el embalse de Huitchila.
- Determinar la época o estación de reproducción de los peces en el embalse por medio los índices gonadosomático y hepatosomático y la madurez gonádica.
- Identificar la talla de madurez sexual y obtener el potencial reproductor de la especie por medio de la fecundidad absoluta y la fecundidad relativa de los especímenes.
- Establecer las relaciones entre el peso-longitud, fecundidad-longitud, fecundidad-peso y el factor de condición para la especie en estudio como indicadores del desarrollo de la especie.
- Analizar los parámetros físicos y químicos del agua del embalse debido a las posibles influencias del medio ambiente en la dinámica de la reproducción de *O. niloticus*.

Material y Métodos

La investigación se dividió en 3 fases:

- Fase de campo
- Fase de laboratorio
- Fase de gabinete

Fase de campo

Se realizaron colectas mensuales de 30 organismos de marzo de 2013 a junio de 2014, obtenidos de la pesca comercial por parte de los pescadores con una atarraya de 6.5 cm luz de malla. A la muestra de organismos se les tomaron las siguientes mediciones: longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura (A) con un ictiómetro de ± 1 mm y el peso total con una balanza digital (marca Ohaus Triple Beam, peso máximo 300g precisión ± 0.1 g).

La identificación de sexos se realizó por medio de la observación directa de las gónadas, mismas que se expusieron al realizar un corte ventral desde la abertura anal hasta la cintura escapular de los organismo una vez abierto el pez, se extrajeron las gónadas, hígado, tracto digestivo, peso eviscerado mismos que se pesaron con una balanza digital así como el peso el pez eviscerado. Posteriormente se determinó el estado de maduración de las gónadas con base en la escala macroscópica propuesta por Holde y Raitt (1975) modificada por Peña-Mendoza *et al.*, (2011), (véase anexo I) las gónadas de cada organismo se almacenaron y fijaron con formol al 10% neutralizado con fosfato de sodio.

Se tomó la fecha de colecta, la hora, la nubosidad y la temperatura ambiente la cual se midió con un termómetro de inmersión (de -1 a 51°C de decimas marca BRANNAN), para el muestreo de agua se registró la visibilidad del agua del embalse por medio del disco de Secchi, se establecieron dos estaciones de muestreo (tomando en cuenta la salida y entrada del sistema) a dos niveles de profundidad (0.30 y 1.0 m). Se recolectaron las muestras de agua con una botella de Van Dorn de dos litros de capacidad y se almacenaron en botellas de plástico de 1L para los análisis posteriores. Se determinó la temperatura del agua y el oxígeno disuelto por medio de un oxímetro marca HANNA modelo HI9146. *In situ* se determinaron los siguientes parámetros, la alcalinidad por el método de indicadores y la dureza total y de calcio por el método volumétrico con EDTA 0.01 M (Cervantes, 1984; Wetzel y Likens, 1991; APHA, AWWA y WPCF, 1992) y la conductividad, el pH y los sólidos disueltos con la ayuda de un multiparámetro marca HANNA modelo HI991300.

Fase de laboratorio

Posteriormente en laboratorio se realizaron los análisis de agua de los siguientes parámetros; amonio por el método de azul de indofenol (Cervantes, 1984) y clorofilas por el método complejométrico (Wetzel y Likens, 1991), para conocer el comportamiento del agua en el embalse durante el estudios, así como, las posibles influencias de los factores ambientales y de la biomasa alimenticia para la reproducción de la especie.

A los ovarios y testículos de la muestra de peces, se les registró la longitud total y diámetro con la ayuda de un vernier digital (marca Mitutoyo modelo 006130 precisión ± 0.1 mm) y el peso con una balanza electrónica con precisión ± 0.01 g, además los ovarios fueron abiertos para el conteo de ovocitos con la ayuda de un estereoscopio, así como la medición del diámetro de los ovocitos con la ayuda de un microscopio de disección equipado con un micrómetro ocular y una cámara adaptada para la toma de fotografías con el programa Motic Images Plus ver 2.0, (2005), esto para determinar la fecundidad total y la fecundidad relativa (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005)(véase anexo II).

Fase de gabinete

Por último, todos los datos obtenidos de la biometría de los organismos se sometieron a las siguientes estadísticas.

Histograma de tallas: Se agruparon los datos mensualmente, separando hembras y machos y se determinó la frecuencia de las longitudes por medio de la regla de Sturges, con el fin de localizar la longitud modal de la mayoría de los organismos. Se elaboró un histograma de la longitud total distribuyendo los organismos en clases de 0.5 y se graficó por mes y sexo.

Proporción de sexos: Se determinó por el número total de individuos, calculando el porcentaje de hembras y machos. Para comprobar que no existe diferencias significativas se realizó una prueba de bondad de ajuste de Chi-cuadrada ($p < 0.05$) (Márquez, 1988) de manera mensual y anual.

Relación peso-longitud: Se considera un parámetro para predecir y evaluar el grado de salud y las condiciones favorables para el crecimiento de los organismos (Naz *et al.*, 2013) y son utilizadas con frecuencia para modelar las tendencias de la biomasa basados en la talla y en el manejo de poblaciones de importancia económica (Agboola y Anetekhai, 2008; Treer *et al.*, 2008; Cifuentes *et al.*, 2012). Se calculó con base en la siguiente formula:

$$P = aL^b$$

Dónde: P= peso del individuo
L= longitud del organismo
a y b= constantes

La ecuación se transformó de manera lineal mediante el uso de logaritmos.

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

Para los peces el crecimiento puede ser de manera isométrico si $b=3$ y crecimiento alométrico si el valor de $b \neq 3$. Un valor menor de 3 indica que el pez es menos pesado para la longitud que alcanza y valor mayor a 3 indica que el pez es más pesado para longitud conforme incrementa la talla (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005.)

Para comprobar el valor de b se realizó una prueba de *t-student* mediante una prueba de hipótesis ($H_0: b=3$ y $H_a: b \neq 3$), para comprobar si es significativamente igual o diferente de 3. La ecuación que se utilizó es la propuesta por Pauly (1984).

$$t = \frac{e.s.x}{e.s.y} * \frac{|b - 3|}{\sqrt{1 - r^2}} * \sqrt{n - 2}$$

Dónde: e.s x= desviación estándar del logaritmo de la talla
e.s y = desviación estándar del logaritmo del peso
n = número de peces
 r^2 = coeficiente de correlación

El valor de b es diferente de 3 si t calculada es más grande al valor de tablas, con $n-2$ grados de libertad.

Talla de primera madurez sexual: Es la longitud media en la cual el 50% de los peces en desarrollo gonadal alcanza la madurez sexual. Se utiliza una curva logística donde se puede ajustar la proporción de individuos sexualmente maduros con relación a la longitud (King, 2007), utilizando la siguiente fórmula modificada (Sparre y Venema, 1997):

$$P = \frac{1}{1 + e^{(S1 - S2 * L)}}$$

Dónde: P=proporción de peces maduros
L= longitud patrón
S1 y S2= constantes calculadas por el modelo

Factor de condición: Fue expresado matemáticamente por Fulton (1902), por medio de este coeficiente es posible definir los cambios de condición de los peces con relación a la edad, sexo y ciclo estacional y puede emplearse como índice de productividad de las masas de agua (Nikolsky, 1963). Clark (1928) sugirió el cálculo del factor de condición a partir del peso eviscerado donde es posible definir la verdadera condición del pez sin el efecto del peso de la gónada y el contenido estomacal que puede enmascarar la verdadera dinámica de la condición del pez (Nikolsky, 1963) y se expresa de la siguiente manera:

$$K = \frac{Pe}{L^b} (100)$$

Dónde: K= factor de condición

 Pe= peso eviscerado de los organismos

 L= longitud total o patrón

 b= constante de la relación peso-longitud

La época o estación reproductiva se obtuvo por medio de los índices gonadosomáticos y hepatosomáticos graficando el promedio de los índices por mes y sexo.

Índice gonadosomático: Es el incremento del ovario en tamaño conforme aumenta el desarrollo y se compara la masa de la gónada con la masa del animal (King, 2007). Rodríguez (1992); Pérez y Padilla (2012) menciona que esto corresponde con el estadio de desarrollo gonádico, y alcanzando un valor máximo inmediatamente antes del desove. Esta relación puede expresarse mediante el índice gonadosomático (IGS) que se calcula con la siguiente fórmula:

$$IGS = \frac{\text{Peso gónada (g)}}{(\text{peso eviscerado del pez (g)})(100)}$$

Índice hepatosomático: Es la relación entre el peso del hígado y el peso de pez. Se aplica solo a las hembras ya que el hígado segrega vitelogeninas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo y es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove, siendo un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992; García, 2011).

$$IHS = \frac{\text{Peso del hígado (g)}}{\text{peso eviscerado del pez (g)}} (100)$$

Estados de madurez gonadal: se entiende como el grado de madurez de los ovarios y los testículos de los peces representados en una escala de estadios o grados de maduración sexual

(Martínez, 1984). Se graficó la proporción de estadios gonádicos por mes y por sexo para observar el comportamiento de los estadios durante el estudio.

La estimación de la fecundidad es utilizada para calcular el potencial reproductivo de la población y fue realizada por medio de la fecundidad absoluta y la fecundidad relativa.

Fecundidad absoluta: número de óvulos maduros que están contenidos en el ovario antes del desove, que es la estimación más adecuada de la fecundidad y se midió por medio del conteo total de óvulos del pez (Rodríguez, 1992; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Fecundidad relativa: número de óvulos sobre el peso total, donde se hizo un análisis de regresión lineal de los datos longitud patrón y peso con el número de óvulos, con la siguiente fórmula (Rodríguez, 1992; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005):

$$F = aL^b$$

Dónde: F= fecundidad del pez o número de óvulos
L= longitud del pez
a y b= constantes

Los valores de a y b que son unas constantes se obtuvieron por el método de mínimos cuadrados.

Relación fecundidad-longitud y fecundidad-peso: En la primera se reporta que existe una fuerte relación de la fecundidad con la longitud y para la segunda se dice que el peso somático cambia hacia el desove y la relación es de tipo lineal a diferencia con la talla que es de tipo potencial. Para determinar la relación de la fecundidad con la longitud y el peso se realizó una regresión lineal, que se transformó a logaritmos para presentar un mejor ajuste de los datos, con base a la siguiente formula.

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

Por último, se realizó el análisis de los parámetros físicos y químicos del agua, esto para conocer el comportamiento de los factores ambientales a lo largo del estudio. Se realizaron graficas de la temperatura ambiental, temperatura del agua, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y dureza, por meses principalmente en el momento del proceso reproductivo, para esto se realizó un análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992) por nivel y estación. También se realizó un análisis de correlación entre estas variables y los índices biológicos, esto para determinar si guardan relación entre sí.

RESULTADOS

En el presente estudio se realizaron muestreos mensuales para el análisis de los aspectos reproductivos de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en el embalse de Huitchila Morelos, de marzo de 2013 a junio de 2014. Se capturaron una total de 486 individuos, de los cuales 431 fueron machos, 49 fueron hembras y 6 organismos fueron indiferenciados, con tallas para los machos que oscilaron de 15.2 a 22 cm de longitud total (Lt) y peso total entre 70.9 a 198.8 g, mientras que para las hembras las tallas registradas fueron de 12.2 a 19 cm con peso total de 30.3 a 115.6 g (Tabla 1).

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

	MACHOS			HEMBRAS		
	Mín.	Máx.	X	Mín.	Máx.	X
Lt (cm)	15.2	22.0	17.9	12.2	19.0	16.9
Lp (cm)	12.2	17.3	14.0	9.7	15.0	13.2
Altura (cm)	4.1	7.5	5.3	3.6	5.6	4.9
Peso total (g)	70.9	198.8	103.4	30.3	115.6	89.5

La descripción de la estructura de tallas se realizó mediante el análisis de distribución de frecuencias de las tallas agrupados por intervalo de clase de 0.5 cm y los intervalos de talla en la que se registraron la mayoría de los machos fue a los 18.0 cm y para las hembras los intervalos fueron de 17 y 18 cm de Longitud total (Figura 5).

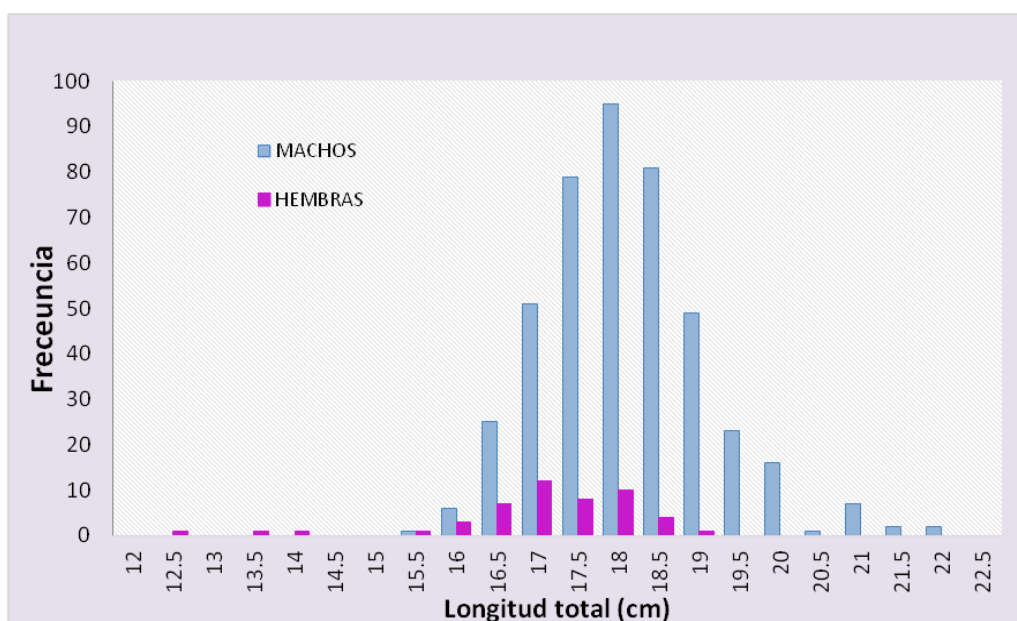


Figura 5. Frecuencia de tallas de machos y hembras de *O. niloticus*

Proporción sexual

De los 485 organismos capturados el 89.79% fueron machos, 11.36% hembras e indiferenciados el 1.23%, la proporción macho:hembra (M:H) obtenida para este estudio fue: 8.7:1 ($\chi^2=304.00$; $p<0.05$) favoreciendo a los machos durante todo el estudio. En la figura 6 se muestra la variación temporal de la proporción sexual, la cual muestra que a lo largo de todo el estudio los machos fueron los que dominaron, se puede observar que en los meses de junio y julio de 2013 y junio de 2014 solo se observó presencia de machos. En los meses de febrero y abril de 2014 fue donde se presentaron la mayor cantidad de hembras teniendo proporciones menores de 2.6:1 y 3.2:1 respectivamente. En todos los meses se muestran diferencias significativas.

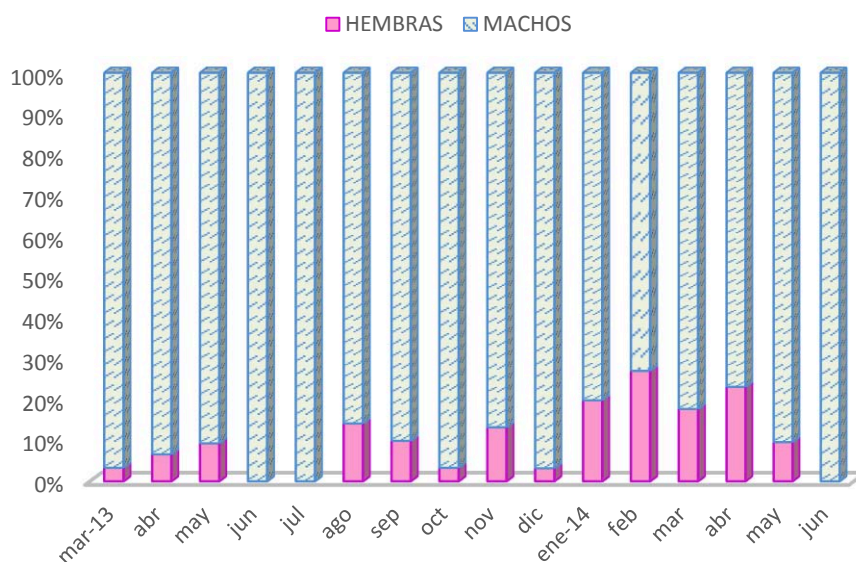


Figura 6. Variación mensual de la proporción sexual de hembras y machos

Relación talla-talla

Se realizó una regresión lineal entre la longitud total y la longitud patrón (Figura 7) y como resultado se obtuvo que el grado de correlación que guardan entre sí estas variables es alto ($r^2=0.9048$; $p<0.05$), indicando que la relación entre las longitudes es significativa; por lo tanto, los valores calculados por el modelo son adecuados para predecir una variable a través de la otra, cuando menos para los valores obtenidos dos peces de este sistema. Esto se hace para establecer la relación entre tallas de los organismos, además se puede utilizar como apoyo de comparación con otros estudios.

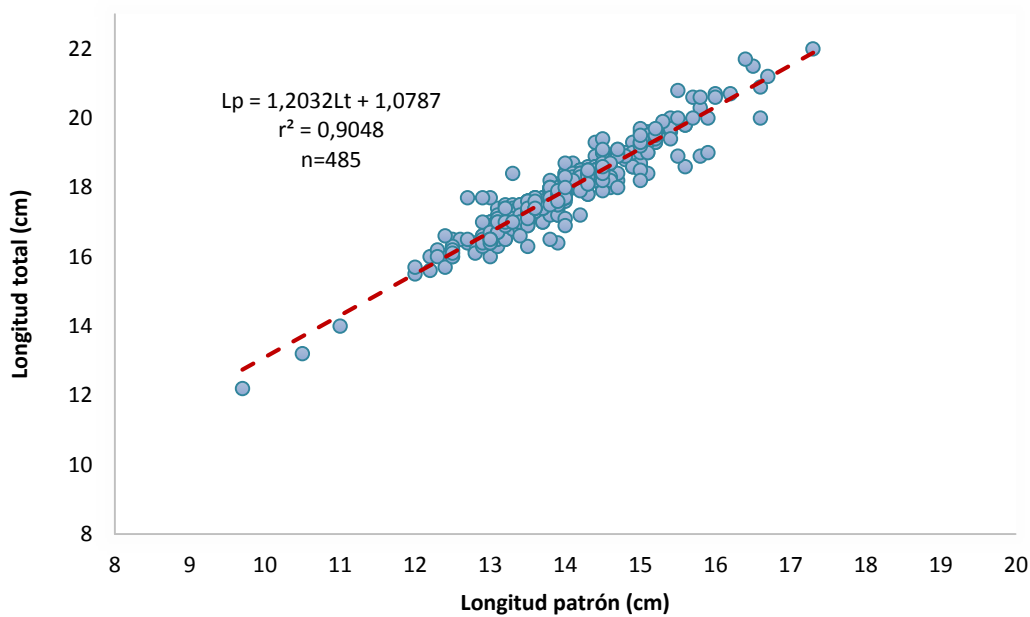


Figura 7. Relación longitud total - longitud patrón para la población de *O. niloticus*

Relación Peso-Longitud

Para establecer la relación peso-longitud se realizó una prueba de correlación de las variables longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y peso total (Pt) de todos los organismos y también por sexo, para definir cuál de estas variables tenía una mejor relación con el peso y se obtuvo que la longitud total tiene la mejor relación (0.916) con el peso, que la longitud patrón (0.896), resultados similares fueron para machos y hembras estableciendo una mejor correlación del peso con la longitud total (0.913 y 0.927 respectivamente) que con la longitud patrón (0.888 y 0.926 respectivamente) (Tabla 2 a, b y c).

Tabla 2. Análisis de correlación a). Total de organismos b). Machos y c). Hembras de *O. niloticus*.

a)			b)			c)					
	Lt (cm)	Lp (cm)	Peso (g)		Lt (cm)	Lp (cm)	Peso (g)		Lt (cm)	Lp (cm)	Peso (g)
Lt (cm)	1			Lt (cm)	1			Lt (cm)	1		
Lp (cm)	0,9494	1		Lp (cm)	0,9412	1		Lp (cm)	0,9758	1	
Peso (g)	0,9167	0,8964	1	Peso (g)	0,9131	0,8885	1	Peso (g)	0,9277	0,9269	1

a). Análisis de correlación organismos totales

b). Análisis de correlación para machos

c). Análisis de correlación para hembras

Para esta relación se llevó a cabo un análisis de covarianza (ANDECOVA $p < 0.05$) para determinar si existen diferencias significativas entre las variables de talla y el sexo (Tabla 3). Esta prueba mostró que sí existen diferencias significativas entre las pendientes de hembras y machos ($F = 11.39$; $p > 0.05$) por lo que se trabajó por sexos separados.

Tabla 3. Análisis de Covarianza del peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* por sexo

Parámetro	Estimado	Error		Estadístico	Valor-P
		Estándar	T		
CONSTANTE	-169,787	5,79821	-29,2827	0,0000	
Lt	15,2262	0,32252	47,2102	0,0000	
sexo	52,5156	14,9269	3,51818	0,0005	
Lt*sexo	-2,95162	0,874556	-3,37499	0,0008	

El análisis de regresión de peso total-longitud total para la población de *Oreochromis niloticus* mostró un comportamiento de tipo potencial con un coeficiente de determinación de $r^2 = 0.857$; ($p < 0.05$) (Figura 8), mismo comportamiento que mostraron hembras y machos presentando una diferencia mínima entre los coeficientes de determinación (Figura 9) y las muestras para los diferentes tiempos de captura (Figura 10).

