



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CICLO REPRODUCTIVO DE *Oreochromis niloticus*,  
EN EL BORDO 'LA PALAPA', MORELOS.

TESIS  
PARA OBTENER EL TÍTULO  
DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:  
GONZALEZ BRAVO MAGALI



DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSÉ LUIS  
GÓMEZ MÁRQUEZ

CIUDAD DE MÉXICO

2021



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 que me dio la oportunidad de ser parte de la máxima casa de estudios.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por permitirme conocer y vivir experiencias inolvidables, así como formar parte de la mejor etapa académica principalmente por los conocimientos que obtuve.

A mi director de tesis el Dr. José Luis Gómez Márquez por aceptarme para formar parte del laboratorio de Limnología, por sus conocimientos, sus consejos, enseñanzas, su experiencia laboral, su profesionalismo y su amistad incondicional. Gracias por la confianza que depositó en mí.

Al Biól. José Luis Guzmán Santiago por siempre estar dispuesto para apoyarme en cada duda que tuve durante mi paso académico y el proceso de tesis, gracias por su paciencia y entrega hacía sus alumnos.

Gracias a mis sinodales la Dra. Verónica Mitsui Saito Quezada, la Mtra. Angélica Flores Ramírez y a la Mtra. Gabriela Selene Ortiz Burgos por ser tan amables y pacientes en mi proceso de titulación, por aceptar formar parte de mi jurado y compartir sus conocimientos conmigo.

# DEDICATORIAS

Para mi madre Apolonia Bravo Ramírez por ser mi mejor ejemplo a seguir, sin ti no hubiera logrado alcanzar esta meta, eres lo mejor que tengo en la vida. Gracias por ser mi amiga, mi confidente, la mejor consejera, por tus enseñanzas, tus palabras de aliento cuando tengo días grises, por estar conmigo en las buenas y en las malas pero principalmente por creer en mí cuando nadie lo hacía. Te amo y te amaré siempre.

A mi padre Rene González Melo por tus consejos y siempre escucharme.

Para mis abuelos Alfonso Bravo y Estela Ramírez por ser mis segundos padres, gracias por sus consejos tan sabios, sus cuidados que siempre me han brindado, por tanto amor que me dan y por acompañarme siempre. Quisiera que fueran eternos.

A mis tíos Lorena Bravo y Juventino Bravo por estar conmigo siempre, por cada una de las aventuras que vivimos, por sus lecciones de vida que me han enseñado, por creer en mí, por sus bromas y su buen humor.

A la familia Pérez por abrirme las puertas de su hogar, gracias por demostrarme mucho amor y cariño, estaré eternamente agradecida por todo el apoyo que me dieron. Siempre los llevaré en mi corazón.

Para la Maestra Laura por apoyarme desde la preparatoria e impulsar mi pasión por la biología, gracias por creer en mí. Hoy por fin le puedo decir "Colega".

Para todas aquellas personas que me dijeron "no lo vas a lograr", que me han dificultado mi camino, me han traicionado y criticado; ustedes también fueron un gran impulso para seguir luchando y demostrarles que puedo lograr mis sueños y metas.

# ÍNDICE

INDICE .....	1
Introducción .....	1
Antecedentes .....	2
Taxonomía y clasificación de la especie .....	4
Datos biológicos de la especie.....	4
Justificación.....	5
Hipótesis .....	6
Objetivos .....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos particulares .....	6
Área de estudio.....	7
Material y Métodos.....	8
Trabajo en campo.....	8
Trabajo de laboratorio .....	9
Calidad del agua.....	14
Resultados.....	14
Talla y peso.....	14
Proporción sexual.....	15
Relación longitud total-longitud patrón .....	16
Relación peso total-longitud total .....	17
Talla de primera madurez sexual .....	18
Factor de condición .....	19
Índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS).....	21
Madurez gonádica.....	22
FECUNDIDAD RELATIVA.....	27
Fecundidad media .....	27
Parámetros físicos y químicos .....	30
Profundidad máxima y visibilidad .....	30

Temperatura ambiente y grados Celsius .....	31
Sólidos disueltos totales y conductividad.....	31
Oxígeno disuelto y pH .....	32
Alcalinidad, dureza total y dureza de calcio. ....	33
Fósforo total, sulfatos y ortofosfatos .....	34
Bibliografía .....	53

## Introducción

La tilapia pertenece a un grupo de peces de la familia Cichlidae representada por más de 100 especies oriundas del continente africano. Poseen cualidades que las convierten en organismos de gran importancia para la acuicultura entre las que destacan, su crecimiento rápido, tolerancia en cultivo a altas densidades, resistencia a enfermedades, carne de amplia aceptación entre la población, y la capacidad de convertir eficientemente desechos domésticos y orgánicos en proteína de alta calidad (Liti *et al.*, 2005; Shalloof y Salama, 2008). Entre las especies más importantes para el cultivo a diferentes escalas están, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilapia azul (*O. aureus*), tilapia de Mazambique (*O. massambleus*) (Morales, 1991).

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

El primer registro de producción de tilapia en México se da en 1970 (200 toneladas). Durante 1984-2002. Actualmente, la tilapia se cultiva en 31 estados del país, siendo los mejores sitios para su desarrollo las zonas tropicales de los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa. Para el estado de Morelos, la producción fue de 1038 toneladas, lo que representó para esa entidad más del 90% de producción (CONAPESCA, 2015).

Estudios llevados a cabo en diversas regiones de México han sugerido que la acuicultura rural de tilapia es una alternativa de producción, capaz de atenuar la demanda y disminuir la presión sobre los recursos naturales. La producción de tilapia es importante como alternativa en la generación de empleos, el arraigo en las comunidades y la producción de alimento de alta calidad nutricional para el ser humano (CONAPESCA, 2015).

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

Es una especie de fácil reproducción, alta productividad, generalmente herbívoras, aunque aceptan todo tipo de alimentos tanto naturales como artificiales (Peña – Mendoza *et al.*, 2011).

*Oreochromis niloticus* es uno de los peces utilizados para la alimentación y acuicultura más importantes del mundo, debido a la facilidad con que puede ser criado en cautividad (Biswas *et al.*, 2005). Entre las principales ventajas de esta especie, se pueden considerar su bajo costo de producción, la calidad de la carne, su gran resistencia a parásitos, su madurez sexual temprana (*Oreochromis niloticus* entre los 30-50 g) lo que trae consigo una alta tasa de reproducción, el crecimiento rápido, su capacidad de convertir los residuos orgánicos y domésticos en proteínas de calidad y sobre todo su buen sabor (Baltazar, 2007; Peña Mendoza *et al.*, 2005).

## Marco Teórico

### Antecedentes

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

Jeremy *et al.*, (1998) estudiaron los efectos de la temperatura y la salinidad en la proporción de machos y hembras en *Oreochromis niloticus*, encontrando una importante relación entre la proporción de sexos y la temperatura, ya que se sintetizan las hormonas que provocan la diferenciación sexual de las gónadas durante los primeros estadios de vida; por otra parte, mencionan que no hay relación alguna entre la salinidad y la proporción de hembras y machos.

Ramos-Cruz (1995) analizó la reproducción y el crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* en la presa Benito Juárez, Oaxaca. Se tomaron los registros biológicos de 979 organismos obtenidos de la captura comercial desde diciembre de 1992 hasta noviembre de 1993. En esta población los machos representaron el 72.2%. La primera talla de madurez sexual la alcanzaron a los 23.5 cm de longitud total. Se registraron desoves en todos los meses, pero se detectaron tres periodos de mayor intensidad: de febrero-marzo, junio-julio y octubre. Las constantes del modelo de crecimiento de von Bertalanffy fueron:  $L_{\infty} = 29.6$  cm;  $K = -0.218$ ;  $t_0 = -0.904$  y  $W_{\infty} = 500$  g.

Ramírez y Cruz (2002) estudiaron los aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México, en donde colectaron 384 individuos, de los cuales 232 fueron machos y 152 hembras, lo cual



representa una proporción sexual de 1:1.5 (hembra:macho). La talla de primera madurez sexual para las hembras fue de 17.45 cm y de 17.74 para los machos. El intervalo en el número de óvulos osciló entre 266 y 1 110. La fecundidad tuvo mayor relación con la longitud que con el peso total, y el número de ovocitos promedio fue de 446. Se identificaron dos periodos de desove el primero en verano (agosto-septiembre) y en menor proporción en invierno (enero-febrero).

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 del estado de Morelos, México. Los muestreos se realizaron de enero a diciembre de 1993, con un total de 319 especímenes, (161 machos y 158 hembras). 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.

Peña Mendoza *et al.*, (2005) estudiaron la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. De febrero de 1999 a febrero del 2000, se analizaron 624 peces, 272 hembras y 352 machos. La proporción sexual encontrada fue 1:1.29 (hembra: macho) ( $\chi^2 = 10.26$ ;  $p < 0.05$ ). Reportan que la madurez sexual de las hembras se da a los 151.3 mm y a los 152.0 mm en machos de longitud total. Se encontraron dos épocas de desove durante febrero y agosto. La variación de la fecundidad estuvo mejor relacionada con la longitud ( $r^2 = 0.7473$   $p < 0.05$ ) que con el peso ( $r^2 = 0.7395$ ;  $p < 0.05$ ). El intervalo de fecundidad estuvo entre 243 y 847 ovocitos por organismo, con diámetros entre 300 a 3700  $\mu\text{m}$ .

Gómez Márquez *et al.*, (2008) analizaron la edad y crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando 1039 organismos capturados en el lago Coatetelco del estado de Morelos de enero a diciembre de 1993. La longitud estándar de las hembras osciló de 9,0 hasta 16,5 cm y los machos 8,9 a 14,8 cm. Las relaciones longitud-peso para todos los individuos fue  $P_t = 0,1207 L_p^{2.469}$  ( $r^2 = 0.9462$   $p < 0.05$ ).

Aguilar (2011) investigó algunos aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en el bordo "Amate Amarillo", Morelos de marzo del 2009 a abril del 2010. Colectó 437 peces con una proporción sexual de 2.5:1 (macho: hembra  $\chi^2 = 81.74$ ,  $p < 0.05$ ). La talla de primera madurez sexual fue a los 15.84 cm de longitud total para los machos y de 16.03 cm para las hembras, La fecundidad media se estimó de 489 ovocitos. La población mostró un crecimiento de tipo alométrico negativo y con base a la madurez gonádica, factor de condición, índice gonadosomático y hepatosomático se observaron dos períodos de desove: de febrero a marzo, en época de secas, y de julio a septiembre, en época de lluvias.

García (2011) investigó los aspectos reproductivos de la tilapia del 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 la 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 diámetro de 300 a 3200  $\mu\text{m}$ .

### Taxonomía y clasificación de la especie

Una clasificación de la tilapia, propuesta por Trewavas (citado en SEPESCA, 1988) según sus hábitos reproductivos las clasifica en cinco géneros: *Tilapia* (A. Smith), *Tristamella* (Trewavas), *Danakilia* (Thys), *Saratherodon* (Ruppel) y *Oreochromis* (Gunther).

De acuerdo con Berg y Trewavas (1983) (citado en SEPESCA, 1988) *Oreochromis niloticus* se clasifica de la siguiente manera:

<b>PHYLUM</b>	<b>CHORDATA</b>
<b>SUBPHYLUM</b>	<b>VERTEBRATA</b>
<b>SUPERCLASE</b>	<b>GNATHOSTOMATA</b>
<b>SERIE</b>	<b>PISCES</b>
<b>CLASE</b>	<b>ACTINOPTERYGI</b>
<b>ORDEN</b>	<b>PERCIFORMES</b>
<b>SUBORDEN</b>	<b>PERCOIDEI</b>
<b>FAMILIA</b>	<b>CICHLIDAE</b>
<b>GÉNERO</b>	<b><i>Oreochromis</i></b>
<b>ESPECIE</b>	<b><i>Oreochromis</i></b> <b><i>niloticus</i> (Linnaeus,1758)</b>

### Datos biológicos de la especie

Las principales características de esta familia son:

La tilapia generalmente se encuentra restringida a aguas relativamente someras y los adultos tienen una migración vertical hacia aguas profundas; habita en agua dulce, estuarina y algunas especies tolera amplios intervalos de salinidad. Es omnívora; ingiere una amplia variedad de organismos incluyendo plancton,

invertebrados, larvas de peces, detritos y materia orgánica en descomposición (Trewevas, 1983).

*Oreochromis* es el género más utilizado en la acuicultura, ya que presenta las tasas más altas de crecimiento, fácil reproducción y manejo. Cuando una hembra *Oreochromis* empieza con su ciclo reproductivo, primero visita la zona de reproducción que se encuentra en el fondo del estanque, porque ahí se encuentran los nidos que los machos han construido previamente. Después de un acto de cortejo, la hembra empieza a depositar los óvulos mientras que, en simultáneo, el macho los fertiliza. Después de esto, la hembra recoge los huevos fertilizados con la boca para incubarlos y alejarse de la zona de apareamiento. Después de la incubación, que dura aproximadamente de 20 a 30 días, los alevines eclosionados son liberados en aguas someras. Luego la hembra comienza su actividad alimenticia para recuperar la condición de sus ovarios en un periodo de dos a cuatro semanas, después de este tiempo estará lista para una nueva puesta (Baltazar, 2007).

El tipo de reproducción es dioica y el sistema endócrino juega un papel importante en la regulación de la reproducción, la diferenciación de las gónadas ocurre en etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad (tomando como referencia el primer día que deja de ser alevín). Posteriormente, las gónadas empiezan a definirse como masculinas o femeninas, éstas últimas se desarrollan entre los 7 y 10 días antes que las masculinas. Alcanza la madurez sexual a partir de dos o tres meses de edad con una longitud entre 8 y 18 cm. El fotoperiodo, la temperatura (la cual debe permanecer arriba de 24°C durante el periodo de maduración) y la presencia del sexo opuesto, son factores que influyen en la maduración sexual (Cantor, 2007).

El macho desarrolla una coloración muy marcada en la época de reproducción y fija su territorio, tiene un periodo prenupcial corto, el macho es polígamo y usa el nido como un sitio temporal para el cortejo y la fertilización de los óvulos. Los nidos tienen la forma de cráteres circulares ligeramente más grandes que la longitud de la hembra (Paul, 2007). Los huevos son cuidados por la madre manteniéndolos en su boca por 20 a 30 días en función de la temperatura. Las hembras desovan en repetidas ocasiones, normalmente una hembra realiza de cuatro a cinco puestas en un año en condiciones favorables de temperatura. Cada puesta puede contener entre 200 y 2000 óvulos que son de color amarillo naranja (2.2 a 3 mm) y no presentan una cubierta adherente (Paul, 2007).

## Justificación

La descripción de las estrategias reproductivas (proporción de sexos, período de desove, tipo de reproducción, tamaño y edad de primera maduración gonádica, fecundidad, fertilidad son temas fundamentales en el estudio de la biología y dinámica poblacional de las especies de peces. El conocimiento de estos aspectos permite tomar decisiones correctas para llevar a cabo el manejo y aprovechamiento

del recurso (introducción de crías, elección del arte de pesca, técnicas de cultivo, entre otras) con el fin de obtener una buena producción que permita la explotación permanente de los recursos pesqueros (Rodríguez, 1992; Barbieri *et al.*, 2000).

De esta manera, realizar estudios acerca de los aspectos reproductivos, tienen una relevancia importante, no solo a nivel de ciclo de vida de la especie o potencialidad de la especie como recurso, sino también para el conocimiento de la biología básica del recurso. La información obtenida de estos análisis puede emplearse para establecer la edad y talla a la que los peces alcanzan la madurez sexual, el momento y lugar de la reproducción y la duración del ciclo desde el comienzo del desarrollo del ovario hasta la puesta de los óvulos para un adecuado manejo y explotación del recurso.

## Hipótesis

Conocer algunos de los aspectos reproductivos que sirven para comprender la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en el bordo La "Palapa", ya que esta especie es explotada por las personas de esta comunidad y los resultados obtenidos servirán de apoyo para que los productores apliquen métodos adecuados y permitan mejorar la producción extensiva de los peces con el objetivo de beneficiar a la comunidad.

## Objetivos

### Objetivo general

Reconocer los aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus*, en el Bordo "La Palapa", y determinar su posible relación con las características físicas y químicas del agua.

### Objetivos particulares

1. Determinar la relación peso-longitud para la especie, así como el factor de condición de Clark para los organismos y analizar la proporción sexual que tiene esta especie.
2. Determinar los índices morfo-fisiológicos (índice gonadosomático y hepatosomático) para establecer la época de reproducción de la especie.
3. Reconocer la primera talla de madurez sexual de los organismos y describir los estadios de maduración del ciclo reproductivo.
4. Obtener el potencial reproductor de la especie por medio de los índices de fecundidad relativa y fecundidad media.

5. Analizar las características físicas y químicas del agua y analizar la relación de entre estas variables y los indicadores de la reproducción.

## Área de estudio

El microreservorio “La Palapa” se encuentra en el municipio de Ayala (figura 1), estado de Morelos con coordenadas geográficas 18°43'17.07" Norte y 98°54'44.56" Oeste, a 1,220 metros sobre el nivel del mar (INEGI, 2000).

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

El clima que predomina en esta zona es Aw''(w) (i) g, cálido sub-húmedo, con lluvias en verano, con una precipitación y temperatura media anual es de 800 mm y 24° C respectivamente (García, 2004).

La vegetación es selva baja caducifolia; principalmente encontramos, quintonil, (*Maranthus hybridus*); chirimoyo, (*Annona cherimolia*); anona (*Annona squamosa*); nanche (*Byrsonima crassifolia*); bonete (*Pileus mexicana*), pápalo (*Porophyllum tagetoides*); verdolaga (*Portulaca oleraceae*); guayaba (*Psidium guajaba*); ciruela (*Spondias mombin*); pitayo (*Stenocereus dumortieri*); canelillo (*Vitex pyramidata*, *querengue*), (*Prosopis juliflora*); Mezquite, (*Spondias mombin*); ciruelo, (*Salix babylonica*); sauce, (*Erythrina coralloides*); colorin, (*Acacia retinodes*); acacia amarilla, (*Paubrasilia echinata*); y árboles como: Velillo (*Alvaradoa amorphoides*); Nanche (*Byrsonima crassifolia*); Pochote (*Ceiba aesculifolia*); Colorin, chompantle (*Erythrina americana*); Palo de Brasil (*Haematoxylum brasiletto*); Coyotomate (*Vitex mollis*) (SEGOB, 2005).

La fauna también es muy variada, entre ellos tenemos murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), murciélago lengüilargo (*Glossophaga soricina*), conejo (*Sylvilagus floridanus*), rata de campo (*Sigmodon hispidus*), ratón (*Liomys irroratus*), tlacuache (*Didelphis marsupialis*), zorra (*Urocyon cinereoargenteus*), zorrillo (*Spilogale angustifrons*). Entre los peces se cuenta con bagre (*Ictalurus balsanus*) y mojarra tilapia (*Oreochromis niloticus*) (INEGI, 2000).

