



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Reproducción de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el microembalse “La Palapa”, en el estado de Morelos, México.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIÓLOGA

PRESENTA :

ADRIANA ESTEFANÍA SANDOVAL CORONA

Director de tesis: Dra. Bertha Peña Mendoza.

Ciudad de México, 14 de junio 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.

DEDICATORIA

A mi **mamá** la mujer más fuerte y la vez más noble que he conocido, todo lo que soy es gracias a ti, eres mi mayor ejemplo a seguir, ojalá algún día pueda llegar a ser, aunque sea la mitad de lo que tú eres, gracias por enseñarme a luchar por lo que quiero, por siempre apoyarme en todo, como lo fue este loco y largooo camino de ser bióloga (mi sueño de niña). No hay palabras que puedan ser escritas para agradecerte todo y cada una de las cosas que hiciste por mí. Este es un momento con el cual soñamos las dos y sin ti nada de esto hubiera sido posible. Te AMO MAMÁ...LO LOGRAMOS!!!!

A **mamá grande** uno de los pilares en mi vida, gracias por enseñarme a sumar, por enseñar a trabajar mucho por lo que queremos, por todo lo que me enseñaste, por quererme como una hija. Te quiero Mucho.

A mi **papá** gracias por quererme como hija y malcriarme como nieta, por todo lo que me has enseñado. Te quiero mucho papi.

A mis tíos **Ramón, Vicky, Alfonso** que siempre estuvieron al pendiente de mí. Los quiero.

A mis gordos **Ethan** y **Christian** ojalá que esto los motive a ustedes a seguir con sus sueños y terminar una carrera universitaria. Son mi adoración.

A **Rodrigo León** la mejor persona que pude conocer en la universidad gracias por aconsejarme siempre, por siempre apoyarme en todo lo que podías, por aguantar mi mal humor en época de exámenes, por alimentarme en esos momentos, por ayudarme a contar ovocitos, por cumplir muchos de mis caprichos, pero sobre todo por siempre recordarme que yo podía con todo y contra todos. Eres de mis personas favoritas. Te quiero mucho.

A **Amalia Mancilla** sabes lo mucho que te admiro por tus dos carreras, gracias por hacer más divertido el paso por la universidad desde el día uno, sin ti las clases no hubieran sido las mismas y mejor no hablemos de las prácticas de campo. Te quiero mucho amiga.



A **Karina Díaz** una de las personas más fuertes que he conocido, gracias por la mejor primera practica de campo, por hacer más divertidas las clases, por los desayunos de señoras. Te quiero mucho amiga.

A **Cesar García** amigo mío gracias por ser de las personas en mi vida con las que sé que puedo contar siempre, a ti también te toco aguantar mi estrés, gracias por nuestros viernes de 10. Te quiero mucho.

A **Diana López** mi mejor amiga, una de las mujeres con el corazón más grande que he conocido gracias por compartir tantos años y momentos juntas, por siempre motivarme a conseguir mi mayor sueño y sé que siempre estarás apoyándome en todo por más tonto que parezca. Sabes lo mucho que agradezco que tener en mi vida. Te amo amiga

A mis amigas **Jessica López** la única que siempre entendió mi fascinación por el mundo marino; **Irlanda Ruiz** gracias por todo los momentos que pasamos; **Wendy Alvarado** por estar siempre para mí, gracias a todas por hacer mucho más divertido el paso por la universidad.

A **luna** mi hermosa bolita de pelos y amor que siempre estuvo conmigo en las horas de desvelos y hasta a la facultad le toco ir.



AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Nacional Autónoma de México**, que me permitió pertenecer a una de las mejores universidades en la cual pude terminar mis estudios y cumplir una de mis más grandes metas, en ella conocí a grandes personas.

A la **Facultad de Estudios Superiores Zaragoza** por darme las herramientas y el conocimiento para poder llevar acabo esta investigación y de conocer profesores que marcaron mi vida y llevaré conmigo sus grandes enseñanzas.

A la **Dr. Bertha Peña Mendoza** por aceptar llevar el mando de este trabajo, por la paciencia, las enseñanzas, las largas pláticas y por ser no solo una asesora, también ser una amiga, consejera y en campo defendernos, muchas gracias.

Al **Dr. José Luis Gómez Márquez** por permitirme trabajar con usted, compartir un poco de todo el conocimiento que tiene, por siempre resolver mis todas mis dudas por más mínima que fuera, aunque no lo crea por sus regaños también, por siempre llevarnos a comer rico en campo, pero sobre todo por su amistad, muchas gracias por todo.

Al **Biol. José Luis Guzmán Santiago** por la ayuda para realizar este trabajo, por las pláticas y bromas con usted eran más amenos los días en los estanques, gracias.

Al **M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo**, por aceptar ser sinodal de este trabajo, por las clases que me permitió tomar con usted, gracias.

A la **Dra. Verónica Mitsui Saito Quezada**, por aceptar ser sinodal y revisar este trabajo para que fuera aún mejor, gracias.

A la **sociedad cooperativa del bordo “La Palapa”** en el estado de Morelos, ya que sin su valiosa ayuda para la obtención de los organismos este trabajo no se hubiera podido llevar a cabo, gracias.

A mis amigos que conocí gracias a la limnología **Fabiola Hernández** gracias por hacer las largas horas en el laboratorio más amenas, sin ti no hubiera podido aguantar tantas horas encerrada; **Daniel Morales** gracias por las bromas, risas y siempre tener ese humor tan característico; **Ilse Pérez** fue poco el tiempo que convivimos, pero siempre que tenía alguna me ayudabas además siempre eran muy buena la hora del chisme; **Magaly Bravo** gracias el gran apoyo en la recta final.

A mis amigas **Dafne García** y **Karina Rangel** gracias por largas horas de platicas los ultimo días en la FES fueron divertidos gracias a ustedes.



INDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
CLASIFICACIÓN DE LA ESPECIE	10
ANTECEDENTES	13
ZONA DE ESTUDIO	23
JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	24
HIPÓTESIS	25
OBJETIVO GENERAL	25
OBJETIVOS PARTICULARES	25
MÉTODO	25
• FASE DE CAMPO.....	25
• FASE DE LABORATORIO.....	26
• FASE DE GABINETE	27
RELACIÓN PESO – LONGITUD.....	27
PROPORCIÓN SEXUAL.....	28
ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS).....	28
ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS).....	29
ESTADIOS DE MADUREZ.....	29
TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL.....	29
FECUNDIDAD RELATIVA	30
FECUNDIDAD MEDIA	30
FACTOR DE CONDICIÓN (K)	31
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.....	32
RESULTADOS	33
RELACIÓN PESO-LONGITUD	34
RELACIÓN PESO-LONGITUD PARA HEMBRAS	35
RELACIÓN PESO-LONGITUD PARA MACHOS.....	38
PROPORCIÓN SEXUAL.....	42
MADUREZ GONADOSOMÁTICA	43
ÍNDICES BIOLÓGICOS	44



HEMBRAS	44
MACHOS	45
PRIMERA TALLA DE MADUREZ.....	46
FECUNDIDAD ABSOLUTA	47
Factor de Condición	52
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA	53
PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA.....	54
TEMPERATURA DEL AGUA Y OXÍGENO DISUELTO.....	55
CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS.....	55
CONCLUSIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80

RESUMEN

Se estudiaron los aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus*, ya que es una especie que se explota en el bordo “La Palapa” en el estado de Morelos, México. El intervalo de las tallas que se obtuvieron fue de 15.5 a 24.8 cm de longitud total con pesos de 65.5 a 231.6 gr para las hembras y de 16.3 a 25.5 cm de longitud total con pesos de 90.5 a 286.1 gr para los machos. Los valores de la relación peso-longitud se determinaron por sexo el tipo de crecimiento es alométrico negativo ($b > 3$) apoyado por la aplicación de la *t*-student para hembras $t = 2.8185$ y machos $t = 2.7065$; $p < 0.05$, lo que indica que los organismos crecen más en longitud que en peso. La proporción sexual hembra: macho fue de ($\chi^2 = 132.60$; < 0.05); beneficiando a las hembras. La primera talla de madurez sexual para las hembras 15.5 cm, mientras que para los machos 15.7 cm. Los índices biológicos proporcionan la información de que existieron 2 épocas de reproducción para esta especie dentro del sistema una de abril a julio y la otra de diciembre a abril para las hembras y la época de reproducción para los machos igualmente en dos temporadas marzo y abril del 2017 y 2018. La fecundidad fluctuó entre 210 – 1211 por pez, mientras que el promedio de 492 ovocitos, con diámetros que van de 350 a 4000 μm , se determinó que la fecundidad relativa se correlaciona mejor con el peso y se obtuvo el modelo $F = 2.2199Pt + 307.72$. La temperatura del ambiente osciló entre los 26 a 36.6°C y la temperatura del agua 15.9 a 25 °C, la profundidad máxima del sistema 4.5 metros con una visibilidad promedio de 0.39 m.



INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las técnicas ideadas por el hombre para incrementar la producción de alimento y como una alternativa para la administración de los recursos acuáticos (Hepher, 1988), además de ser el más antiguo sistema de cultivo, con más de 2,500 años de historia (Lazard y Dabbadie, 2002).

La acuicultura en la actualidad es una fuente importante de producción de alimento para satisfacer la creciente demanda mundial de la población. En muchas partes del mundo, especialmente en los países en vías de desarrollo, se están comenzando a realizar proyectos de acuicultura, por lo que puede ser una contribución importante para la nutrición, en virtud de su gran productividad y de que las cosechas que se realizan son principalmente de organismos de alta calidad proteica, lo cual hace a la acuicultura una alternativa alimenticia, debido a que la cantidad de alimentos obtenidos por la agricultura y ganadería es insuficiente para satisfacer la demanda de la población humana (FAO, 2011).