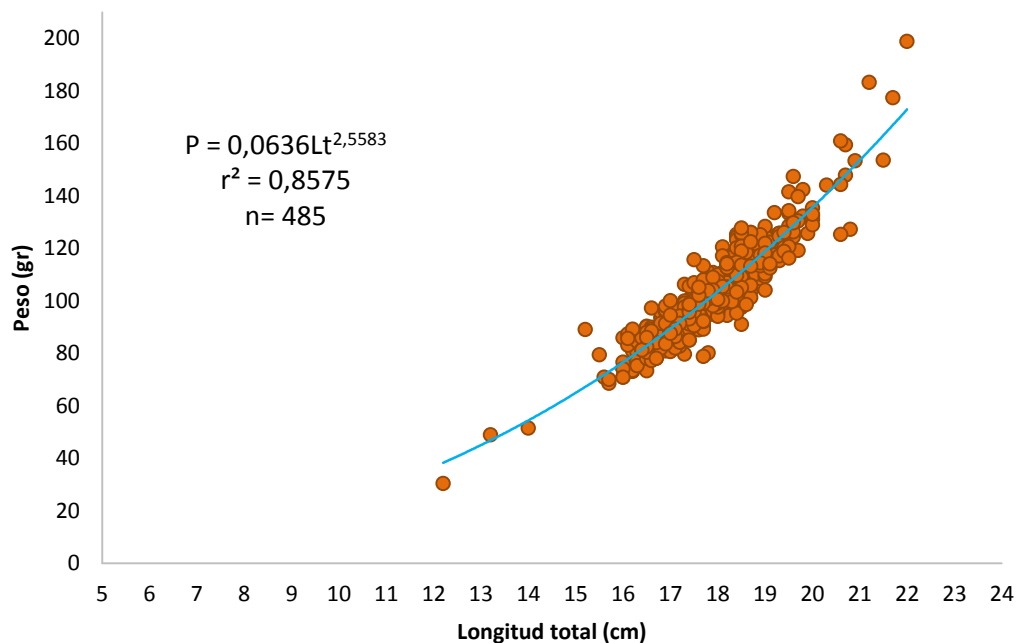


Figura 8. Relación peso total-longitud total para la población de *O. niloticus*

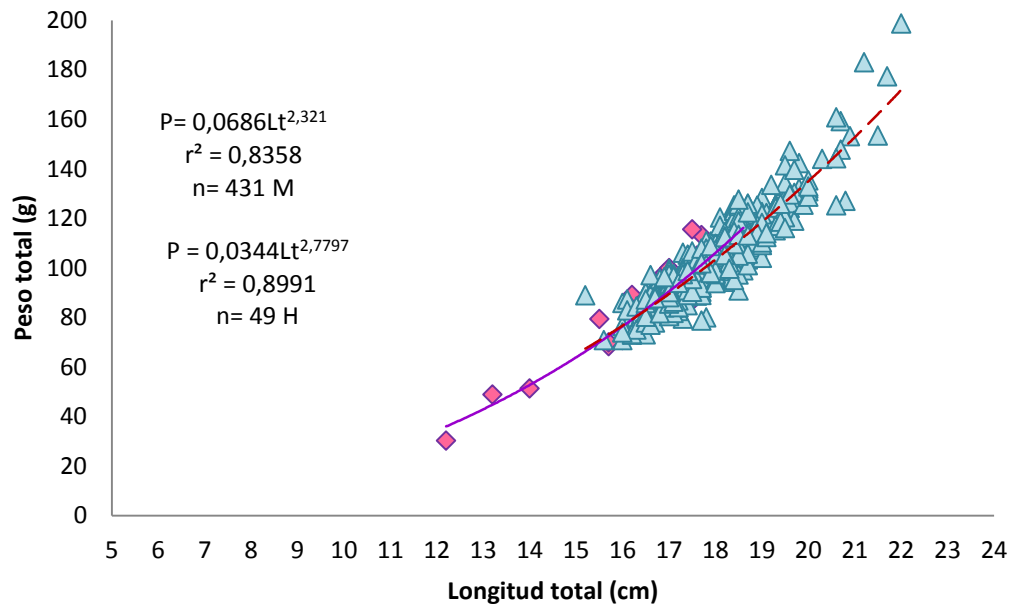


Figura 9. Relación pes total-longitud total para hembras y machos de *O. niloticus*

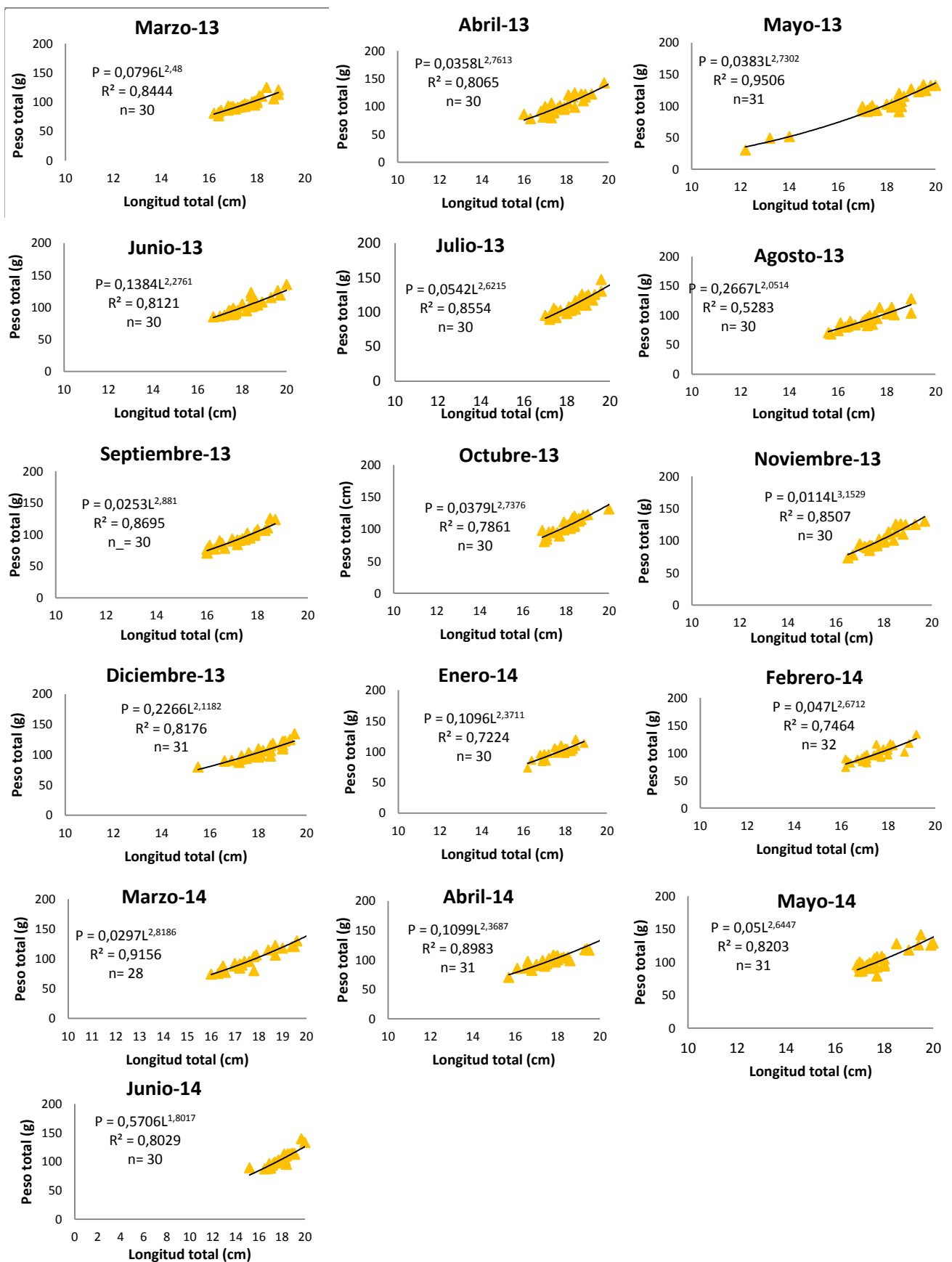


Figura 10. Relación peso-longitud en el periodo de marzo de 2013 a junio de 2014, para *O. niloticus*.

Para determinar el tipo de crecimiento que presenta la población se aplicó la prueba de *t-student* (Pauly, 1984) al valor de la pendientes de la población, por muestreo y sexo (Tabla 6). Los valores obtenidos por la prueba muestran que son diferentes de 3 (población $t = 9.180$; hembras $t = 1.714$ y machos $t = 8.128$; $p < 0.05$) y se obtuvo como resultado que el crecimiento en general es alométrico negativo, es decir, los organismos de *O. niloticus* crece más en longitud que en peso en este sistema.

Tabla 6. Prueba de *t-Student* para las pendientes de la relación peso-longitud mensual de *O. niloticus*.

Mes	Pendiente "b"	t calculada	n	Ho b=3	Tipo de crecimiento
mar-13	2,7096	18,826	30	Rechaza	alométrico negativo
abr					
may	2,863	8,828	30	Rechaza	alométrico negativo
jun	2,8602	18,617	31	Rechaza	alométrico negativo
jul	2,8516	22,319	30	Rechaza	alométrico negativo
ago	2,4663	14,928	30	Rechaza	alométrico negativo
sep	2,3856	20,627	30	Rechaza	alométrico negativo
oct	2,5049	5,385	30	Rechaza	alométrico negativo
nov	1,8324	9,269	30	Rechaza	alométrico negativo
dic	2,863	7,157	30	Rechaza	alométrico negativo
ene-14	2,0511	26,046	31	Rechaza	alométrico negativo
feb	2,1642	17,619	30	Rechaza	alométrico negativo
mar	2,2595	11,239	32	Rechaza	alométrico negativo
abr	2,4488	9,378	28	Rechaza	alométrico negativo
may	2,3336	26,643	31	Rechaza	alométrico negativo
jun	2,5276	5,644	31	Rechaza	alométrico negativo
mar-13	1,994	28,718	30	Rechaza	alométrico negativo
Hembras	2,9797	8,128	49	Rechaza	alométrico negativo
Machos	2,5320	1,7164	431	Rechaza	alométrico negativo
Total	2,5583	9,180	486	Rechaza	alométrico negativo

Talla de primera madurez sexual

El análisis de los organismos sexualmente maduros, que son considerados como la talla a la cual los peces comienzan con el proceso reproductivo, se obtuvo que tanto para machos como para las hembras presentes en el embalse de Huitchila, la talla media fue a los 15.17 cm de longitud total. Para el caso de los machos (Figura 11) el macho maduro más pequeño se registró a los 15.5 cm y el más grande fue a los 21.5 cm de longitud. Para el caso de las hembras debido a la ausencia de hembras y a que muy pocas de estas se encontraban en estadio de maduración, no se puede asumir con exactitud la talla de primera madurez sexual, la hembra madura más pequeña se registró a los 15.6 cm mientras que la más grande fue a los 18.6 cm de longitud total (Figura 12).

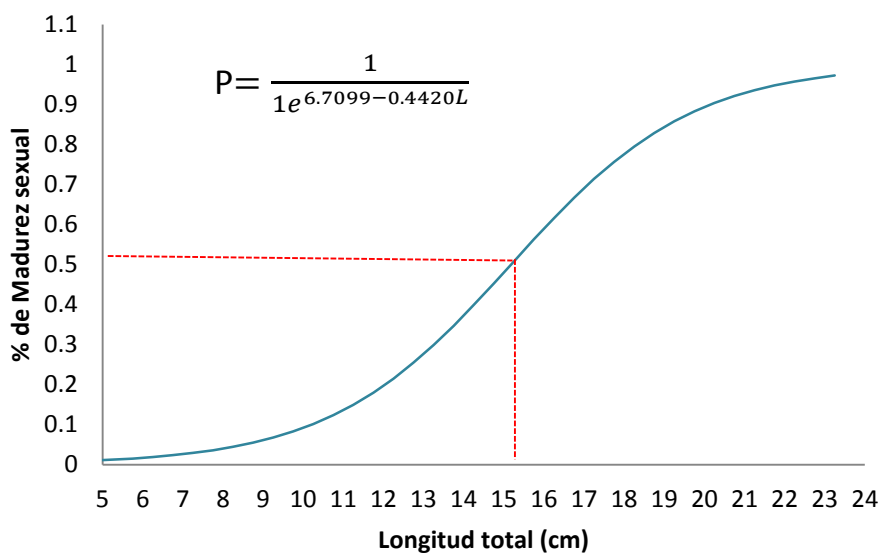


Figura 11. Talla de primera madurez sexual para machos de *O. niloticus*

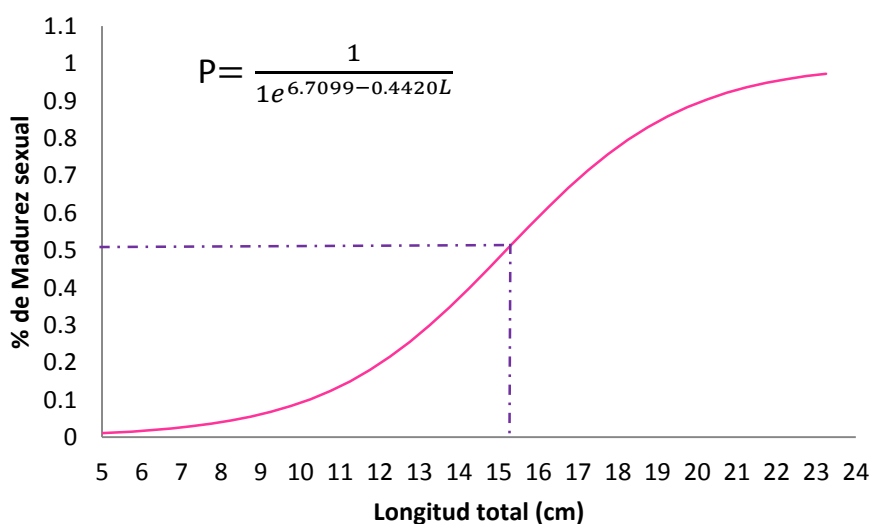
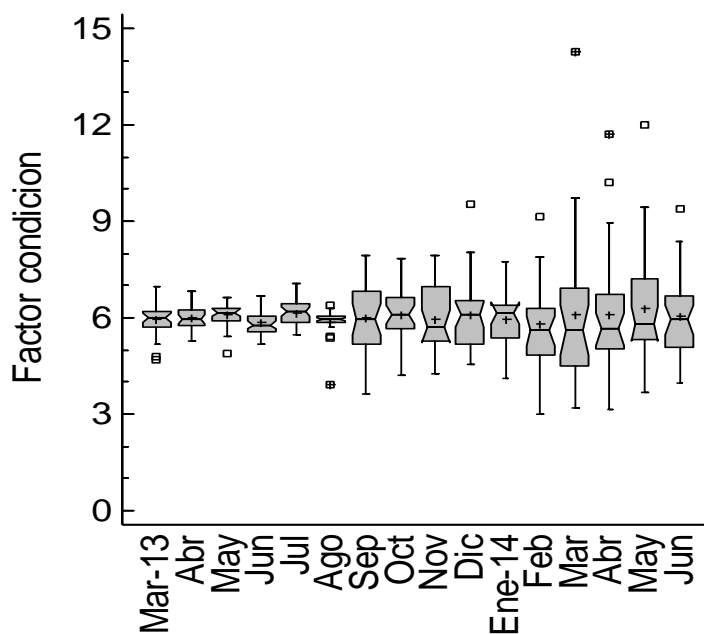


Figura 12. Talla de primera madurez sexual para hembras de *O. niloticus*

Factor de condición

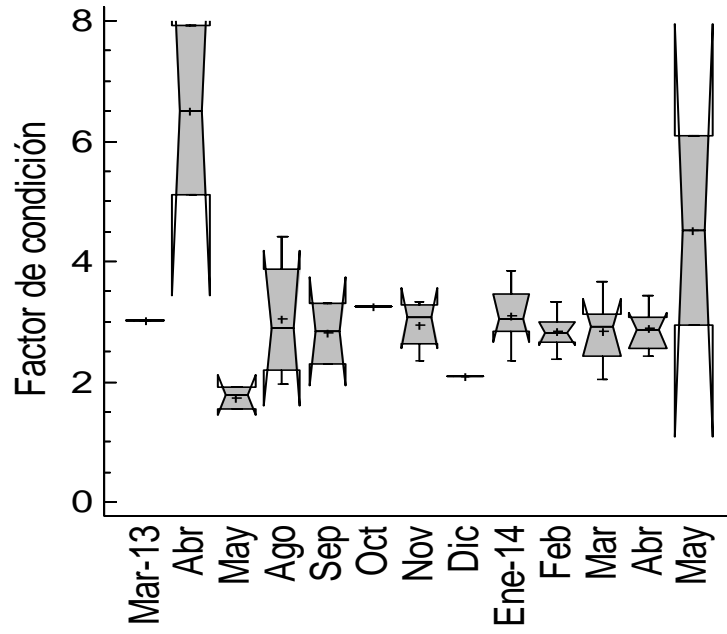
De acuerdo a Froese (2006) el factor de condición o grado de bienestar de los organismos es utilizado para comparar la condición de pez o de una población, basándose en que los peces de mayor peso a una determinada longitud presenta una mejor condición. Para el sistema acuático de Huitchila el valor de K muestra la variación del patrón observando diferencias entre hembras y machos; en la figura 13 se observan ligeras fluctuaciones a lo largo de todo el periodo de estudio para los machos, aunque se muestra el incremento en los valores de K a partir del mes de septiembre de 2013 (temporada de lluvias), en el grafico se puede observar que los valores más bajos se dieron de febrero a abril de 2014 mientras que los más altos se observan en noviembre de 2013 y mayo de 2014



para machos de *O. niloticus*

En el caso de las hembras los valores promedio mensuales del factor de condición a lo largo del período de estudio fluctuaron entre 1.97 a 7.92 con diferencias significativas entre cada mes, registrando que presenta dos máximos en el mes de abril de 2013 y mayo de 2014 mientras los valores más bajos se observaron en mayo de 2013 y diciembre de 2013 (Figura 14). Nótese que los meses de junio y julio de 2013 y junio de 2014 no se encuentran registrados en la gráfica debido a que en esos meses no se capturaron hembras. Las alzas del valor de K pueden estar asociadas al periodo reproductivo evidenciado la presencia de hembras maduras.

Los machos registraron una mayor condición que las hembras durante el estudio.



hembras de *O. niloticus*

Madurez gonádica

Para la madurez gonádica se realizaron gráficas de proporción de los estadios de maduración, para los organismos de *Oreochromis niloticus* de Huitchila se presentaron todos los estadios, que se obtuvieron de acuerdo a la escala macroscópica propuesta por Holde y Raitt (1975) modificada por Peña-Mendoza *et al.*, (2011). En la figura 15 se puede observar que el 1.37% corresponde a organismos indiferenciados estadio inmaduro (fase I), la mayoría de los machos se encontraban en estadio de desarrollo (fase II) con 72.54% presentándose durante todo el periodo de estudio, para el estadio de maduración (fase III) se obtuvo el 14.6%; para el estadio desove (fase IV) se registró el 7.5% en los meses de marzo-agosto de 2013 y marzo-junio de 2014 y para el estadio recuperación (fase V) solo registro el 3.8% de los machos que también se presentaron casi en todo el periodo de estudio.

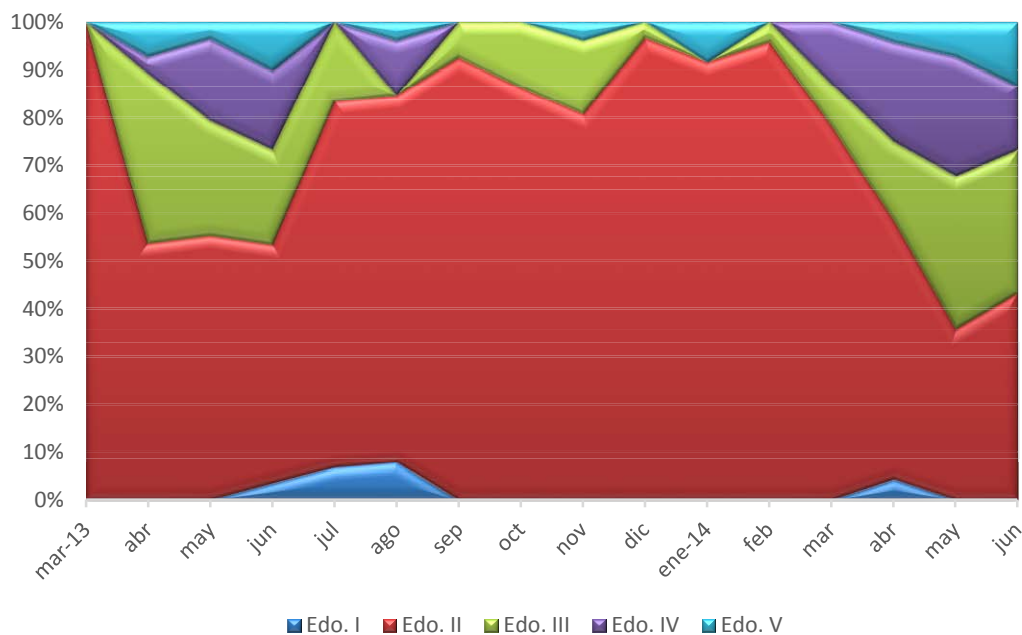


Figura 15. Variación temporal de los estadios de maduración gonadal para machos de *O. niloticus*

Para el caso de las hembras se registró que el estadio dominante fue el de desarrollo (fase II) con un 63.7%; el estadio de maduración (fase III) se obtuvo una menor proporción con el 12.2 %, observándose solo en los meses de marzo y agosto del 2013 y de enero a abril del 2014, para el estadio desove (fase IV) y estadio recuperación (fase V) solo se registraron en el periodo de febrero a mayo de 2014 con 6.12% y 14.2% respectivamente. Los meses de junio y julio no se muestran debido a que no se registraron hembras (Figura 16).