El municipio de Ayala se beneficia con la fluencia de la microcuenca del río Cuautla, del río Ayala que se favorece con los escurrimientos de las barrancas “El Hospital y Calderón”. Los tipos de suelo que predominan en el municipio son Chernozem, Castañozem, Feozem háplico, Litosol y Vertisol pélico, compuesto generalmente de rocas sedimentarias clásicas (S.P.P., 1981). Tiene a los alrededores cultivos principalmente de maíz (*Zea mays*), caña (*Saccharum sp*), sorgo (*Sorghum spp*), arroz (*Oryza sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), pepino (*Cucumis sativus*) y cebolla (*Allium cepa*) (SEGOB, 2005).

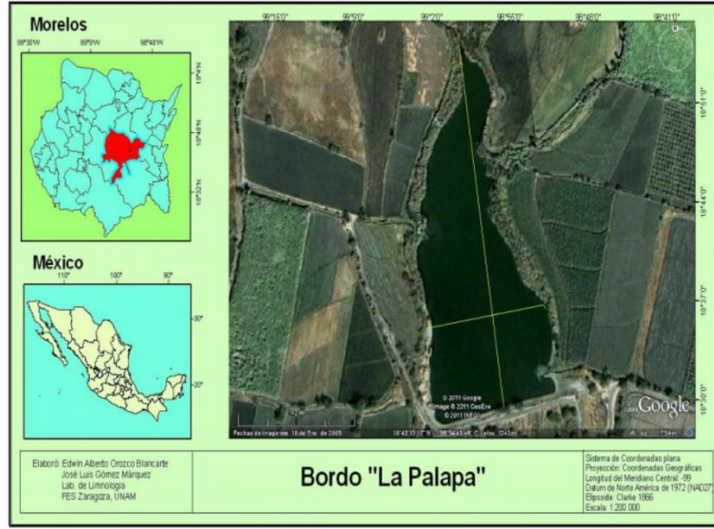


Figura 1. Ubicación del microembalse la “Palapa” municipio de Ayala, Morelos”

## Material y Métodos

### Trabajo en campo

El muestreo se realizó durante un año (marzo del 2018 a febrero del 2019)

Al llegar a la zona de estudio se realizaron los siguientes parámetros:

1. Se tomó la temperatura del ambiente y del agua con un termómetro de mercurio de décimas con una escala que de  $1^{\circ}$  a  $51^{\circ}\text{C}$ .
2. Nubosidad: Es la extensión del cielo cubierta por nubes.
3. Se estableció una estación de muestreo, tomando en cuenta las entradas y salidas de agua y la profundidad del sistema.
4. Se registró la visibilidad del sistema con ayuda del disco de Secch.
5. De igual manera, se midió el pH, la conductividad y los sólidos disueltos en el agua con un multiparámetro marca Hanna modelo HI 991300.
6. La concentración de oxígeno disuelto, se obtuvo por medio de un oxímetro modelo HI9146.
7. Para la determinación de otros parámetros se tomaron muestras de agua a diferentes niveles de profundidad con una botella Van Dorh de 2 L de capacidad para llevar a cabo las determinaciones de:
  1. Alcalinidad: Método de indicadores.
  2. Dureza total y cálcica: método complejométrico.

(Arredondo *et al.*, 1986; APHA, AWWA y WPCF, 1992)

8. Se tomaron 312 organismos de la captura comercial realizada por los pescadores de la sociedad cooperativa Xalostoc con una atarraya de 4 m de longitud y luz de malla de 6.5 cm.
9. A cada uno de los peces se les realizó la siguiente biometría:

longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura (A) con un ictiómetro de  $\pm 0.01$  m, peso total (P), peso eviscerado (Pe) y peso de las gónadas (Pg), peso hígado (Ph) y peso tracto (Pt) con una balanza digital de 0.1 g de precisión. Se registró el sexo con base en diferencias sexuales externas y se realizó un corte longitudinal desde la sínfisis mandibular hasta el orificio anal para exponer las gónadas y corroborarlo. 10. Las gónadas colectadas se transportaron en envases pequeños de plástico con formol neutralizado para su conservación. 11. Se determinó la madurez gonádica con base en la escala macroscópica de desarrollo gonádico propuesta por Peña-Mendoza *et al.*, (2011), que considera el tamaño, la forma y la coloración de las gónadas.

### Trabajo de laboratorio

Se realizó la biometría de cada una de las gónadas colectadas, la cual consistió en medir la longitud total y diámetro. Se contó el número de ovocitos con ayuda de un estereoscopio y la su medición, de los ovocitos, se realizó con ayuda del programa Motic Images Plus ver 2.0 (2005).

### Trabajo de gabinete

#### Análisis de la distribución de frecuencias de tallas

Para conocer las distribuciones de tallas que presentan la población y cada uno de los sexos, se aplicó la regla de Sturges (1926), que se basa en determinar el número de clases así como el intervalo de cada clase.

#### Proporción sexual

Es un índice que resume el tipo de población y la relación de la especie con el funcionamiento del ambiente. Se puede definir como el cociente entre el número de machos y el de hembras. Para comprobar si la relación obtenida difiere significativamente de la teórica (1:1) se aplicó la prueba de ji cuadrada  $X^2$  con corrección de Yates.

$$\chi^2 = \sum \frac{(|observada - teórica| - 0.5)^2}{teórica}$$

#### Relación peso-longitud

Es importante para realizar el estudio del ciclo de vida de una especie, ya que ayuda a conocer el crecimiento en longitud y peso debido a que las poblaciones de una misma especie pueden presentar una tasa diferente de crecimiento (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Asimismo, su importancia radica en proporcionar información indirecta sobre el crecimiento y el estado de salud de las poblaciones. Esta relación es usada para modelar las tendencias de la biomasa basados en la talla y es ampliamente usada en el manejo de las poblaciones de importancia económica

(Cifuentes *et al.*, 2012). Con los datos que fueron aportados por la biometría se estableció esta relación por medio de la siguiente expresión:

$$P=a L^b$$

Donde:

P= peso total (g)

L= longitud patrón de los organismos (cm)

a y b= constantes

Esta expresión puede transformarse en una ecuación lineal mediante el uso de logaritmos decimales obteniéndose:

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

Donde:

log a= ordenada al origen

log b= la pendiente de la recta

Los valores de las constantes se obtuvieron por el método de mínimos cuadrados. Como la talla es una magnitud lineal y el peso es proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que éste presentó un crecimiento de tipo isométrico y b tendrá un valor de 3. Si esto no ocurre, entonces el crecimiento será alométrico y el valor de b será distinto a 3. En cualquiera de los casos se aplicó una prueba de t-student para comprobar este valor (Pauly, 1984).

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

Donde:

e.s<sub>x</sub>= desviación estándar de log de Longitud e

e.s<sub>y</sub>= desviación estándar de log de Peso

n = número de organismos

r<sup>2</sup> = coeficiente de determinación



## Talla de primera madurez sexual

Es la talla que tienen los peces cuando inician su proceso reproductivo. Se les considera sexualmente maduros cuando las gónadas salen de su latencia y empiezan a desarrollarse, lo cual es evidente con la aparición de los ovocitos y espermatozoides en diferentes fases de desarrollo, así como cambios morfológicos de las gónadas. La madurez sexual es la fase durante la cual el pez alcanza el estado adulto con capacidad de reproducirse, no solo comprende a los individuos que han alcanzado la primera madurez sexual sino también a los individuos que entran en maduración gonadal cada año durante la época de reproducción (Inturias, 2007). Para calcularla se obtuvo la longitud media para la primera talla de reproducción o longitud media de madurez sexual (P) que es la longitud a la cual el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros. Para esto, se utilizó la longitud patrón (Lp), el número de organismos totales por muestreo y la proporción de organismos maduros.

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

En donde:

P= proporción de peces maduros

L= longitud patrón (cm)

Lm= longitud media (cm)

r= pendiente de la curva

(Sparre y Venema, 1997)

## Índice gonadosomático (IGS)

Se utilizó para estudiar el desarrollo de las gónadas y para describir el ciclo reproductivo. Se basa en el incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca el momento de la freza (Granado, 2002)

Para calcularlo se usó la siguiente fórmula:

$$IGS=(Pg/Pe)*100$$

Donde:

Pg= peso de la gónada

P.e.= peso eviscerado del ejemplar

(Rodríguez, 1992)

### Índice hepatosomático (IHS)

Es la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del ejemplar. Es específica para hembras ya que el hígado segrega vitelogeninas durante la vitelogénesis exógena, las cuales van a ser captadas por el óvulo en desarrollo. Esto lo hace ser directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae antes del desove (Rodríguez, 1992). Para calcularlo se utilizó la siguiente fórmula:

$$IHS=(Ph/Pe)*100$$

Donde:

Ph: peso del hígado

Pe: peso eviscerado del ejemplar

Factor de condición de Clark

Este índice está basado en la relación que guarda la longitud total o patrón del pez con su peso y explica fundamentalmente el grado de bienestar que guarda en relación con el cambio en la corpulencia durante su vida (King, 1995). El modelo usual de expresión del valor de condición es la ecuación matemática usado por Clark (1928) citado por Nikolsky (1963), que recomienda utilizar el peso eviscerado en lugar del total, lo cual posible definir la verdadera condición del pez sin el efecto del peso de las gónadas y en contenido intestinal (Granado, 2002).

$$K=(Pe/Lb)*100$$

Donde:

Pe= peso eviscerado

L= longitud total

b= pendiente de la relación peso-longitud

(Nikolsky, 1963)

### Fecundidad

Es considerada como un carácter adaptativo, donde los cambios resultan de la acción de la selección del medio sobre la variabilidad fenotípica. La tasa

reproductiva de especie no necesariamente debe ser muy alta o a intervalos muy frecuentes, pero si debe ser exitosa. Muchos de los patrones reproductivos de los animales están influenciados por los factores ambientales favorables y así completar el ciclo reproductivo de la especie (Inturias, 2007). En una población se puede cuantificar la fecundidad relativa y la media.

Fecundidad Relativa: Es el número de ovocitos producido por unidad de biomasa de la hembra. Se obtuvo haciendo una regresión entre los datos de longitud patrón, peso y número de óvulos. Está definida por:

$$F=a X^b$$

Donde:

F = Fecundidad relativa

X = Longitud patrón (cm) o peso total (gr)

a y b = constantes

(Granado, 2002)

Fecundidad Media: Es el número promedio de ovocitos en el ovario antes del desove (Shoesmith, 1990) y se determinó por la fórmula:

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

Donde:

$\Phi_{DS}$  = Fecundidad media.

n = Número de peces utilizados en el análisis.

A y b = Parámetros estimados de la regresión lineal de mínimos cuadrados de Log del número de folículos y Log de longitud patrón.

L = Longitud patrón

(Shoesmith, 1990)

## Calidad del agua

La calidad del agua está determinada por sus propiedades físico-químicas, entre las más importantes destacan: temperatura, oxígeno, pH y transparencia. Estas propiedades influyen en los aspectos productivos y reproductivos de los peces, por lo que, los parámetros del agua deben mantenerse dentro del rango adecuado para el desarrollo de la tilapia (Saavedra, 2003).

## Resultados

### Talla y peso

Se realizó un análisis de los 312 organismos de *Oreochromis niloticus*, capturados en el bordo “La Palapa”, de marzo del 2018 a febrero del 2019, se pudo observar que las tallas y pesos variaron entre ambos sexos. Para los machos se registró un intervalo de tallas de 12.0 a 27.8 cm de longitud total, longitud patrón de 10 a 18.8 cm, altura de 4.5 a 9 cm y peso de 75.1 a 347 g (Tabla1). En las hembras los intervalos de talla fueron de 15.2 a 29.5 cm de longitud total, longitud patrón fue de 13.3 a 24 cm, altura de 3.5 a 5.7 cm y peso de 88.4 a 370.44 g (Tabla 2).

MACHOS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
LONGIUD TOTAL (cm)	12	27.8	20.44
LONGITUD PATRÓN (cm)	10	18.8	16.16
ALTURA (cm)	4.5	9	6.30
PESO (gr)	75.1	347	165.05

HEMBRAS	MÍNIMO	MÁXIMO	PROMEDIO
LONGIUD TOTAL (cm)	15.2	29.5	20.62
LONGITUD PATRÓN (cm)	13.3	24	16.50
ALTURA (cm)	4.8	10	6.11
PESO (g)	88.4	370.4	161.83

Tablas 1 y 2 Intervalos de longitud total, longitud patrón, peso total y altura de *Oreochromis niloticus*

Se aplicó la prueba t-student, y se encontraron estadísticamente diferencias significativas entre machos y hembras para la para longitud total ( $t= 3.34$ ;  $p<0.05$ ), longitud patrón ( $t= 5.10$ ;  $p<0.05$ ), el peso total ( $t= 4.81$ ;  $p<0.05$ ) y altura ( $t= 2.37$ ;  $p<0.05$ ).

Con el análisis de distribución de frecuencia de tallas, se observó que la mayoría de los machos se encontraron entre los intervalos de 17.5 a 19.8 cm de longitud, mientras que el intervalo para las hembras estuvo comprendido entre 21.2 y 23.3 cm de longitud (Figura 2).

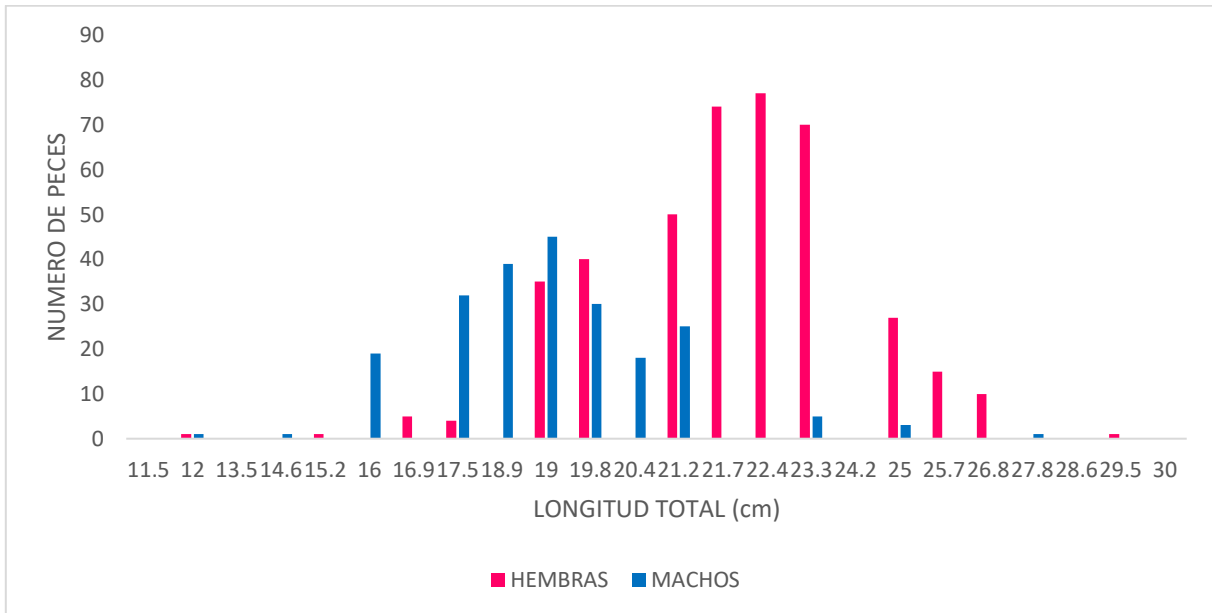


Figura 2. Distribución de frecuencia de tallas en ambos sexos de *Oreochromis niloticus*

### Proporción sexual

De los 312 organismos capturados 255 (82%) fueron hembras y 57 (18%) machos. De acuerdo con estos resultados se calculó una proporción sexual total (hembra: macho) de 4.5:1, ( $\chi^2 = 76.45$ ,  $p<0.05$ ) viéndose favorecidas las hembras.

Durante el periodo de un año de muestreo existieron diferencias en la relación macho: hembra. La mayor cantidad de hembras se registró en los meses de junio/18 (29) y julio/18 (29), la mayor captura de machos en los meses de diciembre/18 (8), enero/19 (9) y febrero/19 (11). En definitiva las hembras dominaron durante todo el año de muestreo, mientras que los machos se presentaron con menor frecuencia y solo se observó un aumento de su número a final y al principio del año, sin que llegaran a dominar (Figura 3).

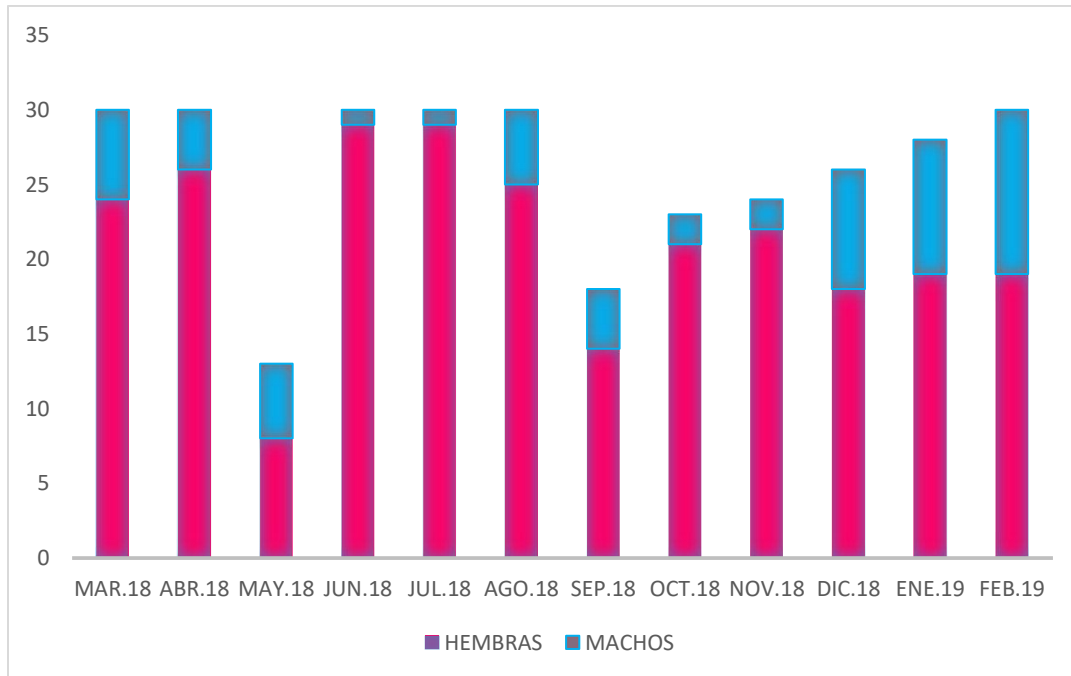


Figura 3. Variación de la proporción sexual mensual de *Oreochromis niloticus*

#### Relación longitud total-longitud patrón

Se aplicó el análisis de regresión lineal a los datos de longitud total y longitud patrón, en donde se obtuvo una alta correlación ( $r^2 = 0.9562$ ;  $p < 0.05$ ), así que se puede decir que los valores calculados por el modelo son adecuados y es indistinto trabajar con cualquiera de las dos longitudes (Figura 4).