La tilapia se ha cultivado en todo el mundo; China, a partir del año 2009, figura como el principal productor y exportador con más de 100,000 t/año (Basualdo-Ramírez *et al.*, 2012). El cultivo de la tilapia en México se inició desde 1964, con la importación de ejemplares procedentes de Alabama, USA. Los organismos se confinaron en el Centro de Acuicultura de Temascal en Oaxaca (Morales, 1974) y para 2012 Mayorga-Castañeda reportan que México ocupa el lugar número 28 a nivel mundial con una producción de 143 747 toneladas de especies de agua dulce, dentro de las cuales destaca la tilapia que ha aportado el 91% de la producción nacional. Del periodo que comprende de 2000 - 2012 las especies pesqueras más explotadas en el país son: la sardina con el 40.4 %, seguido por el camarón con el 9.59 %, el atún con el 7.12 % y la tilapia con el 4.75 % de la producción total nacional, lo que significa que es la cuarta especie más explotada del país (SAGARPA, 2012).

Para el año 2012 el volumen de producción pesquera nacional de mojarra fue de 77 547 toneladas de peso vivo, de las cuales 778 toneladas fueron extraídas del estado de Morelos; estado el cual ocupa el 5to lugar de producción pesquera en las entidades sin litoral, mientras que Hidalgo ocupa el primer lugar de producción de mojarra en las entidades sin litoral. En los últimos cinco años se ha visto que la producción del estado de Morelos



disminuyó, ya que para el año 2007 se produjeron solo 161 toneladas; sin embargo, del 2010 al 2011 incremento un 5% (INEGI, 2013).

Dentro de los estados más importantes del País con litorales, respecto a la producción de tilapias, durante el periodo 2000-2012, se encuentran Veracruz con una participación promedio de 15 707 t, esto es 20.87% de la producción nacional, seguido de Michoacán (16.12%), Sinaloa (8.38%), Tabasco (7.91%) y Jalisco (7.82%). El Estado de México se ubica en el lugar 17 con una producción promedio de 1 100 t, que representan el 0.91% del total nacional (SAGARPA, 2012).

Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758) es importante tanto ecológica como económicamente. Sus atributos hacen que sea fácil para reproducirse por su resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, capacidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y diferentes salinidades, así como la habilidad de nutrirse a partir de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales (Basurto, 1984; Castillo, 1989; Morales 1991; Alamilla, 2001; Bocek, 2003; Bayuelo y Sanz, 2005), rápida tasa de crecimiento, capacidad de convertir de manera eficiente los residuos orgánicos y domésticos en proteínas de alta calidad (Yi *et al.*, 1996; De Graaf *et al.*, 1999; Peña-Mendoza *et al.*, 2005); sin embargo, se reproducen a los pocos meses de edad y bajo peso, su madurez a temprana edad puede tener influencia negativa en el crecimiento (Morales, 1991; Peña-Mendoza *et al.*, 2005).

Los hábitos reproductivos y la organización social de *Oreochromis niloticus* tiene grandes implicaciones en su cultivo, pues estos factores guardan estrecha relación con su madurez sexual. 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 (Cantor, 2007).



CLASIFICACIÓN DE LA ESPECIE.

La tilapia pertenece a la familia Cichlidae, está representada por cerca de 100 especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales del país. Se encuentran en aguas lénticas, así como en lólicas a orillas de ríos, entre las piedras y plantas acuáticas (Nirchio y Pérez, 2002; Baltazar, 2007; García, 2011).

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

Phylum: Chordata

Subphylum: Vertebrata

Superclase: Gnathostomata

Serie: Pisces

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Suborden: Percoidei

Familia: Cichilidae

Género: *Oreochromis*

Especie: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).



Figura 1. *Oreochromis niloticus*

Las tilapias presentan un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido y discoidal, raramente alargado; en muchas especies la cabeza del macho es invariablemente más grande que la de las hembras. La boca es protractil, generalmente ancha a menudo bordeada por los labios gruesos, las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Pueden o no presentar un puente carnoso que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio. Presentan membranas branquiales unidas por 5 o 6 radios branquiostegos y un número variable de branquiespinas según la especie. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta y consta de varias espinas y la parte terminal de radios, en que los machos suelen estar frecuentemente pigmentados. La aleta caudal está rodeada, trunca o rara escotada, según la especie (Morales, 1991).

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

La tilapia es un pez tropical, se puede desarrollar en agua dulce o salobre. Son especies diurnas. Su temperatura preferida es de 31 a 36°C, pero pueden sobrevivir en aguas de 12 a 42°C, la especie prefiere aguas poco profundas de 0 a 6 m (FishBase, 2007; ISSG Database, 2008). Es una especie omnívora, se puede alimentar de perifiton, plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna bentónica y detritus también puede filtrar alimento, pero generalmente puede rosar la superficie de las capas de perifiton (FAO, 2006; 2007). Las tilapias son peces provistos de branquiespinas, las cuales hacen la función de filtrar el agua para obtener su alimentación, algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de absorción en el intestino, el cual mide de 7 a 10 veces más que la longitud del cuerpo del pez.

Presenta diferenciación sexual externa; el macho se caracteriza por tener dos orificios bajo el vientre (el ano y el orificio urogenital) y la hembra tiene tres (el ano, el poro genital y el orificio urinario). El ano muy visible en forma de agujero redondo. El orificio urogenital del

macho es un pequeño punto y el de hembra es microscópico, apenas visible a simple vista: generalmente se reproducen entre los 20-25°C y alcanzan la madurez sexual, en función de la edad y la talla, es por lo general temprana, a tamaño pequeño entre los 2 ó 3 meses. En áreas subtropicales se ve afectada por la luz, el aumento de la iluminación o disminución de 8 horas dificultan la reproducción (Saavedra-Martínez, 2006; CONASPECA-SAGARPA, 2012).

El ciclo reproductivo depende de la latitud y el desove se vuelve más estacional en latitudes más elevadas, en algunos casos, el ciclo reproductivo se sincroniza con la estación de lluvias. La especie es constructora de nidos, desova por tandas y realiza la incubación bucal, pudiendo reproducirse cada 30 días; el nido, como es el caso de varias especies de tilapias, es una depresión circular en zonas arenosas hasta de 1m de diámetro y 0.5m de profundidad, el diámetro promedio es el doble de la longitud del macho que lo construyó. Los machos son altamente territoriales y defienden sus nidos; desarrollan una coloración muy marcada en la época de reproducción, tiene un periodo prenupcial corto, el macho es polígamo y usa el nido como sitio temporal para el cortejo y la fertilización de los óvulos. Los huevos son cuidados por la madre manteniéndolos en su boca por un periodo 20 a 30 días en función de la temperatura. Las hembras desovan en repetidas ocasiones, normalmente una hembra realiza de 4 a 5 puestas en un año en condiciones favorables de temperatura. Cada puesta puede contener entre 200 y 2000 óvulos que son de color amarillo naranja (2.2 a 3 mm), no presenta una cubierta adherente (Morales, 1991; Baltazar, 2007; García 2011).

ANTECEDENTES

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

En 1973 Trewavas describió dos géneros distintos: de *Tilapia* y *Sarotherodon* basados en sus diferencias, principalmente en los hábitos reproductivos y alimenticios que presentan estos dos géneros.

En 1979 Babiker e Ibrahim efectuaron un estudio sobre la biología de la reproducción de la tilapia *Oreochromis niloticus* de diferentes edades, reportando una proporción sexual de 2.81:8 y 0.47:1 (hembras: machos) en poblaciones de peces jóvenes y viejos respectivamente. Además, observaron que la fecundidad estaba relacionada con la longitud y el peso corporal más que con la edad.

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

En 1986 Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo estudiaron la situación taxonómica de las especies introducidas en México refiriéndose a la problemática de manejo y cultivo, debido al estado de confusión que guarda su posición taxonómica y señalaron sus criterios de agrupación, como resultados obtuvieron 5 diferentes especies *Tilapia rendalli*, *Oreochromis urolepis*, *O. aureus*, *O. mossambicus* y *O. niloticus*, además de aportar una nueva clave taxonómica para poder identificar las diferentes especies.

En 1990 Alvarado y colaboradores trabajaron en la laguna El rodeo en Morelos, sobre algunos aspectos reproductivos de mojarra *Oreochromis mossambicus* y establecieron que la proporción sexual fue de 1:1. La fecundidad de la hembra se vio influenciada por la longitud y no por el peso, con un número mínimo de 500 óvulos por desove. Determinaron la existencia de tres épocas reproductivas durante el año.

En 1994 Henry, estudió aspectos de la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en el lago Victoria, Kenia; la investigación se realizó de marzo a agosto de 1991 con un total de 546 organismos. La proporción sexual fue de 2.08:1 en favor de los machos. En la proporción de sexos se pudo observar que las hembras predominaron sobre los machos con longitudes que van de entre 37.5 y 41 cm de longitud total. La fecundidad osciló desde 864 hasta 6316 óvulos con un promedio de 2141.

En 1996 Admassu, estudio la temporada de reproducción de reproducción de *Oreochromis niloticus* en el lago Awassa. Se capturaron organismo con diferente desarrollo gonadal, la época de reproducción tuvo dos picos altos, el mayor de enero a marzo y el segundo en julio-septiembre. El índice gonadosomático aumento en los mismos meses.

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

En 1996 Jeremy y colaboradores, estudiaron los efectos de la temperatura y la salinidad en la proporción de machos y hembras de *Oreochromis niloticus*, encontrando una relación importante entre la proporción de sexos y la temperatura, ya que a mayor temperatura se sintetizan las hormonas que provocan la diferenciación sexual de las gónadas durante los primeros estadios de vida, reportaron que no existe relación alguna entre la salinidad y la proporción de hembras y machos.

En 1999 De Graaf y colaboradores, estudiaron el comportamiento reproductivo de las hembras de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, criada en estanques bajo condiciones

tropicales. Para los experimentos utilizaron una población madura de edad de 2 a 3 meses con peso entre 30 y 50 g. El desarrollo de los ovocitos resulto ser un mejor indicador para la determinación de la talla de primera maduración. La tilapia del Nilo tuvo un retraso en el crecimiento ya que la crianza temprana se llevó a cabo, pero el crecimiento somático de la población continuaba. Los resultados indicaron que la reproducción temprana de la tilapia del Nilo no es un verdadero cuello de botella para la expansión de este sector de la producción. No se encontró relación entre el factor de condición y la primera talla de maduración o la fecundidad relativa. La conclusión a la que se llegó de que la mala calidad de vida no es un factor importante en la reproducción temprana en estanques de *O. niloticus*.