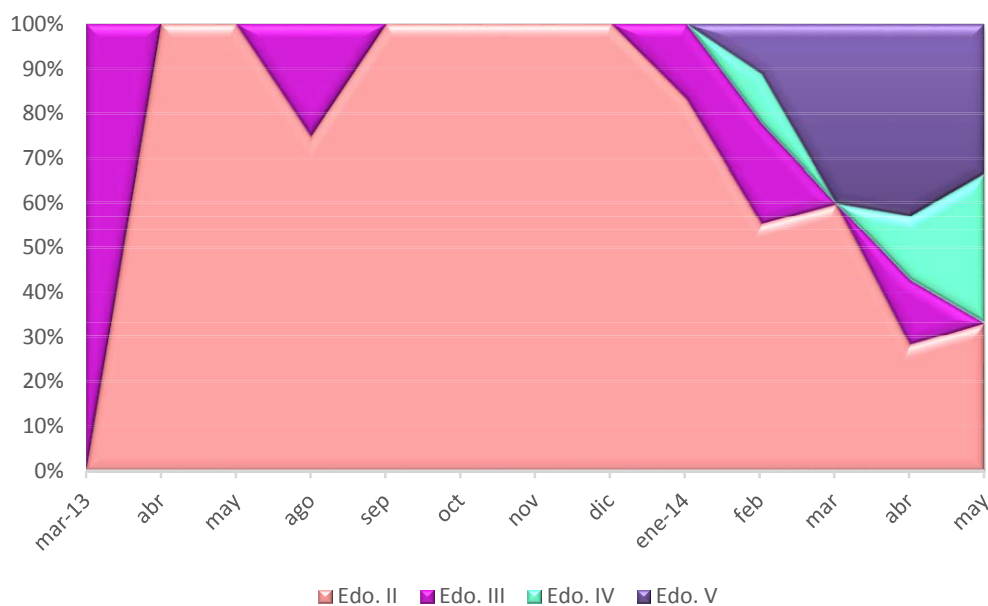


Figura 16. Variación temporal de los estadios de maduración gonadal para hembras de *O. niloticus*

En la tabla 7 se muestran los valores obtenidos de la biometría de los ovarios de *Oreochromis niloticus* por estadio de madurez gonadal. La longitud mínima que se registro fue de 14.6 mm que corresponde al estadio II, mientras que la longitud máxima fue a los 41.2 mm que corresponde al estadio IV. El diámetro mínimo registrado fue 0.3 mm que corresponde al estadio V y el valor máximo que se obtuvo es de 7.7 que corresponde al estadio de madurez IV.

Los resultados para la biometría de los testículos de *O. niloticus* se muestran en la tabla 8, la longitud mínima registrada fue 12.4 mm que corresponde al estadio II, la longitud máxima se obtuvo a los 60.4 mm para el estadio III. El diámetro mínimo registrado obtenido fue de 0.1 mm que corresponde al estadio de madurez II y el diámetro máximo es de 5.9 mm para el estadio de madurez V.

Tabla 7. Resumen de la biometría de los ovarios de *O. niloticus*

MADUREZ GONÁDICA	LONGITUD OVARIO DERECHO (mm)			DIAMETRO (mm)		
	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}
II	14.6	47.2	22.6	1.3	4.5	3.1
III	19.1	34.9	25.6	1.8	6.4	4.2
IV	37.9	41.2	39.6	2.3	7.7	4.6
V	24.3	31.1	27.8	0.3	4.2	1.5
MADUREZ GONÁDICA	LONGITUD OVARIO IZQUIERDO (mm)			DIAMETRO (mm)		
	Mín.	Máx.	\bar{x}	Mín.	Máx.	\bar{x}
II	14.3	14.6	19.1	1.0	4,6	3.2
III	19.1	19.1	37.9	2.0	7.0	5.6
IV	37.9	31.1	39.9	2.1	7.2	4.8
V	20.1	31.3	26.6	0.6	3.8	1.9

Tabla 8. Resumen de la biometría de los testículos de *O. niloticus*

MADUREZ GONÁDICA	LONGITUD TESTICULO DERECHO (mm)			DIAMETRO (mm)		
	min	máx.	X	min	máx.	X
II	12.6	58.6	32.3	0.2	3.9	1.6
III	22.0	59.1	39.8	1.2	5.6	2.9
IV	31.7	62.0	49.6	0.7	5.9	3.6
V	24.3	50.9	35.7	0.6	4.8	2.1
MADUREZ GONÁDICA	LONGITUD TESTICULO IZQUIERDO (mm)			DIAMETRO (mm)		
	min	máx.	X	min	máx.	X
II	12.4	49.7	32.5	0.1	4.5	1.6
III	24.1	60.4	39.9	1.2	7.0	3.0
IV	20.0	64.0	49.6	0.9	5.8	3.8
V	24.8	50.9	35.7	0.7	4.8	1.9

Índice gonadosomático

Para determinar la época o estación reproductiva se analizó la variación mensual del índice gonadosomático de machos y hembras, así como el índice hepatosomático de la muestra de hembras, a lo largo de todo el estudio. El comportamiento anual del índice gonadosomático de los machos muestra que la época de reproducción se llevó a cabo durante dos periodos, el primero de abril-agosto de 2013 y de mayo de 2014 (Figura 17) antes de la temporada de lluvias, con un valor máximo de 0.38 un mínimo de 0.19.

Para el caso de las hembras no se pudo observar un comportamiento del índice gonadosomático (IGS) debido a que la muestra no fue representativa, pero en la figura 18 se puede observar que los valores máximos se obtuvieron en el mes de marzo y mayo de 2014 y otro de menor valor en noviembre de 2013. Los valores oscilaron entre 0.88 y 0.11; también se puede observar que

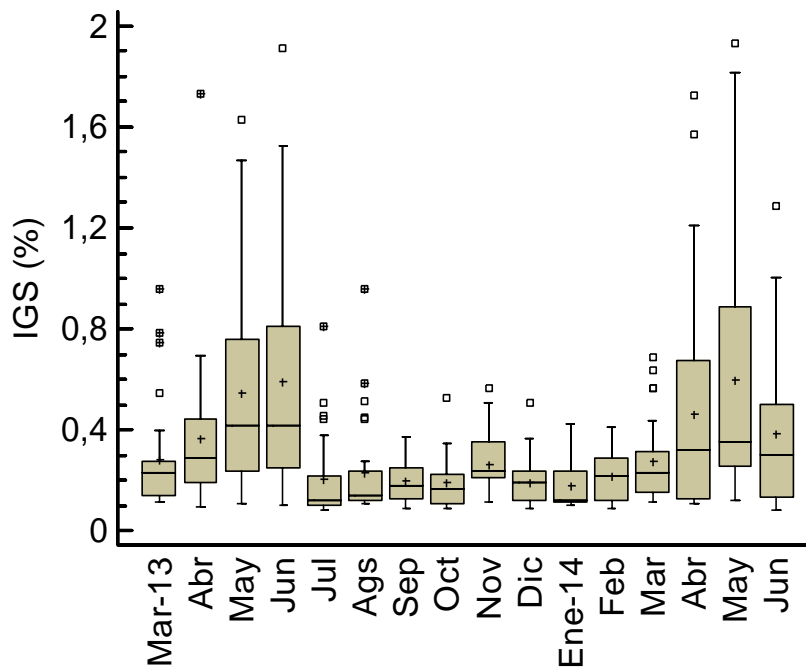


Figura 17. Comportamiento temporal de IGS de machos de *O. niloticus*

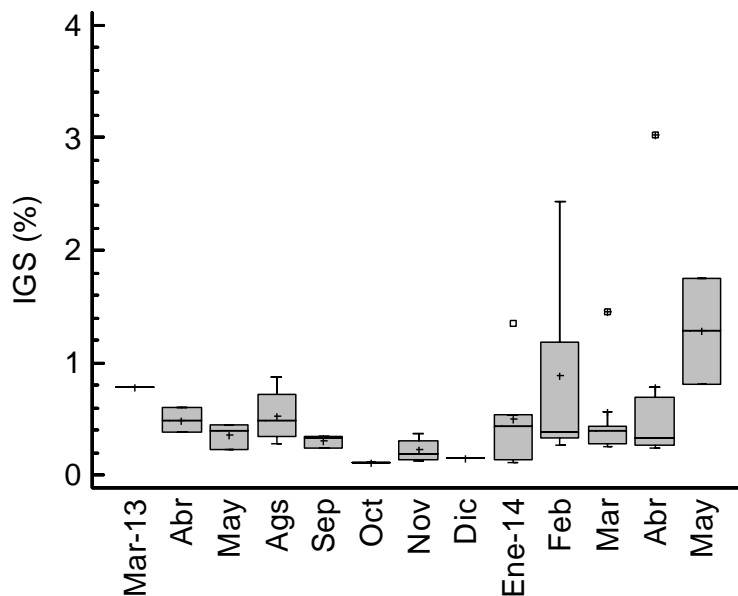


Figura 18. Comportamiento mensual del IGS para hembras de *O. niloticus*.

Índice hepatosomático

Con respecto al comportamiento del índice hepatosomático (IHS) de las hembras en la figura 19 se pueden observar las variaciones mensuales, aunque al igual que el IGS la muestra no es representativa, por lo que no se puede apreciar con claridad la relación del IHS con el IGS. En el gráfico se reconoce un pequeño incremento en el mes de mayo (1.44) y agosto (1.22) de 2013 y

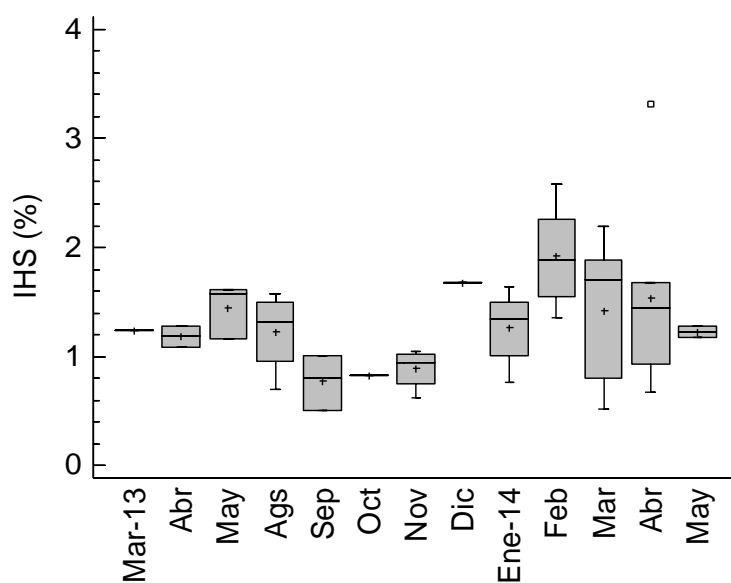


Figura 19. Comportamiento mensual del IHS para hembras de *U. niloticus*.

En la figura 20 se muestra las fluctuaciones de los promedios de los índices IGS de machos y hembras así como el IHS de las hembras. Aunque la muestra de hembras no es representativa se observa una ausencia en los meses de junio y julio, se puede apreciar que el comportamiento del IHS es inverso al IGS, claramente se nota en el mes de mayo, diciembre de 2013 y abril de 2014.



Figura 20. Variación temporal de los índices para la población de *O. niloticus*.

Fecundidad

La fecundidad absoluta osciló entre 163 a 1,165 ovocitos por pez con promedio de 551 ovocitos, con diámetros que van de 400 a 2500 μm en tallas entre 12.2 a 19 cm de Lt para todas las hembras. De acuerdo a cada estadio se observó una variación en el número de ovocitos; en la tabla 10 se muestran los valores para cada estadio de desarrollo gonadal. Se puede observar que los organismos presentan un desarrollo ovárico sincrónico por grupos y que la fecundidad es baja pero con un alto grado de supervivencia.

Tabla. 10. Resumen del número y diámetro de los ovocitos de *O. niloticus*

Madurez gonádica	Diámetro de ovocitos (μm)	Intervalo del número de óvulos		promedio
		Mín.	Máx.	
II	400-650	101	326	169
	700-850	62	294	188
III	400-600	110	162	136
	750-950	240	603	421
	950-1300	2	377	189
IV	400-800	235	243	239
	1100-2500	80	200	140
V	400-600	402	658	530
	700-800	345	444	394

Con la ayuda del programa Motic Images Plus ver 2.0, se tomaron fotografías de los ovocitos para obtener su tamaño (Figura 21), y se muestran los diferentes tipos de óvulos u ovocitos y los diferentes tamaños que presentan de acuerdo al estadio de desarrollo gonadal.

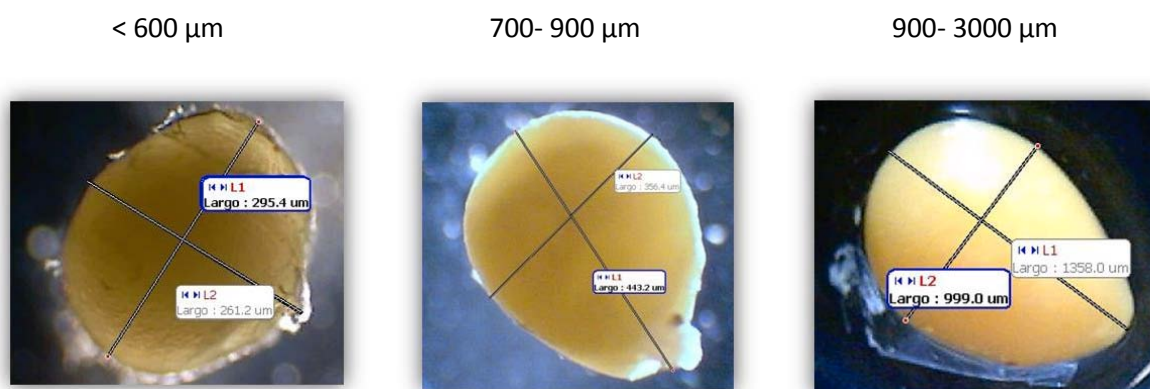


Figura 21. Intervalos de tallas de los óvulos de *O. niloticus*

Fecundidad relativa

Respecto a la fecundidad relativa solo se trabajó con 16 hembras maduras ya que de acuerdo con Bagenal (1978) se cuantifica el número de óvulos maduros de los ovarios antes del desove. Debido a la escasas de hembras en el estudio no se puede establecer bien la relación del número de ovocitos con la longitud o con el peso, en la figura 22 se muestran dichas relaciones, donde se observa una mayor correlación con el peso total ($r^2=0.1309$ $p<0.05$) que con la longitud total ($r^2=0.0244$ $p<0.05$), lo que indica que a mayor peso mayor cantidad de ovocitos.

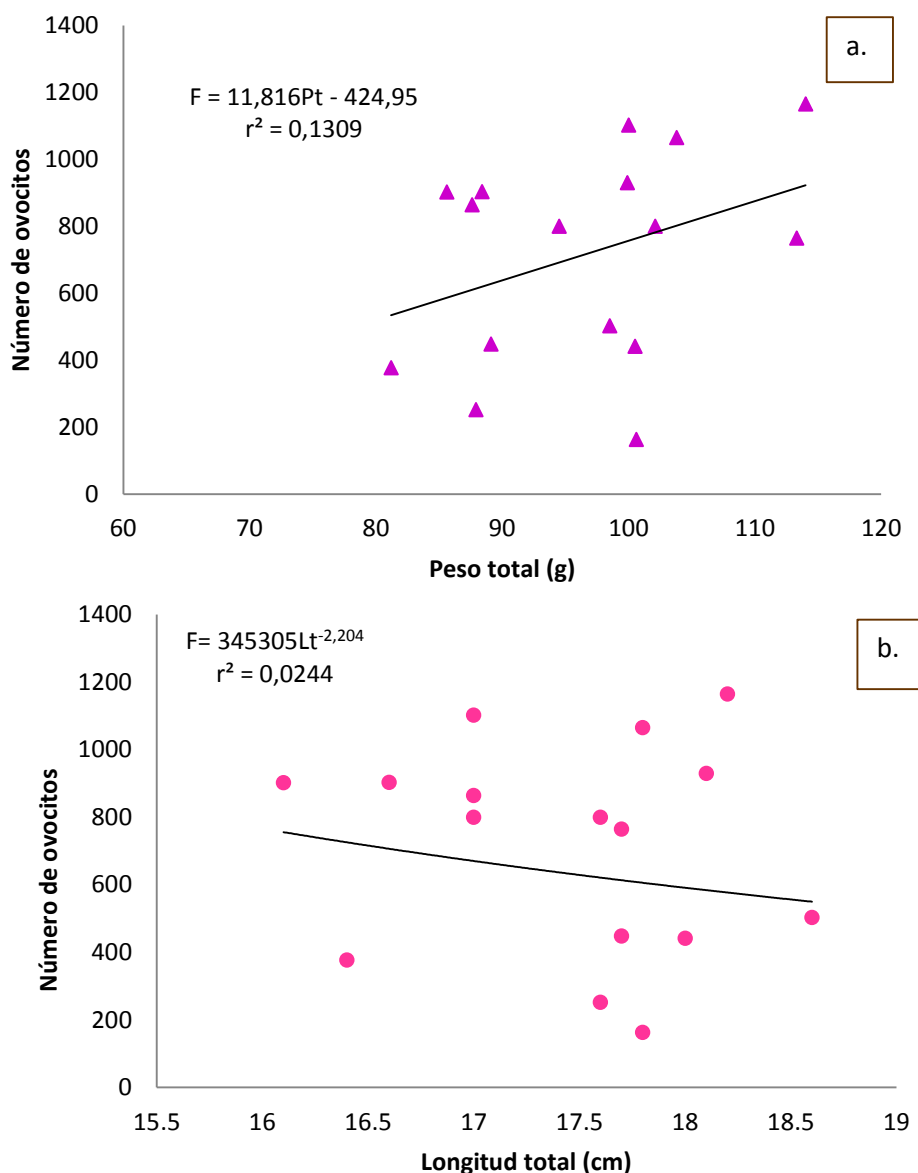


Figura 22. a. Relación longitud-número de ovocitos y b. relación peso-número de ovocitos de *O. niloticus*.

Parámetros físicos y químicos del agua

Para los datos de la calidad del agua primeramente se les aplicó una prueba para comparación de muestras y determinar si existían diferencias significativas entre estaciones y niveles. Dicha prueba fue una U de Man-Whitney para comprobar que no existieran diferencias significativas, los resultados que se obtuvieron fueron que la mayoría de los parámetros no mostró diferencias estadísticamente significativa entre niveles y estaciones, mostrando un comportamiento similar ya que está sujeto a las mismas condiciones climáticas y edáficas.

Como se puede observar en la figura 23, la temperatura del agua tuvo un comportamiento similar a la temperatura ambiental, con muy pocas variaciones a lo largo del estudio, oscilando entre 19°C y 26°C. De manera general la temperatura ambiental fluctuó entre los 26°C a 30°C, mostrando el valor máximo en el mes de abril de 2014 y el mínimo en enero de 2014.

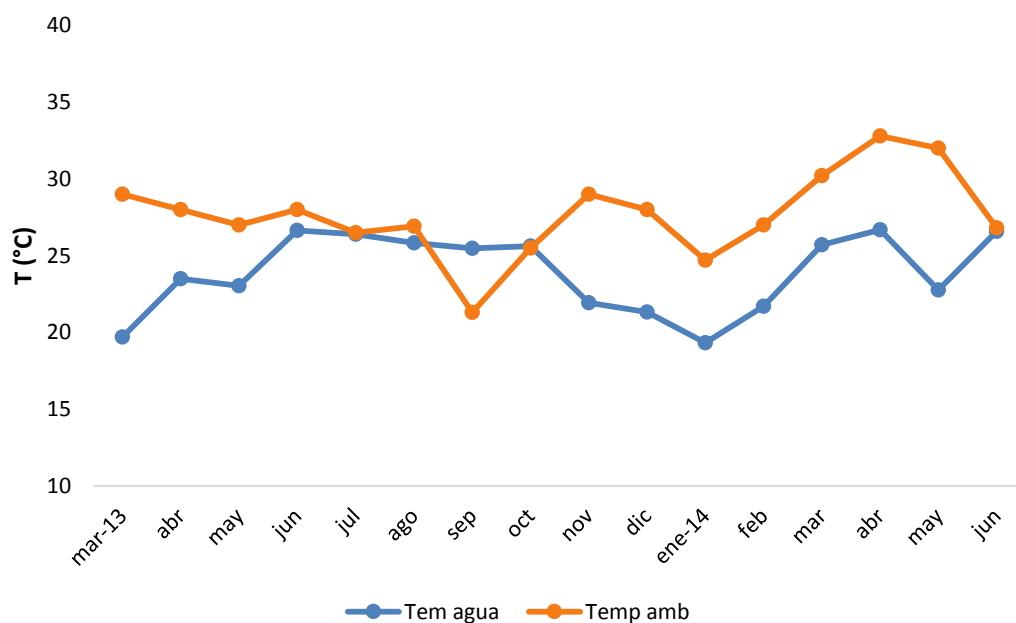


Figura 23. Comportamiento de la temperatura del agua y ambiental para el embalse de Huitchila

Respecto a la profundidad se pueden observar cambios drásticos en el embalse a lo largo del estudio, que coinciden con los periodos de secas y lluvias, el valor mínimo registrado en el mes de mayo (1.5 m) y el valor máximo en los meses de octubre y noviembre (4.6 y 4.7 m

respectivamente). El cambio en los niveles de profundidad del sistema, se deben a el efecto de los periodos de lluvias y secas y otros factores como son: la apertura del sistema que utiliza el agua para riego, la infiltración y la tasa de evaporación. Respecto a la visibilidad que se obtuvo por medio del disco de Secchi, esta osciló entre los 30 a 60 cm con valores mínimos en los meses de mayo y junio y el valor máximo en noviembre por efecto del llenado del cuerpo de agua (Figura 24).