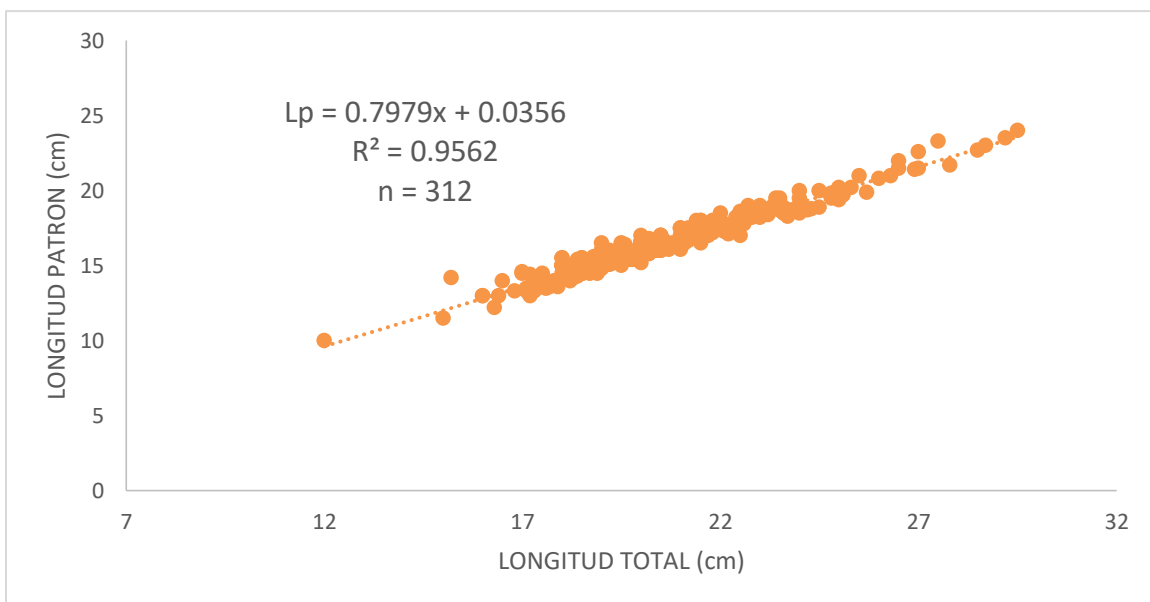


Figura 4. Relación longitud total-longitud patrón de *Oreochromis niloticus*

Se realizó un análisis de correlación entre la longitud total, longitud patrón y el peso total. De acuerdo con los resultados obtenidos en esta prueba, existe una alta correlación entre la longitud total y el peso, se utilizó la longitud total para realizar los análisis siguientes (Tabla 3).

	Longitud total (cm)	Longitud patrón(cm)	Peso total (g)
Longitud total (cm)	1		
Longitud patrón(cm)	0.9683	1	
Peso total (g)	0.8953	0.8765	1

Tabla 3. Análisis de correlación para la longitud total, longitud patrón con el peso total de *O. niloticus*

#### Relación peso total-longitud total

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la biometría de los machos y las hembras, por lo que la relación peso total-longitud total se calculó por separado. Al establecer esta relación el modelo calculado para la población fue de tipo potencial, que se expresó como  $Pt=0.134(Lt)^{2.339}$  con un grado de asociación de 93.6% ( $r=0.9361$ ;  $p<0.05$ ) La prueba t-student indicó que el valor del exponente ( $b=2.339$ ) fue significativamente diferente de 3 ( $t= 8.0224$ ;  $p<0.05$ ) por lo que el crecimiento de esta especie en este sistema es de tipo alométrico negativo, es decir, los organismos crecen más en longitud que en peso (Figura 5).

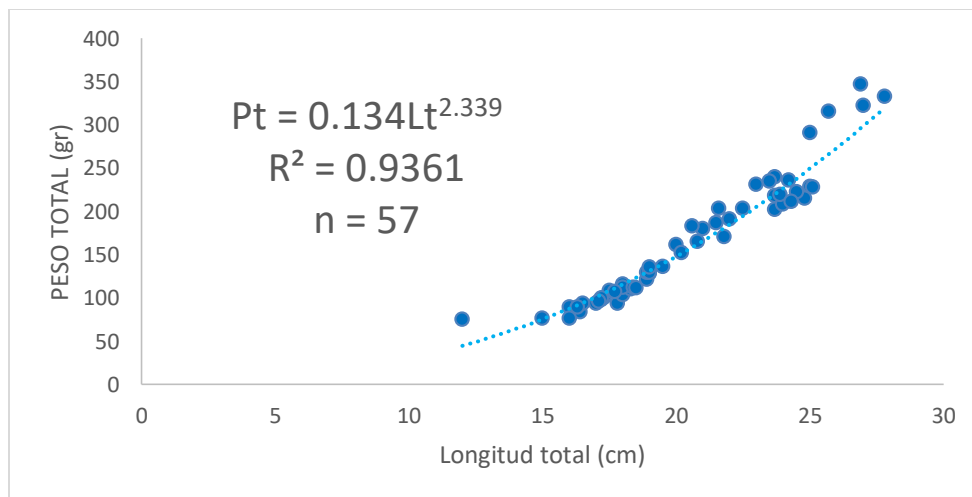


Figura 5. Relación peso total-longitud total para los machos de *Oreochromis niloticus*

El modelo para las hembras también fue de tipo potencial  $Pt= 0.0486 (Lt)^{2.6688}$  con un coeficiente de asociación de 88.45% ( $r=0.8845$ ;  $p<0.05$ ) De igual forma

presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo, con base en los resultados de la prueba t-student ( $t=0.0170$ ;  $p<0.05$ ) el valor de  $b=2.504$  fue significativamente diferente de 3 (Figura 6).

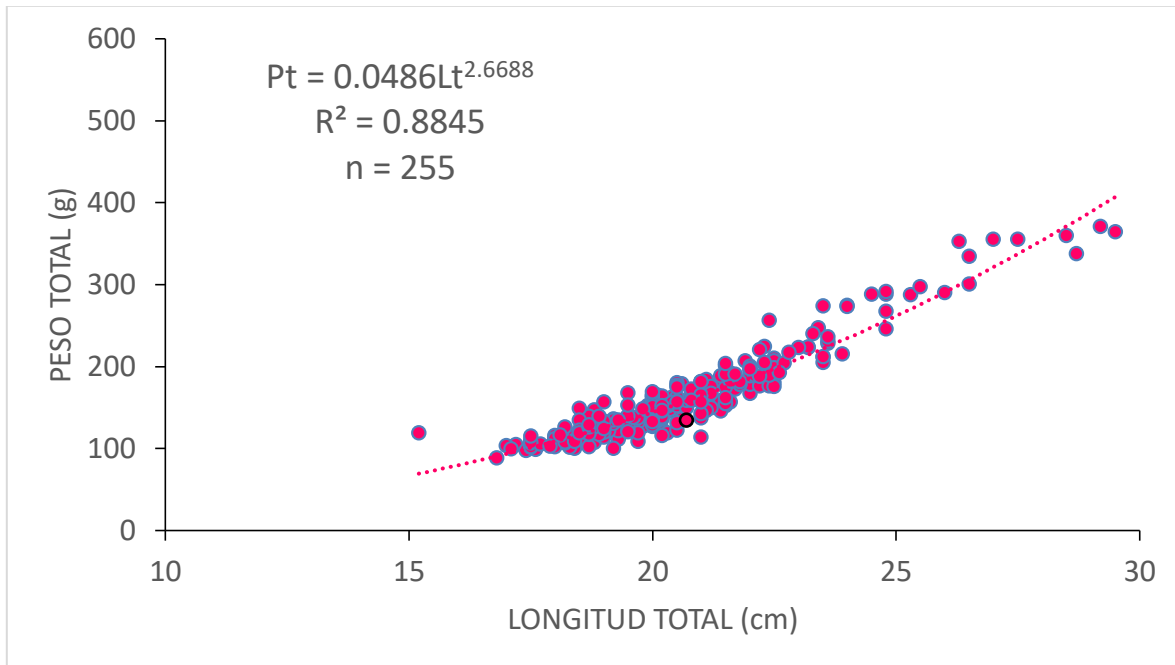


Figura 6. Relación peso total- longitud total para las hembras de *Oreochromis niloticus*

#### Talla de primera madurez sexual

Se estimó que la capacidad de iniciar su proceso reproductivo en machos de *Oreochromis niloticus* capturados en campo es de 19.7 cm de longitud total (Figura 7)



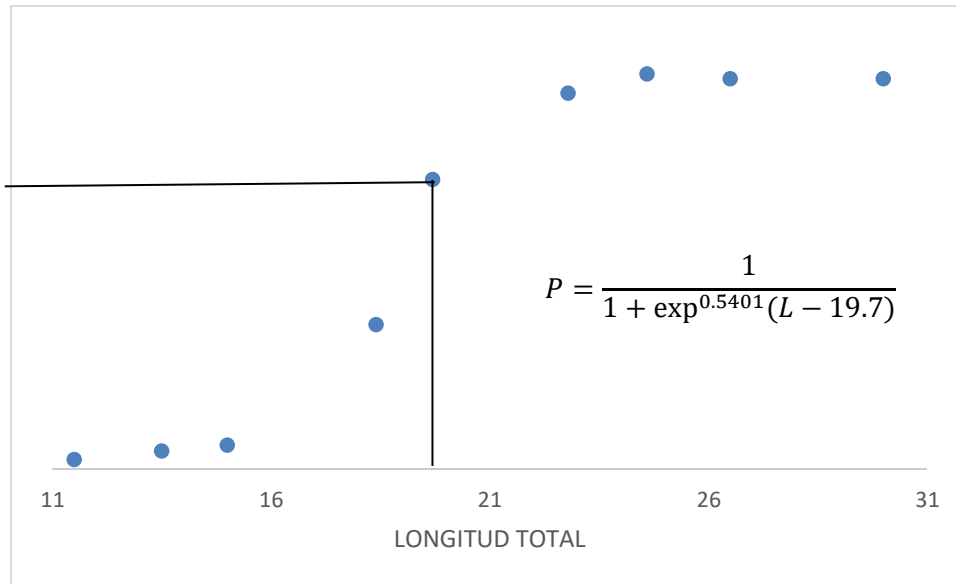


Figura 7. Talla de primera madurez sexual para los machos de *Oreochromis niloticus*

Para las hembras de *Oreochromis niloticus* alcanzan la madurez sexual cuando tienen una longitud total de 23.8 cm (Figura 8).

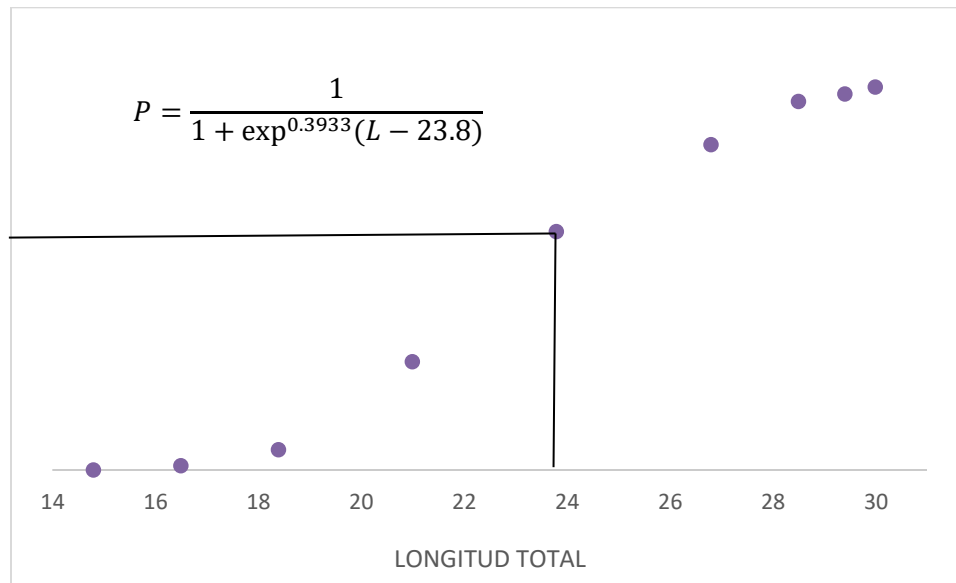


Figura 8. Talla de primera madurez sexual para las hembras de *Oreochromis niloticus*

### Factor de condición

Para el Factor de condición Clark en las hembras se presenta un aumento de marzo-18 a mayo-18, teniendo un pico máximo o de bienestar de los peces para el mes de

septiembre-18, el cual corresponde a la época de lluvias. La condición se mantuvo casi estable durante todo el año, disminuyó a final de año (Figura 9).

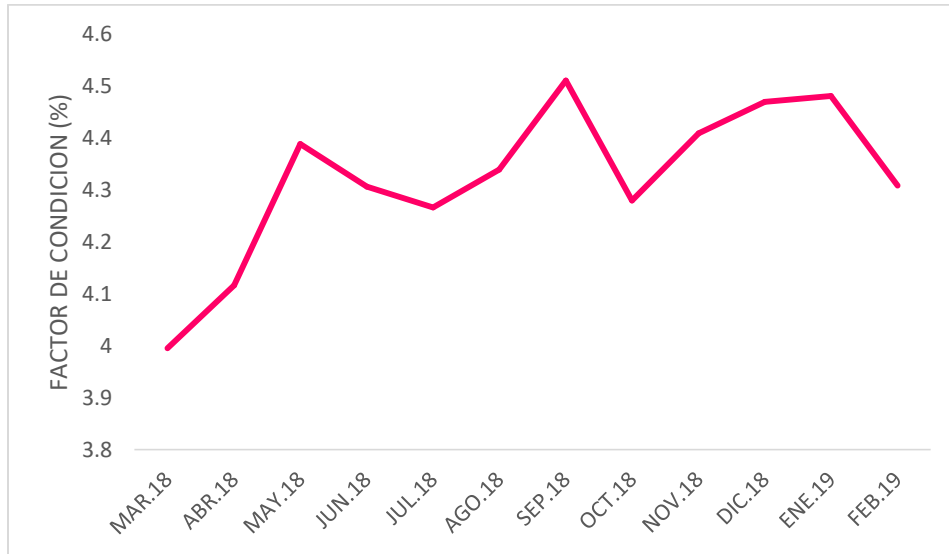


Figura 9. Variación temporal del factor de condición de Clark para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

En el caso de los machos, se presentaron los picos máximos en septiembre-18 y noviembre-18 que corresponden al final de la época de lluvias y al inicio de la época de secas, teniendo una disminución de diciembre-18 y febrero-19, al igual que las hembras el valor de condición disminuyó al final de año (Figura 10).

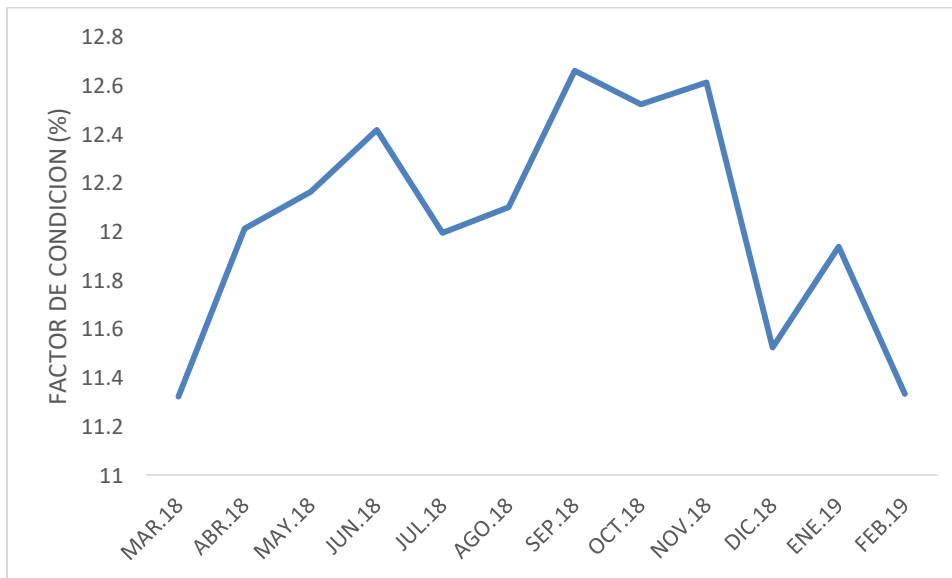


Figura 10. Variación temporal del factor de condición de Clark para los machos de *Oreochromis niloticus*.

## Índice gonadosomático (IGS) y hepatosomático (IHS)

Para determinar la época reproductiva en el periodo de estudio se analizó el comportamiento del índice gonadosomático (IGS). Se observó que para machos los valores, de este índice se mantienen ligeramente constantes de junio a octubre y tiene un aumento en los meses de febrero a marzo, con un nivel máximo en mayo.18 (1.14) (Figura 11).

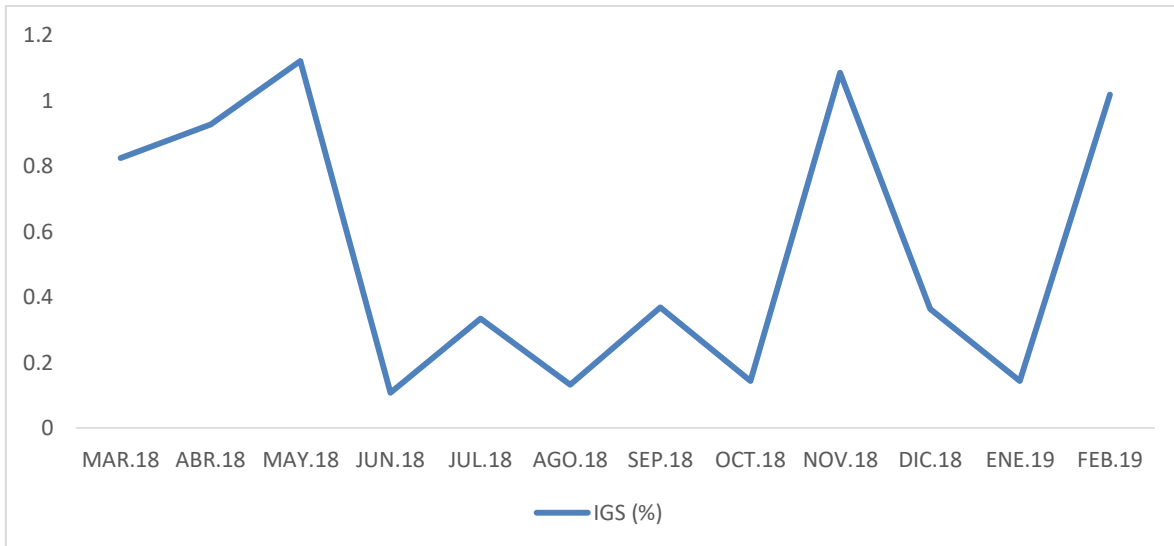


Figura 11. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para los machos de *Oreochromis niloticus*

En el caso de las hembras el IGS se presentaron tres picos; uno en mayo-18, junio-18 y enero-19, encontrando un poco de estabilidad de septiembre-18 a diciembre-18 (Figura12).