En 1999 Ojuok, realizó una investigación de la biología reproductiva de *O. niloticus* en el Golfo de Nyanza en el lago de Victoria, Kenia. Se obtuvieron un total de 1711 peces. La longitud total osciló entre los 15 a 56 cm, la relación peso-longitud demostró un crecimiento alométrico, el factor de condición varió ente 0.96 a 1.18 teniendo una población saludable. Se obtuvieron dos periodos de reproducción, de julio a octubre y el segundo un poco más grande que fue de diciembre a junio. La primera talla de madurez se estimó en 31 cm Lt para las hembras y de 34 cm para los machos. El tamaño de los ovocitos se registró entre los 0.05 a 2 mm. Los valores de la fecundidad relativa variaron de 905 hasta 7615 ovocitos para hembras con una longitud de 28 a 52 cm de Lt y de 480 a 2850 g de peso; la fecundidad promedio fue de 2715 ovocitos. Los coeficientes de correlación entre la fecundidad y el peso corporal, la longitud del cuerpo y el peso del ovario indican que solo la longitud total proporciona predicciones adecuadas de fecundidad.

En 2000 Baras *et al.*, estudiaron los efectos de la temperatura del agua en el crecimiento y sobrevivencia en las crías *Oreochromis niloticus*. Reportaron que a temperaturas altas (39°C) el porcentaje de machos es del 90%; sin embargo, el crecimiento y la sobrevivencia son muy bajas. Estos resultados implican que este método solo puede ser viable en producciones masivas de alevines.

En 2000 Dupochelle y Legendre, estudiaron algunos aspectos reproductivos de la tilapia del Nilo en Costa de Marfil de octubre de 1994 a octubre de 1996. El número de organismos recolectados fue de 1345. La época de reproducción se produjo durante el periodo de enero

a septiembre, con su pico más alto en mayo y junio. Los peces maduran a los 10 meses con intervalos de talla entre 11.6 y 13.5 cm de longitud patrón. La fecundidad absoluta fue de 160 ovocitos para las hembras de 42.2 g, 178 ovocitos para los pesos 77.8 g, 625 ovocitos para las hembras de 156.5 g y 717 para los pesos de 208.6 g.

En 2002 Bakhoun, estudio la biología reproductiva de *O. niloticus*, *O. aureus* y sus híbridos del lago Edku, Egipto. La proporción sexual entre hembras y machos fue de 1:1.70 para la tilapia del Nilo, de 1:1.20 para la tilapia azul y de 1:1.37 para los híbridos. La primera talla de madurez para *O. niloticus* se encontró que fue a los 9.4 cm para los machos y para las hembras fue de 10.3 cm, para *O. aureus* fue de 8.2 cm para machos y 9.2 cm para hembras y para los híbridos fue de 8.2 cm para machos y de 8.4 cm para hembras. La temporada de reproducción de la tilapia del Nilo va de abril a septiembre, con un máximo del índice gonadosomático (IGS) en mayo, mientras que, en el caso de la tilapia azul y los híbridos, fue de febrero a noviembre, con un valor máximo en mayo. La fecundidad mostro que la tilapia azul y los híbridos son mucho menos fértil, que la tilapia del Nilo.

En 2003 El-sayen *et al.*, analizaron la reproducción de *Oreochromis niloticus* en el canal de Shanawan provincia de Al-Minufiyah en Egipto; el estudio se llevó a cabo de abril de 1992 a mayo de 1993 colectando 162 organismos. La primera talla de madurez que se obtuvo fue de 8 cm, la fecundidad se estableció de 1234 a 3893 ovocitos por hembra. Los resultados obtenidos mostraron una correlación con metales pesados.

En 2003 Gómez-Márquez *et al.*, analizaron la relación entre fecundidad-longitud, la fecundidad-peso, diámetro de ovocito y el ciclo reproductivo de *Oreochromis niloticus* en el lago de Coatetelco Morelos, México. El estudio se realizó de enero a diciembre de 1993, con 319 organismos, 161 machos y 158 hembras. Los resultados que se obtuvieron fue que la proporción sexual fue de 1:1.02 (macho: hembra), la primera talla de madurez sexual fue de 117 cm para machos y 120 cm para hembras, la fecundidad osciló entre 104 y 709 ovocitos, con un diámetro de 1000 a 3000 micras. EL índice gonadosomático y hepatosomático indican que la especie se reproduce durante el verano y el invierno.

En 2003 Ingle de la Mora *et al.*, realizaron una evaluación de los parámetros de calidad del agua en un sistema cerrado de recirculación utilizado en la acuicultura, sometida a distintas cargas de biomasa de tilapia *Oreochromis niloticus* y de trucha arcoíris *Oncorhynchus*

mykiss. Los organismos fueron alimentados durante 120 días dos veces al día con el 2% de su biomasa total. Los resultados mostraron que la calidad de agua mantenida en el sistema permitió que se presentara un 99% de supervivencia en ambas especies y una tasa de crecimiento aceptable.

En 2003 Khallaf *et al.*, estudiaron a *Oreochromis niloticus* en canal Shanawan en Egipto. Colectaron 162 organismos de abril de 1992 a mayo de 1993. Se encontró que la madurez sexual se alcanza a los 8-9 cm, la fecundidad fue de 1234-3893 ovocitos y una muy alta mortalidad para hembras (91%) y 94% para machos. Los resultados obtenidos indican que la alta eutrofización y contaminación afecta directamente al crecimiento de los organismos.

En 2004 Volpato *et al.*, investigaron el efecto del color del medio ambiente sobre el comportamiento reproductivo. Los organismos se sometieron a dos colores blanco y azul reportando el número de latencia al primer nido, área del nido y la incubación bucal. Los resultados indican que la reproducción de peces fue significativamente mayor (6 de 13) en el grupo que se expuso al color azul en comparación el grupo que se expuso al color blanco (1 de 12).

En 2004 Peterson *et al.*, investigaron aspectos de la biología reproductiva y el reclutamiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de un pequeño sistema de marea de la bahía en Mississippi, durante un periodo de 16 meses. Los machos variaron entre 32.6 hasta 43.0 cm de longitud total y las hembras entre 31.7 a 34.9 cm Lt. El índice gonadosomático mostró que la especie se reproducen durante todo el año con un aumento de la intensidad de desove en la primavera (marzo a mayo) y al final del verano (agosto a septiembre), el 50% de las hembras estaban maduras con 11.3 cm de longitud total. La fecundidad parcial vario desde 30 a 2630 óvulos y hubo una relación significativa entre la fecundidad parcial y la longitud y fecundidad parcial y peso eviscerado. La fecundidad relativa varió de 0.89 hasta 11.75 ovocitos.

En 2004 Komolafe realizaron muestreos de octubre de 1997 a febrero 2000 de los cuales se obtuvieron 1430 organismos de *Oreochromis niloticus* en el embalse de Opa, Nigeria. La proporción sexual que presenta esta población es de aproximadamente 1:1, el índice gonadosomático para las hembras fue de 1.05 y para los machos de 0.39 reproduciéndose

a lo largo de todo el estudio. El diámetro de los ovocitos fue de 2.12 mm a 2.69 mm, la fecundidad total oscilo de 73 a 1810 con fecundidad media de 815 ovocitos por pez.

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

En 2005 Charo *et al.*, estudiaron los efectos del ambiente y la variabilidad con el crecimiento temprano en alevines, encontraron que el factor herencia tiene mayor peso en el temprano crecimiento, esto influye en el oxígeno, pues los alevines que sobreviven con bajas concentraciones de oxígeno son los alevines menos propensos al estrés.

En 2005 Peña y colaboradores realizaron el estudio de la biología reproductiva de la tilapia en la presa Emiliano Zapata en el estado de Morelos, donde los resultados arrojan que la proporción sexual fue de 1:1.29 (hembras: machos). La primera talla de madurez sexual alcanzo los 15.1 cm en hembras y 15.2 cm en machos. Las épocas de reproducción fueron en agosto que corresponde a época de lluvias y en febrero época de secas. La fecundidad se reportó entre los 243 y 847 ovocitos por hembra.

En 2006 Njiru *et al.*, citan algunos aspectos reproductivos de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en el lago Victoria, Kenia, el cual se llevó a cabo entre junio de 1998 y diciembre de 2000. Como resultados se obtuvo que los machos fueron dominantes sobres las hembras con una proporción sexual de 1.42:1. Se presentaron dos picos de reproducción durante el año con un máximo entre diciembre y junio. La primera talla de madurez sexual fue de 30.8 de longitud para las hembras y de 34.5 cm de longitud total para los machos. La fecundidad varió de 905 a 7619 ovocitos para peces de 28 a 51 cm de longitud total. El crecimiento fue alométrico tanto para hembras y machos

En 2007 Komolafe reportó el resultado de los muestreos en el embalse Opa en Nigeria de octubre 1997 a febrero 2000, lugar de donde se recolectaron 1430 especímenes. Se obtuvieron los siguientes resultados; proporción sexual fue 1:1 hembra: macho; el índice gonadosomático de machos de 0.39 y el de hembra de 1.34; la fecundidad fue de 73 a 1810 óvulos por hembras y la fecundidad media de 815 ovocitos; el diámetro promedio de ovocitos de 2.47mm.

En 2007 Komolafe y Arawono, realizaron muestreos de *Oreochromis niloticus* en un embalse de Nigeria, para evaluar las estrategias reproductivas de la tilapia, colectaron 1430 ejemplares los resultados obtenidos fue que el diámetro de los huevos es de 2.12 mm y 2.69 mm con un promedio de 2.47, los IGS de las hembras fue de 0.34 y el de machos de 0.39. la proporción sexual fue de 1:1. La fecundidad de la especie oscilo entre los 73 a 1810 huevos por hembra con una fecundidad promedio de 815 ovocitos.