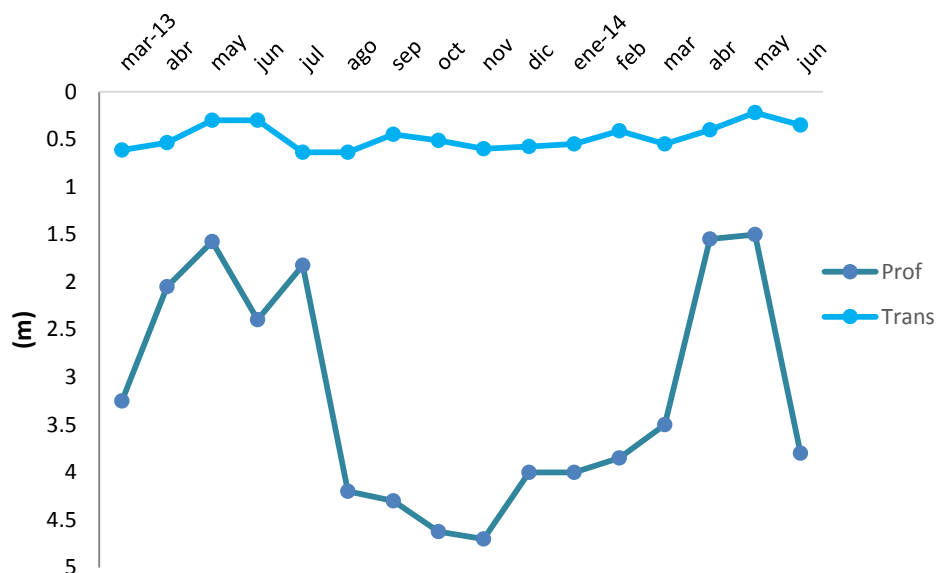


Figura 24. Comportamiento de la transparencia y la profundidad del Bordo Huitchila

En cuanto a la dureza de calcio, el valor mínimo se registró en el mes de enero (56.5 mg CaCO₃/L) y su máximo en febrero (148.6 mg CaCO₃/L); se puede observar dos comportamientos, uno en época de secas donde las concentraciones de sales de Ca⁺ y Mg⁺ aumenta y época de lluvias donde las concentraciones de estos iones bajan por efecto de dilución del cuerpo de agua (Figura 25). El sistema puede clasificarse como agua moderadamente dura. En cuanto a la alcalinidad los valores mínimos se registraron en los meses de junio (99 mg CaCO₃/L) y abril de 2014 (112.5 mg CaCO₃/L) y la concentración máxima en el mes de mayo de 2014 (279 mg CaCO₃/L), debido a que las concentraciones de dureza total y alcalinidad total tienen similares concentraciones se puede decir que el sistema posee aguas con buena productividad.

Respecto al a los valores de pH del agua, que es un factor que afecta a la dureza y la alcalinidad este se mantuvo fluctuando entre 8.1 a 8.8, por lo que el sistema se considera ligeramente alcalino.

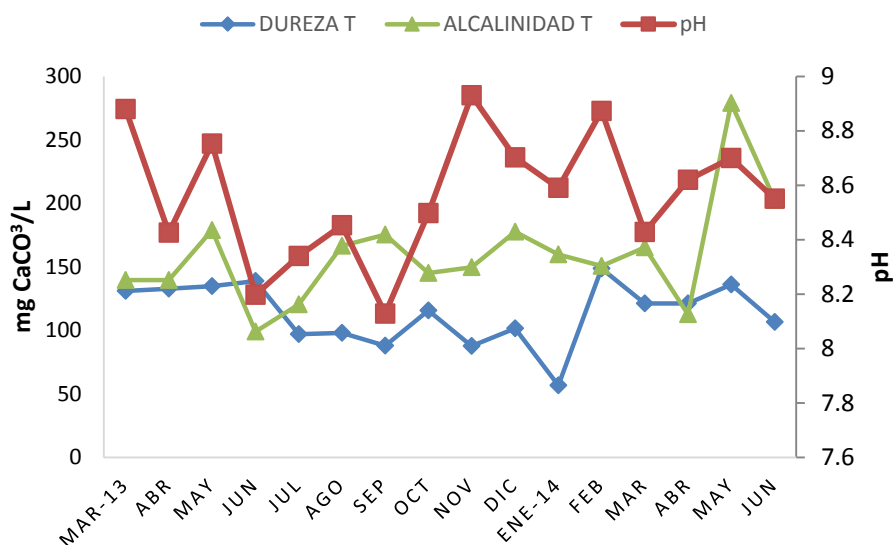


Figura 25. Comportamiento de la dureza, alcalinidad y pH Para el agua del Bordo Huitchila

La concentración de oxígeno disuelto (OD) es muy importante en las aguas de los sistemas acuáticos, ya que este gas interviene en diferentes funciones como la respiración y es un factor limitante. La temperatura y el oxígeno poseen una relación inversa. Respecto a los valores de oxígeno en el agua del Bordo Huitchila (Figura 26), se observa un máximo en el mes de agosto con 10.1 mg/L y un mínimo en mayo de 2014 con 1.3 mg/L, no se detectaron valores anóxicos. La concentración de oxígeno mantuvo variaciones a lo largo de todo el estudio, este gas tiene cambios constantes ya que lo afectan factores como la temperatura, la respiración y la velocidad e intensidad del viento.

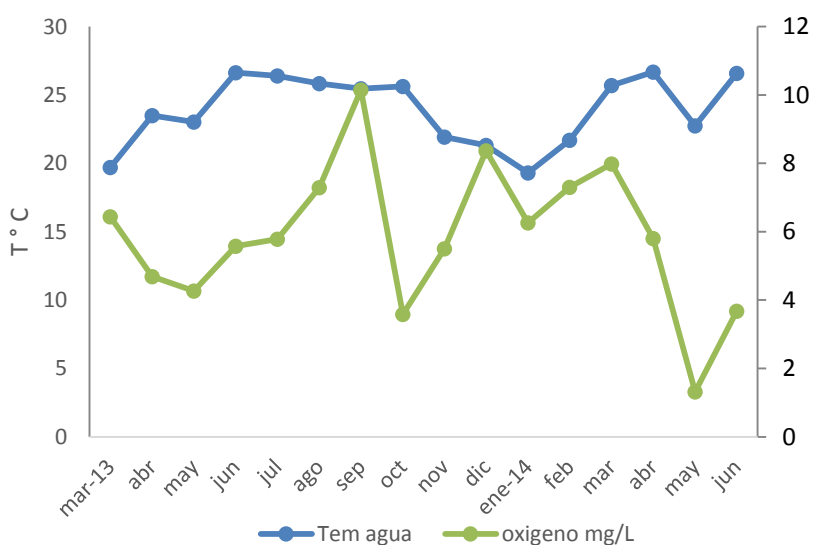


Figura 26. Comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura de agua del Bordo Huitchila.

La conductividad eléctrica y los sólidos disueltos (Figura 27) mostraron un comportamiento similar en sus concentraciones, las cuales están muy relacionados a lo largo del estudio, registrando valores máximos en mayo de 2013 y mayo de 2014 con 1,470 μs y 763.25 ppm y 1,467 μs y 763 ppm respectivamente; el valor mínimo se registró en octubre con 860 μs y 449 ppm. Se puede observar que en la temporada de secas se reportaron los valores máximos, mientras que en la temporada de lluvias las concentraciones disminuyen para ambos parámetros.

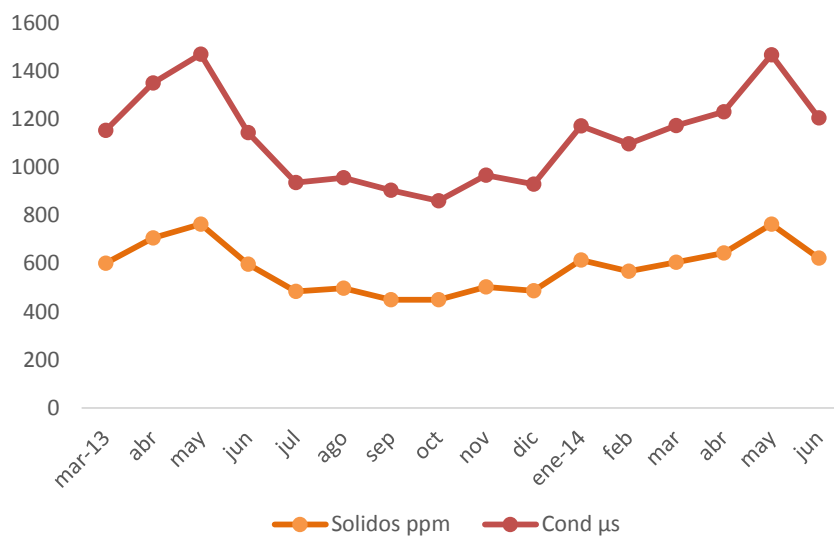


Figura 27. Comportamiento temporal de la conductividad y los sólidos para el embalse Huitchila

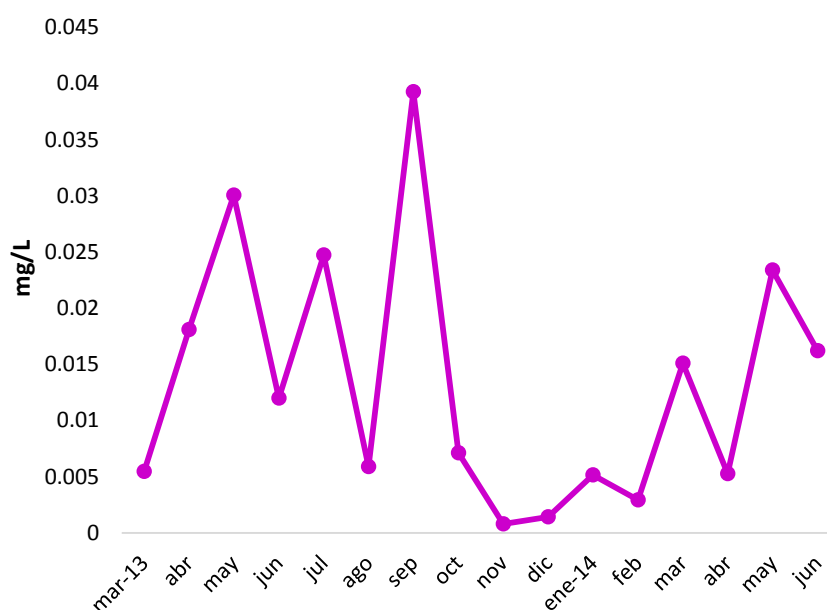


Figura. 28. Comportamiento temporal del amonio para el embalse de Huitchila.

El nitrógeno en forma de amonio en el sistema, fluctuó en concentraciones con valores mínimos en los meses de noviembre (0.0008 mg/L) y diciembre (0.001 mg/L) y dos valores máximos en el mes de mayo (0.030 mg/L) y septiembre (0.0392 mg/L); concentraciones como resultado del acarreo de materia orgánica en época de lluvias. Los valores que se obtuvieron para el embalse de Huitchila se encuentra por debajo de los niveles tóxicos que se reportan para la especie de *O. niloticus* (Figura 28).

Se realizó un análisis de dispersión entre los valores de los índices gonadosomáticos y hepatosomáticos con los factores ambientales para observar gráficamente la tendencia que presentan los datos para poder aplicar un análisis de correlación.

Los resultados de la correlación de Pearson se muestran en la tabla 11, en donde se puede observar la relación lineal entre las variables y los coeficientes de correlación y el segundo bloque muestra el valor-P que prueba la significancia estadística de las correlaciones estimadas, los resultados que se obtuvieron muestran que varias variables son diferentes de cero, por lo tanto, la relación no es lineal. Solo unas pocas variables tienen una relación que es el IGS M y Log Solid ($r=0.8216$; $p=0.0006$) y IGS H y Log Solid ($r=0.5609$; $p=0.0461$) las otras correlaciones entre las variables no fueron significativas o los valores de la asociación fueron muy bajos.

Tabla 11. Análisis de la correlación entre los parámetros del agua Huitchila y los índices de *O. niloticus*
Valor -P

	Log T agua	Log OD	Log pH	Log Solid	Log Amonio	Log IGS H	Log IGS M	Log IHS H
Log T agua		0,0213	-0,6169	-0,1851	0,3863	-0,0990	0,1994	-0,2430
Log OD	0,9450		0,0247	0,5448	0,1923	0,7475	0,5138	0,4237
Log pH	0,0213	0,9450		-0,2476	-0,5460	-0,2730	-0,2198	-0,6440
Log Solid	0,4148	0,0536	0,3668		0,4705	0,0175	0,7196	
Log Amonio	-0,6169	-0,2476	0,2783	-0,6104		0,1317	0,2278	0,4395
Log IGS H	0,0247	0,4148	0,3572	0,0267	0,6679	0,4541	0,1329	
Log IGS M	-0,1851	-0,5460	0,2783	0,4198	0,5609	0,8216	0,4532	
Log IHS H	0,5448	0,0536	0,3572	0,1533	0,0461	0,0006	0,1199	
	0,3863	-0,2730	-0,6104	0,4198	0,2165	0,4221	-0,2014	
	0,1923	0,3668	0,0267	0,1533	0,4774	0,1508	0,5093	
	-0,0990	-0,2198	0,1317	0,5609	0,2165	0,3957	0,4090	
	0,7475	0,4705	0,6679	0,0461	0,4774	0,1807	0,1652	
	0,1994	-0,6440	0,2278	0,8216	0,4221	0,3957	0,2354	
	0,5138	0,0175	0,4541	0,0006	0,1508	0,1807	0,4387	
	-0,2430	0,1104	0,4395	0,4532	-0,2014	0,4090	0,2354	
	0,4237	0,7196	0,1329	0,1199	0,5093	0,1652	0,4387	

Por último en la figura 29 se muestra la relación de la temperatura del agua contra los índices gonadosomáticos y hepatosomático para observar si guardan relación entre sí; se puede apreciar que cuando hay un incremento del IGS tanto de hembras como machos, coincide con temperaturas arriba de 27°C. En la figura 30 se muestran los índices contra la concentración de clorofila “a”, la cual osciló entre 8 y 37 µg/L durante el estudio, pero los meses de abril, mayo y junio de 2014 hubo un gran aumento en la concentración hasta de 424.6 µg/L. El valor máximo de los índices de los últimos meses del estudio corresponde los con los aumento de la biomasa en la temporada de secas, lo cual permite el desarrollo de los peces con abundante alimento.

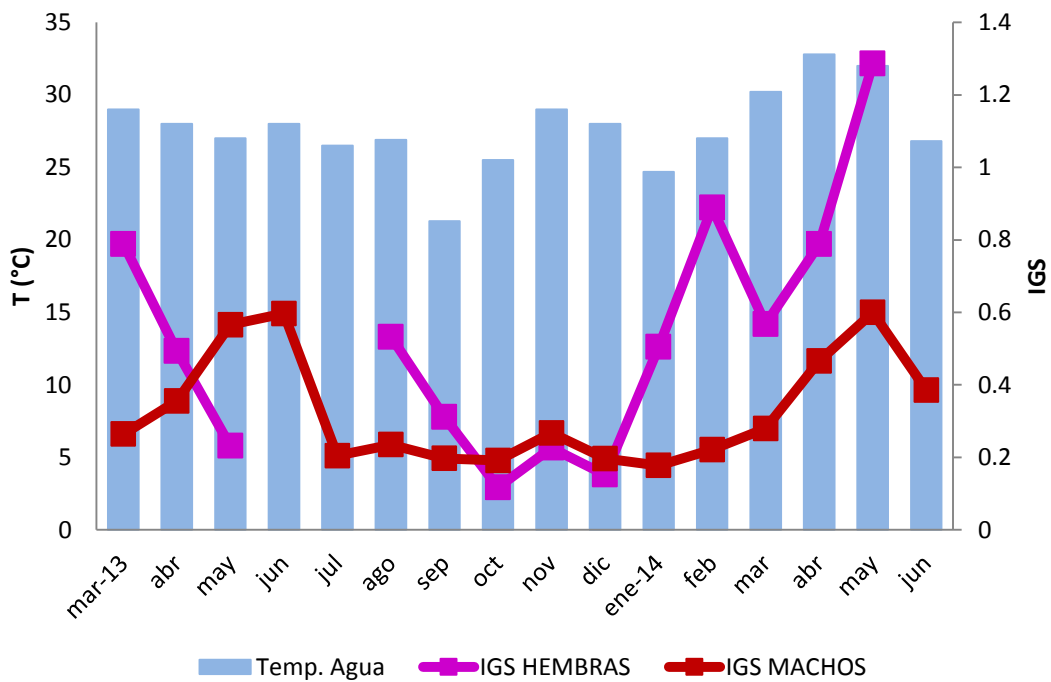


Figura 29. Relación de la temperatura del agua y el IGS de machos y hembras de *O. niloticus*

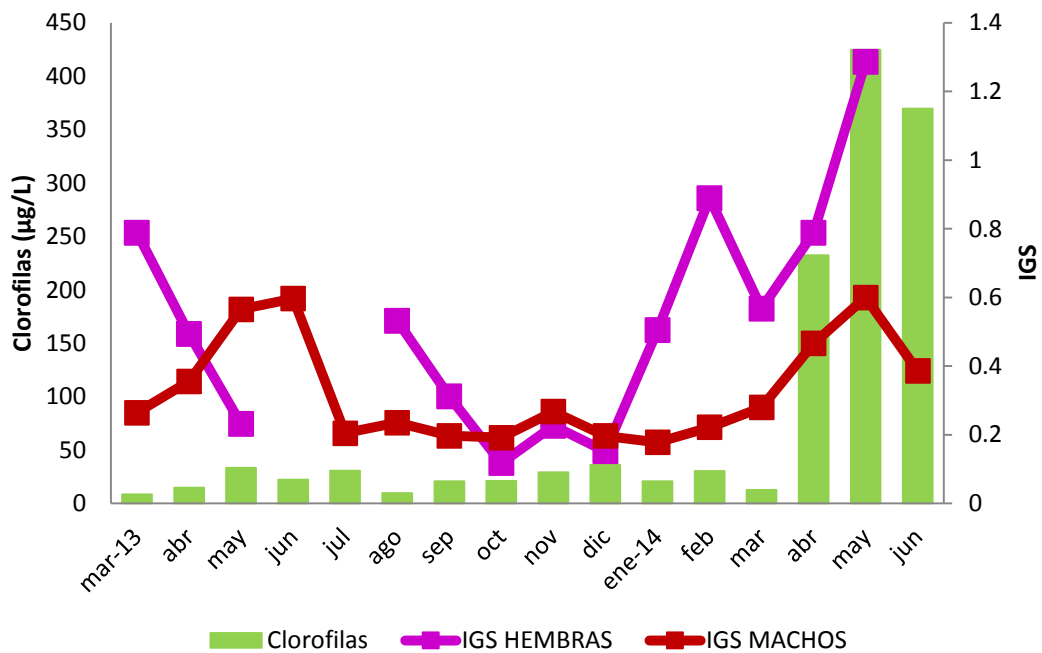


Figura 30. Comportamiento de la clorofila a con respecto a el IGS de machos y hembras de *O. niloticus*

Discusión

A diferencia de los resultados de este estudio autores como Beltrán-Álvarez *et al.*, (2009) reportan tallas que van de los 125 mm a 345 mm y pesos de 39 a 672 g para los individuos de la especie de *O. aureus* en la presa de Sanalona en el estado de Sinaloa. Peña *et al.*, (2010) para la misma especie registraron tallas que oscilan de 10 a 40.3 cm de longitud patrón y pesos de 20 a 1800 g en el embalse de Aguamilpa, Nayarit. Para organismos de *Oreochromis niloticus* autores como Ochotorena y Espitia (2005) reportan tallas y pesos de 11.9 a 31.5 cm de Lt y 27.6 a 600 g para machos y de 11 a 29.1 cm Lt y 27.6 a 450 g para hembras en el zoológico de la Habana, Cuba. Jiménez-Badillo (2006) reporta que para los organismos de la presa Infiernillo, obtuvo tallas de 15 a 30.5 cm de Lt y pesos entre 0.6 a 140.3 g, mientras que para organismos en el estado de Morelos, Gómez-Márquez *et al.* (2008), reportan tallas de 9.0 a 16.5 cm de Lt y pesos de 25.7 a 106.5 g para los machos y para las hembras tallas de 8.9 a 14.8 cm de Lt y pesos de 25.8 a 165 g. para *O. niloticus* en el lago Coatetelco, Morelos, Sastré (2008), al estudiar la población de la presa Emiliano Zapata, Morelos, reportó tallas de 5.1 a 28.5 cm Lt y pesos de 8.1 a 300 g y Pena-Mendoza *et al.*, (2011), reportan para organismos en la misma presa longitudes de de 9.9 a 20.9 cm Lt y pesos de 17.2 a 158.7 g. Resultados similares a los obtenidos para este estudio son reportados por diferentes autores, además de que se realizaron en el mismo sistema o en sistemas aledaños como el de García (2011) quien 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 *O. niloticus* del embalse la Palapa. Paredes (2013), quien trabajó en el mismo sistema de estudio obtuvo tallas para los machos de 13.7 a 24 cm de 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. Alcalá y Alvarado (2014), quienes trabajaron en el embalse Amate Amarillo registraron tallas para machos de 15.4 a 29.6 cm Lt y 64.7 a 300 g y para las hembras de 15 a 30.6 cm Lt y 60.9 a 300 g; mientras que para los organismos del embalse de Huitchila obtuvieron para los machos 12.3 a 31.8 cm de Lt y pesos de 38.8 a 582 g y para las hembras de 12.2 a 19.4 cm de Lt con pesos de 30.3 a 116.8 g.

Algunas de las diferencias de las tallas y los pesos obtenidas en el estudio y por los diversos autores puede deberse al tipo de arte de pesca, ya que, dependiendo de la luz de malla es como se capturan los organismos de las diferentes tallas (Nikolsky, 1963; King, 2007); de acuerdo con Gómez-Márquez *et al.*, (1993), la pesquería afecta la parte juvenil de la población y esta dinámica en la explotación impide que los embalses lleguen a ser autosuficientes desde el punto de vista de la reproducción-producción.

El crecimiento de los peces es afectado por diversos factores fisiológicos, nutricionales y ambientales; sin embargo, la temperatura es uno de los factores abióticos más importantes que afecta el crecimiento y la ingesta de alimento (Martínez *et al.*, 1996; Azaza *et al.*, 2007). Varios estudios reportan que la tasa de crecimiento aumenta con el incremento de la temperatura (Xiao-Jun y Ruyung, 1992; Watanabe *et al.*, 1993; Larsson y Berglund, 2005). Hauser (1977); Platt y Hauser (1978) y Arredondo *et al.*, (1994), han estudiado los efectos sobre las características de

crecimiento para la tilapia del Nilo y mencionan que la disponibilidad del alimento también juega un papel importante en el crecimiento de los peces, ya que la combinación y la calidad de éste son directamente proporcionales al crecimiento.

Existe una diferencia en la tasa de crecimiento de los machos siendo mayor a la de las hembras, debido a que éstos destinan mayores recursos energéticos al crecimiento, ya que los machos con mayores tallas tendrán más éxito reproductivo, mientras que las hembras destinan mayor energía a la maduración de los productos sexuales (Sastré, 2008).