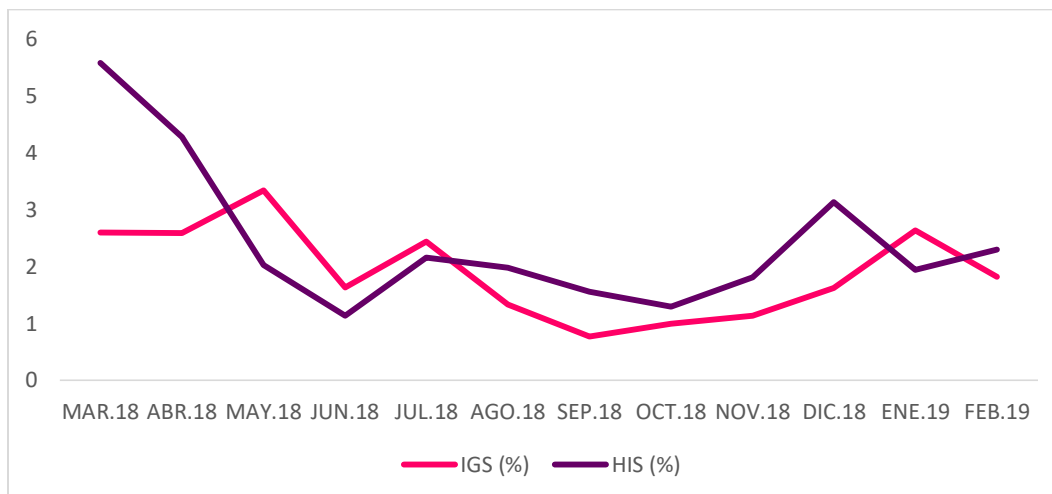


Figura 12. Comportamiento temporal del índice gonadosomático e índice hepatosomático para las hembras de *Oreochromis niloticus*

En el caso del IHS se encuentran tres picos máximos en marzo-18, julio-18 y enero-19, existiendo una pequeña estabilidad de septiembre-18 a diciembre-18 (Figura 10).

## Madurez gonádica

### MACHOS

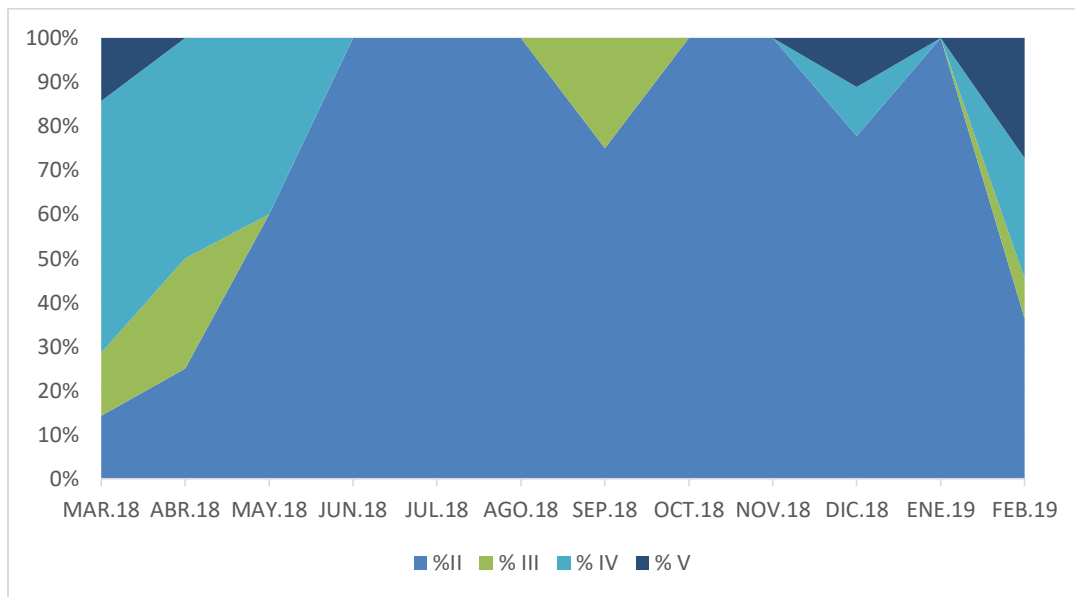


Figura 13. Variación mensual de los estadios de maduración gonádica para los machos de *Oreochromis*

En el análisis de las diferentes fases de desarrollo gonadal de los machos de *Oreochromis niloticus* se observó que se registraron todos los estadios de maduración sexual a lo largo del año.

Dominó el estadio en desarrollo (II) con un 62% de los individuos capturados; presentándose los valores máximos en diciembre-18 (7) y en enero-19 (8). Para el estadio de maduración (III) se registró un 7% con un máximo en los meses de marzo-18, abril-18, septiembre-18 y febrero-19, todos con 1 organismo capturado. Para el estadio de reproducción (IV) fue el 22.4% de los individuos, presentándose la mayoría de ellos en el mes de marzo-18 (4) y por último para la fase de recuperación (V) se registró un 8.6% siendo el mes de febrero-19 (3) en donde se capturó el mayor número de individuos (Figura 13).

Se realizó la biometría de las gónadas de 57 machos obteniendo los valores mínimos, máximos y el promedio de la longitud de los testículos. Se observó que la longitud del testículo aumentó conforme aumentó el estadio de madurez y disminuyó cuando ha pasado la época reproductiva. El valor mínimo que se obtuvo fue de 3 cm en el estadio de maduración (II) y el máximo valor fue de 7.9 cm en la

fase reproductiva (IV). Se realizó una prueba t-student entre la longitud del testículo derecho y la longitud del testículo izquierdo ( $t=1.55$ ;  $p>0.05$ ); el valor obtenido muestra que no existen diferencias significativas en las longitudes del testículo derecho y el testículo izquierdo (Tabla 4).

Madurez gonádica	Longitud testículo derecho (cm)			Longitud testículo izquierdo (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	3.0	6.6	6.08	3.9	7.4	6.15
III	4.0	7.4	5.96	4.6	7.7	6.24
IV	5.4	7.8	6.45	4.9	7.9	6.38
V	5.1	7.5	5.97	4.4	7	6.19

Tabla 4. Longitudes de los testículos de *Oreochromis niloticus*, con relación al estadio de madurez.

Con respecto al diámetro de los testículos se puede observó el mismo comportamiento, que con la longitud. Mostrando que aumentó conforme avanza el estadio, el valor mínimo se registró en la fase de maduración (II) y en la de recuperación (V) con 0.1 cm de diámetro, mientras que el valor máximo se encontró en la fase de reproducción (IV) con 0.6 cm (Tabla 5).

Madurez gonádica	Diametro testículo derecho (cm)			Diametro testículo izquierdo (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	0.1	0.4	0.17	0.1	0.4	0.17
III	0.2	0.5	0.31	0.2	0.5	0.31
IV	0.2	0.6	0.37	0.2	0.6	0.37
V	0.1	0.4	0.26	0.1	0.4	0.26

Tabla 5. Diámetros de los testículos de *Oreochromis niloticus*, con relación al estadio de madurez.

Al igual se realizó una prueba t-student entre el diámetro del testículo derecho y el diámetro del testículo izquierdo ( $t=0.35$ ;  $p>0.05$ ) y no existen diferencias significativas en los diámetros de los testículos.

Para el peso de los testículos se presentó el mismo comportamiento, el peso mínimo registrado fue de 0.1 g, tanto en el estadio II como en el estadio V y el valor máximo fue de 1.3 g para el estadio IV (Tabla 6).

Madurez gonádica	Peso (g)		
	Mínimo	Máximo	Promedio
II	0.1	1.2	0.23
III	0.2	1.5	0.66
IV	0.3	1.8	0.92
V	0.1	1.2	0.61

Tabla 6. Peso de los testículos de *Oreochromis niloticus*, en relación al estadio de madurez

## HEMBRAS

Para las hembras *Oreochromis niloticus* también se registraron todos los estadios de madurez sexual durante todo el año de muestreo. A diferencia que los machos, la mayoría de las hembras se encontraron en la fase de desarrollo (IV) con un 41.56% viéndose favorecidas en los meses de marzo-18 (12) y abril-18 (17). El estadio de maduración (II) contó con el 38% con los valores máximos en los meses de junio-18 (17) y agosto-18 (14), el estadio de reproducción (III) tuvo un 19.27% con la mayoría en los meses de marzo y abril, ambos con 8. Por último el estadio de recuperación contó con un 1.17% con solo tres hembras capturadas en los meses de abril y febrero (Figura 14).

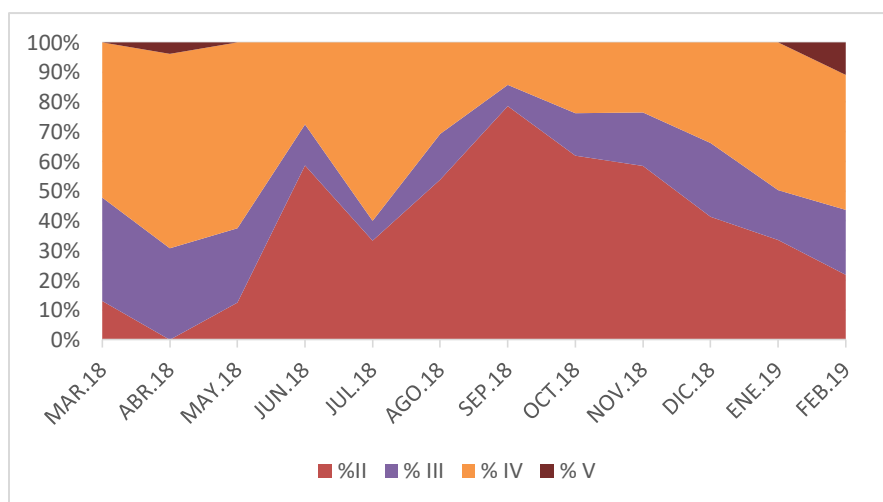


Figura 14. Variación mensual de los estadios de maduración gonádica para las hembras de *Oreochromis*

Para el análisis de la madurez de las gónadas se utilizaron 255 hembras.

Para las hembras, se registró el mismo comportamiento que el de los machos. El tamaño de los ovarios aumentó mientras se acercaba el periodo de desove y disminuyó cuando se encontraban en estado de recuperación (v). El valor mínimo fue de 1 y 1.3 cm, registrado para los estadíos (II) y (V), el valor máximo fue de 5.2 cm, encontrado para el estadío (IV) (Tabla 7).

Se aplicó la prueba de t-student a los registros de la longitud el ovario derecho y la longitud del ovario izquierdo ( $t=2.47$ ;  $p>0.05$ ) mostrando que no existen diferencias significativas entre ambas longitudes.

Madurez gonádica	Longitud ovario derecho (cm)			Longitud ovario izquierdo (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	1.0	4.0	3.34	1.9	5	3.57
III	2.0	4.5	3.22	2.1	4.3	3.37
IV	2.5	4.8	3.61	2.4	5.2	3.89
V	1.3	3.5	2.18	2.0	3.8	3.02

Tabla 7. Longitudes de los ovarios de *Oreochromis niloticus*, con relación al estadío de madurez

Madurez gonádica	Diámetro ovario derecho (cm)			Diámetro ovario izquierdo (cm)		
	MÍN	MÁX	PROM	MÍN	MÁX	PROM
II	0.1	1.1	0.50	0.1	0.4	0.41
III	0.3	1.4	0.70	0.4	1.0	0.66
IV	0.5	1.4	0.98	0.2	1.4	0.89
V	0.2	0.6	0.2	0.2	0.6	0.6

Tabla 8. Diámetros de los ovarios de *O. niloticus*, con relación al estadío de madurez.

En lo que respecta al diámetro de los ovarios, de igual forma que la longitud de estos se observó que aumentó conforme avanzó el proceso reproductivo.

El valor mínimo que se registró fue de 0.1 cm en el estadío II, mientras que el valor máximo fue de 1.4 cm en los estadíos de reproducción III y IV. La prueba t-student realizada entre el diámetro del ovario derecho y el ovario izquierdo ( $t=0.62$ ;  $p>0.05$ )

muestra que no existieron diferencias significativas en los diámetros del ovario izquierdo y el ovario derecho (Tabla 8).

El peso se comportó de la misma manera que la longitud y el diámetro, aumentó a medida que avanzó el proceso de reproducción. El valor mínimo fue de 0.1 g encontrado en las gónadas de las hembras en estadio V, el valor máximo de 5.0 g fue de los ovarios que se encontraban en estadio IV (Tabla 9).

Peso (g)			
Madurez gonádica	Mínimo	Máximo	Promedio
II	0.2	1.8	0.5
III	0.9	4.0	2.6
IV	1.2	5.0	4.7
V	0.1	1.3	0.7

Tabla 9. Pesos de los ovarios de *O. niloticus*, con relación al estadio de madurez.

Cada hembra presentó variaciones en el número y tamaño de sus ovocitos con respecto al estadio de madurez. Para el estadio de desarrollo (II) se encontraron dos diámetros de ovocitos: de 400 a 700  $\mu\text{m}$  y de 7001 a 1000  $\mu\text{m}$  teniendo un promedio de 690 y 300 ovocitos. Para la maduración del estadio (III) se observaron tres diámetros de ovocitos: de 500 a 1000  $\mu\text{m}$ , 1001 a 1900  $\mu\text{m}$  y 2000 a 2900  $\mu\text{m}$ , con promedio de ovocitos de: 570, 223 y 110. Para finalizar, en el estadio de reproducción (IV) se obtuvieron dos diámetros, los cuales fueron: 500 a 900  $\mu\text{m}$  y 1000 a 2700  $\mu\text{m}$  con un promedio de ovocitos de 747 y 198. Se puede observar que mientras aumentó el diámetro de los ovocitos disminuyó su número en el ovario. (Tabla 10).

MADUREZ GONÁDICA	INTERVALO DE DIAMETRÓ ( $\mu\text{m}$ )	No. DE OVOCITOS (PROMEDIO)
II	400-700	690
	701-1000	300
III	500-1000	570
	1001-1900	223
	2000-2900	110



IV	500-900	747
	1000-2700	198

Tabla 10. Variación del número y diámetro de los ovocitos de *Oreochromis niloticus*

### FECUNDIDAD RELATIVA

Se realizó un análisis de correlación entre el número de folículos y la longitud total del pez que fue mayor ( $r^2 = 0.0092$ ;  $p > 0.05$ ) que la correlación obtenida con la longitud patrón ( $r^2 = 0.0060$ ;  $p > 0.05$ ) y con el peso total ( $r^2 = 0.0076$ ;  $p > 0.05$ ) (Figura 15).

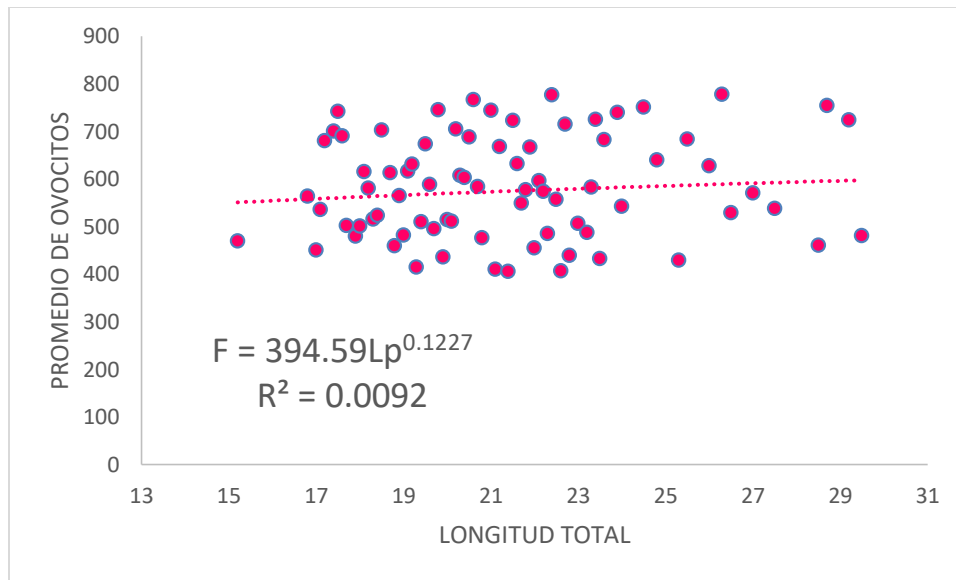


Figura 15. Fecundidad relativa para hembras de *Oreochromis niloticus*.

### Fecundidad media

El modelo que expresó la fecundidad media es el siguiente:

$$\phi_{DS} = \frac{1}{255} \sum_{J=1}^n 394.59Lp^{0.1227}$$

La fecundidad media que se obtuvo para esta población fue de folículos, con un conteo mínimo de 405 y un máximo de 777 folículos.

Tabla de referencia para la Descripción macroscópica y microscópica de la madurez gonádica en machos de *Oreochromis niloticus* de acuerdo a Peña-Mendoza *et al.*, (2011) (Tabla 11).

Estadío	Descripción Macroscópica	Descripción microscópica
---------	--------------------------	--------------------------

<b>I (Inmaduro)</b>	Ocupan un tercio de la cavidad abdominal, son de color blancuzco.	Hilos muy delgados, no es posible distinguir entre testículos y ovarios.
<b>II (Desarrollo)</b>	Ocupan la mitad de la cavidad abdominal, son de color blancuzco a opaco más o menos simétrico.	Gran cantidad de espermatogonias en la periferia del testículo, espermatocitos primarios y secundarios ocupan casi todo el espacio interior del testículo, el lumen lobular está muy reducido.
<b>III (Maduración)</b>	Ocupan dos tercios de la longitud de la cavidad abdominal, son de color blancuzco a crema.	La cantidad de espermatogonias disminuye, los espermatocitos primarios y secundarios ocupan una gran parte del espacio interior del testículo, cistos de espermátides se localizan en la periferia del lumen lobular presencia mínima a moderada. El lumen lobular ocupa de uno a dos tercios del espacio interior del testículo. Hay presencia de espermatozoides.
<b>IV (Reproducción)</b>	Ocupan de dos tercios a toda la longitud d la cavidad abdominal, son de color blancuzco crema y son blandos. Las espermatogonias, espermatocitos primarios y secundarios son reducidos y relegados a la periferia del testículo.	Las espermátides ocupan la periferia del lumen lobular. Los espermatozoides ocupan totalmente la luz del lumen lobular. El lumen lobular abarca más de dos tercios del espacio interior del testículo.
<b>V (Posdesove)</b>	Ocupan más de la mitad de la cavidad abdominal, las paredes se encuentran flácidas y sanguinolentas.	Coloración crema con paredes flácidas.