En 2008 Gómez-Márquez y colaboradores determinaron la edad y el crecimiento de la tilapia del Nilo con 1039 organismos capturados en el lago Coatetelco del estado de Morelos de enero a diciembre de 1993, para las hembras las tallas se encontraban entre 9.0 y 16.5 cm de longitud patrón y los machos entre 8.9 y 14.8 cm. La relación peso total longitud patrón para la población fue $P=0.1207 L^{2.469}$. Los datos de edad obtenidos por los anillos en el opérculo se utilizaron para estimar los parámetros de crecimiento del modelo von Bertalanffy: $L = 17.88$ cm, $K= 0.3409$, $t_0= 1.543$. La edad máxima obtenida para hembras y machos fue de 2.5 años. La proporción sexual (hembra: macho) fue de 1:1 ($\chi^2= 0.02$, $p<0.05$).

En 2008 Kariman y colaboradores reportaron algunos aspectos de la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* en el lago de Abu-Zabal Egipto. La talla de primera madurez de hembras fue menor que en los machos (10.5 y 11.5 cm). El periodo de reproducción de las hembras se extendió de marzo a septiembre. La fecundidad se correlacionó con la longitud ($r^2 = 0.7651$). La fecundidad osciló entre 289 a 1456 ovocitos para una longitud de 10 a 23 cm; el diámetro de los óvulos osciló de 1.99 a 2.45 mm.

En 2009 Castro *et al.*, evaluaron el efecto de las interacciones químicas macho-hembra en el desarrollo de las gónadas y el comportamiento reproductivo de la tilapia del Nilo,

Oreochromis niloticus. Los peces fueron separados en 4 grupos, el contacto visual, contacto químico, contacto químico visual y sin contacto, estos grupos se les comparó el comportamiento reproductivo (el cortejo de anidación y desove) y el índice gonadosomático. Los resultados obtenidos fue que con que la comunicación química no afecto el comportamiento reproductivo de peces ni tampoco mejoro los efectos del contacto visual, pero lo demostró es que la comunicación visual es una señal eficaz, que estimula la reproducción de los peces de tilapia del Nilo.

En 2011 García, realizó un estudio sobre los aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en el embalse La Palapa en el estado de Morelos, donde se determinó que existe una proporción sexual de 3.9:1 (macho: hembra), debido a factores reproductivos de la especie, la talla de primera talla de madurez sexual para machos se registró a los 16.8 cm de longitud total y para las hembras 17.2 cm de longitud total, se encontraron dos periodos de reproducción el primero de diciembre – enero y el segundo de abril-junio con un desarrollo ovárico asincrónico.

En 2012 Lowe *et al.*, utilizaron datos fisiológicos empíricos y desarrollaron modelos de regresión logística para predecir las probabilidades de supervivencia de la tilapia del Nilo, el crecimiento y la reproducción en diferentes combinaciones de temperatura (14° y 30°) y salinidad (0-60ups). Estos modelos predictivos se combinaron con datos de salinidad de temporada de derivados de conjuntos de datos a largo plazo para proyectar un nicho fundamental de las especies en las aguas costeras de Mississippi durante años normales de salinidad. Las proyecciones de nichos fundamentales derivados mostraron que, durante el verano, la tilapia es capaz de sobrevivir a lo largo de Mississippi en aguas costeras, pero el crecimiento y la reproducción se limitan a las desembocaduras de los ríos. En invierno la supervivencia también se limitó a la desembocadura de los ríos. Las áreas en las que la tilapia del Nilo podría sobrevivir, crecer y reproducirse aumentando durante los años muy húmedos y disminuyó durante los años extremadamente secos y en verano se presentó un patrón muy similar para supervivencia durante el invierno. Estos resultados indican que la tilapia del Nilo es capaz de usar aguas salinas para acceder a otras cuencas en toda la región, puede establecer poblaciones cercanas a la costa, en aguas salinas, sobre todo en la parte occidental de la costa de Mississippi.

En 2013 Paredes analizó el ciclo reproductivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) de septiembre 2010 a agosto de 2011, en el embalse de Huitchila Morelos, México. Y reportó que los machos presentaron tallas de 13.7 a 24 cm de Lt y peso total de 35.8 a 168 g. Para las hembras las tallas fueron de 13.3 a 24 cm de Lt y peso de 34.3 a 102.3 g. La proporción sexual registrada fue de 6.2 M: 1 H ($\chi^2=180.63$: $p<0.05$), viéndose favorecidos los machos en todos meses. Los resultados de los índices gonadosomático y hepatosomático para los machos arrojan que su evento reproductivo fue en mayo-junio y para las hembras en mayo y agosto. La fecundidad media se estimó en 757 óvulos, con un mínimo de 589 y un máximo de 902. La fecundidad relativa fue $F=2.7553 L^{1.9939}$.

En 2013 Cedano-Castro *et al.*, evaluaron el crecimiento en peso y longitud, así como los índices de producción de *Oreochromis niloticus* variedad chitalada en sistemas de biofloc. Se utilizó un tanque de 80 m y se introdujeron los organismos de una densidad de 16 peces/m³ con un peso promedio de 110.2 g y una longitud total promedio de 17.8 cm, se les proporciono un tipo de alimento balanceado que contiene un 24% de proteína animal, se les proporciono tres veces al día; durante seis meses y medio. Como fuente de carbono se utilizó melaza, que fue adicionada para obtener una relación C:N de 15 kg/L. Utilizó un aireador a paletas de 1 Hp para mantener el bio-floc suspendido. El cultivo se desarrolló con concentración de oxígeno promedio de 7 ± 0.4 mg/L, el nitrógeno amoniacal fue de 0.03 ± 0.035 mg/L y el pH promedio fue de 8. Se obtuvo un peso promedio de 826.5 con una longitud total promedio de 32.7, la ganancia en peso fue de 3.8 g/ día, el factor de conversión alimenticia obtenido fue de 1.85 y la supervivencia fue del 86.5%.

En 2014 Alcalá y Alvarado, estudiaron la dinámica de la reproducción de *O. niloticus* en dos bordos de Morelos de agosto de 2012 a agosto de 2013. Los intervalos de tallas que registraron fueron de 15.4 a 30 cm de longitud total para Amate de 12.3 a 19 cm longitud total para Huitchila, con pesos que fueron desde los 30 a 300 grs, el tipo de crecimiento obtenido para ambos bordos es alométrico negativo. La proporción sexual fue de 1.65:1 para Amate y de 13.88:1 para Huitchila favoreciendo a los machos. La talla de primera madurez sexual fue de 14.3 y 14 para hembras y machos respectivamente. Los índices gonadosomático y hepatosomático, muestran dos periodos de reproducción de mayo a agosto para Amate y de abril a junio para Huitchila. La fecundidad media fue de 262 ovocitos

por pez con diámetros de 300-2500 μm para Amate y de 389 ovocitos por pez con un diámetro de 400-1300 μm para Huitchila.

En 2016 Marín-Ramírez *et al.*, estudiaron la reversión sexual a través de hormonas exógenas. EL objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de las concentraciones crecientes de DES (100, 200, 300, 400 mg/kg) durante el periodo de alevín en la proporción de sexos, crecimientos e índice gonadosomático de la tilapia del Nilo. La concentración de 400 mg/kg fue la que arrojó la mayor proporción de hembras (91%). Sin embargo, incrementar la concentración no garantiza una feminización del 100%. Es posible que el efecto anabólico observado en otras especies no esté presente en la tilapia del Nilo.

En 2016 Gonzáles *et al.*, analizaron el sistema de producción imperante en las explotaciones de tilapia (*Oreochromis niloticus*) del sur del Estado de México, su proceso de comercialización y el impacto económico de dicha actividad. El sistema de producción predominante en la explotación de tilapia es semi-intensivo, el cual se desarrolla como un complemento de otras actividades agropecuarias. El canal de comercialización tradicional empleado para llevar el producto desde la explotación hasta el consumidor final fue: la venta directa en la granja del productor al consumidor final. La participación del productor en el precio final del producto fue en promedio del 37.15%; los acopiadores participaron con el 15.42% y los restaurantes con el 46.93%. El margen de comercialización total promedio fue de \$63.00 kg^{-1} , del cual los restaurantes obtuvieron el mayor margen promedio con \$58.88 kg^{-1} , mientras el restante \$4.12 kg^{-1} se lo adjudicaron los acopiadores.

En 2017 Zenteno reportó que la época de reproducción de la tilapia fue de enero 2007 a junio 2008 en el bordo Amate Amarillo, Morelos. La proporción sexual fue de 1.3:5 (hembra: macho), la época de reproducción se presentó en marzo y mayo con mayor intensidad en septiembre y noviembre. La primera talla de madurez fue de 16.8 cm para ambos sexos.

En 2017 Orlando y colaboradores evaluaron el rendimiento reproductivo con diferentes tipos de alimentos, los organismos se colocaron en estanques de fibra de vidrio a temperatura de 27.5°C. Como resultado se obtuvo que los niveles de energía digestible no influyeron en el peso final, ni en el índice gonadosomático y hepatosomático, a diferencia de la fecundidad, ya que los valores más altos fueron reportados en los tratamientos de energía digestible de 3,600 kcal/kg.

ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se ubica en el estado de Morelos en la parte central de la República Mexicana, en la vertiente de la serranía del Ajusco y dentro de la Cuenca del río Balsas, a 3,000 msnm. Se ubica entre las coordenadas geográficas al norte 19° 07' 54", al sur 18° 19' 56" de latitud norte; al este 98°37' 58" al oeste 99° 29' 39" de longitud oeste. Colinda al norte con la Ciudad de México y el Estado de México; al este con Estado de México y Puebla; al sur con Puebla y Guerrero; al oeste con Guerrero y Estado de México. (INEGI, 2016). El estado está formado por 33 municipios y su extensión es de 4,892.73 km², representando el 0.2% de la superficie del país (INEGI, 2015).

El microemplase "La Palapa" se ubica en el municipio de Ayala, estado de Morelos con coordenadas geográficas 18° 46' 01" Latitud Norte y 98° 58' 55" Longitud Oeste, a 1220 msnm (INEGI, 2017).

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

La vegetación es selva baja caducifolia, principalmente se registra quintonil (*Maranthus briduy*); chirimoyo (*Anona cherimolia*); anona (*Anona squamosa*); nache (*Byrsoni macrassifolia*); bonete (*Pileus mexicana*); pápalo (*Porophyllum tagetoides*); verdolaga (*Portulacacae*); guayaba (*Psidium guajaba*); ciruela (*spondias mombin*); pitayo (*Stenocereus dumortieri*); canelillo (*Vitexpyramidata querengue*).