Proporción sexual

Por lo que se refiere a la proporción sexual obtenida de la población de *Oreochromis niloticus* del embalse de Huitchila, ésta favoreció a los machos con un 89.79% mientras que la presencia de las hembras fue tan solo de 11.36% que es diferente 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 (Helfman *et al.*, 2007).

Diversos autores han reportado diferentes proporciones que no apoyan los resultados obtenidos en el presente estudio, como son: Bahkoum (2002) para el lago Edku, Egipto reportó proporciones para *O. niloticus* de 1:1.07 (H:M) para *O. aureus* de 1:1.20 (H:M) y para los híbridos de ambas especies de 1:1.07 (H:M). Kariman *et al.*, (2008), para *O. niloticus* del lago de Abu-zabal Egipto, registraron una proporción 1:1.37 (M:H), Tovar-Ortiz y Rodríguez-Castro (2009) para la especie *O. aureus* mencionan una proporción de 1:2.06 (H:M) en la presa Vicente Guerrero Tamaulipas, México, Novaes y Carvalho (2012) reportan una proporción sexual 1.3:1 (M:H $\chi^2= 24.911$ $p<0.000$) mencionando que las hembras predominaron durante el invierno en el embalse Barra Bonita en Brasil.

Proporciones sexuales en las que se observa mayor abundancia de machos y que muestran similitudes a las obtenidas para este sistema las reportan autores como Canseco (2004), quien menciona que para los individuos de *O. niloticus* de la presa Emiliano Zapata la proporción sexual fue de 6.9:1 ($\chi^2= 131.86$ $p<0.05$) mientras que para los organismos del lago Coatetelco fue de 3.2:1 M:H ($\chi^2= 74.36$ $p<0.05$). Manríquez (2005), obtuvo una proporción similar a la registrada para este sistema, la proporción fue de 8.85:1 M:H para *O. niloticus* del lago Coatetelco, y para los organismos del embalse de Huitchila Paredes (2013) obtuvo una proporción sexual de 6.2:1 (M:H).

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, fotoperiodo y pH del agua (Devlin y Nagahama, 2002; Strüssman y Nakamura, 2002; Ospina-Álvarez y Piferrer, 2008). Baroiller *et al.*, (1996), indican

que existe sensibilidad en los diferentes grupos fenotípicos de *O. niloticus* a los factores ambientales sobre la proporción de sexos. Existen diferentes estudios (Mbahinzireki y Dabrowski, 1997; Abucay *et al.*, 1999 ; Azaza *et al.*, 2007, y Bezault *et al.*, 2007) mencionan 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 en los que han obtenido que a altas temperaturas causa una disminución en el número de hembras y Conover y Fleisher (1986) mencionan que a temperaturas bajas la descendencia tiende a ser 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 zonas cercanas a la vegetación acuática o rocas que sirven como refugio para su protección durante la incubación de los huevos y el cuidado de las crías mientras se lleva a cabo la reabsorción del saco vitelino, a diferencia de los machos que se localizan en las zonas más someras para la alimentación y cerca de sus nidos para cortejar a otras hembras, lo que trae como consecuencia, que sean capturados con mayor facilidad (Ramos-Cruz, 1995; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Gómez-Márquez *et al.*, 2005).

Relación Peso-Longitud

Respecto a la relación Peso-Longitud este es un análisis muy importante dentro del estudio biológico pesquero y en la industria pesquera, ya que de acuerdo con esto, ayuda a proporcionar información sobre la condición en la que se encuentran los peces. Entre las utilidades está la posibilidad de determinar indirectamente el peso a través de la longitud y 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).

Para esta relación Peso-Longitud de los organismos en el presente estudio existieron diferencias estadísticamente significativas entre sexos, resultados similares a los reportados por Gómez-Márquez (2002) para la misma especie en el lago Coatetelo, Morelos; así como también García (2011), reporta diferencias significativas entre los sexos en el embalse de la Palapa.

Al realizar la relación entre la longitud y el peso por medio de la ecuación $P=aL^b$, el valor de “b” como la pendiente dio un modelo tipo potencial (tanto para hembras, como para machos y para la población total) y al aplicar la prueba de *t-student* se obtuvo que el tipo de crecimiento fue alométrico negativo, lo que indica que los organismo de este sistema presentan un mayor incremento en longitud que en peso, principalmente bajo condiciones naturales cuando hay competencia en el medio o algún otro efecto de depredación.

Para la tilapia se han obtenido diferentes tipos de crecimiento de acuerdo a la especie y sistema, todos los estudios reportan una relación de tipo potencial entre la longitud y el peso. Gómez-Ponce *et al.*, (2011), reportan para el híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* de la represa de Zimapán, Hidalgo, un tipo de crecimiento isométrico. Flores (2006), reporta que el tipo de crecimiento para *O. aureus* es isométrico en la presa El Salto en Sinaloa. Para la especie de *Oreochromis niloticus* Barboza *et al.*, (2012) reportan un de tipo de crecimiento alométrico para organismos cultivados en un estanque en Perú, García *et al.*, (2014)

mencionan que el crecimiento obtenido es alométrico negativo con una $b=2.86$ para los organismos cultivados en estaqués con geomembranas en la universidad de Alas Peruanas; mientras que Orozco (2013) registra un tipo de crecimiento alométrico negativo con una $b=2.5304$ para *O. niloticus* del embalse de la Palapa, Morelos, Camargo y Cruz (2013) mencionaron que para los organismos cultivados en la FES Zaragoza el tipo de crecimiento que se obtuvo para el grupo control fue isométrico (en peceras dentro del laboratorio) y para los organismos cultivados en dos estanques de concreto, el crecimiento fue de tipo 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 Bedía *et al.*, 2011), Le Cren (1951) establece que el valor de “b” (pendiente) 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, estas 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 visto 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 positivo con tendencia a la isometría, ya que la energía que se destinaba al crecimiento ahora se dirige hacia los órganos reproductores incrementando en peso, debido al incremento en la madurez de los ovarios y los testículos (Nikolsky , 1963; Frye e Iles, 1972; Weatherly y Grill, 1989; Granado, 2000; Peña-Mendoza *et al.*, 2011 y Camargo y Cruz, 2013).

Talla de primera madurez sexual

En lo que se refiere a la talla de primera madurez sexual, tanto los machos como las hembras de Huitchila alcanzan su talla de primera reproducción a los 15.17 cm de longitud total. Las tallas reportadas por otros autores indican que se encuentran dentro de los intervalos para la especie. Morales (1991) señala que las tilapias alcanzan su madurez sexual a los 2 o 3 meses de edad con talla de 8 a 16 cm, Barbieri *et al.*, (2000), mencionan que la talla de primera madurez para *O. niloticus* en la presa Guarapiranga, Brasil, fue a los 7.6 cm para ambos sexos, Gómez-Márquez *et al.*, (2003), reporta la talla de primera madurez sexual a los 11.7 y 12.0 cm Lt para hembras y machos respectivamente en el lago de Coatetelco, Peña-Mendoza *et al.*, (2005), señala que las hembras de la presa Emiliano Zapata, Mor. alcanzaron la talla de primera madurez sexual a los 15.13 cm y los machos a los 15.20 cm de longitud total; Kariman *et al.*, (2008), reportó la talla de primera reproducción para hembras y machos a los 10.5 y 11.5 cm respectivamente en Egipto; Aguilar (2011), calculo la talla de primera madurez sexual a los 15.84 cm para los machos y 16.03 cm para las hembras del bordo Amate Amarillo Morelos y Alcalá y Alvarado (2014) registraron sus tallas de primera madurez sexual para los organismos del bordo Amate Amarillo en 15.98 cm de Longitud patrón para ambos sexos y para los organismos del Bordo Huitchila de 13.31 cm para machos y 15.48 cm para las hembras.

La diferencia entre tallas puede deberse a que cuando la explotación es intensa y los pescadores capturan los individuos más grandes y viejos, los peces modifican sus estrategias reproductivas, disminuyendo su L_{50} e incrementando el esfuerzo de reproducción (Garrod y Horwood, 1984; Salazar, 2004)

La talla de primera madurez sexual es una característica inestable y puede variar con las modificaciones que presenta el medio natural, por la influencia de los asentamientos humanos o el incremento en la explotación pesquera (Duponchelle y Panfili, 1998; Duponchelle y Legendre, 2000), además de que ésta influenciada por la disponibilidad de alimento, la edad, el fotoperiodo y la temperatura (Nikolsky, 1963; Babiker y Ibrahim, 1979 y Getinet y Amirt, 2007). Otro factor que la afecta es la disponibilidad del oxígeno, el cual controla la edad de primera madurez (Pauly, 1984b y Cubillo y Alarcon, 2010). Kolding *et al.*, (2008) indican que para toda población, cualquier motivo de mantenimiento elevado de metabolismo, como altas temperaturas, estrés osmótico, hacinamiento o baja densidad de alimentación, resulta en la reducción de tamaño y reducción de la talla de madurez.

Duponchelle y Legendre (2000) mencionan que hay correlación positiva entre la madurez y el tamaño del cuerpo de agua, observado con frecuencia para las especies de tilapia (Lowe-McConnell, 1958; De Silva, 1986; Legendre y Ecoutin, 1996; Duponchelle y Panfili, 1998).

Factor de Condición

El Factor de Condición para *O. niloticus* del embalse de Huitchila, no presentó gran variación durante todo el año, aun cuando se presentó un ligero incremento en la temporada de lluvias e inicio del año 2014 para el caso de los machos, mientras que las hembras mostraron marcadas diferencias entre meses durante el estudio, resultados que se apoyan por lo reportado por Weatherley *et al.*, (1987) quien menciona que en muchas especies esta diferencia en el factor de condición entre los sexos se da después de que los organismos llegan a su madurez sexual y también puede disminuir debido a que no hay repoblamiento, lo que genera problemas de talla y peso.

Otros estudios (García, 2011; Alcalá y Alvarado, 2014) muestran comportamiento similares a los que se obtuvieron para este sistema donde los machos muestran un mejor factor de condición sobre las hembras. Los resultados para las hembras muestran picos muy marcados los incrementos y decrementos pueden deberse a que se aproxima el siguiente ciclo reproductivo además, las hembras pueden tener una condición menor a la de los machos debido a que ellas realizan la incubación y cuidado de las crías a nivel bucal (Morales, 1991; Trewavas, 1982; Volpato *et al.*, 2004) y la actividad intensa de alimentación se reduce cuando el pez entra en actividad de crianza (Tadesse, 1997).

En el presente estudio los valores fueron altos con un máximo de lo que no apoya lo reportado por otros autores como Tadesse (1997) quien reporto un valor de K de 1.47 a 2.29 para las hembras y 1.44 a 2.37 para los machos en el lago Tana Etiopia; Elsayed *et al.*, (2003) obtuvieron el factor de condición promedio de $K= 2.07$ para los peces de un canal contaminado en la rivera

del Nilo; Njiru *et al.*, (2006) encontraron *O. niloticus* con un factor de condición de 0.92 y 0.94 para machos y hembras respectivamente en el lago Victoria en Kenia; Offem *et al.*, (2007) quienes trabajaron en un río en Nigeria indicaron que para los organismos de diferentes zonas encontraron diferencias del valor de K entre sexos y entre estaciones; 0.55 a 0.93 (Zona I) 0.80 a 0.96 (Zona II) y 0.92 a 0.93 (Zona III).; El-Sayed *et al.*, (2007) para la bahía de Abu Egipto reportaron un factor de condición para la *Tilapia zilli* de 1.74 y de 1.81 para machos y hembras respectivamente; El-Nemaki *et al.*, (2008) reportaron un factor de condición alto de 2.01 para la tilapia del Nilo y menciona que puede deberse a un aumento en los parámetros del agua, Camargo y Cruz (2013) obtuvieron factores K que oscilaron entre 1.84 a 1.68 en organismos de *O. niloticus* cultivados en estanques.

El aumento observado durante la estación de lluvias, podría atribuirse al desarrollo de material gonadal justo antes de la temporada de cría (Njiru *et al.*, 2006), aunque K puede depender de varios factores como la disponibilidad de alimento o la estacionalidad (Blackwell *et al.*, 2000; Trudel *et al.*, 2005 Froese, 2006; Rennie y Verdon, 2008), así como los altos grados de contaminación en el agua puede tener influencia sobre los valores (Lowe-McConnell, 1975; Sinderman, 1990 y El-Sayed *et al.*, 2003).

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 zonas geográficas distintas (Almeida *et al.*, 1995; Vazzoler, 1996; Anibeze, 2000 y Maracano *et al.*, 2002).

Madurez Gonádica

El estudio de la madurez sexual y del ciclo reproductivo de *O. niloticus* constituye una primera aportación al conocimiento de la biología básica de esta (Komolafe y Araworo, 2007; Estévez, 2009 y García, 2011) Por ello mismo, se realiza la 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 del estadio V (recuperación), que aumenta en longitud pero no en diámetro debido a la liberación del esperma esta 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 que en los testículos en el estadio V (recuperación). No se detectó ninguna anomalía en el desarrollo de las gónadas de los organismos de Huitchila 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, Paredes (2013) para el embalse de Huitchila y Sandoval (2014) para unos canales del sistema fluvial de Xochimilco.

Varios autores como Babiker e Ibrahim (1979) y Admassu (1996) mencionan que la tilapia del Nilo desova más de una vez al año pero mencionan 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 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 fotoperíodo influyen en el desarrollo de las gónadas de la tilapia (Balarin y Hatton, 1979; citado en Tadesse, 1997).

Tadesse (1997) reportó que las hembras maduras solo se capturaron con mayor frecuencia de abril a agosto y los machos incrementaron en enero y marzo. Gómez-Márquez *et al.*, (2003) reporta que para las hembras el estadio de desarrollo (II) representó el 0,6% de los peces, el 51,6% en maduración (III), el 14,3% en desove (IV), y el 33,5% en recuperación (V). Por lo tanto, el 47,8% de los peces estaban en proceso reproductivo. En los machos el 7% se registró en etapa de desarrollo (II), 29% en maduración (III), 5% en desove (IV) y 59% en recuperación (V). Por lo tanto, el 64% de los peces estaban en proceso reproductivo, Peña-Mendoza *et al.*, (2005) registró que para *O. niloticus* de la presa Emiliano Zapata, el 68% y 55% de las hembras y machos respectivamente se encontraban en proceso reproductivo, evento que se observó en los meses de agosto y otro en febrero; Komalafe y Arawomo (2007) obtuvieron solo el 35% de los machos y el 43% de las hembras en etapa reproductiva, presentándose este proceso de junio a agosto.

Con respecto a la apariencia de las gónadas, tamaño y número de ovocitos la información concuerda con lo reportado por Peña-Mendoza *et al.*, (2011), quienes mencionan que sustancias químicas descargadas en las aguas pueden reducir el desarrollo gonadal, la temperatura también ha sido reportada como un regulador importante en la maduración gonadal (Kamanga *et al.*, 2004).

Ciclo reproductivo: índices

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 del desarrollo de las gónadas con respecto al peso eviscerado del individuo expresado en porcentaje. 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; Ochotorena y Espitia, 2005).

Los valores máximos de la mediana registrados corresponden a los meses de abril-junio para los machos y agosto y febrero-mayo para las hembras, por lo que se observa que estos periodos corresponden a temperaturas altas y que la temporada de lluvias está por iniciar, lo que indicaría una mayor disponibilidad de alimento para las crías que se reclutarían a la población. A pesar de que los valores mensuales de IGS no presentan una tendencia muy clara en el caso de las hembras debido a la escasez de hembras capturadas, se puede decir que los organismos de Huitchila tienen dos periodos reproductivos uno corto en periodo lluvias y uno más largo en periodo de secas. 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.

La mayoría de los estudios reportados describen que la reproducción se da en meses cercanos o abarca los meses en los que se registran los mayores valores de IGS de los organismos. Payne y Collinson (1983) indican que para *S. niloticus* existe una relativa restricción para la temporada de desoves de abril a mayo y autores como Dikel *et al.*, (2004) y Kariman *et al.*, (2008) citan que pueden tener hasta tres desoves en una temporada. 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 (Ogotu- Ohwayo, 1990; Njiru *et al.*, 2004; 2006) como lo es sistema de Huitchila. 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; Paredes, 2013). El incremento del índice gonadosomático se da junto con el desarrollo de las gónadas hasta que se presenta el desove (Babiker e Ibrahim 1979; Komolafe, 2004; 2008; Peña-Mendoza *et al.*, 2005) y para los organismos de Huitchila se puede observar patrón similar entre las gónadas y el IGS.

Peterson *et al.*, (2004), describen que para la población de la Bahía de Biloxi del Mississipi, la reproducción se llevó a cabo todo el año con mayor intensidad de marzo a mayo y en el verano tardío de agosto a septiembre. Peña-Mendoza *et al.*, (2005) indicaron que para los organismos de la presa Emiliano Zapata, la época reproductiva se dió en dos periodos: agosto y febrero, Njiru *et al.*, (2006) reportaron que el principal periodo reproductivo se presentó entre enero y abril para los machos y que para las hembras entre enero y mayo en el lago Victoria, Kenia, Komolafe y Arawomo (2007) registraron en un reservorio de Nigeria, que el índice gonadosomático varió entre 0.03 y 1.67 con una media de 0.39 ± 0.02 para los machos con picos en enero y agosto y para las hembras el índice fue de 1.34 ± 0.01 , con valores comprendidos entre 0.12 y 4.06 en los meses de junio, julio y enero, Kariman *et al.*, (2008) mencionaron que tanto los machos como las hembras tiene una tendencia similar y se observa en los meses de marzo, abril, junio y septiembre lo que indica que la especie tiene más de una época de crianza en el año y que las hembras tienen valores más altos de IGS que los machos, Novaes y Cavalho (2012) encontraron que los organismo de *O. niloticus* de barra bonita en Brasil, se reproducen todo el año pero las mayores temporadas son en invierno (1.71) y primavera (1.72).

Respecto a la relación del IGS y la calidad del agua, autores como El-nemaki *et al.*, (2008) registraron un valor promedio para el IGS de 0.162; y mencionan que los niveles altos del índice gonadosomático fueron observados en aguas que reciben suministro de agua de drenaje agrícola y que puede deberse a la mejora de los parámetros físico-químicos del agua, ya que, los organismos que reciben agua de irrigación presentan valores de IGS más bajos (0.54), algo contrario fue lo reportado por Saderkarpawar y Parikh (2013) que para la especie de *O. mossambicus* en condiciones de laboratorio en la India, se evidenció que las aguas adicionadas con nutrientes para plantas disminuyeron los valores del IGS mientras más tiempo estaban expuestos los organismos.

Para el caso en particular de los individuos del embalse de Huitchila estudios anteriores obtuvieron el mismo patrón de reproducción que lo reportado en el presente trabajo, por lo que se podría decir que los organismos de *O. niloticus* de este embalse tienen un marcado ciclo de reproducción con dos temporadas uno corto y largo. Paredes (2013) indica que la reproducción se da de abril a junio para los machos y para las hembras de abril- mayo y una corta en agosto; Alcalá y Alvarado (2014) para los organismos de Amate amarillo (AA) observaron dos periodos uno de agosto y septiembre y otro de enero-febrero y solo uno para Huitchila de abril-junio para los machos mientras que para las hembras de AA se observaron tres periodos, octubre, enero y de mayo-abril y para las hembras de Huitchila dos periodos registrando los valores más altos los meses de marzo y abril y uno en agosto a pesar de que la muestra de hembras no fue muy representativa.

Para verificar la información y como apoyo al ciclo reproductivo, se utilizó el índice Hepatosomático el cual funciona como un indicador de la condición fisiológica.

Para las hembras de Huitchila este índice tuvo mucha variabilidad a lo largo del estudio y se esperaba que el índice fuera inverso al IGS pero en algunos meses ese patrón de valores más altos, se dieron durante la temporada de lluvias cuando existe una mayor disponibilidad de alimento, lo que indica que los organismos se estaban preparando para el periodo reproductivo. 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, 1978; Khallaf *et al.*, 2003), ya que el hígado segrega vitelogeninas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo (Rodríguez, 1992). El decremento del IHS sugiere que las hembras han utilizado los recursos almacenados en el hepatopáncreas, para cubrir los requerimientos 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 acuerdo a SEPESCA (1988) el periodo de máxima reproducción en la tilapia 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 está 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 (Cridland, 1962; Hyder, 1970; Bhujel, 2000), que actúan sobre los órganos de los sentidos, las glándulas que determinan la conducta y la respuesta fisiológica adecuada (De Juan *et al.*, 2009).

El fotoperiodo es generalmente aceptado como el factor más importante en la sincronización de la maduración sexual y la reproducción en los peces (Duston y Bromage, 1998; Bromage *et al.*, 2001; Duston *et al.*, 2003). Dependiendo de las características ambientales, las tilapias pueden dirigir la asignación de sus recursos a la reproducción en lugar del crecimiento (Fryer y Iles 1972). Por lo tanto, en los cuerpos de agua naturales, la tilapia puede mostrar grandes variaciones en sus características reproductivas (Lowe- McConnell, 1982: citado en Coward y Bromage, 1999).

Fecundidad

La fecundidad es un parámetro de gran interés no solo característico de la población sino también como término fundamental en los modelos de la dinámica poblacional (Granado, 2002). Esta varía de acuerdo a muchos factores entre los que se encuentran la edad, el tamaño, la especie y las condiciones ambientales como el fotoperiodo, la temperatura (Ridha y Cruz, 2000; Saldado-Ugarte *et al.*, 2005; Getinet, 2008).

Se encontró que en los ovarios de *O. niloticus* se registraron diferentes diámetros de los óvulos, debido a que presentan un tipo de ovario asincrónico con un intervalo de 163 a 1,165 ovocitos por pez, con promedio de 551 ovocitos, lo que concuerda con lo reportado por varios autores como De Graaf *et al.*, (1999) quién menciona que para *O. niloticus* la fecundidad absoluta varió de 50 a 220 ovocitos por pez incrementado con la longitud, además de reportar este modelo potencial de relación fecundidad-talla ($F=1.060 L^{1.91}$). Duponchelle y Lengendre (2000) reportaron que el número de ovocitos producidos fue de 160 de una hembra de 46.2 g y de 625 ovocitos para una hembra de 156.5 g en 1995, y de 178 ovocitos para un pez de 77.8 g a 717 de un pez de 208.6 g en 1996. La comparación de la regresión entre la fecundidad y el peso corporal reveló una diferencia altamente significativa entre los dos años. Biswas *et al.*, (2005) reportó para la misma especie un número promedio de óvulos por desove de 1,213 a 1,943 en un sistema controlado.