Tabla 11. Descripción macroscópica y microscópica de la madurez gonádica en machos de *Oreochromis niloticus* de acuerdo a Peña-Mendoza et al. (2011)

Tabla de referencia para la Descripción macroscópica y microscópica de la madurez gonádica en hembras de *Oreochromis niloticus* de acuerdo a Peña-Mendoza *et al.*, (2011) (Tabla 12).

Estadio	Descripción Macroscópica	Descripción microscópica
---------	--------------------------	--------------------------

<p><b>I</b> <b>(Inmaduro)</b></p>	<p>Ocupan un tercio de la longitud de la cavidad abdominal, presentan una coloración rosácea translúcida, los óvulos no son visibles a simple vista.</p>	<p>Hilos muy delgados. No es posible distinguir entre testículos y ovarios.</p>
<p><b>II</b> <b>(Desarrollo)</b></p>	<p>Ocupan la mitad de la cavidad abdominal, presentan una coloración rosácea translúcida, los óvulos son visibles a simple vista.</p>	<p>Se observan dos tamaños de ovocitos de 100- 1000 <math>\mu\text{m}</math> y 1001-15000 <math>\mu\text{m}</math>. Folículos en previtelogénesis se observan células de la teca y granulosa poco diferenciadas, la membrana basal, la zona pelúcida, el citoplasma, el núcleo prominente con nucléolos y cromosomas. Folículos en vitelogénesis temprana comenzado la acumulación de las vesículas vitelinas.</p>
<p><b>III</b> <b>(Maduración)</b></p>	<p>Ocupan dos tercios de la cavidad abdominal. Coloración rosácea amarilla, son aspecto granular. No se observan óvulos transparentes o translúcidos.</p>	<p>Se observan tres tamaños de ovocitos de 1001-2000 <math>\mu\text{m}</math>, 2001-3000 <math>\mu\text{m}</math> y de 3001-3100 <math>\mu\text{m}</math>. Folículos en previtelogénesis, vitelogénesis temprana y avanzada, donde se observa la membrana vitelina diferenciada, células de la teca y granulosa. Las vesículas vitelinas ocupan la mayor parte del citoplasma del folículo.</p>
<p><b>IV</b> <b>(Reproducción)</b></p>	<p>Ocupan dos tercios de la cavidad abdominal. Son de color naranja con vasos sanguíneos superficiales visibles. Los óvulos son grandes, maduros y transparentes.</p>	<p>Se observan dos tamaños de ovocitos de 100-1000 <math>\mu\text{m}</math> y 2001-3000 <math>\mu\text{m}</math>. Existe acumulación de glóbulos de vitelo en el citoplasma del folículo, el núcleo migra hacia el polo animal, los cromosomas se condensan, las células de la teca y la granulosa forman una capa sencilla de células, la</p>

		membrana vitelina es más evidente.
V (Posdesove)	Ocupan más de la mitad de la cavidad abdominal. Las paredes son flácidas, se observan restos de óvulos opacos maduros, en desintegración, oscurecidos o translucidos.	No se aprecia diferencia entre este estadio y el estadio II.

Tabla 12. Descripción macroscópica y microscópica de la madurez gonádica en hembras de *Oreochromis niloticus* de acuerdo a Peña-Mendoza et al. (2011).

## Parámetros físicos y químicos

### Parámetros físicos y químicos

#### Profundidad máxima y visibilidad

En este estudio se registraron diferentes parámetros para determinar en qué condiciones se encuentra el bordo “La Palapa” y así poder conocer que parámetros afectan o benefician a los organismos que viven en él.

La transparencia del agua (figura 16) obtenida mediante la visibilidad del disco de Secchi, está relacionada con la profundidad, ya que mientras mayor profundidad presentó el sistema, la transparencia incrementó y durante el periodo de lluvias la transparencia se vio afectada disminuyendo por efecto de la carga de sólidos presentes; el valor máximo fue de 0.55 m en el mes de julio y el valor mínimo se observó en febrero con 0.27 m.

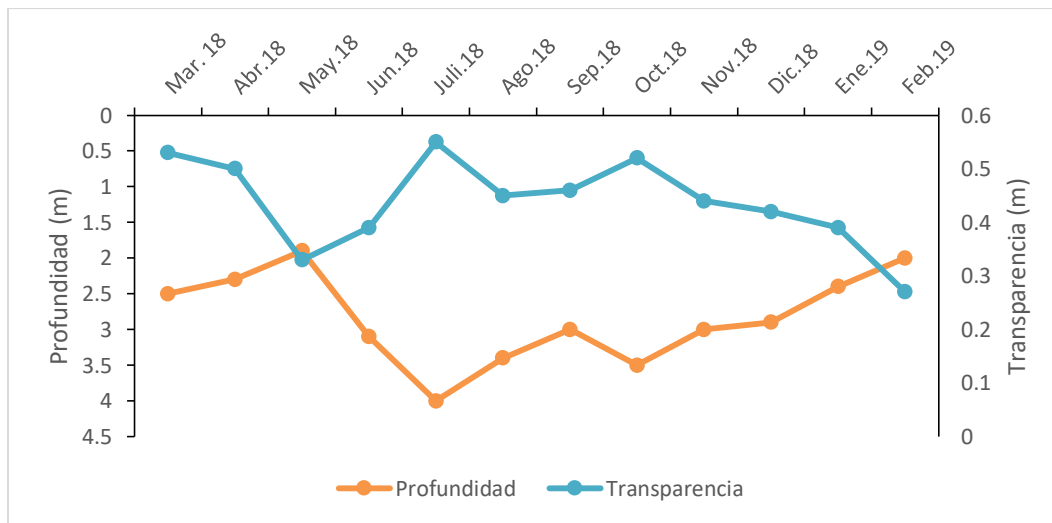


Figura 16. Comportamiento de la profundidad y la transparencia en el bordo “La Palapa”

En el estudio, la profundidad máxima se observó en el mes de julio con 4 metros y la profundidad menor se encontró en el mes de mayo con 1.9 metros, teniendo una pequeña disminución en los meses de noviembre a enero.

### Temperatura ambiente y grados Celsius

Con la temperatura del agua (figura 17) se observó claramente la época de secas y de lluvias, ya que en los primeros meses la temperatura es alta con dos valores máximos de 31.1°C en el mes de junio y los valores mínimos se encontraron en los meses de octubre y diciembre con 22.4°C.

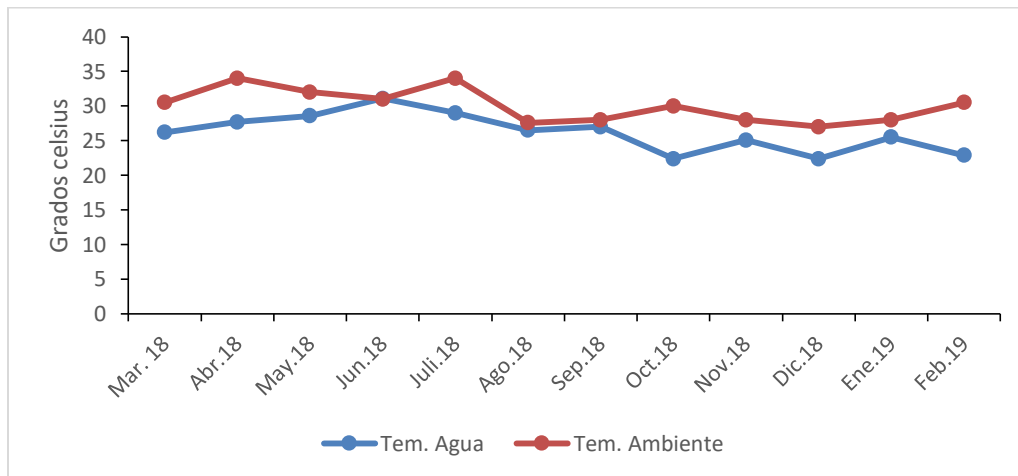


Figura 17. Comportamiento de temperatura del agua, así como del ambiente en el bordo “La Palapa”

Los valores de la temperatura ambiente se encontraron con dos máximos de 30.5°C en los meses de marzo y febrero y con un mínimo de 27°C en el mes de diciembre.

### Sólidos disueltos totales y conductividad

Los sólidos disueltos totales y la conductividad (figura 18) están muy relacionados, obteniendo la conductividad con un valor máximo en el mes de mayo con 1225  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , y el valor mínimo en el mes de julio con 611  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , siendo en este mismo mes la menor cantidad de sólidos disueltos totales 299 ppm, ya que el sistema se encontraba en su nivel más profundo (efecto de dilución) y la mayor cantidad de

sólidos se encontró en el mes de mayo con un valor de 900 ppm cuando el sistema se encontraba con muy poca agua (efecto de concentración al disminuir el volumen de agua).

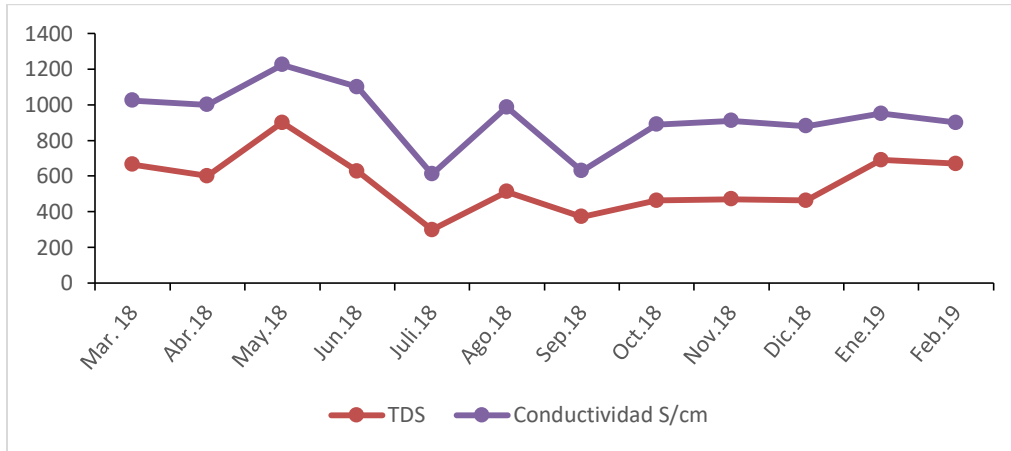


Figura 18. Comportamiento de los sólidos disueltos totales y de la conductividad en el bordo “La Palapa”

### Oxígeno disuelto y pH

Se registró el valor mínimo de oxígeno disuelto en junio con 5.05 mg/L y el máximo en mayo con 17.6 mg/L (figura 19); los valores más bajos se observaron en los meses de lluvias y para la temporada de invierno los valores del oxígeno se comportaron con tendencia a incrementar. En cuanto a los valores del pH del agua el comportamiento se mantuvo oscilatorio a lo largo de todo el estudio con valores que oscilaron de 7.8 a los 8.8 unidades. Con estos resultados el bordo “La Palapa” es un sistema que presenta agua alcalina ya que presentó valores muy arriba de la neutralidad (7.0).

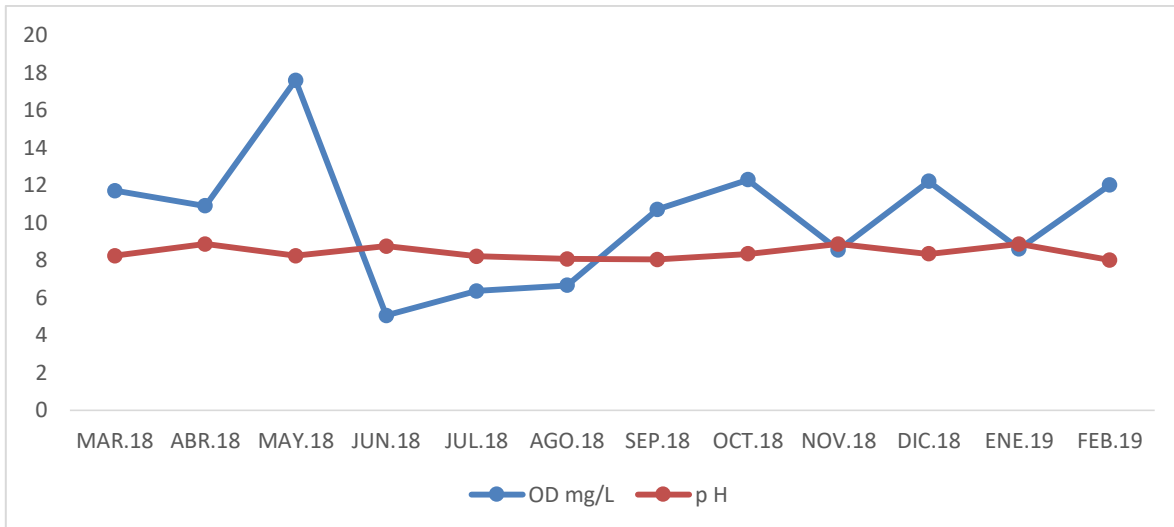


Figura 19. Comportamiento del oxígeno disuelto y el pH en el bordo “La Palapa”.

### Alcalinidad, dureza total y dureza de calcio.

La dureza total fue mayor a la alcalinidad, obteniendo valores mínimos de 338 mg CaCO<sub>3</sub>/L en el mes de agosto y el máximo en el mes de abril con un valor de 680 mg CaCO<sub>3</sub>/L (figura 20). Los valores máximos se encuentran entre abril y julio, en agosto los valores disminuyen, para mantenerse así durante este periodo y de nuevo incrementan en la temporada de secas. Los valores durante la época de secas-lluvias fueron casi del doble de la alcalinidad.

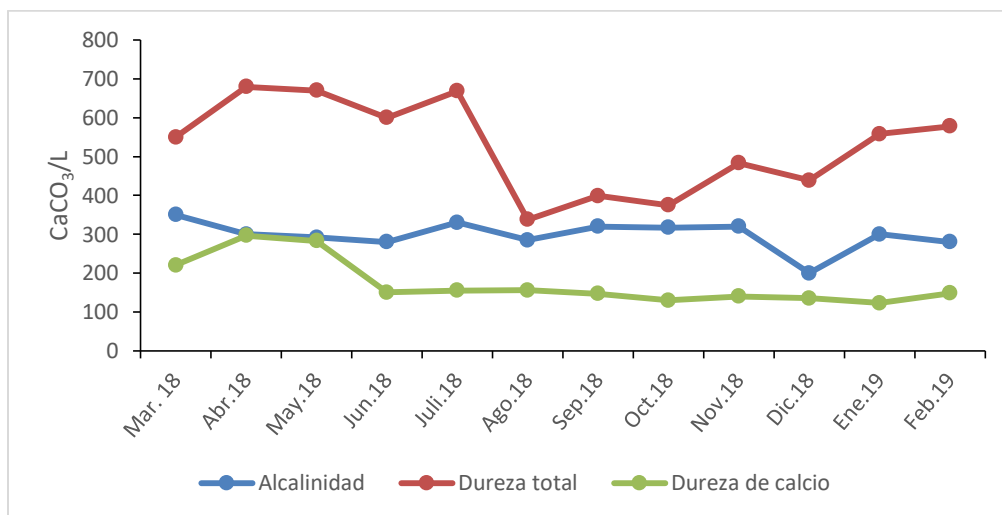


Figura 20. Comportamiento de la alcalinidad, así como de la dureza cálcica y total en el bordo “La Palapa”

Respecto con la dureza de calcio el valor máximo se obtuvo en el mes de abril con 296 mg CaCO<sub>3</sub>/L y el valor mínimo en el mes de enero con 123 mg CaCO<sub>3</sub>/L. En esta variable solo se registraron cambios en los meses de abril y mayo, ya que durante todo el año se mantuvo con un comportamiento constante.

Por los datos obtenidos de la alcalinidad se puede observar que el agua del sistema cuenta con una buena productividad, ya que el valor mínimo fue de 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L en el mes de diciembre y el valor máximo obtenido fue de 350 mg CaCO<sub>3</sub>/L en el mes de marzo.

### Fósforo total, sulfatos y ortofosfatos

El fósforo (figura 21) se identifica como el nutrimento que en caso de estar ausente limitará la fotosíntesis en el cuerpo de agua y por lo tanto su producción, y su reducida disponibilidad mantendrá una limitada productividad. Cuando el número de organismos crece aumenta con ello la demanda de fósforo, reduciendo la concentración de fósforo reactivo disuelto.

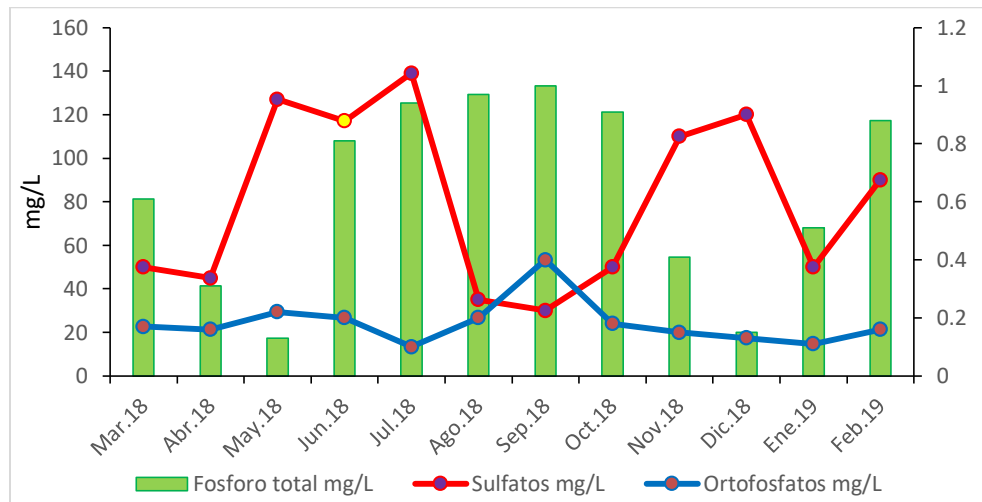


Figura 21. Relación del fósforo total, ortofosfatos y sulfatos promedio en el bordo “La Palapa”

Los ortofosfatos o fósforo reactivo soluble, tienen una relación estrecha con la temporada de lluvias que fue cuando se obtuvieron los máximos valores, mientras que en la época de secas la concentración disminuyó. Esto se debe a los escurrimientos que se presentan con la lluvia, provocaron que exista un gran aporte



de nutrientes y materia orgánica de las zonas aledañas, más aún porque estas zonas son de producción agrícola.