La fauna también es muy variada, entre ella se encuentran murciélago vampiro (*Desmodus rotundus*), murciélago lengüillargo (*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 tiene el 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 sedimentaria clásticas. 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).

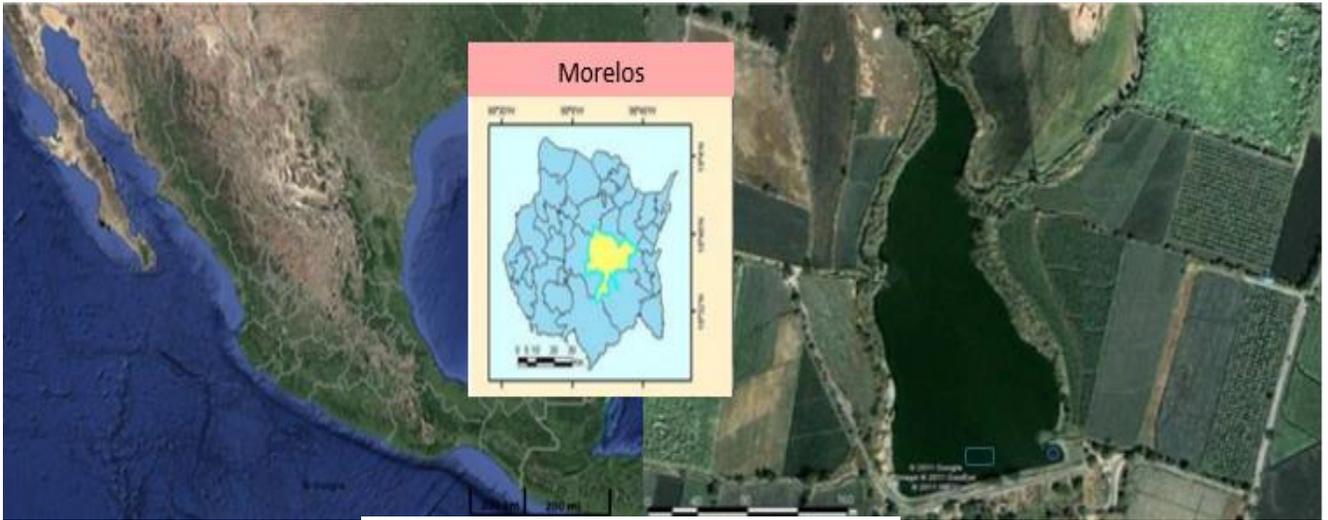


Figura 2. Bordo “La Palapa”

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Conocer la época de reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo “La Palapa” ya que este organismo es el principal recurso pesquero que tiene los habitantes de la localidad, y así se podrá apoyar a los pescadores del poblado para que no se haga una sobreexplotación del recurso y la producción sea adecuada durante todo el año.

HIPÓTESIS

El mejor crecimiento de la tilapia se lleva a cabo en condiciones de clima templado, por lo que se espera que la reproducción se realice en los meses de julio a septiembre cuando se registren las temperaturas más altas del año, además de ser la época de lluvias y con ello el arrastre de material orgánico al sistema acuático que elevará la producción del plancton para alimento de las crías.

OBJETIVO GENERAL

Conocer el ciclo reproductivo de *Oreochromis niloticus* en el bordo La Palapa, mediante el índice gonadosomático, hepatosomático, proporción de sexos y las diferentes etapas de desarrollo gonadal, así como su relación con los factores ambientales

OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la proporción sexual de la especie mensual y anualmente.
- Determinar la relación peso-longitud y el factor de condición de Clark para los organismos.
- Determinar el índice gonadosomático y hepatosomático para analizar el ciclo reproductivo.
- Analizar las características físicas y químicas del agua para relacionarlas con los índices biológicos.

MÉTODO

FASE DE CAMPO

Se realizaron muestreos mensuales, de agua, de marzo 2017 a abril 2018 en una estación (Fig 2) del sistema. Al llegar al sistema, se registraron la ubicación del cuerpo acuático, así como de la estación de monitoreo, mediante el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) en coordenadas geográficas y en UTM (Universal Transversa Mercator), la hora del día, el

porcentaje de nubosidad y la temperatura ambiente con un termómetro de mercurio de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ de precisión.

En la estación de muestreo se registró la visibilidad al disco de Secchi, se tomaron muestras de agua a dos niveles de profundidad (0.30 y 1.0 m), con la botella Van Dorn de capacidad de dos litros; las muestras se almacenaron en botellas de polietileno de un litro de capacidad manteniendo la temperatura aproximada a 4°C . Se registró la concentración de oxígeno disuelto con un oxímetro marca HANNA (Modelo HI9146) posteriormente el pH, sólidos disueltos y conductividad con un multiparámetros marca HANNA (modelo HI991300). Se determinó la alcalinidad del agua por el método de indicadores, dureza total por el método complejo métrico (Wetzel y Linkens, 1991; APHA, AWWA y WPCF, 1992). Finalmente, las muestras se transportaron al laboratorio para su procesamiento.

Mensualmente se seleccionaron aleatoriamente de 30 a 35 organismos, de la captura comercial realizada con por los pescadores de la cooperativa con una atarraya de 6.5 cm de luz de malla. A cada organismo se le realizó la biometría: Longitud total (LT), Longitud patrón (Lp), Altura (A) con un ictiómetro, el peso total (P) con balanza digital de peso máximo de 300 grs. y precisión de 0.1 gr. Para determinar el sexo se hizo mediante la exposición directa de las gónadas, para lo cual se hizo un corte ventral de la apertura anal hasta la cintura escapular del organismo y se extrajeron las gónadas, hígado y tracto digestivo, al retirar estos órganos es como se obtiene el peso eviscerado, todos los órganos se pesaron en una balanza digital de 0.1 gr de precisión y se determinó el estado gonádico con base en la escala de madurez propuesta por Peña-Mendoza *et al.* (2011).

FASE DE LABORATORIO

A los ovarios y testículos se les tomó la biometría: Longitud total y ancho con vernier digital y el peso con balanza digital de precisión 0.1 gr; después de esto, se contabilizó el número de ovocitos del ovario derecho de cada hembra, que se midieron posteriormente con ayuda del programa Motic Imágenes Plus Ver 2.0.

FASE DE GABINETE

RELACIÓN PESO – LONGITUD.

Esta relación es importante para realizar el estudio del ciclo de vida de una especie, ya que ayuda a conocer el crecimiento de los organismos, con base en las tasas de crecimiento de las poblaciones (Salgado-Ugarte *et al.*, 2005), la relación entre peso-longitud está dada por una ecuación de tipo potencial de la forma:

$$P = a L^b$$

Donde:

P = peso total en gramos

L = longitud total en cm

a y b = constantes estimadas por análisis de regresión lineal.

Esta ecuación puede transformarse en forma lineal mediante el uso de logaritmos (base 10), por lo que se tiene:

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

Donde:

Log a = a la ordenada al origen de la recta

Log b = la pendiente de la recta

Los valores de las constantes se obtuvieron por el método de los mínimos cuadrados. El peso corporal varía como potencia de la longitud (relación alométrica), debido a que la talla en una magnitud lineal y el peso es proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene esta forma, se dice que el crecimiento es isométrico y “b” es igual a 3. Cuando esto no ocurre, es decir, no se mantiene la proporcionalidad, el crecimiento será alométrico y el valor será distinto 3. Se debe aplicar una prueba de t-student para comprobar este valor (Pauly, 1984).

PROPORCION 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 hembras. Para probar si la relación obtenida difiere significativamente de la teórica (1:1) se aplica una prueba de Chi cuadrada χ^2 ($p < 0.05$) (Márquez, 1988).

$$\chi^2 = \frac{\sum [O - E - 0.5]^2}{E}$$

Donde:

O= Número de individuos observados

E= Número de individuos teóricos.

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO (IGS)

Se utiliza para seguir el ciclo reproductivo de una especie en un año o en intervalos mensuales o de menor tiempo. Este índice asume que el ovario incrementa en tamaño conforme aumenta el desarrollo y compara la masa o peso de la gónada (Pg) con la masa total del animal (Pe) (King, 1995; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

$$IGS = \frac{pg}{pe} * 100$$

Donde:

IGS = Índice gonadosomático

pg= Peso gónada

pe= Peso eviscerado

ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS)

Es la relación que existe entre el peso del hígado (Ph) y el peso eviscerado del pez. Es específico para hembras, ya que el hígado segrega vitelogeninas exógenas que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo. Es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove, siendo un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992).

$$IHS = \frac{ph}{pe} * 100$$

Donde:

IHS = Índice hepatosomático

ph = Peso hígado

pe= Peso eviscerado

ESTADIOS DE MADUREZ

Se refiere al grado de maduración de los ovarios y testículos, los cuales serán determinados por medio de la escala de madurez propuesta por Peña-Mendoza *et al.*, 2001. Se graficará la proporción de estadios gonádicos por mes y por sexo para observar y analizar el comportamiento de este proceso.

TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL

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

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

Donde:

P = Proporción de peces maduros

L = Longitud patrón o total

Lm = Longitud media

r = pendiente

FECUNDIDAD RELATIVA

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

$$F = a X^b$$

Donde:

F = Número de ovocitos

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

a y b = constante de la relación peso-longitud

FECUNDIDAD MEDIA

Es el número promedio de ovocitos en el ovario antes de desove y se determinó por la siguiente expresión

(Shoosmith, 1990)



$$\Phi_{DS} = 1/n \sum_{j=1}^n \hat{A} L_j^b$$

Donde:

Φ_{DS} = Número promedio de ovocitos

L = Longitud patrón

A y b = parámetros estimados de la regresión lineal de mínimos cuadrados del log de fecundidad y el Log de longitud patrón

FACTOR DE CONDICIÓN (K)

Es una herramienta importante que indica el bienestar o robustez de la población de peces, fue expresado matemáticamente por Clark en 1928, el cual se realiza a partir del peso eviscerado. Es posible definir la verdadera condición del pez sin efecto del peso de las gónadas y el contenido intestinal, al trabajar con el peso eviscerado, que puedan enmascarar la verdadera dinámica de la condición del pez (Nikolsky, 1963).