La fecundidad relativa de los organismos en este sistema no se puede apreciar bien debido a la falta de hembras, ya que el análisis de regresión se llevó a cabo solo con 16 hembras, una muestra muy poco representativa para la población. El análisis de regresión demostró que había una mejor relación de variables entre el peso que con la longitud, lo que no concuerda con lo reportado por Bagenal (1978) que menciona que a mayor longitud se incrementa el número de óvulos presentes en el ovario. Duponchelle *et al.*, (2000) reportó que la fecundidad absoluta varió de 149 a 2797 ovocitos/pez con pesos de 36 a 975 g, con un incremento lineal con el peso de las hembras ($r^2=0.820$ $p<0.001$) en 1995 y ($r^2=0.770$ $p<0.001$) en 1996). Otros estudios que reportan resultados similares de mayor correlación con el peso son los obtenidos por Mair *et al.*, (2004) y Getinet (2008).

El tamaño de ovocitos observados en las hembras del sistema Huitchila van de las 400 μ m a 2500 μ m y concuerda con lo reportado por Tacon *et al.*, (1996), quien investigó el efecto del fotoperiodo en organismos de *O. niloticus* en acuarios y reportó el tamaño de los ovocitos de 800-1000 μ m para el estadio II, de 1100-1300 μ m para el estadio III, de 1400-1600 μ m en el estadio IV y >1700 μ m en el estadio V; Wootton (1990), menciona que el número de ovocitos que una hembra desova en un tiempo definido, está en función del tamaño corporal, aunque para la *Tilapia* spp. y *Oreochromis* spp, el número de óvulos desovados depende del peso del ovario, el tamaño de los óvulos, el tamaño o la edad de las hembras maduras y el grado de cuidado parental (Siddiqui, 1977; Babiker y Ibrahim 1979; De Graaf *et al.*, 1999). Duponchelle *et al.*, (2000) mencionan que existe una relación inversa entre la talla de los ovocitos con el número de desoves.

Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986), mencionaron que *Oreochromis* es un incubador bucal con pequeñas gónadas de menos de 700 óvulos. Moyle y Cech (2000) mencionan que en

los cíclidos la fecundidad es a menudo considerablemente mayor porque los padres aseguran la supervivencia de las crías y en consecuencia, menos mortalidad.

Existen factores que influyen a la fecundidad como la calidad y talla de óvulos de acuerdo con el costo energético de la producción de gametos, el alimento es probablemente uno de los factores ambientales más importantes que intervienen en la regulación de la fecundidad (Wootton 1979) pero también la edad de las hembras afecta la calidad y cantidad de óvulos (Bhujel, 2000; Getinet, 2008).

Parámetros físicos y químicos del agua

El término calidad de agua incluye todas las características físicas, químicas y biológicas del agua y 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; así, el funcionamiento y la dinámica del agua están regidos por tres componentes: el edáfico, 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 para el mejor desarrollo de la acuicultura.

Los peces influyen y se ven determinados por el funcionamiento del ecosistema donde viven (Granado, 2000). 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 (Meyer, 1999). 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).

El embalse de Huitchila es un cuerpo de agua somero, eutrófico (Granados-Ramírez *et al.*, 2015) que abarca un área de 11.21 Ha con una profundidad máxima de 5.95 metros y una profundidad promedio de 3.2 metros con una visibilidad de hasta 0.64 m (Sánchez y Zamora, 2012). El sistema se caracteriza por dos épocas, la de lluvias donde surge un proceso de dilución debido al incremento del volumen y la otra de secas, donde existe una concentración de los elementos ocasionada por la evaporación, la infiltración y la pérdida de agua por el riego.

La temperatura del agua es uno de los factores principales que afectan los procesos fisiológicos de los organismos, entre ellos el crecimiento y la reproducción (Wetzel, 2001), la tasa fotosintética y la solubilidad de los gases (Dorantes y Zavala, 2003). La temperatura del agua está influenciada por las condiciones ambientales de la zona y la incidencia de la luz solar, que depende a su vez de la latitud, altitud y la regionalidad del sistema acuático (Gómez-Márquez *et al.*, 2014).

Las temperaturas registradas para el embalse de Huitchila oscilaron entre 19.3°C y los 27°C, característico de sistemas con clima subtropical y los valores de temperatura registrados se encuentran dentro de los valores óptimos para la reproducción (22 a 28° C). De acuerdo a Dorantes y Zavala (2003) la temperatura adecuada para el cultivo de peces es de 20 a 30°C; en el caso de *Oreochromis niloticus*. Morales (1991) afirma que el intervalo óptimo de temperatura se encuentra entre los 24 a 29 °C. Fryer e Iles (1972) y FAO, (2006; 2007) indican que la temperatura de desove para *O. niloticus* es superior a los 20°C lo que coincide con lo registrado en este estudio donde se observa que los valores más altos de IGS se registraron cuando la temperatura del agua estaba por arriba de los 26°C. Bardach *et al.*, (1986), mencionan que las tilapias empiezan a reproducirse cuando han alcanzado la madurez sexual y cuando la temperatura de agua es alta y de buena calidad.

Un factor importante que determina en cierto grado el comportamiento de la temperatura a través de la columna del agua, es la relación de temperatura de la superficie del cuerpo de agua y la del aire, que se manifiesta en el intercambio de calor entre ambas fases (Díaz-Pardo *et al.*, 1986). Comportamiento que de manera general se presentó en el sistema de estudio, en donde la temperatura ambiental fluctuó de manera muy similar a la temperatura del agua.

La transparencia esta expresada como la visibilidad al disco de Secchi (Margalef, 1983); la turbiedad y el color son el resultado de partículas coloidales arcillosas y de materia orgánica disuelta o particulada como el plancton (Boyd, 1990) y está determinada por las características de absorción de la luz tanto del agua como de la materia disuelta y particulada (Wetzel y Likens, 1991) y esta no solo afecta a los organismos del plancton, sino también a los peces que son organismos poiquilotermos, ya que su temperatura corporal depende de la temperatura del medio (Iturra, 2008).

Delince (1992), establece que cuando existe una buena producción de fitoplancton, la visibilidad puede oscilar de 0.4 a 0.8 m haciendo del cuerpo de agua un sistema productivo. La visibilidad adecuada para el desarrollo de las tilapias es de 0.45 m (Anonimo, 1994) y aunque el sistema Huitchila presenta una mayor transparencia concuerda con lo reportado por Canseco (2004), García (2011), Sánchez y Zamora (2012) y Orozco (2013) quienes trabajaron en cuerpos de agua someros similares al de este estudio en el mismo estado de Morelos y donde el desarrollo de la especie de *O. niloticus* está bien establecido.

El pH del agua es el resultado de las interacciones de los procesos bióticos y abióticos y es una medida de acidez, alcalinidad o neutralidad del agua (Romero-Rojas, 1999) y este afecta la distribución y diversidad de organismos y determina la naturaleza de muchas reacciones químicas que ocurren en el ambiente acuático (Gómez-Márquez *et al.*, 2014). La mayoría de los organismos toleran cambios de pH dentro del intervalo de 6.5 a 9 lo que es adecuado para que se desarrolle la vida acuática (Swingle, 1961; Arredeondo y Ponce, 1998; De la Lanza, 1998; Gómez-Márquez *et al.*, 2014). El crecimiento y la reproducción disminuyen en valores inferiores de 6.5, condiciones acidas y mayores a 9 condiciones básicas (Arredondo-Figueroa, 1986). En condiciones acidas o alcalinas se reduce la natación de los peces, debido tal vez a la acumulación de amoníaco y la imposibilidad de transporte de oxígeno disuelto (Boyd, 1990; De la Lanza, 1998).

Morales (1991), establece que los valores de pH del agua deben oscilar entre 6.5 a 8.5 para las diferentes especies de tilapia, por lo que en el embalse de Huitchila resulta ser un factor que no influye de manera negativa en la reproducción de la especie, ya que los valores se mantuvieron alrededor de 8, aún en la temporada de secas, cuando el sistema tiende a disminuir en su volumen debido a los procesos de evaporación y filtración. Estudios realizados por Sánchez y Zamora (2012) y Paredes (2013) en el mismo sistema de estudio, registraron valores de pH similares con pequeñas fluctuaciones alrededor de los valores de 8, lo que indica que las características del agua se han mantenido de manera muy similar a través de los años. Wetzel (1981), menciona que los valores altos de pH pueden deberse a las altas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos, o también por las características geológicas de la microcuenca en la cual se asienta el sistema acuático.

Otra repercusión importante de la variación del pH en estanques de peces, está asociada a los niveles tóxicos del amoníaco (NH_3) (Robinette, 1976). Según Trussell (1972) el incremento de una unidad de pH aumenta 10 veces el contenido de amonio no ionizado.

Uno de los parámetros muy relacionados con el pH es la alcalinidad y se refiere a la concentración de bases totales en miligramos por litro o equivalentes de carbonatos de calcio, en aguas naturales, estas bases incluyen a los carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos (Arredondo-Figueroa, 1986; Romero-Rojas, 1999). Arredondo y Ponce (1998) mencionan que las aguas naturales presentan concentraciones que están dentro de un intervalo de 5 a más de 500 mg/L, y las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total se consideran productivas. De acuerdo a esto, se puede decir que las aguas del embalse de Huitchila se consideran aguas productivas, ya que los valores de alcalinidad van de los 100 a 200 mg/L CaCO_3 , aunque Aguilera y Noriega (1988) reportan que una alcalinidad superior a los 175 mg/L es perjudicial debido a las formaciones calcáreas que se producen y afectan la producción del sistema, además de que puede dañar las branquias de los peces; en el caso de este estudio, no se observó daño alguno en las branquias de los organismos de Huitchila.

De acuerdo a Wetzel (1981) la dureza hace referencia al contenido de calcio y magnesio como carbonatos y bicarbonatos (dureza temporal) y sulfatos, cloruros y aniones de ácidos fuertes (dureza permanente) y esta es resultado de la disolución de las rocas y minerales alcalinotérreos del suelo y del aporte directo de desechos que contienen carbonatos de calcio y magnesio (Gómez-Márquez *et al.*, 2014), el cual es necesario para la contracción y relajación de los músculos del corazón, para el control del paso del fluido a través de las células, además de dar rigidez al esqueleto de los vertebrados y es el principal componente del exoesqueleto de insectos y caparazones de los músculos (Gómez-Márquez *et al.*, 2014) El grado de dureza que presenta cualquier sistema acuático es necesario para la supervivencia y crecimiento de los peces, durezas por debajo de los 20 mg/L ocasionan problemas en el porcentaje de fecundidad (Iturra, 2008), para el caso de Huitchila se pueden observar dos épocas, la de secas donde las concentraciones de sales de Ca^+ y Mg^+ aumenta y de lluvias donde las concentraciones de estas iones bajan por efecto de dilución del cuerpo de agua. Por todo lo anterior, el sistema puede clasificarse como de aguas moderadamente duras (Boyd, 1979; Arredondo y Ponce, 1998; Gómez-Márquez *et al.*, 2014) y para la especie de *O. niloticus* no representan niveles elevados

para su desarrollo, ya que es una especie que presenta gran adaptabilidad a diferentes ambientes. Rivera *et al.*, (2004) encontró buen desarrollo y supervivencia de la tilapia para tres especies de *Oreochromis* en aguas duras (725.08 mg/L CaCO₃) superior a lo reportado en Huitchila.

Los efectos de la alcalinidad y dureza total del agua no son directos sobre los peces, sino más bien sobre la productividad del sistema, los niveles adecuados de dureza y alcalinidad total para el cultivo de los peces, está por lo general dentro del intervalo de 20 a 300 mg/L (Boyd y Lichtkoppler, 1979).

En ambientes naturales la concentración del oxígeno disuelto (OD) está en constante cambio ya que depende de varios factores como la temperatura y sales disueltas, la presión atmosférica y los factores biológicos como la fotosíntesis y la respiración. Pauly (1984b), sostiene que los peces requieren de una adecuada provisión de alimento, así como de oxígeno para crecer, pero el crecimiento es más bien limitado por el oxígeno disuelto (OD), dado que esta variable es el primer factor físico limitante en un ambiente acuático (Delince, 1992; Ross, 2000 citado en: Kolding *et al.*, 2008) y debido a que los organismos requieren de una concentración adecuada de OD para la supervivencia y crecimiento; la concentración mínima de este gas depende según la especie y el tiempo de exposición (Arredondo y Ponce, 1998; De la Lanza, 1998). Para la especie de *O. niloticus* en la literatura se menciona que llega a sobrevivir en concentraciones de 0.5 mg/L de OD, niveles considerados menores que para otras especies. Esta particularidad se debe, en parte, a la habilidad de extraer el oxígeno disuelto de la interface agua-aire, cuando el gas se encuentra en los cultivos por debajo de 1 mg/L (Cabañas, 1995)

Respecto a la concentración de oxígeno disuelto a todo lo largo del estudio fue muy variable, resultado de las condiciones ambientales y biológicas con un valor mínimo en el mes de mayo de 2014 con 1.3 mg/L de OD coincidiendo que fue el mes con menos profundidad en el sistema (1.5 m) y con valores máximos de 10 mg/L en el mes de septiembre. Un estudio realizado por Kolding *et al.*, (2008), mencionan que cuando las concentraciones de oxígeno son bajas, los procesos de reproducción se ven alterados; mientras que a concentraciones por debajo de 1.5 mg/L los organismos presentan falta de apetito; sin embargo, en el sistema en estudio la mayor parte del tiempo el oxígeno se presentó en concentraciones que permitieron que la tilapia de desarrolle de forma adecuada, autores como Anónimo (2008), sugiere que la concentración óptima es de 4 a 10 mg/L, Covarrubias y Arce (2011), sugieren que la concentración de oxígeno recomendable para el cultivo de la tilapia de Nilo no sea menor a 5 ppm y Alcántar-Vázquez (2014) recomienda la concentración de 4 a 6 mg/L de OD.

Tanto la temperatura como el oxígeno son factores importantes en los organismos, el primero porque controla el metabolismo a través de la dinámica molecular y las tasas de reacción bioquímica y el segundo porque limita ambos factores y rigen el movimiento y la distribución de los peces en su habitat (De la Lanza, 1998).

De acuerdo a mencionado por Navarrete-Salgado *et al.* (2000), los valores de pH, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto, temperatura y transparencia del agua del sistema Huitchila se encuentran dentro de los valores aceptables para el crecimiento de la tilapia, por lo que se

puede mencionar que el embalse de Huitchila es un ambiente adecuado para el cultivo y reproducción de *O. niloticus*.

La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua (Romero-Rojas, 1999; Gómez-Márquez *et al.*, 2014). La conductividad de las aguas epicontinentales de México, varía desde 45 hasta 10,000 μS y en zonas de elevada contaminación, algunas veces llega a exceder este último valor (Arredondo, 1986, Arredondo y Ponce, 1998, Romero-Rojas, 1999). En la acuicultura, para las especies de interés de agua dulce suelen desarrollarse bien entre los valores de 150 a 500 μS (Gama *et al.*, 2010). En Huitchila los valores de conductividad registrados se mantuvieron entre 860 a 1,470 μS , lo que indica que el sistema presenta una buena fertilidad. La conductividad tiene una estrecha relación con la temperatura, ya que a mayor temperatura mayor conductividad (Romero-Rojas, 1999).

La determinación de sólidos disueltos en las aguas es importante debido a que interfieren con la respiración de los organismos al dañar sus branquias, así como, altos contenidos de sólidos orgánicos suspendidos producen una alta demanda biológica de oxígeno (Arredondo y Ponce, 1998; Paredes, 2013) pero aún bajo condiciones excesivas de altas cargas de arcilla, pocas veces son lo suficientemente abundantes como para dañar a los organismos (De la Lanza, 1998). Para el caso de Huitchila los sólidos disueltos tuvieron un comportamiento muy similar a la conductividad en un intervalo de 449 a 763 ppm estando dentro de los límites permisibles por la NOM-127-SSA1-1994, mostrando concentraciones mayores en el periodo de secas y concentraciones menores en el periodo de lluvias, debido a que el sistema pasa por un proceso de concentración y dilución.

Los valores tanto de conductividad como de sólidos disueltos corresponden con los valores ya registrados por varios autores como Manríquez, (2005), Aguilar (2011), García (2011), Sánchez y Zamora (2012) y Alcalá y Alvarado (2014), para sistemas del estado de Morelos donde la especie de *O. niloticus* se ha desarrollado satisfactoriamente.

El nitrógeno amoniacal es el producto final del catabolismo proteico de materia orgánica y de la mayoría de los organismos acuáticos y es un contaminante común en sistemas acuáticos (Thurston *et al.*, 1986, Córdova, 1998). Este amonio es asimilado por el fitoplancton y la macrovegetación directamente (Wheaton, 1982). Los valores registrados como letales para los peces varían de 0.2 a 2 mg/L, y para la tilapia del Nilo los valores obtenidos como letales se encuentran dentro del intervalo de 0.6 a 2 mg/L (Iturra, 2008). El amonio está usualmente presente en bajas cantidades (<1 mg/L) en aguas no contaminadas y bien oxigenadas, cuando existen altas concentraciones de amonio en forma de NH_4OH no disociado, estas concentraciones se consideran tóxicas e incrementan con el pH (Robinette, 1976), teniendo consecuencias negativas para el desarrollo y supervivencia de los peces (Jobling, 1994). Por ejemplo, el amoniaco en su forma ionizada y no ionizada, retardan el crecimiento y causan cambios histopatológicos en diferentes órganos (Ismino y Arahujo-Lima, 2002). Respecto al sistema de Huitchila las concentraciones de este elemento son muy bajas, no sobrepasando los 0.04 mg/L haciendo al sistema no tóxico y dentro de los límites permisibles por la NOM-127-SSA1-1994 y óptimo para el desarrollo de la tilapia de Nilo, aunque la degradación de la materia

orgánica y los fertilizantes de los sistemas de cultivo aledaños pueden afectar las concentraciones.

En cuanto a la concentración de clorofila "a", esta está relacionada con la presencia de fitoplancton y establece la productividad del sistema o bien el grado de contaminación del mismo (Rivera *et al.*, 2005). La mayor parte del tiempo de estudio se registraron bajas concentraciones, las cuales fluctuaron entre 8 y 36 $\mu\text{g/L}$ y los últimos meses de estudio hubo un aumento drástico en la concentración de clorofila "a" que osciló de 232 a 424 $\mu\text{g/L}$. La mayor parte de los resultados del estudio concuerdan con lo reportado por Sánchez y Zamora (2012) quienes para el mismo sistema registraron un mínimo de 10.9 $\mu\text{g/L}$ y un máximo de 36.2 $\mu\text{g/L}$ con un promedio de 20.97 $\mu\text{g/L}$, los aumentos de los últimos tres meses (época de secas) puede deberse al aporte o arrastre de material durante la época de lluvias o bien como menciona Chacón- Torres *et al.*, (2000) la hipereutrofización es un estado perturbado e inestable del ecosistema acuático, en el cual se desarrollan fluctuaciones extremas de la calidad de agua, produciendo altas tasas de productividad y baja diversidad de los afloramientos algales, el estado trófico de un sistema acuático tiene mucha importancia debido a que cambios en estos, pueden generar sustancias tóxicas, y la reducción de oxígeno ocasionando la muerte de los peces.

Peña-Mendoza *et al.*, (2005) menciona que para la presa Emiliano Zapata los incrementos de la biomasa de fitoplancton también están relacionados con los incrementos del IGS debido a que este aumento de la biomasa de fitoplancton puede jugar como una señal ambiental de una temporada favorable para la próxima cría, un mejor crecimiento y una alta supervivencia, ya que existe mayor disponibilidad de alimento.

Además, los diferentes contaminantes del agua afectan a la reproducción de los peces. En un estudio llevado a cabo por Barakat (2004), reportó que la mayoría de los metales disueltos y contaminantes orgánicos o sus metabolitos fueron monitoreados en el pescado y los huevos y se encontró que estos contaminantes afectan el comportamiento de desove y la duración, además El-Nemaki *et al.* (2008), mencionaron que el número promedio de huevos por desove fue mayor en el grupo de control que en los de agua contaminada, por ello se recomendó hacer un análisis de los contaminantes del agua en este sistema para así saber las posibles las repercusiones al ciclo reproductivo de *Oreochromis niloticus*.

En general se puede decir que para el embalse de Huitchila, la tilapia del Nilo tiene una población sana con dos periodos de reproducción bien establecidos y una mejora en sus tallas y pesos con respecto a otros estudios ya realizados por Paredes (2013) y Alcalá y Alvarado (2014), aunque sigue presentado el problema de la proporción sexual, por lo que se recomienda hacer un estudio más exhaustivo para conocer las razones de este problema. La información obtenida en este estudio puede ayudar a establecer un plan de manejo y explotación de los organismos de Huitchila para mejorar el rendimiento y aprovechamiento de la especie, permitiendo obtener mayores ingresos para las personas que manejan el sistema, así como, establecer un aprovechamiento sustentable del sistema y de los organismos del mismo

Conclusiones

- Las tallas registradas para *Oreochromis niloticus* se encuentran dentro del intervalo de 15.2 a 22 cm de longitud total con 70.9 a 198.8 g de peso para los machos, mientras que para las hembras fueron de 12.2 a 19 cm de longitud total con 30.3 a 115.6 g de peso.
- La población está integrada por 89.79% de machos y 11.36% hembras, por lo que la proporción sexual fue de 8.79:1 macho: hembra.
- El análisis de covarianza (ANDECOVA) determinó que existen diferencias estadísticas entre sexos para la longitud total y el peso.
- El tipo de crecimiento reportado para la población es de tipo alométrico negativo, creciendo más en longitud que en peso.
- La talla de primera madurez sexual fue de 15.17 cm de longitud total para ambos sexos.
- Con respecto al factor de condición se puede decir que los organismos de Huitchila presentan una buena condición, aunque los machos registraron mayor condición que las hembras.
- Los índices gonadosomático, hepatosomático y el estadio de madurez gonádica indican dos periodos de reproducción: El primero de abril-junio (machos) de ambos años y agosto periodo corto y de febrero- mayo (hembras).
- La fecundidad absoluta osciló entre 163 y 1,165 ovocitos por pez con promedio de 551 ovocitos, con diámetros que van desde 400 a 2500 μm en hembras de talla entre 12.2 y 19 cm de longitud total.
- La fecundidad relativa tuvo mayor correlación con el peso total que con la longitud total.
- El análisis de Pearson mostró correlaciones positivas entre algunos parámetros físicos, sin embargo estas correlaciones no fueron significativas.
- El embalse de Huitchila con base a los parámetros físicos y químicos es un sistema productivo, con aguas moderadamente duras, fuertemente alcalino, bien oxigenadas y con temperaturas cálidas y concentraciones de amonio por debajo de lo reportado como toxico para la especie.
- Los valores máximos de IGS corresponden a temperaturas superiores a los 27°C y a la época de secas cuando el agua se encuentra más cálida.
- El valor máximo del IGS corresponde con los aumentos de biomasa durante la temporada de secas, lo que da abundante alimento a los peces permitiendo la reproducción.