Los sulfatos sostienen una relación con el fósforo debido a que ambos dependen de la cantidad de oxígeno disuelto influyendo en el estado de oxidación del fósforo y azufre. El comportamiento del azufre fue contrario al del fósforo. Las concentraciones se ubicaron entre los valores reportados por las referencias

### Nitratos, nitritos y amonio

Los valores de amonio en el sistema (figura 22) fluctuaron entre 0.10 mg/L y 0.75 mg/L, los cuales se encontraron por debajo de los niveles tóxicos, aunque se observó que este nutriente tiende a incrementarse en la época de secas cuando disminuyó el volumen del sistema y la profundidad del mismo. En el caso de los nitratos estos tienen un comportamiento inverso al del amonio, que pasan desde una mayor concentración a una menor a lo largo del tiempo.

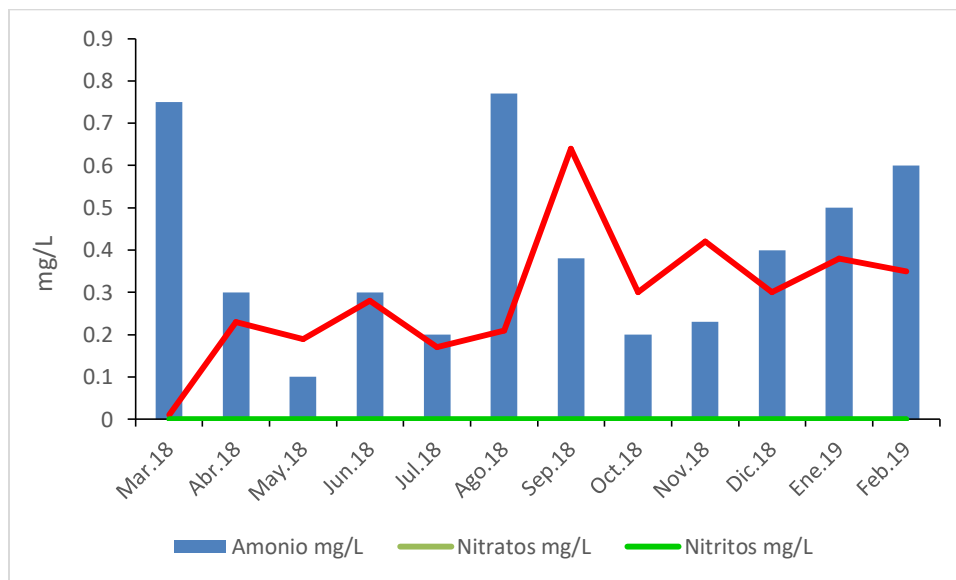


Figura 22. Relación de las diferentes formas químicas del nitrógeno promedio en el bordo “La Palapa”

La forma de nitrógeno que se encontró en bajas concentraciones fue el nitrito, con valores que oscilaron entre 0.0006 mg/L y 0.01 mg/L, ya que concentraciones elevadas o cercanas a 0.1 mg/L son tóxicas para la biota en un sistema acuático.

## Correlación entre variables físicas y químicas

Del análisis de correlación de Spearman, se observó que la conductividad eléctrica se relacionó positivamente con la alcalinidad ( $r_s = 0.45$ ) y el fósforo total ( $r_s = 0.37$ ). La conductividad es proporcional a las concentraciones de los aniones como los bicarbonatos así como los iones del Ca y Mg, por lo que a un incremento de éstos, aumentan los valores de conductividad.

Por otra parte, la conductividad mostró correlaciones negativas ( $r_s = -0.44$ ) con las concentraciones de oxígeno disuelto. Durante el periodo de estudio se presentó una relación positiva entre el oxígeno disuelto y el pH ( $r_s = 0.62$ ). Asimismo, la relación negativa que se presenta entre la temperatura y las concentraciones de fósforo total ( $r_s = -0.55$ ) podría indicar que la mineralización del fósforo está favorecida por bajas y altas temperaturas. Con respecto a las otras variables, los valores de correlación fueron demasiados bajos ( $<0.40$ ), por lo cual no se consideraron para el análisis.

## Discusión

### Proporción sexual

Con respecto a la proporción sexual registrada para la población de *Oreochromis niloticus* en el bordo la palapa fue de 4:1, viéndose favorecidas las hembras con un 82%, mientras que los machos obtuvieron un 18%. La información obtenida no concuerda con lo sugerido por Nikolsky (1963) quien menciona que la proporción sexual esperada para la mayoría de las especies debe ser 1:1 (macho: hembra), pero puede variar año con año en la misma población, al hecho de que en algunos meses predominen los machos se le puede atribuir a que es un mecanismo de regulación para la proporción de sexos.

Estudios como el realizado por Blühdorn y Arthington (1990) registró una proporción de 1:1 (macho:hembra) en Australia para *Oreochromis mossambicus*. Ramos-Cruz (1995) por su parte, reportó una proporción sexual de 2.6:1 (macho: hembra) para *Oreochromis aureus*.

En el estado de Morelos Gómez-Márquez *et al.*, (2003) obtuvo una mayor proporción de machos de 8.8:1. En la presa "Emiliano Zapata" Ramírez y Cruz (2002) calcularon una proporción sexual de 1:1.15 (macho:hembra), mientras que Saito (2004) reportó una proporción de 1:1.99 para la misma especie y en el mismo sistema.

Peña-Mendoza *et al.*, (2005) reportaron una proporción sexual de 1:1.29 ( $\chi^2 = 10.26$ ;  $p < 0.05$ ). Este último resultado difiere de lo citado por Canseco (2004), Tovar (2005), García (2006) y Sastré (2008), para el mismo lugar, donde encontraron una proporción sexual de 6.9:1, 16.6:1, 5.75:1 y 8.77:1 (macho:hembra), respectivamente.

Jiménez (1999), quien también reportó para una población de *Oreochromis aureus* una proporción sexual donde los machos dominaron sobre las hembras, mencionó que esta situación se puede deber al efecto de la sobrepesca a la cual es sometida la tilapia.

El hecho de que durante algún tiempo las capturas se compongan principalmente de hembras, puede actuar como un regulador de la proporción sexual, al extraer los excedentes de alguno de los dos sexos, en el caso de este estudio las hembras. De este modo, la proporción sexual tiende a normalizarse cuando se llega al período de reproducción (1:1) (Ramos-Cruz, 1995).

Factores que pudieron influir en la dominación de hembras: el arte de pesca que se usó (atarraya), generalmente se pescaba en la parte media del sistema (en la zona limnética) o cercana a la orilla (zona litoral), siendo que las hembras se encuentran generalmente cerca de la orilla en donde están protegidas por la vegetación y las rocas, a pesar de saber esto la cantidad de hembras no disminuyó, indicando que las hembras ocupan mucho más espacio que los machos. Las personas encargadas de pescar indicaron que habían sembrado en sistema machos; Sin embargo, la cantidad de hembras capturadas en la pesca indica posiblemente existiese un error en la siembra realizada, ya que es mucho mayor la cantidad de hembras que la de los machos, siendo los meses con menor captura de machos fueron junio y julio, encontrando 29 hembras contra 1 macho en ambos meses.

Otro factor es la luz de malla utilizada, las hembras reportadas en este sistema son grandes, quedándose la mayoría atrapadas en la red, sin que pudieran escapar al encontrarse en las orillas del cardumen capturado.

Diversos autores como Devlin y Nagahama (2002), Conover y Heins (1987), Conover y Kynard (1981) Abucay *et al.*, (1999), Strüssmann y Nakamura (2002), Mair *et al.*, (1991) y Ospina-Álvarez y Piferrer (2008) afirman que la determinación del sexo en los peces está influenciada por factores genéticos, fisiológicos y ambientales (temperatura, pH, fotoperiodo) bajo los cuales se

desarrollen las larvas, por lo tanto son muchos los factores que determinan la proporción sexual de la población. Baroiller y D´Cotta (2001), mencionan que hay evidencia de que los factores ambientales, la temperatura en especial, afectan a la diferenciación del sexo en los peces. Sin embargo, esto solo se ha demostrado para una especie *Menidia menidia*, lo cual fue evaluado por Conover y Kynard (1981).

#### Relación peso-longitud

Ayoade e Ikulala, 2007, mencionan que este factor es importante en la industria pesquera, ya que permite la estimación media del peso de una población, es útil para evaluar su bienestar y la condición nutricional. García, 2006 dijo que dependen de las características genéticas de la especie y su estado fisiológico, así como de factores relacionados con el medio ambiente como la disponibilidad de alimento y condiciones físico-químicas del agua. Además permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida (Jiménez-Badillo, 2006). Permite efectuar estudios comparativos interpopulacionales que pueden ser usados en modelos predictivos del comportamiento o dinámica, tanto de la población como de la comunidad. De tal modo, que conocer estas características en poblaciones de peces, que habitan sistemas con baja o nula intervención antrópica, es fundamental para predecir potenciales cambios en poblaciones amenazadas o que habitan en sistemas perturbados (Cifuentes *et al.*, 2012).

Entre las utilidades está la de la posibilidad de determinar indirectamente el peso a través de la longitud o viceversa, la comparación de la biomasa de la población para estimar de manera indirecta la producción (Márquez, 2005), como también da información sobre la condición y patrones de crecimiento de los peces (Bagenal y Tesch, 1978).

Morales (1991) y Granado (2002), afirman que el valor de la pendiente (b), en condiciones naturales oscila entre 2.5 y 4 siendo en muy raras ocasiones igual a 3 esto en diversos estudios realizados en distintas especies en diferentes ambientes acuáticos.

Los valores de la pendiente de las ecuaciones obtenidas en las regresiones peso-longitud para los machos de  $b=2.339$  y para las hembras  $b=2.6688$ , todas ellas mostraron un comportamiento de tipo alométrico negativo, es decir, los peces crecen más en longitud que en peso (Pauly, 1984).

Los resultados del análisis, de esta población, coinciden con lo encontrado por Ramos-Cruz (1995), para la población de *Oreochromis aureus*, en la presa Benito Juárez, Oaxaca. Para *O. niloticus* Jiménez-Badillo (2006) indicó que en la relación peso-longitud no existen diferencias significativas entre sexos, siendo el valor de la pendiente  $b= 2.75$  y  $b=2.69$ , para machos y hembras respectivamente. Gómez-Márquez *et al.*, (2003) en el Lago Coatetelco, Saito (2004), García (2006) y Sastré (2008), en la presa “Emiliano Zapata”, así como García (2011) en el bordo “La Palapa”, también reportan un crecimiento de tipo alométrico negativo para *Oreochromis niloticus*.

Sin embargo, existen otros estudios donde el crecimiento no se comporta como los resultados obtenidos. Para las tilapias se han obtenido distintos tipos de crecimiento de acuerdo con la especie y sistema, 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 presa de Zimapan, Hidalgo un tipo de crecimiento isométrico. Flores (2006) reportó un tipo de crecimiento para *Oreochromis aureus* de tipo isométrico en la presa “El Salto” en Sinaloa.

Para la especie de *Oreochromis niloticus* Barboza *et al.*, (2012) reportan un tipo de crecimiento alométrico para organismos cultivados en estanques en Perú.

Autores como Bakhoun (1994) y Khallaf (2003) encontraron diferencias significativas en las variaciones del peso y longitud en poblaciones de *O. niloticus* en dos puntos diferentes, de un mismo río (con contaminación y sin contaminación); ambas en Egipto. Beltrán-Álvarez *et al.*, (2010) reportan que el valor de la pendiente ( $b=3.065$ ) fue mayor a 3, lo que significa que la población, de *Oreochromis niloticus* en la presa Sanaloa, Sinaloa tiene un mayor crecimiento en peso que en longitud.

Los coeficientes de regresión obtenidos en la relación peso-longitud que indican crecimiento alométrico o isométrico no solo difieren entre especies sino también entre poblaciones de la misma especie, ya que el desarrollo de los peces implica varias etapas debido a la madurez sexual, la estación del año y condiciones ambientales (Bakhoun, 1994; Khallaf, 2003). Las diferencias en la relación peso-longitud se pueden atribuir a los efectos de la eutrofización y contaminación, al crecimiento y otros aspectos biológicos de la especie (Olurin y Aderibigbe, 2006).

Generalmente la ecuación  $W=aL^b$  expresa la relación entre la longitud y el peso. Sin embargo tanto “a” como “b” tienen un significado biológico, “a” es el factor de condición o grado de robustez individual y “b” es un coeficiente de crecimiento relativo en concordancia con la longitud (Ramos-Cruz, 1995). A partir del momento en que inicia la reproducción, las hembras destinan una mayor parte de energía para la producción de los productos sexuales, disminuyendo su crecimiento en longitud. Los periodos de maduración pueden ser detectados por medio de las variaciones de los parámetros “a” y “b” (Ramos-Cruz, 1995).

#### Talla de primera madurez sexual

Es un parámetro que está ligado a la coevolución especie-ecosistema. La madurez sexual precoz determina tiempos de generación cortos, con mayor supervivencia poblacional a la primera reproducción, pero existe una menor fecundidad inicial y peor calidad de los descendientes. Cuando los machos compiten entre sí, los jóvenes maduran pronto o lo hacen tarde y alcanzan una mayor talla, lo que les asegura éxito por el tamaño en la competencia (Granado, 2002).

En lo que se refiere a la talla de primera madurez sexual, en el bordo “La Palapa”, los machos maduran a los 19.7 cm y las hembras a los 23.8 cm, siendo los machos más pequeños con respecto a las hembras. Los machos son precoces comparados con las hembras que tienen un largo período de crecimiento antes de la maduración (Gómez-Márquez *et al.*, 2003), esto significa que los machos toman ventaja y tienen más periodos reproductivos que las hembras. Hernández-Avilés y Peña-Mendoza (1992) mencionan que a pesar de las ventajas que presenta la tilapia en su reproducción, el que la especie sea precoz es un problema ya que puede traer consigo sobrepoblación, competencia por espacio y alimento, todo esto se traduce en disminución en el crecimiento. Pérez *et al.*, (2004) además de atribuir todas estas características a las tilapias, dicen que, al tener una reproducción semipermanente y precoz, las convierte en organismos con potencial para competir exitosamente con las especies nativas

Las tallas reportadas por otros autores indican que se encuentran dentro de los intervalos para la especie. Morales (1991) señaló 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), mencionaron 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), reportaron 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), reportaron la talla de primera reproducción para hembras y machos a los 10.5 y 11.5 cm respectivamente en Egipto; Aguilar (2011), calculó 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.

Las diferencias entre estas tallas podrían deberse a la capacidad de los peces para alcanzar la talla de reproducción por primera vez, la cual está en función del tamaño, la edad y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad del alimento, el fotoperíodo y principalmente por la temperatura del agua y los diversos factores ambientales de cada sistema (Shalloof y Salama, 2008). Este último autor cita a Siddiqui (1997), quien también afirma que la edad de primera madurez está influenciada por la disponibilidad y calidad del alimento, lo cual tiene efectos en el crecimiento del individuo. Otro factor determinante pudiera ser el arte de pesca utilizado, ya que al usar una luz de malla pequeña, 6.5 en este caso, ocasiona que se capturen peces de menor tamaño.

#### Factor de condición

Es un indicador de bienestar o robustez de una población de peces, el cual sirve de base para inferir los cambios en la condición de los organismos al aumentar la talla, edad, variaciones estacionales en el balance metabólico ocasionado por la disponibilidad del alimento, así como la condición sexual antes y después del desove (Lagler *et al.*, 1977; Granado, 2002).

Para este análisis se observó el máximo valor en el mes de septiembre y el menor valor se registró en el mes de mayo para las hembras. De manera general, los machos presentan valores más altos que las hembras, debido a que durante el muestreo éstos mostraron una longitud y peso mayores (Weatherley *et al.*, 1987). El factor de condición de las hembras presenta un pico máximo en el mes de septiembre-18, lo cual pudo deberse a la época de lluvias donde se lleva a cabo el arrastre de materia orgánica al sistema y esto proporcionó el incremento en la densidad del plancton para la

alimentación y buena oxigenación del sistema, también se debió a las buenas condiciones de temperatura del agua, lo que finalmente se ve reflejado en la condición de las hembras, gracias al proceso de anabolismo (ganancia en incremento muscular).

Al igual que las hembras, los machos obtuvieron su pico máximo en septiembre, en esa época el sistema aumenta su volumen inundando las zonas circundantes, provee de mayor espacio a los organismos y por consecuencia la inducción al proceso reproductivo. Mientras que en el período de secas se tiene un menor volumen, lo que trae como consecuencia una mayor concentración de sólidos, menor profundidad, así como al aumento de la temperatura y, por lo tanto, los organismos presentan menor condición somática (Cifuentes *et al.*, 2012; Arredondo y Ponce, 1998; Dorantes y Zavala, 2003). Y tienen disminución a final de año posiblemente por ser la época fría del año.

De acuerdo con SEPESCA (1988), el período de máxima reproducción se da cuando el sistema tiene un menor volumen, pero mayor temperatura, y la disponibilidad de alimento es baja razón por la cual las hembras mantienen a las crías en la boca alimentándose del saco vitelino. En el período de lluvias se lleva a cabo el período de recirculación produciendo una mayor descomposición de la materia orgánica que fue arrastrada de los campos de cultivo, proporcionando alimento a los peces, evento que se realizó cuando las crías comenzaron a separarse de la madre para iniciar su alimentación natural.

Los resultados reportados concuerdan con lo reportado por Sastré (2008) quien observó que los valores del factor de condición de las hembras descienden en los meses de marzo y julio, debido al proceso de reproducción. En los machos se presenta el mismo comportamiento, ocasionado por la reproducción. Además, observó una tendencia del factor de condición a disminuir conforme transcurre el ciclo reproductivo.

Menocal (1988) mencionó que este índice presenta marcados decrementos cuando se llevó a cabo la reproducción de ahí que sea un indicador del período reproductivo, lo que se debe probablemente al desgaste energético debido a la realización y protección del nido y el cortejo. Weatherley *et al.*, (1987), señala que en muchas especies la diferencia del factor de condición entre los sexos se da después de que los individuos llegan a la madurez. Las hembras presentan decrementos en su peso después de la reproducción



debido a que en este período no se alimenta por la incubación bucal, se realizó el gasto de las reservas alimenticias que habían almacenado en su cuerpo en forma de grasa y la protección de las crías hasta que reabsorben el saco vitelino y una vez que ha pasado dicho proceso, el factor de condición aumenta gradualmente. Sanz y Bayuelo (2005) menciona debido a la condición de incubadoras bucales, previamente se alimentan adecuadamente para tener reservas nutricionales para el período de incubación, y al finalizar la crianza vuelven a sus hábitos alimenticios normales lo cual trae como consecuencia pesos más altos.