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

Donde:

K = Factor de condición

Pe = Peso eviscerado

L = Longitud total o patrón

b = Pendiente de la relación peso-longitud

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Para conocer el comportamiento de los factores ambientales como son: temperatura ambiental y de agua, concentración de oxígeno disuelto, pH, alcalinidad y dureza del agua de sistema durante el estudio, principalmente en el momento de la reproducción se realizó un análisis exploratorio de datos (Salgado, 1992), posteriormente se realizaron gráficas de los distintos factores ambientales contra el tiempo, seguido a esto se determinó la normalidad, linealidad y homocedasticidad para conocer si los datos son paramétricos o no paramétricos.

RESULTADOS

El muestreo de este estudio se llevó a cabo en el bordo “La Palapa” ubicado en el Municipio de Ayala, Estado de Morelos entre los meses de marzo 2017 a abril 2018, en total fueron 386 organismos capturados. El intervalo de longitud de las hembras seleccionadas, de forma aleatoria, fue de 15.5 a 24.8 cm con peso promedio de 131.9 gr, mientras que los machos fueron de 16.3 a 25.5 cm y peso promedio de 187.9 gr.

Tabla 1. Resumen de la biometría de los organismos capturados

	Hembras			Machos		
	Mínimo	Máxima	promedio	mínimo	máxima	promedio
Lt (cm)	15.5	24.8	19.6	16.3	25.5	21.9
Lp(cm)	12.2	19.8	15.5	7.5	21.5	17.3
Altura (cm)	4.5	16	6.1	4.9	19.3	7.9
Peso (gr)	65.5	231.6	131.9	90.5	286.1	187.9

Se realizó un histograma de frecuencias de tallas en el cual se observa que las hembras se encuentran entre 15.5 a 24.8 cm de longitud total, mientras que los machos oscilan entre los 16.3 a 25.5 cm de longitud total (figura 3).

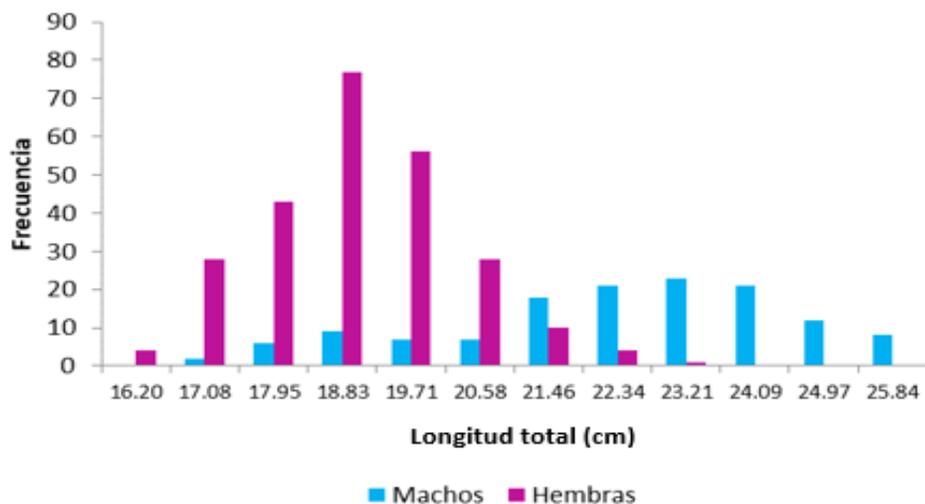


Figura 3. Histograma de tallas de *Oreochromis niloticus*

RELACIÓN PESO-LONGITUD

Se realizó el análisis de correlación entre la longitud total (cm), longitud patrón (cm) y peso (gr) para la población e identificar cual longitud que tenía mayor asociación con el peso total. Resultando que se tiene mayor correlación entre la longitud total y el peso (0.94), que con la longitud patrón (0.91) (Tabla 2), por esta razón se optó por emplear los valores de longitud total.

Tabla 2. Correlaciones entre la Longitud total, Longitud patrón y Peso de los organismos

	Lt (cm)	Lp (cm)	Peso (gr)
Lt (cm)	1		
Lp (cm)	0.922	1	
Peso (gr)	0.984	0.924	1

	Lt (cm)	Lp (cm)	Peso (gr)
Lt (cm)	1		
Lp (cm)	0.811	1	
Peso (gr)	0.954	0.776	1

	Lt (cm)	Lp (cm)	Peso (gr)
Lt (cm)	1		
Lp (cm)	0.917	1	
Peso (gr)	0.947	0.874	1

a) análisis de correlaciones para hembras

b) análisis de correlaciones para machos

c) análisis de correlaciones para todos los organismos

a) hembras b) machos y c) Total de organismos

Se elaboró un diagrama de dispersión entre la longitud total y el peso total (Figura 4) y se puede observar que presenta un comportamiento de tipo potencial, además de que se ve claramente que las hembras son más grandes que los machos.

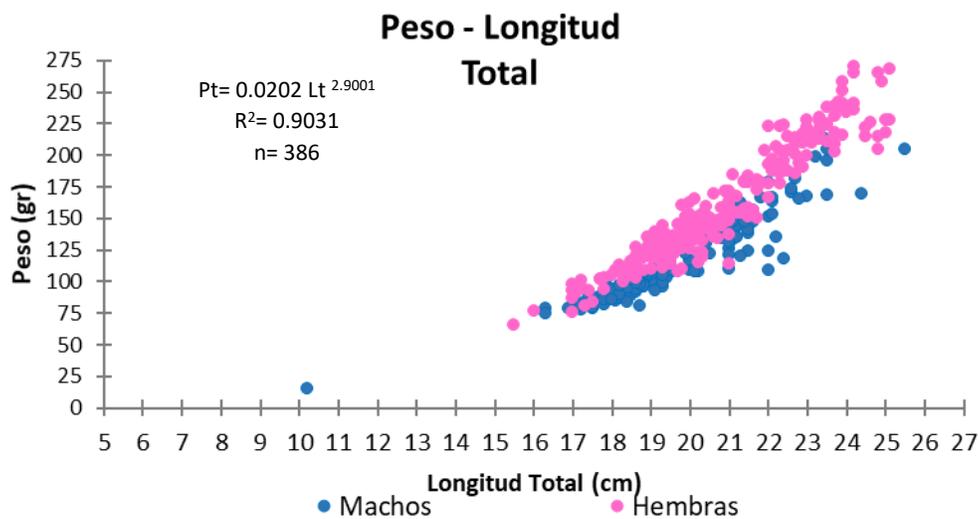


Figura 4. Peso-Longitud total para la población de *Oreochromis niloticus*

RELACIÓN PESO-LONGITUD PARA HEMBRAS

Se realizaron diagramas de dispersión mensual para los datos de relación de longitud total y peso total de las hembras, en las que se puede apreciar el comportamiento de tipo potencial.