Literatura citada

- ▣ Abucay, S.J., C.M. Graham., D.O.F Skibinski y J.J. Beardmore. 1999. Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture* 173:1999. 219–234
- ▣ Adamassu D. 1996. The breeding season of tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in lake Awassa (Ethiopian rift valley). *Hidrobiologia*. 337: 77-83.
- ▣ Agboola, J.I. y M.A. Anetekhai. 2008. Length-weight relationship of some fresh and brackish water fishes in Badagry creek, Nigeria. *Ichthyol.* Vol. 24: 623-625.
- ▣ Aguilar L.E.A. 2011 .Algunos aspectos reproductivos de la tilapia en el Bordo Amate Amarillo. Morelos Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 80 p.
- ▣ Aguilera H.P y C.P Noriega. 1988. La tilapia y su cultivo. Secretaria de Pesca. FONDEPESCA. México. DF. 59 p.
- ▣ Alcalá P.A y S.G.B Alvarado. 2014. Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* L. en Dos bordos del Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 109 p.
- ▣ Almeida F., D. Lhartley y J. Burnett. 1995. Length-weight relationships and sexual maturity of goosefish of the Northeast coast of the United States. *N. Am. J. Fish. Manage.* 15: 14-25.
- ▣ Álvarez-Hernández, S., G. Lara-Isassi., J.L Figueroa-Arredondo y R. Campos-Verduzco. 2001. Segregación de las variedades roja y Stirling de *Oreochromis niloticus* y del híbrido *O.aureus* x *O. niloticus* (Pisces:Cichlidae) mediante la lectina algal "Giraffina". *Revista Hidrobiologica*. Vol. 11(2): 117-121.
- ▣ Anibeze P. 2000. Length-weight relationship and relative condition of *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes) from Idodo River, Nigeria. *Naga, ICLARM Q*, 23 (2): 34-35.
- ▣ Anónimo. 1994. Anuario estadístico 1994 del Estado de Morelos, editado por el INEGI. 82 p.
- ▣ Anónimo. 1994. Piscicultura rural. Unidad de Comunicación social de la Secretaria de Pesca. SEPESCA. Mexico.DF.25 p.
- ▣ Anónimo. 2008. Engorda de mojarra Tilapia (*Oreochromis niloticus*) y mojarra Castarrica (*Cichlasoma uroptalmus*) en tanques circulares en la Isla Aguada Carmen Campeche. Federación de Sociedades Cooperativas de la Industria Pesquera de Estado de Campeche. 102 p.
- ▣ Anónimo. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos Tepalcingo, Morelos. INEGI.
- ▣ APHA AWWA y WPCF. 1992. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 ed. American Public Health Association. EE.UU. 1100 P.
- ▣ Arredondo-Figueroa J.L y M. Guzmán-Arroyo. 1986. Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. *An. Inst. Biol. UNAM. Ser. Zool.* 59(2):553-571.

- Arredondo-Figueroa J.L. 1986. Piscicultura. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaria de Pesca. México. 182 p.
- Arredondo, F.J.L y J.T Ponce. 1998. Calidad de agua en la acuicultura: conceptos y aplicaciones. AGT Editor. México. 222 p.
- Arredondo, B., A. Beltrán y M. Torres. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. Convenio SEPESCA/UAM-1. Secretaria de pesca. 89 p.
- Azaza, M.S., M.N Dhraïef y M.M Kraïem. 2007. Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters in southern Tunisia. *Journal of Thermal Biology* 33: 98–105.
- Babiker M.M y H. Ibrahim. 1979. Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica*: gonadal maturation and fecundity. *J. Fish Biol.* 14:437-447.
- Barbieri, G., M.T. Giamas., A.R. Teixeira-Filho., E.C. Campos y J.H. Vermulm. 2000. Biología populacional da tilapia, *Oreochromis niloticus*, da represa de Guarapiranga, Sao Paulo. II. Dinamica de reproducao. *Boletín del instituto de pesca. Sao Paulo.* 26(1):9-13.
- Bagenal T. 1957. The breeding and fecundity of the long rough DOB, *Hippoglossoides platessa* (fabr.) and the associated cycle in condition. *J. Mar. Biol. Ass.*, 36: 339-375.
- Bagenal, T. y F. Tesh. 1978. Age and growth. Pages 101-136 in: T. Bagenal (ed.) *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Water.* I.B.P Handbook Nº 3. Third Edition. Blackwell Science Publications, Oxford, England.
- Bakhoun, S.A. 2002. Comparative reproductive biology of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steind.) and their hybrids in lake Edku Egypt. *Rev. Egypt J. Aquat. Biol. Y Fish.* Vol.6. Nº 3: 121-142.
- Barakat, K. K. 2004. Effect of some water pollutants on the biology of the Nile Bolti, *Oreochromis niloticus*. *Pakistan. J. Biological Scinces.* 7. 3: 305-308.
- Barboza D.M., R.A. Calderon., B.V. Urbina., F.D. Gil., W.P. Angulo y F.M. Alvarez. 2012. Cultivo semi-intensivo de tilapia, *Oreochromis niloticus*, en estanque de concreto en el caserío Palo Blanco (Cascas, La Libertad-Perú). *REBIOL* 2012; 32(2):99-107
- Bardach, E.J., H.J. Ryther y W.O. Mclarney. 1986. Acuicultura y Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT. S.A.718 p.
- Baroiller, J.F., A. Fostier., C. Cauty., X. Rognon y B. Jalabert. 1996. Effects of high rearing temperatures on the sex ratio of progeny from sex-reversed males of *Oreochromis niloticus*. In: Pullin, R.S.V., Lazard, J., Legendre, M., Amon Kothias, J.B., Pauly, D. Eds. *The Third Symposium on Tilapia in Aquaculture.* ICLARM Conf. Proc. 41, pp. 246–256.
- Bedia, S. B Carlos., J.F. López., E.H. Barrera. 2011. Análisis de la relación peso-longitud, alimentación y maduración gonádica de *Sphyraena guachanch* Cuvier, 1829 (Sphyraenidae) en Playa Barrancas, Municipio de Alvarad Veracruz. *Revista de Zoología*, núm. 22: 23-32.
- Beltrán-Álvarez, R., J. Sánchez-Palacios., L.G. Valdez y A. Ortega-Salas. 2009. Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces:Cichlidae) en la presa Sanaloo, Sinaloa, México. *Rev. Trop.* 58:(1)3325-338.
- Bezault E., F. Clota., M. Deriva., B. Chevassus y J.F. Baroiller. 2007. Sex determination and temperature-induced sex differentiation in three natural populations of Nile tilapia

- (*Oreochromis niloticus*) adapted to extreme temperature conditions. *Aquaculture*. 272 S1:S3–S16
- Biswas A.K., T. Morita., G. Yoshizaki., M. Maita y T. Takeuchi. 2005. Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243: 229– 239.
- Bhujel R.C. 2000. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. *Aquaculture* 181:37–59.
- Bone Q. y H.R. Moore. 2008. *Biology of Fishes*. Taylor & Francis, 3° Edition, USA. 469 p.
- Boyd, C.E y F. Lichtkoppler. 1979. Water quality management in pond fish culture. *Res. Develop. Sci.* (22):4-29.
- Boyd C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Agricultural Experiment Station. Auburn University. Alabama. USA. 369 p.
- Blackwell, B., T. Seamans., D. Helon y R. Dolbeer. 2000. Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. *Wildlife Society Bulletin*. 28(1):70-75.
- Bromage, N.R., M. Porter y C.F. Randall. 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*. 197: 63– 98
- Cabañas, L.P. 1995. Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (*Oreochromis ssp*). Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 66 p.
- Campos-Mendoza A., B.J McAndrew., K. Coward y N Bromage. 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture* 231 (2004) 299–314.
- Camargo S.A.A. y S.S.D. Cruz. 2013. Reproducción y crecimiento de *Oreochromis niloticus* mediante un cultivo intensivo en la ciudad de México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 51 p.
- Canseco J.F.J. 2004. Biología de la reproducción de *O. niloticus* (Linnaeus, 1775). Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 82 p.
- Castro A.L.S.; E. Goncalves-de-Freitas., G.L Volpato y C. Oliveira. 2009. Visual communication stimulates reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Rev. Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. Vol. 42: 368-374.
- Cervantes, S.A. 1984. Manual de técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos. México. UNAM. 103 p.
- Chacón-Torres, A., C. Rosas-Monge y J. Alvarado-Díaz. 2000. The effects of hypereutrofication in tropical Mexican lake. 89-101. En: Munawar, M., S.G Lawrence., L.F Munawar y D.F Malley (Eds). *Acuatic ecosystems of México: Status and scope*. Ecovision World Monograph Series. The Netherlands.
- Cifuentes, R., J. Gonzales., G. Montoya., A. Jara., N. Ortiz, P. Piedra y E. Habith. 2012. Relación peso-longitud y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana Especial*. 75(2): 101-110.
- Contreras, E.F. 1994. Manual de técnicas Hidrobiológicas. Edit. Trillas. UNAM. México. 149 p.

- ❏ Conover, D.O y M.H. Fleisher. 1986. Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia* J. Can. Fish. Aquat. Sci. 43:514-520.
- ❏ Covarrubias B.J.C y J.M.J. Velazco-Arce. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia en tanques de geomembrana. Revista Fuente Año 3 No. 8:10-14
- ❏ Coward, K. y N.R Bromage. 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. Reviews in Fish Biology and Fisheries 10:1 –25.
- ❏ Coward, K. y N.R Bromage. 1999. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). Aquaculture. 171: 251-267.
- ❏ Cridland, C.C. 1962. Laboratory experiments on the growth of *Tilapia* spp. The effect of light and temperature on the growth of *T. zillii* in Aquaria. Hydrobiologia 20, 155–166.
- ❏ Cubillos, L. y C. Alarcón. 2010. Estimación de la talla media de madurez sexual en *Trachurus murphyi* mediante parámetros del consumo relativo de oxígeno. Latin American Journal of Aquatic Research, vol. 38, núm. 2:178-187
- ❏ Dadzie, S., F. Abou-Seedo y J.O Manyala. 2000. Length weight relationship and condition factor of *Pampus argentus* (Euphrasen 1788) in Kuwait waters. Kuwait J. Sci. Engin. 26, 123–136.
- ❏ De Graaf G.J., F. Gameloni y E.A Huisman. 1999. Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research. 30:25-33.
- ❏ De Juan, H.J., I.M. García., C.R. Pérez y L.R. Mengual. 2009. Influencia del sistema visual en la reproducción de los peces. Departamento de biotecnología. Universidad de Alicante. España. 27p.
- ❏ De la Lanza, E.G. 1998. Aspectos fisicoquímicos que determinan la calidad del agua. En: Córdova, M.L.R. 1998. Ecología de los sistemas acuícolas. AGT Editor. México. 221 p.
- ❏ Delince, G. 1992. The ecology of the fish pond system. With special reference to Africa. Kluwer Academic Publishers. 230 p.
- ❏ Delgado-Vidal, F. K., A. Gallardo-Collí., L. Cuevas-Pérez y M. García-Ulloa. 2009 Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. Revista de Investigación y Difusión Científica Agropecuaria. Vol. 13(2): 55-70.
- ❏ DE Silva S.S. 1986. Reproductive biology of *Oreochromis mossambicus* populations of man-made lakes in Sri Lanka: A comparative study. Aquacult. Fish. Manag. 17: 31-38.
- ❏ Devlin, R. y Y. Nagahama. 2002. Sex determination and differentiation in fish: and overview of genetic physiological and environmental influences. Aquaculture. Vol. 208:191-364.
- ❏ DeVlaming V., G. Grossman y F. Chapman. 1981n the use the gonadosmatic index. Comp. Biochem. Physiol. Vol.73A. N° 1. 31-39.
- ❏ Díaz-Pardo E., C. Guerra y G. Vázquez. 1986. Estudio biotecnológico de la laguna Azteca, Hidalgo, México-I. Análisis limnológicos. An.Esc.Nac. Cienc. Biol.Méx. 30:171-189.
- ❏ Dikel, S., M. Vedat Alev y N. Burak Ünalán. 2004. Comparison of performance of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two different initial sizes in floating cages. J. Aric. Fac. Ç.U., 19: 85-92.

- Dorantes G.E., y M.B. Zavala. 2003. Estudio de calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 92 p.
- Duponchelle F. y J. Panfili. 1998. Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Env. Biol. Fish.*, 52:453-465.
- Duponchelle F. y M. Legendre. 2000. *Oreochromis niloticus* (cichlidae) in lake ayame, cote d'ivoire: life history traits of a strongly diminished population. *Cybum*. 24(2):161-172.
- Duponchelle F., P. Cecchi., D. Corbin., J. Nuñez y M. Legendre. 2000. Variations in fecundity and egg size of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes* 57: 155–170.
- Duston, J., N.R Bromage. 1988. The entrainment and gating of the endogenous circannual rhythm of reproduction in the female rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Comp. Physiol.*164A, 259– 268.
- Duston, J., T. Astatkie y P.F Maclsaac. 2003. Long-to-short photoperiod in winter halves the incidence of sexual maturity. *Aquaculture* 221, 567–580.
- El-nemaki F.A., Ali N.A., Zeinhom M.M y Radwn O.A. 2008. Impacts of different water resources on the ecological parameters and the quality of tilapia production at El-abbassa fish farms in Egypt. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. 491-511.
- Elsayed, A. K., G. Mansour y A. Mohammad. 2003. The Biology of *Oreochromis niloticus* in a Polluted Canal. *Ecotoxicologia*. Volume 12, Issue 5: 405-416.
- El-Sayed H., K.H Akel y S.G Moharram. 2007. Reproductive Biology of Tilapia zillii (Ger, 1848) from Abu quir Bay, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Reseach*. Vol. 33 No. 1:379-394
- Espinosa-Lemus V., J.L Arredondo-Figueroa e I. Barriga-Sosa. 2009. Caracterización morfológica y genética de stocks de tilapias (Cichlidae: *Tilapia*) para un efectivo manejo de sus pesquerías en dos presas mexicanas. *Hidrobiológica*. Vol. 19 (2): 95-107.
- Estévez, R. 2009. La reproducción en peces: aspectos básicos y sus aplicaciones en piscicultura. Fundación Observatorio Español de Acuicultura Consejo Superior de Investigaciones Científicas Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid. 700 p.
- FAO. 2006. Cultured Aquatic Species Information Programme - *Oreochromis niloticus*. Text by Rakocy, J. E. In FAO Fisheries and Aquaculture Department (En línea). Rome. Updated 19 May 2006. Citado el 4 Julio 2008.
- FAO. 2007. Fisheries and Aquaculture Department. Species Fact Sheets *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (En línea) Actualizado Julio 20 2007
- Flores, C. 2006. Análisis de los efectos de la selectividad de las redes agalleras sobre algunos aspectos de la pesquería comercial (*Oreochromis aureus*), en la presa Aurelio Benassini Vizcaíno "El Salto", México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa, México.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationship: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*. 22:241-253.

- ❏ Froese, R. y D. Pauly. Editors. 2015. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org
- ❏ Fryer, G. y T.D. Iles. 1972. The Cichlid fish of the great lakes of Africa. Their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- ❏ Gama, F.J.L., M.E.L Pavón., P.T Ramírez y L.O Ángeles. 2010. Análisis de calidad del agua, relación entre factores bióticos y abióticos. 1ra edición. FES Iztacala. UNAM. Mexico. 119 p.
- ❏ García, A., R. Claro y B. Koshelev. 1994. Reproducción en: ecología de los peces marinos de Cuba.; En: Claro. R. (ed.). Revista de biología tropical 44(2):187-209.
- ❏ García, E. 2004. Modificación al sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana 5 edición. Instituto de Geografía. UNAM. México. 90 p.
- ❏ 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.
- ❏ García A., J. Tume y V. Juárez. 2014. Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. Ciencia y Desarrollo. Volumen 15, numero 2.
- ❏ Garrod D. J. y J.W, Harwood. 1984. Reproductive strategies and the reponse to exploitation In Fish Reproduction (eds. G. W. Pootts & R. J. Wootton). Academic Press, New York. 367-384.
- ❏ Getinet, G.T y N.B. Amirt. 2007. Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chiltrada strain Nile tilapia, *Oreochromis noloticus* (L.). Aquaculture Research. 38:1066-1073.
- ❏ Getinet, G.T. 2008. Effects of Maternal Age on Fecundity, Spawning Interval, and Egg Quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 39, No° 5:672-677
- ❏ Gómez-Márquez, J.L., Castillo R.M.A., Fabiola M.J.G y Zamora, V.A.D. 1993. Reproducción de la tilapia en la presa El Rodeo, Morelos, México. Tópicos de la investigación y posgrado III (1):16-22.
- ❏ Gómez-Márquez, J.L. 1998. Age and growth of *Oreochormis niloticus* (Peciformes:Cichlidae) in Mexico. Rev. Trop. 46(4):929-936.
- ❏ Gómez-Márquez, J.L. 2002. Estudio limnológico pesquero del lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM, México. 181 p.
- ❏ Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, H.I Salgado-Ugarte y M. Guzmán-Arroyo. 2003. Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, Mexico. Rev. Biol. Trop. Vol. 51 (1): 221-228.
- ❏ Gómez-Márquez J.L, B Peña-Mendoza., H.I. Salgado-Ugarte & J.L Arredondo-Figueroa. 2007. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. Rev. Biol. Trop. Vol. 56 (2): 875-884.
- ❏ Gómez-Márquez J.L, A. G. Blancas-Arroyo., E. Constanzo- Casillas y A. Cervantes-Sandoval. 2014. Análisis de aguas naturales y residuales de aplicación a la microescala. UNAM. FES Zaragoza. 204 p.
- ❏ Grandó, L.C. 2002. Ecología de peces. Universidad de Sevilla. Secretario de publicaciones. España. 317 p.

- 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. *Revista de Biología Tropical*. 59 (2):761-770.
- Granados-Ramírez J.G., J.L Gómez-Márquez., B. Peña-Mendoza y M. Martínez-Alaníz. 2015. Inventario de cuerpos de agua del estado de Morelos. AGT Editor.Mexico.
- Grammer, G.L., W.T Slack., M.S Peterson y M.A Dugo. 2012. Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) establishment in temperate Mississippi, USA: multi-year survival confirmed by otolith ages. *Aquatic Invasions*. Volume 7. N° 3: 367–376.
- Granado, L.C. 2002. *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla. Secretario de publicaciones, España. 353 p.
- Hauser, W.J., 1977. Temperature requirement of tilapia. *Calif. Fish Game*. 63 (4):228–233.
- Helfman, G.S., B.B. Collette, D.E. Facey y B.W. Bowen. 2007. *The diversity of fish: Biology, Evolution and Ecology*. Wiley-Blackwell, Oxford, England.
- Henry. B.O. 1994. Some aspects of the Reproductive Biology of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) in the Nyanza Gulf of Lake Victoria, Keny. *Kenia Marine and Fisheries Research Institute*In: Okemwa E., Wakwabi E.O.y Getabu A: 121-129.
- Hernández-Avilés, J.S y B. Peña-Mendoza. 1992. Rendimientos piscícolas en dos bordos semipermanentes en el estado de Morelos, México. *Hidrobiológica*. N° 3-4:11-23.
- Hoar, S.W. 1969. Reproduction. In Hoar W.S y D.J Randal (Eds). *Fish Physiology*. Vol. III. Academic Press. Inc:1-72.
- Hyder, M., 1970. Gonadal and reproductive patterns in *Tilapia leucosticta* (Teleostei: Cichlidae) in an equatorial lake, Lake Naivasha (Kenya). *Journal of Zoology London* 162: 179– 195.
- ISSG Database. 2008. National Biological Information Infrastructure (NBII) y IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. <http://www.issg.org/>
- INEGI. 2013. Mapa Digital de México. <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/>
- Ismiño, R y C. Arahujo-Lima. 2002. Efecto del amoniac sobre el crecimiento de la gamitana *colossoma macropumum* (Cuvier, 1818). *Folia Amazónica* 13:1-2.
- Iturra, J. 2008. *Manual de crianza de la tilapia*. Editorial Nicovita. Peru. 49 p.
- Jalabert, B. 2005. Particularities of reproduction and oogenesis in teleost fishes compared mammals. *Reproduction nutrition development*. Vol. 45:261-279.
- Jiménez-Badillo, M.L. 2006. Age-growth models for tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: cichlidae) the infiernillo Reservoir México and reproductive behavior. *Rev. Trop*. 54(2):557-588.
- Jobling M. 1994. *Fish bioenergetics*. Chapman y Hall. London . 309 p.
- Kamanga L.J., E. Kaunda., J.P Mtimuni., A.O Maluwa y W.M Mfilitodze. 2004. Effect of temperature on oocyte development of *Oreochromis karongae* (Trewavas, 1941). *J. Appl. Ichthyol*. 20: 139-145.
- Kariman, A., Sh. Shalloof y M. M. Salama. 2008. Investigations on Some Aspects of Reproductive Biology in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) Inhabited Abu-zabal Lake, Egypt. *Rev. Global Veterinaria* 2 (6): 351-359.
- Khallaf, E.A., M. Galal y M. Authman. 2003. The biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal. *Ecotoxicology*. 12:405-416.
- King, M. 2007. *Fisheries biology, assessment, and management*. 2nd ed. Blackwell publishing. Australia. 382 p.