El hecho de conocer el factor de condición es de vital importancia para comprender la dinámica de una población. Esto porque la madurez sexual está en función del tamaño del organismo y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad de alimento, temperatura y fotoperíodo. Las tilapias al canalizar la mayor parte de su energía para la reproducción y su mantenimiento metabólico destinan muy poca energía para crecer (Fryer e Iles, 1972).

Índice gonadosomático (IGS) e índice hepatosomático (IHS)

El IGS se utiliza como frecuencia para seguir el ciclo reproductivo de una especie durante todo el año con intervalos mensuales o menos. Este índice se basa en la relación del peso de la gónada con respecto al peso eviscerado y que guarda una relación directa que explica el estadio de desarrollo gonádico, ya que alcanza el valor máximo antes del desove (Lagler *et al.*, 1997; Rodríguez, 1992; Granado, 2002).

Sanz y Bayuelo (2005), mencionan que el obtener los valores y observar las variaciones del IGS, facilita la evaluación del grado de desarrollo de los productos sexuales, brinda una idea sobre el gasto de energía durante el proceso reproductivo.

Se analizó la variación mensual del índice gonadosomático (IGS) para ambos sexos y se pudo observar que los valores para las hembras se muestran estables a lo largo del año a excepción de cuando se incrementa progresivamente hasta alcanzar su valor máximo en los meses de mayo y julio. En los machos se presentaron dos períodos de reproducción el primero, que se superpone con el de los machos, en mayo y el segundo en el mes de noviembre. Esto indica que existe una relación entre el inicio de la época de lluvias y el desarrollo gonadal en varias especies de cíclidos, esto puede ser

un mecanismo que asegura la sobrevivencia de las crías, en una época donde las condiciones son más favorables (Getinet *et al.*, 2007).

Babiker e Ibrahim (1979), mencionan que es posible que la mayoría de las especies de teleósteos se reproducen de forma cíclica a lo largo de su vida reproductiva (especies iteróparas). También señalan que el IGS incrementa con el desarrollo progresivo de las gónadas hasta cuando se da el desove, es por esto que la variación del IGS, se usa en los estudios de reproducción para verificar el tamaño y actividad de las gónadas de los organismos. Bardach *et al.*, (1986), mencionan que cuando las tilapias alcanzan la madurez gonádica pueden reproducirse cada 3 o 6 semanas, siempre y cuando el agua sea cálida, y cuando se presentan condiciones desfavorables se suspende la actividad reproductiva. Gómez-Márquez *et al.*, (2003), reportan que *O. niloticus*, en el lago Coatetelco tiene dos períodos de reproducción, uno en el mes de julio y otro en enero. Canseco (2004), informó que existen dos períodos de reproducción, uno alto en la estación de lluvias (julio-agosto) y otro bajo en la estación de secas (enero-febrero).

Para verificar la época reproductiva se utilizó el índice hepatosomático (IHS), que también se considera un buen indicador de la condición fisiológica.

Es la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del organismo y es específico para hembras, debido a que el hígado segrega vitelogeninas, durante la vitelogénesis exógena, mismas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo; por lo tanto, es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove siendo un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992).

La vitelogénesis consiste en la síntesis y secreción de vitelogeninas. Estas proteínas se producen gracias a los factores endógenos y ambientales los cuales activan el eje neuroendocrino (hipotálamo-hipófisis-gónada). Esto induce la producción en el hígado de glicofosfoliproteína que es transportada vía torrente sanguíneo hacia el ovario donde es captada por los ovocitos las cuales la disocian en dos proteínas fosforadas (lipovitelina y fosvitina), y se utilizan para el desarrollo, crecimiento y maduración de los ovulo, además de actuar como fuente nutritiva para el desarrollo del embrión (Guzmán, 2003; Patiño y Sullivan, 2002).

Para las hembras, el IHS mostró una gran variabilidad durante todo el período de estudio. Los valores más altos se observaron en los meses de marzo-18, julio-18 y diciembre-18 y los valores mínimos se presentaron en junio-18,

octubre-18 y enero-19. Estos valores coinciden con lo reportado por Gómez (2002) quien mencionó que en la temporada reproductiva, para esta especie, se muestra que el peso del hígado es siempre mínimo, condición de esperarse debido a que se habían liberado las vitelogeninas y como consecuencia se incrementó el vitelo de los óvulos que se liberarían en la siguiente época reproductiva.

#### Biometría de los ovarios y testículos

Al observar la morfología de los órganos no se observó detectaron anomalías. En el caso de los testículos, se observó que aumentan de tamaño (longitud, diámetro y peso) conforme avanza el estadio de madurez, a excepción del estadio V, en donde se encuentran en estado de reposo preparándose para la siguiente época reproductiva; solo aumentan en longitud pero no en diámetro. Los ovarios presentan el mismo comportamiento, aunque estos aumentan más en diámetro y peso que en longitud, debido a que se lleva a cabo el desarrollo de los ovocitos, en el estadio V se registra el diámetro más pequeño.

El desarrollo de las gónadas, óvulos y esperma no solo depende de la cantidad y calidad del alimento consumido, también de la cantidad de luz que aparentemente actúa en la activación de la función endocrina del cerebro; particularmente en el hipotálamo. Así mismo, el intervalo de temperatura es de vital importancia ya que ejerce influencia en los cambios de la tasa metabólica (Nikolsky, 1963). Por ello, mientras las características ambientales se mantengan constantes y se presenten de forma cíclica, las especies tienden a desarrollar estrategias reproductivas en las que el desove se realiza en las fases ambientales más favorables. La reproducción se efectúa cuando el ambiente ofrece recursos ecológicos de mejor calidad ya sea para el fenómeno reproductivo como para los descendientes frente a las variaciones ambientales, las especies modulan sus estrategias realizando un control genético de la reproducción. Para la tilapia, los múltiples períodos de desove constituyen un aspecto relevante en su vida. El gasto energético es muy intenso durante los períodos de desove y tiene un efecto importante en su crecimiento. En la tilapia es común observar cohortes mixtas como consecuencia de desoves múltiples (Granado, 2002).

Morales (1991) mencionó que la frecuencia de los desoves varía en función de los factores ambientales y que en México pueden presentar de uno a diez desoves por año. Peña-Mendoza *et al.*, (2005) mencionan que para *O. niloticus* el 68% y el 55% de las hembras y machos, respectivamente, se

encontraban en proceso reproductivo con dos períodos de reproducción uno en agosto y el otro en febrero. Ramos-Cruz (1995), registró un 24% de hembras maduras en *O. aureus* en la presa Benito Juárez, Oaxaca con tres períodos de desove de febrero- marzo, junio-julio y en octubre. Gómez-Márquez *et al.*, (2003), mencionan que el 51% de las hembras se encontraba en estadio III y el 59% de los machos se encontró en estadio V, el estadio IV se presentó principalmente en febrero y de abril a junio.

#### Fecundidad

La fecundidad es un factor importante, ya que aporta los datos necesarios para conocer el potencial reproductivo de la especie (Granado, 2002). La fecundidad es expresada como el número de óvulos producidos por hembra o por unidad de biomasa de hembra, es un parámetro de gran interés no solo característico de la población sino también, como término fundamental en los modelos de dinámica poblacional (Granado, 2002). Esta varía de acuerdo de acuerdo con diferentes factores en los que se encuentran: la edad, el tamaño, la especie y las condiciones ambientales como el fotoperiodo, la temperatura (Ridha y Cruz, 2000; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005; Getinet, 2008).

Para el estadio II se registraron 339 ovocitos/pez, en el estadio III 480 ovocitos/pez y en el estadio IV se registraron 632 ovocitos/pez, en base a estos datos la fecundidad media fue de 600 ovocitos/pez.

Baltazar (2007) mencionó que las hembras de *Oreochromis* normalmente incuban las larvas en su boca por espacio de 10 días, además de que las tilapias incuban los huevos y protegen las larvas en la boca y durante este período se ven privadas de alimento. Babiker e Ibrahim (1979) citan que las hembras producen pocos óvulos, pero la fecundidad aumenta conforme aumenta la longitud del pez, así como el peso corporal y reportan una fecundidad de 300 a 2800 óvulos en peces con una longitud de 11 a 32 cm para *O. niloticus*. Pérez (1982) menciona que el número de óvulos desovados no es muy elevado, pues varía de 100 a 6000 según el tamaño. La reproducción continúa a intervalos de 5- 6 semanas. Omotosho (1987) registró una fecundidad de 8 110 y 10 712 óvulos en *Oreochromis niloticus* y el tamaño varió de 0.44 a 2.1 mm. Ramírez y Cruz (2002) encontraron una fecundidad media de 446 folículos para los peces de la presa Emiliano Zapata, mientras que García (2006), para el mismo lugar, reportó una fecundidad de 287 a 733 folículos en peces de 12.1 a 16.2 cm. En el lago Coatetelco se encontró un rango de 127 a 1098 folículos en peces de 9.3 a 18.4 cm. Gómez Márquez *et al.*, (2003), en el lago Coatetelco encontró que

la fecundidad se encuentra entre los 104 y 709 folículos. Peña-Mendoza *et al.*, (2005), reportan un total de 243 a 847 ovocitos/pez con un tamaño que osciló entre las 300 y 3700 micras, obteniendo una mejor correlación con la longitud ( $r=0.743$ ) que con el peso ( $r=0.739$ ). Morales (1991) dijo que al ser una especie precoz se pueden encontrar hembras de 7 a 9 cm de longitud con intervalos de 80 a 100 huevecillos, cuando llegar a medir de 15 a 28 cm aumenta el intervalo de 800 a 1600 huevecillos. Low (1997); citado en Luna-Figueroa *et al.*, 2003 menciona que la tasa reproductora no necesita ser muy alta o a intervalos muy frecuentes, pero debe de ser exitosa.

#### Fecundidad relativa

La fecundidad individual y relativa no son características de la capacidad reproductiva de la población, ya que la fecundidad de la población no sólo depende de la fecundidad individual sino también del inicio de la madurez sexual, de la periodicidad y la frecuencia de desoves durante la vida de los individuos.

Con respecto a la fecundidad relativa se obtuvo una mayor correlación con la longitud total del pez ( $r^2= 0.0092$ ;  $p>0.05$ ) que con el peso total ( $r^2= 0.0076$ ;  $p>0.05$ ). Esta relación fue de tipo potencial; al aumentar la longitud total aumenta el número de folículos. Estos datos concuerdan con lo reportado por Bagenal (1978), quien mencionó que en las especies de tilapia se observan amplias fluctuaciones en la fecundidad de peces de la misma población, el tamaño y la edad se encuentran relacionados con la fecundidad de los peces, es decir a mayor longitud mayor será el número de folículos. Es bien conocido que existe una relación directa entre la longitud y el peso del pez con la fecundidad, sin embargo, esta no se incrementa después de cierto límite. También se debe tomar en cuenta el ritmo de maduración del ovario, porque este guarda relación con el número de desoves en un ciclo de vida, así como la época de reproducción y por supuesto, está en función de las estrategias reproductivas de la especie, como son: tipo de fecundación, hábitat reproductivo, cuidado de la freza y depredadores, entre otras (Rodríguez, 1992).

#### Parámetros físicos y químicos del agua

En la época de lluvias el bordo "La Palapa" puede alcanzar una profundidad máxima de 4m, con una transparencia máxima de 0.55, pero en épocas de secas la profundidad se ve afectada y puede disminuir hasta menos de un metro.

Rivera y Hernández (2011) mencionan que el comportamiento hidrológico de un sistema se caracteriza por tener una etapa de dilución, debido al incremento en el volumen que se da a partir del inicio de la temporada de lluvias, en la que a pesar del acarreo de materiales procedentes de la cuenca hay una reducción de estos por la evaporación durante la estación seca, la infiltración, además de la pérdida por la utilización del agua para riego. Barclay (1966), Cole (1979), Arredondo *et al.*, (1982) y Hernández-Avilés *et al.*, (2007) han mencionado que las fases de concentración y dilución son muy frecuentes y comunes en estos sistemas.

Respecto a los valores obtenidos de la temperatura del agua, que oscilaron entre los 22.4 y 31°C y los valores de la temperatura ambiente que se encuentran entre los 27 y 30.5°C, se ubican en el intervalo de los valores óptimos reportados por Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo (1986) quienes mencionan que *Oreochromis niloticus* resiste grandes intervalos de temperatura (euritermos) y es capaz de sobrevivir en intervalos de temperatura que van desde los 6°C hasta más de 30°C. Sin embargo, a temperaturas inferiores a 15°C y superiores a 42°C, su crecimiento cesa y se reduce la reproducción. Para el crecimiento de las tilapias las temperaturas necesitan estar entre los 29 y 31°C si a esto se le agrega alimentación a saciedad, el crecimiento se manifiesta tres veces superior que a los 20-22°C (Arredondo y Ponce, 1998).

Otro de los parámetros importantes en cualquier cuerpo de agua es el oxígeno disuelto, ya que es esencial en el metabolismo de todos los organismos acuáticos con una respiración aerobia y el consumo depende de la cantidad de bacterias presentes y de la materia orgánica que se encuentra en descomposición así como de otros factores (Wetzel, 1981).

Los valores que se obtuvieron indican que las condiciones de oxigenación del cuerpo de agua son adecuadas, ya que los menores valores se registraron en los meses de lluvias y para la temporada de invierno los valores del oxígeno incrementaron por efecto de la baja temperatura, mientras que a mayor temperatura ambiental, el oxígeno se encontrará en menor proporción esto debido a la solubilidad que presenta este mismo. Durante el estudio, no se detectaron condiciones de anoxia posiblemente por la apertura y cierre de la compuerta, así como por el aporte de agua del afluente el efecto del viento por las tardes, que permite un proceso de mezcla y además de aireación. Por otra parte, los valores de pH durante el

muestreo se mantuvieron de manera constante muy cercanos al valor de ocho, pero siempre tendiendo hacia la parte alcalina.

Los sólidos suspendidos son un factor importante que puede afectar a los organismos como los peces, pues afecta la cantidad de luz que penetra en el cuerpo de agua y puede llegar a afectar el proceso de la fotosíntesis, así como la respiración de los organismos, por una obstrucción en sus branquias y evitar el intercambio de gases entre el medio y el tegumento respiratorio de los peces (Iturra, 2008).

Los valores de la conductividad eléctrica se vieron afectados por la dilución, así como de la concentración. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de temperatura a la cual se realice la determinación (Romero, 1999). La conductividad también permite calcular la concentración de la materia iónica disuelta en el agua, la cual está relacionada con la fertilidad del sistema (Arredondo y Ponce, 1998).

En cuanto a la alcalinidad y durezas, existe una gran relación entre ellas, esto se debe a que los iones de calcio, magnesio y bicarbonatos son derivados equivalentes de los mismos depósitos geológicos y por lo tanto los valores de alcalinidad y dureza son frecuentemente similares en magnitud: sin embargo, en algunos cuerpos de agua la alcalinidad total puede exceder a la dureza o viceversa (Arredondo y Ponce, 1998; Tovar, 2005).

Arredondo y Ponce (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas; es decir, para este estudio se registró un valor mínimo de 200 mg CaCO<sub>3</sub>/L y un máximo de 350 mg CaCO<sub>3</sub>/L, lo cual indica que el agua es sumamente productiva.

La dureza del agua se refiere al contenido de sales de calcio y magnesio, como bicarbonatos y carbonatos, los valores que se encontraron fueron el mínimo de 338 mg CaCO<sub>3</sub>/L en el mes de agosto y el máximo en el mes de abril 680 mg CaCO<sub>3</sub>/L.

Arredondo y Ponce (1998) mencionan que las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son deficientes en calcio y magnesio. El grado de dureza presente en cualquier sistema acuático es necesario para la supervivencia y el crecimiento de los peces.

La Palapa se localiza en una zona marcada por la temporada de secas y lluvias, que tienen influencia directa con el proceso de concentración y dilución de nutrientes del sistema (Arredondo-Figueroa y Flores-Nava, 1992; Hernández *et al.*, 2002; 2007). Mazarí *et al.*, (2007) mencionan que para estos sistemas marcados estacionalmente, se presenta un proceso de concentración de nutrientes; en los resultados obtenidos se pudo constatar esto, como en el caso del amonio que aumentó considerablemente en la época de secas.

El nitrógeno junto con el fósforo son constituyentes principales del protoplasma celular de los organismos. Es un nutrimento fundamental que afecta la productividad de las aguas dulces. El ciclo del nitrógeno en sistemas acuáticos es complejo ya que puede presentarse en varios estados de oxidación y su concentración es alterada por la fijación de N<sub>2</sub> atmosférico, la asimilación y la desnitrificación o reducción de NO<sub>3</sub> a N<sub>2</sub>. Para todos los efectos prácticos, el ciclo del nitrógeno en lagos, lagunas y embalses es de naturaleza microbiana: la oxidación y reducción bacteriana de compuestos de nitrógeno están acopladas con la asimilación fotosintética y la utilización por las algas, las bacterias fotosintéticas y las plantas acuáticas superiores (Cole, 1979).

Los niveles de concentración de fósforo registrados en el ciclo anual, es el elemento principal para atribuir al embalse la categoría de eutrófico con tendencias a la hipertrofia ya que, según Carlson y Simpson (1996), entre las características de estos niveles tróficos figuran la poca profundidad, carencia de estratificación, resuspensión periódica de sedimentos por la acción del viento, gran magnitud del tiempo de residencia hidráulica, fuertes fluctuaciones diarias y estacionales en los niveles de nutrientes. La Palapa, presenta estas características, aunque el tiempo de residencia hidráulica es variable en el sistema, ya que el agua se utiliza para el riego agrícola.

A pesar de que las concentraciones de fósforo son el factor principal de que el IET se mantenga en los niveles de eutrofia anteriormente mencionados, este elemento no es controlado por los carbonatos que hay en exceso en los sistemas, ya que estos tienen concentraciones tan elevadas de carbonatos de calcio que le dan la característica de aguas duras a los dos sistemas debido a la naturaleza calcárea de la cuenca, ya que, de acuerdo con Floy (1985), el calcio forma complejos altamente insolubles con el fósforo, con lo cual se logra la inactivación de este nutriente en los sedimentos; por lo tanto,



las aguas duras del embalse contribuyen a disminuir la carga interna de fósforo.