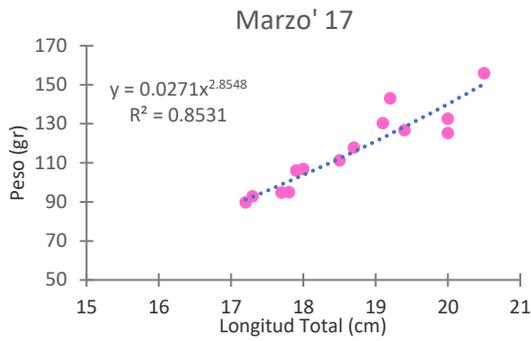


Figura 5. Relación peso-longitud para hembras

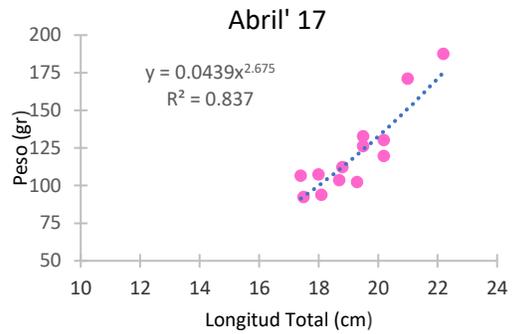


Figura 6. Relación peso-longitud para hembras

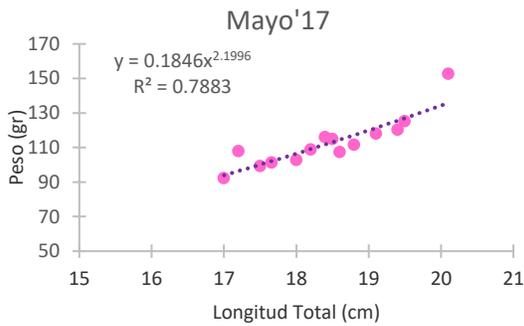


Figura 7. Relación peso-longitud para hembras

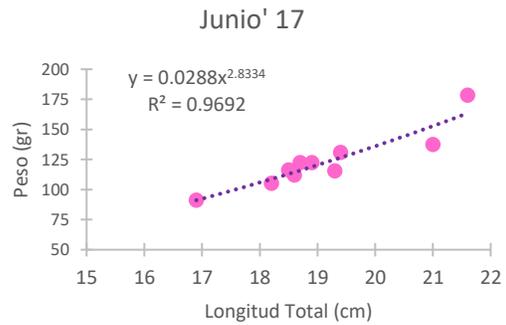


Figura 8. Relación peso-longitud para hembras

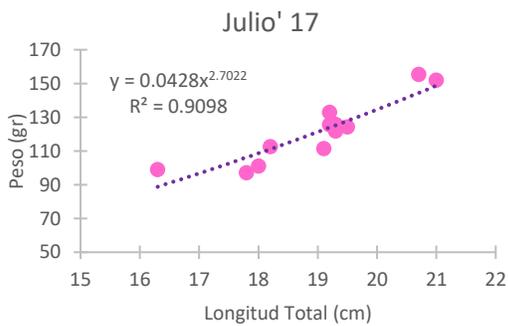


Figura 9. Relación peso-longitud para hembras

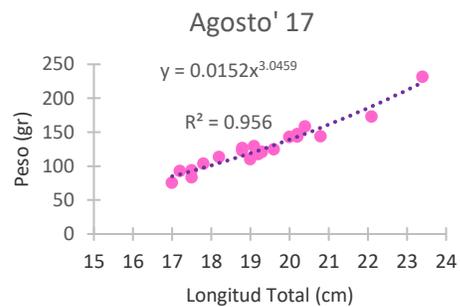


Figura 10. Relación peso-longitud para hembras

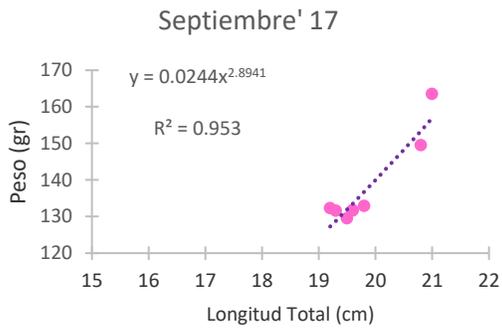


Figura 11. Relación peso-longitud para hembras

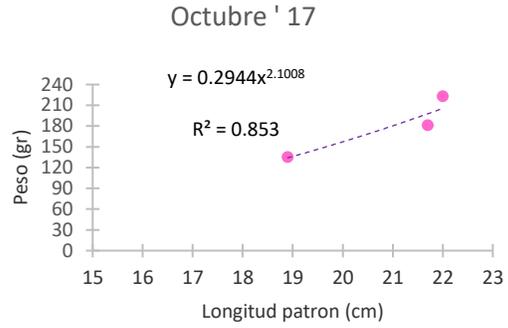


Figura 12. Relación peso-longitud para hembras

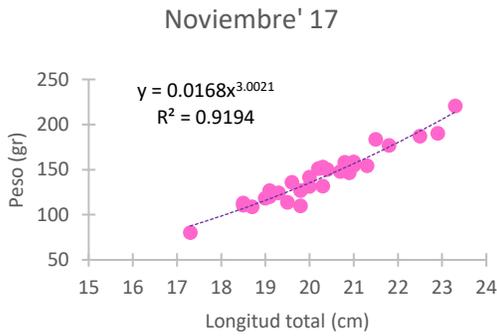


Figura 13. Relación peso-longitud para hembras

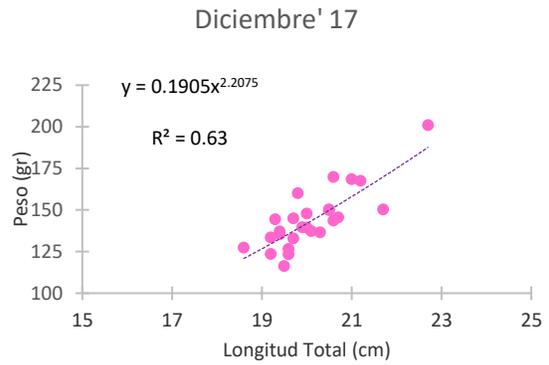


Figura 14. Relación peso-longitud para hembras

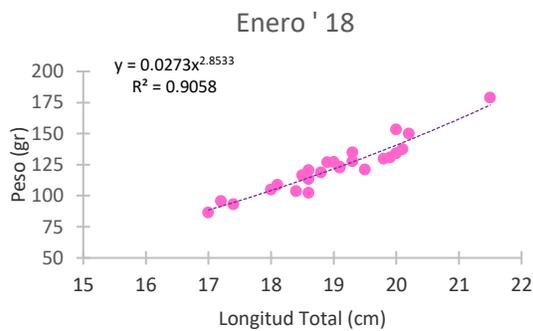


Figura 15. Relación peso-longitud para hembras

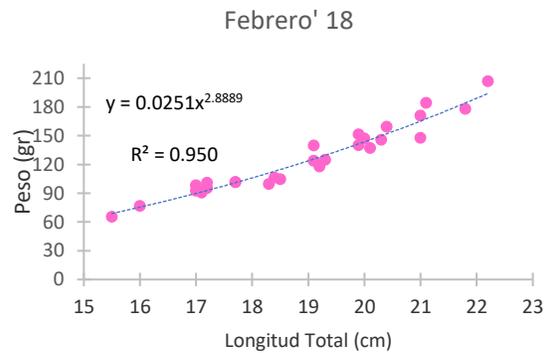


Figura 16. Relación peso-longitud para hembras

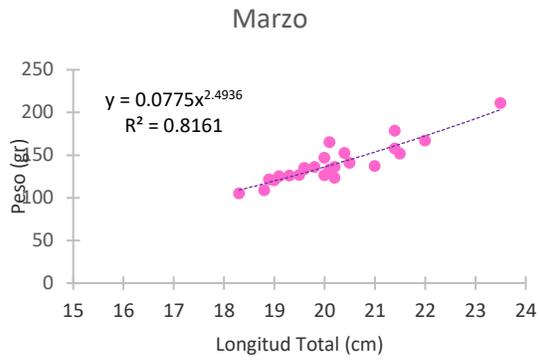


Figura 17. Relación peso-longitud para hembras

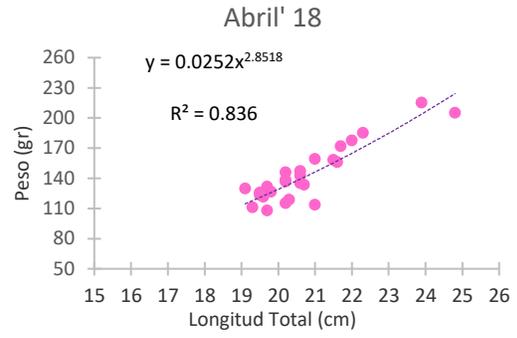


Figura 18. Relación peso-longitud para hembras

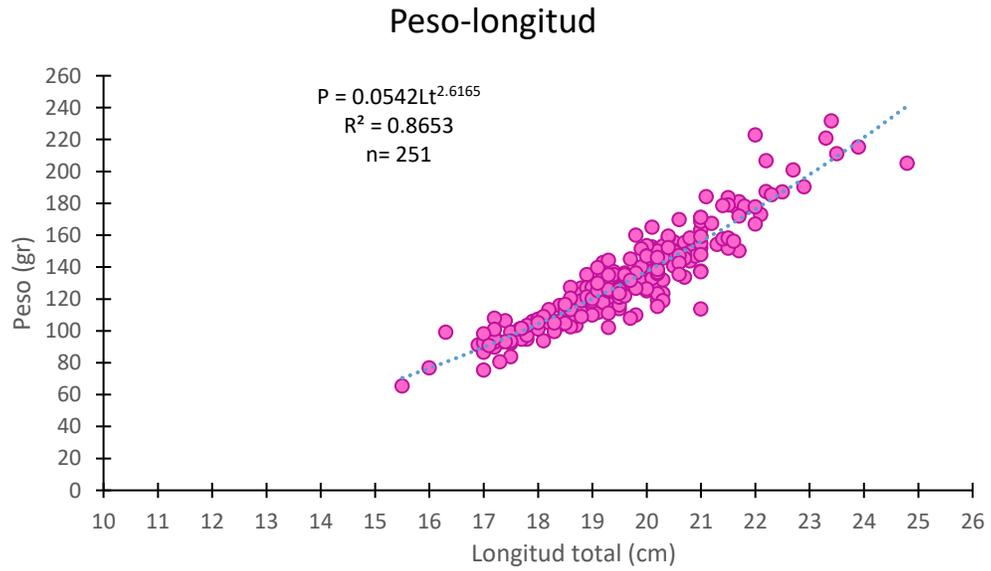


Figura 19. Relación peso-longitud para hembras durante todo el año

RELACIÓN PESO-LONGITUD PARA MACHOS

Se realizaron diagramas de dispersión mensual para los datos de relación de longitud total y peso total de las hembras, en las que se puede apreciar el comportamiento de tipo potencial