- King, R.P. y L. Etim. 2004. Reproduction, growth, mortality and yield of *Tilapia mariae* Boulenger 1899 (Cichlidae) in a Nigerian rainforest wetland stream. *J. Appl. Ichthyol.* 20: 502-510.
- Kolding, J. 2006. Population dynamics and life-history styles of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Ferguson's Gulf, Lake Turkana Kenya. *Environmental Biology of Fish.* 37:25-46.
- Kolding, J., L. Haug y S. Stefansson. 2008. Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 65: 1413–1424.
- Komolafe O.O. 2004. The breeding biology of *Oreochromis niloticus* Linnaeus (Pisces:Cichlidae) in opa reservoir Ile-Ife, Nigeria. *Journal of Science and technology.* Vol.25 n°2. 1-8 p.
- Komolafe, O.O. y G.A.O. Araworo. 2007. Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir, Ile-Ife, Nigeria. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 55 (2): 595-602.
- Larsson, S y I. Berglund. 2005. The effect of temperature on the growth energetic, growth efficiency of Aractic charr (*Salvelinus alpinus* L.) from four Swedish populations. *J. Therm. Biol.* 30, 29–36.
- Lagler F.K. 1997. *Freshwater fishery biology.* Ed. WMC. Brown Company Publishers, Dubuque Iowa. 421 p.
- Le Cren, E. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology* 20(2):201-219.
- Legendre M. y J.M. Écoutin. 1996. Aspects of the reproductive strategy of *Sarotherodon melanotheron*: comparison between a natural population (Ebrie lagoon, Côte d'Ivoire) and different cultured populations. In: 3rd Int. Symp. on Tilapia in Aquaculture, Abidjan, Côte d'Ivoire (Pullin R.S.V., Lazard J., Legendre M., Amon Kothias J.-B. & D. Pauly, eds). Manille (Philippines): ICLARM. 326-338.
- Lowe-McConnell R.H. 1958. Observations on the biology of *Tilapia nilotica* Linné in East African waters. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 57: 129-170.
- Lowe-McConnell R.H. 1975. *Fish communities in Tropical Fresh Waters: Theirs Distribution, Ecology and Evolution,* London. Longman, 337p.
- Lowe, M.R., W. Wei., M.S Peterson., N.J Brown-Peterson., W.T William y P.J Schofield. Survival, Growth and Reproduction of Non-Native Nile Tilapia II: Fundamental Niche Projections and Invasion Potential in the Northern Gulf of Mexico. DOI: 10.1371/journal.pone.0041580
- Manríguez L. Y. 2005. Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago de Coatetelco, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 110 p.
- Mair, G. C., S. Lakapunrat., W.L Jere y A.N Bart. 2004. Comparison of reproductive parameters among improved starins of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*.
- Maracano, L., J. Alió y D. Altuve. 2002. Biometria y talla de primera madurez de la tonquicha, *Cynoscion jamaicensis*, de la costa norte de la península de Paria, estado Sucre, Venezuela. *Zootecnia Trop.* 20(1):83-109. 200
- Margalef, R. 1983. *Limnología.* Editorial Omega. Barcelona, España. 252 p.

- ▣ Márquez de Cantú, M.J. 1988. Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 641 p.
- ▣ Martínez, E.M. 1984. El cultivo de especies del genero *Collossoma* en America Latina. FAO. Santiago de Chile. 47 p.
- ▣ Martínez, C.P.A., Cristina C.S y Ross L.G. 1996. The effect of water temperature on food intake, growth and body composition of *Cichlasoma urophthalmus* (Güter) juvenils. *Aquaculture Res.* 27:455-461.
- ▣ Mbahinzireki, G y K. Dabrowski. 1997. Production of male tilapia by heat-treatment of embryos and growth of different diets in recirculating systems. Paper presented during the World Aquaculture Society Conference held at Washington State Convention Center, Seattle, WA, USA 19-23.
- ▣ McAndrew, B.J. 2000. Evolution, phylogenetic relationships and biogeography. In: Beveridge, M.C.M. y B.J. McAndrew. (Eds.). *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers. London. 1-32 p.
- ▣ Morales, D.A. 1991. La tilapia en Mexico, Cultivo y Pesquerias. AGT Editor. 190 p.
- ▣ Morales-Bojórquez, E. 1995. Estimación del tamaño poblacional y el coeficiente de capturabilidad de la Tilapia (*Oreochromis aureus*) por varios métodos de extracción sucesiva. *Rev. Ciencia Pesquera.* N° 11:40-44.
- ▣ Meyer, D.E. 1999. La calidad del agua. Manual de Introducción a la Acuicultura. Zamarano. Honduras.
- ▣ Meyer, D.E y S. Triminio. 2007. Manual práctico de reproducción y cría de alevines de tilapia. Decimoprimer Edición. Programa de colaboración en apoyo a la investigación en Acuicultura. 1^{ra} edi. 51 p.
- ▣ Moley, B.P y Cech, J.J. 2000. *Fishes: An introduction to ichthyology*. Fourth edition. Prentice Hall. 612 p.
- ▣ Naz S., M. Javed y A. Tahir. 2013. A Study on Length-Weight Relationships (LWR) and Growth Responses of Major Carps Exposed to Lead (Pb). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare.* Vol.3 No.19. 72-79.
- ▣ Njiru, M., J.B Okeyo-Owour., M. Muchiri y I.G Cowx. 2004. Shift in feeding ecology of Nile tilapia in Lake Victoria, Kenya. *Afri. J. Ecol.* 42, 163–170.
- ▣ Nijiru M., E. Ojuok., J.B. Okeyo-Owour., M. Muchiri., M.J. Ntiba y I.G. Cowx. 2006. Some biological aspects and life history strategies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in Lake Victoria, Kenya. *East African Wild Life Society. Afr.J. Ecol.* 44. 30-37.
- ▣ Nikolsky, V.D. 1963. *The ecology of fishes. Parte II.* Academic Press London. 352 p.
- ▣ Novaes, C.L.J y D.E. Carvalho. 2012. Reproduction, food dynamics and exploitation level of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from artisanal fisheries in Barra Bonita Reservoir, Brazil. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 60 (2): 721-734.
- ▣ Nyakuni, L. 2009. *Habitad utilization and reproductive biology of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) in Albert Nile, Nebbi district.* Thesis of master of science degree in zoology. makerere university .Uganda. 77 p.
- ▣ Ochotorena, S.A y B.V Espitia. 2005. *Reproducción de la Tilapia (Oreochromis Niloticus) en el Jardín Zoológico de la Habana.*

- Offem, B. O., Y. Akegbejo-Samsons y I. T. Omoniyi. 2007. Biological assessment of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae; Linne, 1958) in a tropical floodplain river. African Journal of Biotechnology Vol. 6 (16):1966-1971.
- Ogutu-Ohwayo, R. (1990) The decline of the native fishes of lakes Victoria and Kyoga (East Africa) and the impact of introduced species, especially the Nile perch, *Lates niloticus* and the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Env. Biol. Fish. 27, 81–96.
- Ojuok, J.E. (1999) *Reproductive biology of Oreochromis niloticus (L.) in the Nyanza Gulf of Lake Victoria*. In: Report on Fourth FIDAWOG Workshop held at Kisumu, 16 to 20 August 1999. Jinja, Uganda, Lake Victoria Fisheries Research Project, pp. 192-198.
- Orozco-Blancarte .E.A. 2013. Edad y Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el bordo La Palapa, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 57 p.
- Ospina-Álvarez, N. y F. Piferrer. 2008. Temperature-Dependent Sex Determination in Fish Revisited: Prevalence, a Single Sex Ratio Response Pattern, and Possible Effects of Climate Change. PLoS ONE 3(7): e2837. doi:10.1371/journal.pone.0002837
- Parra L.M.A. 2005. Reproducción de peces en el trópico. Universidad Nacional de Colombia. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. 229 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.
- Pauly, D. 1984. Fish Population Dynamics in Tropical Water. A manual for use with progammable calculator. International center for living aquatic Resources Management, ICLARM. Estudios and reviews 8. Manalia Filipinas. 179 p.
- Pauly, D. 1984b. A mechanism for the juvenile-to-adult transition in fishes. J. Cons. Int. Explor. Mer, 41: 280-284.
- Payne, A.I. y R.I. Collinson, 1983. A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon niloticus* (L) with those of *S. aureus* (Steindachner) and other Tilapia of the Delta and lower Nile. Aquaculture, 30: 335-351.
- 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. Revista de Biología Tropical, vol. 53, núm. 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., T.R. Varela, J. Velasquez-Abunder, A. Orbe-Mendoza y J. Velasco-Arce. 2010. Growth, mortality and reproduction of the blue tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in the Aguamilpa Reservoir, México. Rev. Biol. Trop. 58(4):1577-1586.
- Pérez, P.M. y M, C. Padilla de la Peña. 2012. Prácticas de Zoología Aplicada Biometría pesquera. Determinación de parámetros y cálculo del índice gonadosomático. Departamento de biología. Universidad de Madrid. Rev. Reduca. Vol. 5 (3):92-103
- Peterson M.S., W.T Slack., N.J Brown-Peterson y J.L McDonald. 2004. Reproduction in nonnative environments: Establishment of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in coastal Mississippi Watershed. Copeia. No. 4:842-849.
- Platt, S y W.J. Hauser. 1978. Optimum temperature for feeding and growth of tilapia. Prog. Fish Cult. 40 (3):105–106.

- Quintero, R.G. 2011. Análisis comparativo de costos de producción de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) en Zamora, Honduras. Tesis de Licenciatura. Carrera de Administración de Negocios Agropecuarios. 30 p.
- Ramos-Cruz S. 1995. Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México. Ciencia pesquera, Nueva época. 11:54-61.
- Rennie M.D y R. Verdon. 2008. Evaluation of condition índices for the lakes whitefish *Caregonus clupeaformis*. North America Journal of Fishries Management. 28:1270-1293.
- Ricker, W. 1975. Computation and interpretation of biological statistics fish populations. Journal of the Fisheries Research Board of Canada. 191:382 p.
- Ridha M.T y E.M Cruz. 2000. Effect of light intensity and photoperiod on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) seed production. Aquaculture Research. 31:609-617.
- Rivera C. R, J.P.H Girón y G.A Benítez. 2004. Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de Tilapia (*Oreochromis sp.*) en aguas duras, en la región de la Cañada, Oaxaca, México. Revista AquaTIC, nº 20, pp. 38-43.
- Robinette, H.R. 1976. Effect of selected sublethal levels of ammonia on the growth of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Prog. Fish-Cult. 38:26.29.
- Romero-Rojas, JA. 1999. Calidad de agua. Ed. Alfaomega. Mexico, DF.273 P.
- Rodríguez, G.M. 1992. Técnicas de evaluación Cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT Editor. 79 p.
- Saborido-Rey F. 2008. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso de doctorado. Instituto de investigaciones marinas. Universidad de Virgo. 69 p.
- Saderkarpawar, S. y Parikh P. 2013. Gonadosomatic and Hepatosomatic Indices of Freshwater Fish *Oreochromis mossambicus* in Response to a Plant Nutrient. World Journal of Zoology 8 (1): 110-118.
- SAGARPA. 2012. *Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2011*. CONAPESCA, México. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/infografia_acuicultura_2011.
- Navarrete-Salgado, N.A., G. Elías-Fernández., G. Contreras-Rivero y M. Rojas-Bustamante. 2000. Policultivo de carpa y tilapia en dos bordos rurales del Estado de México. Hidrobiológica. Vol.10 N°1:35-40.
- Salazar M.E.L. 2004. Biología de la reproducción y crecimiento de *Colossoma macropomun* en la amazonia Boliviana. Tesis de Maestría. Maestría en ciencias biológicas y biomédicas. Facultad de ciencias farmacéuticas y bioquímicas. Universidad Mayor de San Andrés. La paz- Bolivia. 67 p.
- Salgado. U.I.H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Primera edición. MARC ediciones. México. 243 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., Gómez-Marquéz J.L y Peña-Mendoza B. 2005. Métodos Actualizados para Análisis de Datos Biológico-Pesqueros. FES Zaragoza. UNAM. México. 240 p.

- Sánchez, M.J.M y Zamora A.SD. 2012. Producción y calidad de agua del bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 101 p.
- Sandoval S. CT. 2014. Análisis reproductivo de *Oreochromis niloticus* en el sistema Lacustre de Xochimilco. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México. 43 p.
- Sastre, B.L. 2008. Análisis Biológico-pesquero de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F. 137p.
- Secretaría de Pesca. 1988. Cultivo de tilapia. Secretaría de Pesca. México. DF. 15 p.
- SEGOB (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Estado de Morelos. http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_morelos
- Sinderman, C.J. 1990. Principal Diseases of Marine Fish and Shellfish. Vol. 1 Diseases of Marine Fish 2nd end. New York: Academic Press. USA. 521p.
- Siddiqui A.Q., A. Al-Harbi y S. Al-Hafedh. 1997. Effects of food supply on size at first maturity, fecundity and growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) x *Oreochromis aureus* (Steindachner), in outdoor concrete tanks in Saudi Arabia. *Aquaculture Research*. 28:341-349
- Strüssman, A.D. y M. Nakamura. 2002. Morphology, endocrinology and environmental modulation of gonadal sex differentiation in teleost fishes. *Fish Physiology and Biochemistry*. Vol. 26. 13-29.
- Swingle, H.S. 1961. Relationship of pH of pond water to their suitability for fish culture. *Proc. Pacific Sci. Congress 9. Fisheries*. Vol. 10 :72-75.
- Tadasse, Z. 1997. Breeding season, fecundity, length-weight relationship and condition factor of *Oreochromis niloticus* L. (Pisces:Cichlidae) in lake Tana, Ethiopia. *Ethiop. J. Sci.* 20(1):31-47.
- Tacon P., P. Ndiaye., C. Cauty., F. Le Menn y B. Jalabert. 1996. Relationship between the expressions of maternal behavior and ovarian development in the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 146:261-275.
- Tovar-Ortiz J., J.H. Rodríguez-Castro. 2009. reproducción, edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis aureus* S.) en la presa Vicente Guerrero, Tamaulipas, México. *Memorias 20º Encuentro Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México*. Instituto tecnológico de Madero. 270 p.
- Tenorio-Colín, G. 2003. Caracterización isoenzimática de *Oreochromis niloticus* *O. mossambicus* introducidas en México. *Rev. Ciencia y Mar*. México. Vol. 7 (19): 11-24.
- Thuston, V.R., R.C Russo., E.L Main., R.K Zajdel y C.E Smith. 1986. Chronic toxicity of Ammonia to Fathead Minnows. *Transactions of the American Fisheries Society*. 115:196-207.
- Treer T., N. Sprem., H. Torcu-Koc., Y. Sun y M. Piria. 2008. Length-weight relationships of freshwater fishes Croatia. *Ichthyol*. Vol. 24:626-628.
- Trewavas, E. 1982. Generic groupings of Tilapiini used in Aquaculture. *Aquaculture*. 27:79-81.

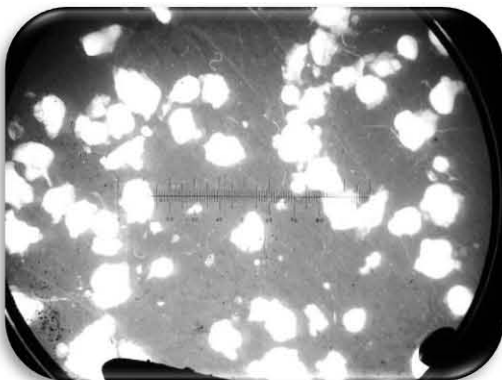
- ▣ Trewavas, E. 1983. Talapiini fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakalia*. British museum Nat. Hist. 583 p.
- ▣ Trudel, M. S. Morris., J. Higgs y D. Welch. 2005. Indicators of energy status I juvenile coho and Chinook salmon. North American Journal of Fisheries Management. 25: 374-390.
- ▣ Trussell, R.P. 1972. The percent of un-ionized ammonia in aqueous ammonia solution at different pH levels and temperatures. J.Fish Res. Bd. Canada. 29:1505-1507.
- ▣ Alcántar-Vázquez, J.P., Santos-Santos, C., Moreno-de la Torre, R. y C. Antonio-Estrada. 2014. Manual para la Producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). UNPA-PIFI, Oaxaca. México. 81 pp.
- ▣ Vazzoler, A.E. 1996. Biología da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática. EDUEM. Sao Paulo Brasil. 169 p.
- ▣ Volpato G.I., C.R.A Duarte and A.C Luchiari. 2004. Environmental color affects Nile tilapia reproduction. Rev. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. Vol.37: 479-438.
- ▣ Wallace R. y K. Selman.1981. Cellular and dynamic aspects of the oocyte growth in teleost. Amer. Zool., 21: 325-343.
- ▣ Watanabe, W.O., T.M. Losordo., K. Fitzsimmons y F. Hanley. 2002. Tilapia Production Systems in the Americas: Technological Advances, Trends and Challengers. Review in Fisheries Science. 10(3 y 4):465-498.
- ▣ Watanabe, W.O., D.H. Ernst., M.P. Chasar., R.I. Wichlund y B.L. Olla. 1993. The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculating
- ▣ Weatherly, A.H y H.S. Grill. 1989. The biology of fish growth. Academic Press. USA. 443 P.
- ▣ Wetzel, R.G. y G.E. Likens. 1991. Limnological Analyses. Springer-Verlag. New York. 387 p.
- ▣ Wetzel, R.G. 1981. Limnología. Ed. Omega. Barcelona. España. 679 p.
- ▣ Wetzel, R.G 2001. Limnology. Lake and River Ecosystems. Third Edition. Academic Press. USA. 1006 P.
- ▣ Wheaton, F.W. 1982. Acuicultura, diseño y construcción de sistemas (Edi. Español) México. DF.
- ▣ Wootton, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 1. 104 p.
- ▣ Wootton, R.J. 1979. Energy cost of egg production and environmental determinants of fecundity in teleost fishes. Symp. Zool. Soc. Lond. 44: 133–159.
- ▣ Xiao-Jun, X., y S. Ruyung. 1992. The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growth rate as a function of ration level and temperature. J. Fish Biol. 40, 719–730.
- ▣ Zimmermar S. 2005. Reproducción de tilapias. En: Reproducción de peces en el trópico. Universidad Nacional de Colombia. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural. 229 p.

Anexos

I. Muestreo de agua y biometría de los organismos de Huitchila.



II. Trabajo de laboratorio, biometría de gónadas y conteo de ovocitos.



Índices de figuras

- Figura.1. Anatomía externa de *Oreochromis niloticus*.
- Figura. 2. Características morfométricas de Huitchila.
- Figura. 3. Orientación geográfica, firma y orientación del embalse de Huitchila.
- Figura. 4. Embalse de Huitchila, Morelos, México.
- Figura. 5. Frecuencia de tallas de machos y hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 6. Variación mensual de la proporción sexual de hembras y machos.
- Figura. 7. Relación longitud total –longitud patrón para *O. niloticus*.
- Figura. 8. Relación peso total-longitud total para la población de *O. niloticus*.
- Figura. 9. Relación peso total-longitud total para machos y hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 10. Relación peso-longitud en el periodo de marzo de 2013 a junio de 2014, para *O. niloticus*.
- Figura. 11. Curva logística para la talla de primera madurez sexual para machos de *O. niloticus*.
- Figura. 12. Curva logística para la talla de primera madurez sexual para hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 13. Comportamiento mensual del factor K para machos de *O. niloticus*.
- Figura. 14. Comportamiento mensual del factor K para hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 15. Variación temporal de los estadios de maduración gonadal machos de *O. niloticus*.
- Figura. 16. Variación temporal de los estadios de maduración gonadal hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 17. Comportamiento temporal de IGS de machos de *O. niloticus*.
- Figura. 18. Comportamiento mensual del IGS para hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 19. Comportamiento mensual del IHS para hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 20. Variación temporal de los índices para la población de *O. niloticus*.
- Figura. 21. Intervalos de tallas de los óvulos de hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 22. a. Relación longitud-número de ovocitos y b. relación pesos-número de ovocitos para hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 23. Comportamiento de la temperatura del agua y la temperatura ambiental para el embalse de Huitchila.
- Figura. 24. Comportamiento de la transparencia y la profundidad para Huitchila.
- Figura. 25. Comportamiento de la dureza, alcalinidad y pH para Huitchila.
- Figura. 26. Comportamiento del oxígeno disuelto y la temperatura de agua para Huitchila.
- Figura. 27. Comportamiento temporal de la conductividad y los sólidos para el embalse de Huitchila.
- Figura. 28. Comportamiento temporal del amonio para el embalse de Huitchila.
- Figura. 29. Relación de la temperatura del agua y el IGS de machos y hembras de *O. niloticus*.
- Figura. 30. Comportamiento de la clorofila a con respecto a el IGS de machos y hembras de *O. nilotiicus*.

Índices de tablas

- ▣ Tabla. 1. Resumen de la biometría para machos y hembras de *O. niloticus*.
- ▣ Tabla. 2. Análisis de correlación a. total d organismo b. machos c. hembras de *O. niloticus*.
- ▣ Tabla. 3. Análisis de Covarianza del peso total- longitud total para la población de *O. niloticus* por sexo.
- ▣ Tabla. 4. Análisis de regresión de la longitud total-peso total para machos.
- ▣ Tabla. 5. Análisis de regresión de la longitud total-peso total para hembras.
- ▣ Tabla. 6. Prueba de *t-Student* para las pendientes de la relación peso-longitud mensual de *O. nilotucis*.
- ▣ Tabla. 7. Resumen de la biometría de los ovarios de *O. niloticus*.
- ▣ Tabla. 8 Resumen de la biometría de los testículos de *O. niloticus*.
- ▣ Tabla. 10. Resumen del número y diámetro de los ovocitos de *Oreochromis niloticus*.
- ▣ Tabla. 11. Análisis de correlación de parámetros ambientales de Huitchila e índices de *O. niloticus*.