Gran parte del fósforo presente en el sistema se debe al aporte externo. Arocena *et al.*, (2008) mencionan que los principales aportes de fósforo proceden de fuentes externas (puntuales y/o difusas: tributarios, escorrentía superficial, etc.) o de fuentes internas (entre ellas, especialmente, por resuspensión desde el sedimento). Las concentraciones de fósforo total, en el embalse, presentó un patrón evidente de variación estacional, con las mínimas concentraciones durante la época de secas. Parte del fósforo permanece en el sistema de forma no disponible para los organismos. En este caso, tarda mucho en reincorporarse en el ciclo del fósforo (Campbell, 1987) y es una de las variables que más influye en los dos sistemas.

Con respecto a los compuestos de azufre presentes en el sistema, estos provienen de las rocas, los fertilizantes y del transporte atmosférico por la precipitación y la deposición de material seco. La presencia de lodo o materia orgánica rica en compuestos sulfurados como el H<sub>2</sub>S en el fondo del sistema, es altamente inestable y se oxida rápidamente en presencia del oxígeno formando iones sulfatos en solución o asociándose al hierro, con el cual forma el sulfato de hierro dependiendo del estado de oxidación del sistema.

### Conclusiones

- La población se integró por un 82% de hembras y un 18% de machos. La proporción sexual, encontrada en el sistema, fue de 4.1 (hembra-macho).
- El crecimiento reportado para los sexos separados fue de tipo alométrico negativo, lo que significa que crecen más en longitud que en peso.
- Para el factor de condición los machos mantienen una buena condición a lo largo del año con variaciones, mientras que la condición de las hembras tiene también una variación presentando su mejor condición en la época de lluvias y disminuye en la época de secas.
- De acuerdo con el índice gonadosomático y hepatosomático se registró un período de reproducción para los machos (mayo-noviembre) y dos para las hembras (mayo, junio y enero).
- La fecundidad media encontrada en la población fue de 600 folículos/pez en hembras.

- De acuerdo con los parámetros físicos y químicos que se registraron en el sistema, se puede decir que es un sistema productivo, con aguas duras y bien oxigenadas, con temperaturas cálidas. Todas estas variables son adecuadas para que se lleve a cabo el proceso reproductivo y de crecimiento de *Oreochromis niloticus*.
- La producción de *Oreochromis niloticus* se lleva a cabo satisfactoriamente en el bordo “La Palapa”, lo que genera una alternativa productiva que permite a la población obtener beneficios económicos.

## Bibliografía

- 1) **Abucay, S. J., C. G. Mair, F. D. Skibinski y A. J. Beardmore. (1999).** *Environmental sex determination: the effect of temperature and salinity on sex ratio in Oreochromis niloticus*. Aquaculture. Vol. 173. 219-234.
- 2) **Aguilar, L. E. A. (2011).** Algunos aspectos reproductivos de la tilapia en el Bordo Amate Amarillo, Morelos. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 80 p.
- 3) **Alejo, p.m.c., m.e.m. laguna y p.t. Ramírez (1989.)**. Culture of Nile *tilapia, oreochromis niloticus* (L.), at three stocking densities in outdoor concrete tanks using drainage water. aquaculture research, 20, 59.
- 4) **APPHA AWWA Y WPCF (1992)**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18 ed. American Public Health Association. EE. UU. 1100.
- 5) **Arocena, R., Chalar G., Fabián D., de León L., Brugnoli E., Silva M., Rodó E., Machado I., Pacheco, J. P., Castiglioni R., Gabito I., (2008)**. "Estado Trófico de Embalses Paso Severino y Canelón Grande". Convenio DINAMA-Facultad de Ciencias (Sec. Limnología) Evaluación Ecológica de cursos de agua y biomonitorio. Montevideo, Uruguay. 36 p.
- 6) **Arredondo, F. J. L. (1986)**. Piscicultura: breve descripción de los criterios y técnicas para el mejoramiento de calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. México, D. F. 182 p.
- 7) **Arredondo, F.J.L y Ponce, J.T. (1998)**. Calidad del agua en acuicultura: conceptos y aplicaciones. AGT Editor S.A. 222 p.
- 8) **Arredondo F. J. L. y M. Guzmán-Arroyo (1986)**. Actual situación taxonómica de las especies de la tribu tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México., Anales del Instituto de Biología UNAM. Serie Zoología, 2: 555-572.
- 9) **Arredondo F. J. L.; J. L. García y P. C. Martínez (1982)**. La conducta físico-química y el rendimiento pesquero de un estanque temporal, utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos. Rev. Lat. Acui. 12: 1-12.
- 10) **Ayoade, A. A. y O. O. A. Ikulala. (2007)**. Length weight relationship, condition factor and stomach contents of *Hemichromis bimaculatus*, *Sarotherodon melanotheron* and *Chromidotilapia guentheri* (Perciformes: Cichlidae) in eleiyele lake, southwestern Nigeria. Rev. Biol. Trop. 55(3-4):969-997.
- 11) **Babiker, M. M. y H. Ibrahim. (1979)**. Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L): gonadal maturation and fecundity. J. Fish Biol. 14. 437-448.
- 12) **Bagenal, T. (1978)**. Aspects of fish fecundity: 75-102. En: Shelby, D. G. (eds). Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific, Oxford, England.
- 13) **Bakhom, S. A. (1994)**. Comparative study on length-weight relationship and condition factors of the *Oreochromis* in polluted and non-polluted parts of Lake Mauriut, Egypt. Bull. Natl. Inst. Oceanogr. Fish., Egypt, 20:201-220.
- 14) **Baltazar, M. P. (2007)**. La tilapia en el Perú: acuicultura, mercado y perspectivas. Revista Peruana de Biología 13(3): 267-273.

- 15) **Barbieri, G., D. M. T. Giamas, R. A. Teixeira-Filho, C. E. Campos, H. Vermulm. (2000).** Biología poblacional de la Tilapia, *Oreochromis niloticus*, la represa de Guarapiranga, São Paulo-II. Dinámica de la reproducción. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 26 (1):9-13.
- 16) **Barclay, M.H. (1966).** An ecological study of a temporary pond near Auckland New Zealand. *Austr. J. Mar. Freshwater Res.* 17:239-258.
- 17) **Baroiller, F.J. y H. D´Cotta. (2001).** Environment and sex determination in farmed fish. *Comparative and Biochemistry and Physiology Part C* 130. 399-409 p.
- 18) **Beltrán-Álvarez, R., J. Sánchez-Palacios, L. G. Valdez, A. Ortega-Salas. (2010).** Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la presa Sanaloa, Sinaloa, México. *Rev. Biol. Trop.* 58(1): 325-338.
- 19) **Biswas, A.K.; Morita, T; Yoshizaki, G; Maita, M. y Takeuchi, T. (2005).** Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by Photoperiod Manipulation. *Journal Aquaculture*, 243: 229–239.
- 20) **Blühdorn, R. D. y H. A. Arthington. (1990).** Somatic characteristics of an Australian population of *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae). *Environmental Biology of Fishes.* 29(4) 277-291 (URL: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00001185>) (consultada el 20 de septiembre de 2020).
- 21) **Campbell, R. (1987).** “Ecología Microbiana”. Editorial Limusa, México. 268 p.
- 22) **Canseco, J. F. J. (2004).** Biología de la reproducción de *O. niloticus*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, CDMX.
- 23) **Cantor Atlatenco. (2007).** cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México. *redvet*, 11, 25.
- 24) **Carlson, R.E. y Simpson, J. (1996).** “A Coordinator’s Guide to Volunteer Lake Monitoring Methods”. North American Lake Management Society. 96 p.
- 25) **Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortiz, N., Piedra, P., Habith, E. (2012).** Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuenca del río Valdivia, Chile). *Gayana* 75(2). 101-110.
- 26) **Clark, F. (1928).** The length-weight relationship of the Californian sardine (*Sardina coerulea coerulea*) at San Pedro. *Fishery Bulletin* 12:22-44.
- 27) **Cole, G.A. (1979).** *Textbook of limnology*. 2a edition, The C.V. Mosby Co. Louis. U.S. 426 p.
- 28) **CONAPESCA, (2015).** Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2014. Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. SAGARPA. 304 p.
- 29) **Conover, O. D. y Heins, W. S. (1987).** Adaptive variation in Environmental and genetic sex determination in a fish. *Nature* No. 326, 496-498.
- 30) **Conover, O. D. y Kynard, E. B. (1981).** Environmental sex determination: interaction of temperature and genotype in a fish. Vol. 213 No. 4507. 577-579.
- 31) **Contreras-MacBeath, T., H.M. Mejia y R.W. Carrillo. (1998).** Negative impact on the aquatic ecosystems of the state of Morelos from introduced aquarium and other commercial fish. *Aquarium Sciences and Conservation*, 2: 1-12.

- 32) **Devlin, R y Y. Nagahama. (2002)**. Sex determination and differentiation in fish: an overview of genetic physiological, and environmental influences. *Aquaculture* Vol. 208: 191-39.
- 33) **Dorantes, G. E. y M.M. Zavala (2003)**. Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos de agua acuáticos en el Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 92 p.
- 34) **Floy, R. H. (1985)**. "Phosphorus inactivation in and eutrophic lake by the direct addition of ferric aluminum sulphate: impact on iron and phosphorus". *Freshwater Biology* 15: 613-629.
- 35) **Fryer, G. y T. D. Iles. (1972)**. The cichlid Fishes of the great lakes of Africa: their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh, Scotland. 641 p.
- 36) **García E. 2004**. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. No. 6, México. 90 p.
- 37) **García, A. G. (2006)**. Histología y biología reproductiva de tilapia en el Estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, CDMX. 139 p.
- 38) **García, G. M. A. (2011)**. Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo "La Palapa", Morelos, Méx. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, CDMX. 106 p.
- 39) **Getinet, G. T. y N. B, Amrit. (2007)**. Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (l). *Aquaculture Research*. (Online early article). doi.1111/j.1365-2109.
- 40) **Gómez Márquez, J. L, B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte. (2003)**. Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.* 51(1): 221-228.
- 41) **Gómez Márquez, J. L. (2002)** Estudio limnológico-pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, CDMX. 181 p.
- 42) **Gómez Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, I. H. Salgado-Ugarte y J.L. Arredondo-Figueroa. (2008)**. Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes:Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.)* 56(2): 875-884.
- 43) **Granado, L. C. (2002)** Ecología de peces. Universidad de Sevilla Secretariado de publicaciones. Sevilla, España. 197-200 p
- 44) **Guzmán, R.C.N. (2003)** Análisis de los niveles de vitelogenina séricas en individuos neomachos de trucha *arcoiris Oncorhynchus mykiss* (Smith y Stearly, 1989). Tesis de Licenciatura en Biología Marina. Facultad de Ciencias. Escuela de Biología Marina. Universidad Austral de Chile. 44 p.
- 45) **Hernández, Avilés, J. S., J. L. García-Calderón, M. C. Galindo-Santiago y J. Loera Pérez. (2007)**. Microembalses: una alternativa de la limnicultura. En: de la Lanza, E.G. (compiladora). *Las Lagunas Interiores de México: Conceptos y casos*. AGT Editor, S. A. México. pp. 597-620.
- 46) **Hernández Avilés, S. J., Galindo, de S. M. del C. y Loera, P.J. (2002)**. Lagos y presas de México. AGT editor, México. 680 p.

- 47) **INEGI, (2000)**. Anuario Estadístico del Estado de Morelos. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.
- 48) **Inturias Canedo (2007)**. Edad, crecimiento y reproducción de *pseudoplatystoma fasciatum* y *pseudoplatystoma tigrinum* en la Amazonía boliviana. 56 universidad mayor de san Andrés facultad de ciencias farmacéuticas y bioquímicas dirección de postgrado. la paz, Bolivia. 88p
- 49) **Iturra, J. (2008)**. Manual de crianza de tilapia. Editorial, Nicovita. Perú. 49 p.
- 50) **Jeremy, s., d. I. timothy. (1998)**. effect of different salinity levels on growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The journal of animal and plant sciences, 22, 120.
- 51) **Jiménez Badillo, M. L. (1999)**. Análisis de la pesquería de tilapia *Oreochromis spp.* (Pisces: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero. Tesis Doctoral. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 178 p.
- 52) **Jiménez Badillo, M. L. (2006)**. Age-growth models for tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes, cichlidae) the Infiernillo Reservoir, México and reproductive behavior. Rev. Biol. Trop. 54 (2): 557-588.
- 53) **Khallaf, E. A., M. Galal y M. Authman. (2003)**. The biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal. Ecotoxicology. Biomedical and Life Sciences Octubre 12(5):405-416 (URL: <http://dx.doi.org/10.1023/A:1026156222685>) (consultada el día 20 de septiembre del 2020).
- 54) **King, M. (1995)**. Fisheries biology, assessment and management. 2ed. Ed. Fishing News Books. 341 p
- 55) **Lagler, K. F., J E. Bardach, R. R. Miller y D. R. May. (1977)**. Ictiología. México, AGT Editor S. A., 489 p.
- 56) **Liti, D., L. Cherop, J. Mungitti y L. Chhorn. (2005)**. Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on two formulated diets and two locally available feeds in fertilized ponds, Aquac. Res, 36(8): 746-752.
- 57) **Luna Figueroa, J. L. Balán González y J. Figueroa Torres. (2003)**. *Cichlasoma istlanum* (Pisces: Cichlidae): Evaluación de algunos aspectos reproductivos en organismos silvestres y obtenidos en cautiverio. Ciencia y Mar 39-44
- 58) **Mair, C. G, G. A. Scott, J. D. Penman, A. J. Beardmore y F. O. D. Skibinski. (1991)**. Sex determination in the genus *Oreochromis*. Theoretical and Applied Genetics. Vol. 82. 144- 152.
- 59) **Mazari Hiriart, M., G. Pérez Ortiz y A. C. Espinosa-García. (2007)**. “Impacto de la interrupción del caudal ecológico sobre la calidad del agua”. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, 17 p.
- 60) **Menocal, R. R. (1988)**. Fecundidad de la Tilapia *Oreochromis aureus*, Steindachner (1864) en la Presa Zaza. Latín Acuicultura. Lima, Perú. 36:44-48.
- 61) **Morales, D. A. (1991)**. La tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. AGT Editor. México, CDMX. 3-13 p.
- 62) **Nikolsky, D. V., (1963)**. The ecology of fishes. Academic Press, New York. 523 p

- 63) **Olurin, B. K. y A. O. Aderibigbe. (2006).** Length-weight and condition factor of pond reared juvenile *Oreochromis niloticus*. World Journal of Zoology 1(2): 82-85.
- 64) **Omotosho, J. S. (1987).** Abnormal development in the ovaries of *Oreochromis niloticus* Linn (Perciformes: Cichlidae) in Nigeria. Rev. Bio. Trop., 35 (1): 83-85.
- 65) **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. www.PlosOne 3(7):e2837.doi:10.1371/journal.pone.0002837 (Consultado el 20 de septiembre del 2020).
- 66) **Patiño, R. y C. V. Sullivan. (2002).** Ovarian follicule growth, maturation and ovulation in teleost fish. Fish Physiology and Biochemistry 26:57-70.
- 67) **Paúl M. Baltazar. (2007).** la tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. revista peruana de biología, 13, 16.
- 68) **Pauly, D. (1984).** Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila, Philippines, 325 p.
- 69) **Peña Mendoza, B., J. L. Gómez Márquez, I. H. Salgado Ugarte. (2005).** Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. Rev. Biol. Trop. 53(3-4): 515-522.
- 70) **Peña Mendoza, B., J. L. Gómez Márquez, G. García Alberto. (2011).** Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). Ciencia pesquera Vol. 19 (2): 23- 33
- 71) **Pérez, S. A. L. (1982).** Piscicultura, ecología, explotación e higiene. Editorial El Manual Moderno S. A. de C. V. México, D. F. 89 p.
- 72) **Ramírez, N. D. y M. C. Cruz. (2002).** Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en la presa "Emiliano Zapata", Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 53 p
- 73) **Ramos Cruz, S. (1995).** Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México, en 1993. INP-SEMARNAP. México. Ciencia Pesquera 11:54-61
- 74) **Rivera, C. O. y G. N. G. Hernández. (2011).** Producción y calidad del agua de los reservorios "Amate amarillo" y "La Palapa", Morelos. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM, México. 115 p.
- 75) **Rodríguez, G. M. (1992).** Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT editor, S. A. México, CDMX. 1-42 p
- 76) **Romero, R. J. A. (1999).** Calidad del agua. Ed. Alfaomega. México. D.F. 273 p.
- 77) **Saavedra, M. A. (2003).** Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centro Americana. Managua, Nicaragua. Mayo, 2003.
- 78) **Saito, Q. V. M. (2004).** Edad y crecimiento por lectura de otolitos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 68 p.

- 79) **Salgado, U. I. H. (1992).** Análisis Exploratorio de Datos Biológicos. Ed. Marc. México. 242 p.
- 80) **Salgado Ugarte, I. H, J. L. Gómez Márquez y B. Peña Mendoza. (2005).** Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 234 p
- 81) **Sanz, O. A. y E. V. Bayuelo. (2005).** Reproducción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el jardín zoológico de la Habana. Departamento de Biología Animal y Humana. Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba. (www.ilustrados.com) (consultado 20 de septiembre de 2020).
- 82) **Sastré, 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, CDMX. 137 p.
- 83) **Secretaría de Pesca (1988).** Cultivo de tilapia. Secretaría de Pesca .México, D. F. 11-15 p.
- 84) **SEGOB, (2005).** Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Morelos. ([http://www.e\\_local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM-morelos](http://www.e_local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM-morelos)).
- 85) **SEPESCA. (1988).** Manual Técnico para el cultivo de la tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. 202 p.
- 86) **Shalloof, Sh. K.A. y H.M.M. Salama. (2008).** Investigations on Some Aspects of Reproductive Biology in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) Inhabited Abu-zabal Lake, Egypt. Global Veterinaria 2 (6): 351-359.
- 87) **Shoosmith, E., (1990).** A comparison of methods for estimating mean fecundity. Journal Fish Biology. 36:29-37
- 88) **Sparre, P., S. C. Venema. (1997).** Introducción a la evaluación de recursos pesqueros y tropicales. Parte I. Manual FAO Documento Técnico de Pesca. No. 306. Rev. 2:420 p.
- 89) **Strüssmann, A. C. y M. Nakamura. (2002).** Morphology, endocrinology, and environmental modulation of gonadal sex differentiation in teleost fishes. Fish Physiology and Biochemistry Vol. 26. 13-29.
- 90) **Torres Orozco, B. R. (1991).** Los peces de México. AGT Editor, S.A, México. 198 p.
- 91) **Tovar, G.A. (2005).** Edad y crecimiento de *O. niloticus* por medio de estructuras duras. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México. 75 p.
- 92) **Trewavas, E. (1983).** Tilapiine fishes of the genera Sarotherodon, *Oreochromis* and Danakilia. British Museum (Natural History), London. 583 p.
- 93) **Weatherley, A. H., H. S. Grill, J. M. Casselman. (1987).** The biology of fish growth. Academic Press. 443 p.