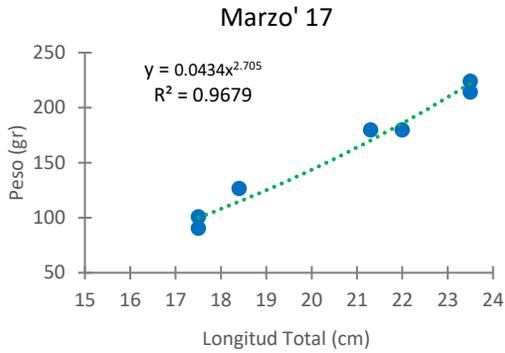


Figura 20. Relación peso-longitud para machos

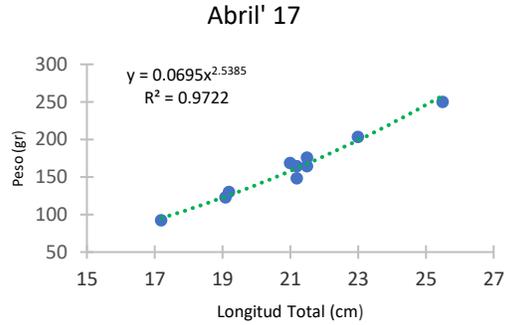


Figura 21. Relación peso-longitud para machos

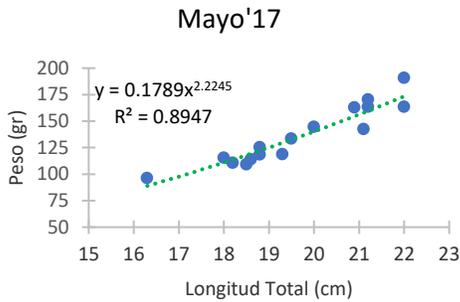


Figura 22. Relación peso-longitud para machos

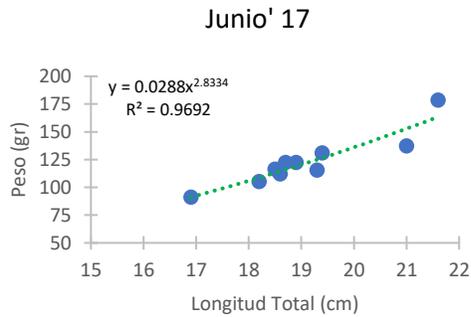


Figura 23. Relación peso-longitud para machos

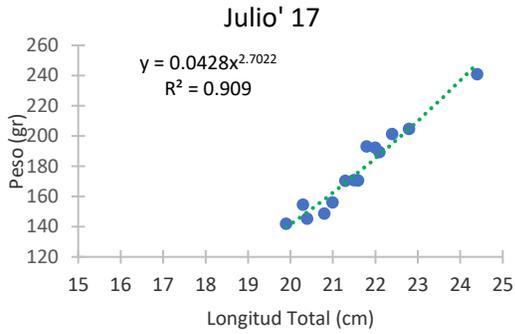


Figura 24. Relación peso-longitud para machos

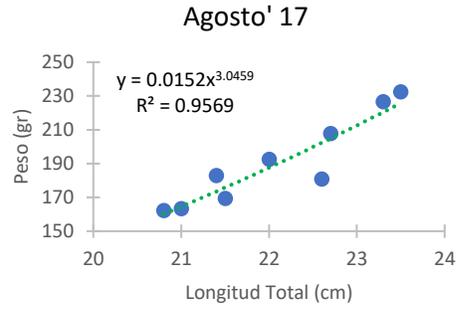


Figura 25. Relación peso-longitud para machos

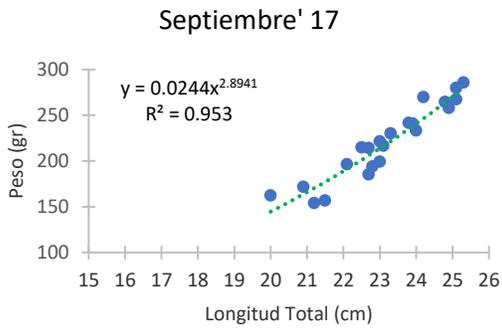


Figura 26. Relación peso-longitud para machos

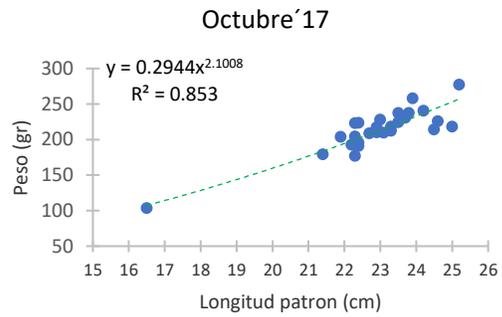


Figura 27. Relación peso-longitud para machos

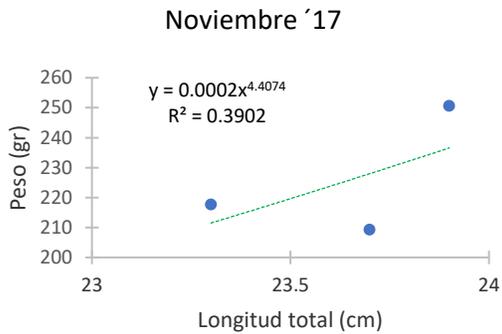


Figura 28. Relación peso-longitud para machos

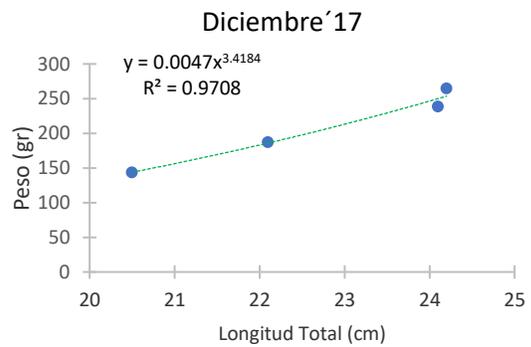


Figura 29. Relación peso-longitud para machos

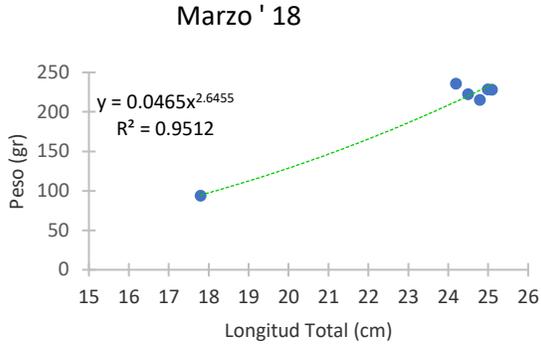


Figura 30. Relación peso longitud para machos

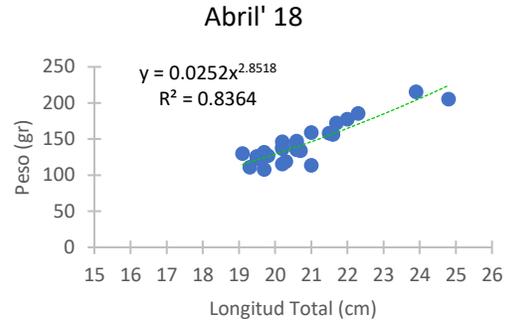


Figura 31. Relación peso longitud para machos

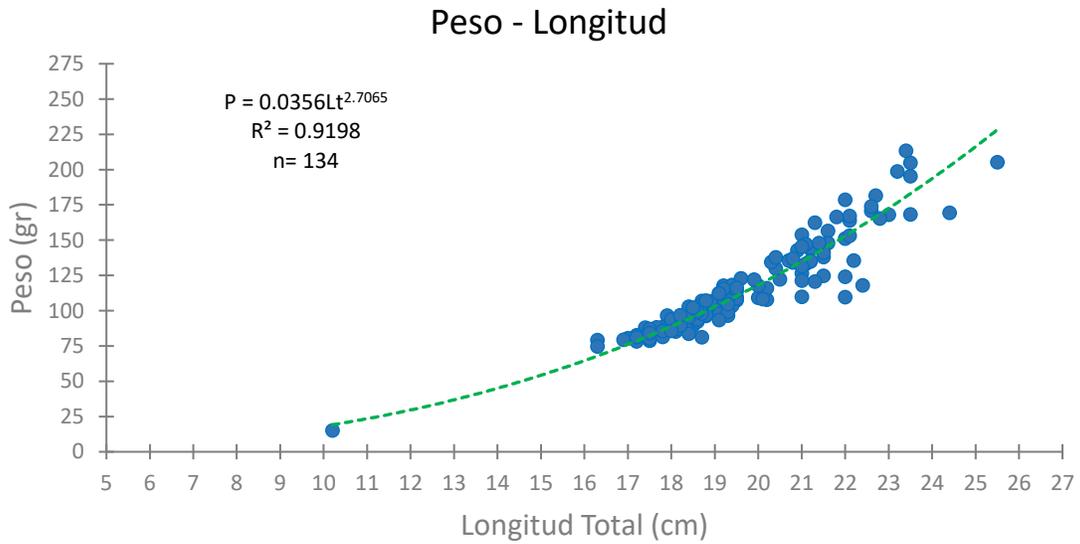


Figura 32. Relación peso longitud para machos

Se aplicó un análisis de regresión para los datos de cada uno de los meses y poder conocer cómo se modifica la constante de crecimiento para la población *Oreochromis niloticus* (Tabla 3). Asimismo, se realizó una prueba de t-student al valor de la pendiente para poder determinar el tipo de crecimiento que se presenta en la población durante los diferentes meses (Tabla 3).

Tabla 3. Datos de la relación peso-longitud y valores de la “t” para comprobar si el valor de la pendiente es igual o diferente de 3 de manera mensual y anual machos y hembras de *O. niloticus*.

Mes	Ecuación peso-longitud	r ²	n	Pendiente	T calculada	Tipo de crecimiento
Marzo 17	Pt = 0.0305 Lt ^{2.8168}	0.9498	21	2.8168	1.2331	Alometría negativa
Abril 17	Pt = 0.0403 Lt ^{2.7102}	0.9148	23	2.7102	1.8868	“
Mayo 17	Pt = 0.127 Lt ^{2.3544}	0.8935	30	2.3344	0.9783	Alometría positiva
Junio 17	Pt = 0.0288 Lt ^{2.8334}	0.9692	21	2.8334	1.6738	Alometría negativa
Julio 17	Pt = 0.0428 Lt ^{2.7022}	0.9098	26	2.7022	1.7773	“
Agosto 17	Pt = 0.0152 Lt ^{3.0459}	0.9569	29	3.0459	0.3689	Alometría positiva
Septiembre 17	Pt = 0.0244 Lt ^{2.8941}	0.9537	30	2.8941	0.8787	Alometría positiva
Octubre 17	Pt = 0.0944 Lt ^{2.1008}	0.8539	30	2.1008	5.1076	Alometría negativa
Noviembre 17	Pt = 0.0158 Lt ^{3.0219}	0.9354	32	3.0222	0.1573	Alometría positiva
Diciembre 17	Pt = 0.0438 Lt ^{2.6986}	0.8448	30	2.6986	1.3788	Alometría negativa
Enero 18	Pt = 0.0273 Lt ^{2.8533}	0.9073	25	2.8533	0.7714	Alometría positiva
Febrero 18	Pt = 0.0251 Lt ^{2.8889}	0.9506	28	2.8889	0.8602	“
Marzo 18	Pt = 0.0848 Lt ^{2.4619}	0.9269	30	2.4619	4.1183	Alometría negativa
Abril 18	Pt = 0.0252 Lt ^{2.8518}	0.8364	30	2.8518	0.6217	Alometría positiva
Hembras	Pt = 0.069 Lt ^{2.5582}	0.8164	251	2.8185	5.6931	Alometría negativa
Machos	Pt = 0.0356 Lt ^{2.7065}	0.9198	134	2.7065	4.1908	“
Total	Pt = 0.0202 Lt ^{2.9001}	0.9031	386	2.81852	4.4906	Alometría negativa

PROPORCIÓN SEXUAL

De los 386 organismos capturados el 65.5 % fueron hembras (249) y el 35.5 % machos (137); la proporción sexual hembra: macho fue de 1.8:1 ($\chi^2= 132.60$; < 0.05); beneficiando a las hembras.

En la Figura 33 se observa que en enero todos los organismos capturados fueron hembras y los machos dominaron en octubre. En general se puede decir que las hembras dominaron la mayor parte de los meses, aunque en algunos no se detectaron diferencias estadísticas significativas.

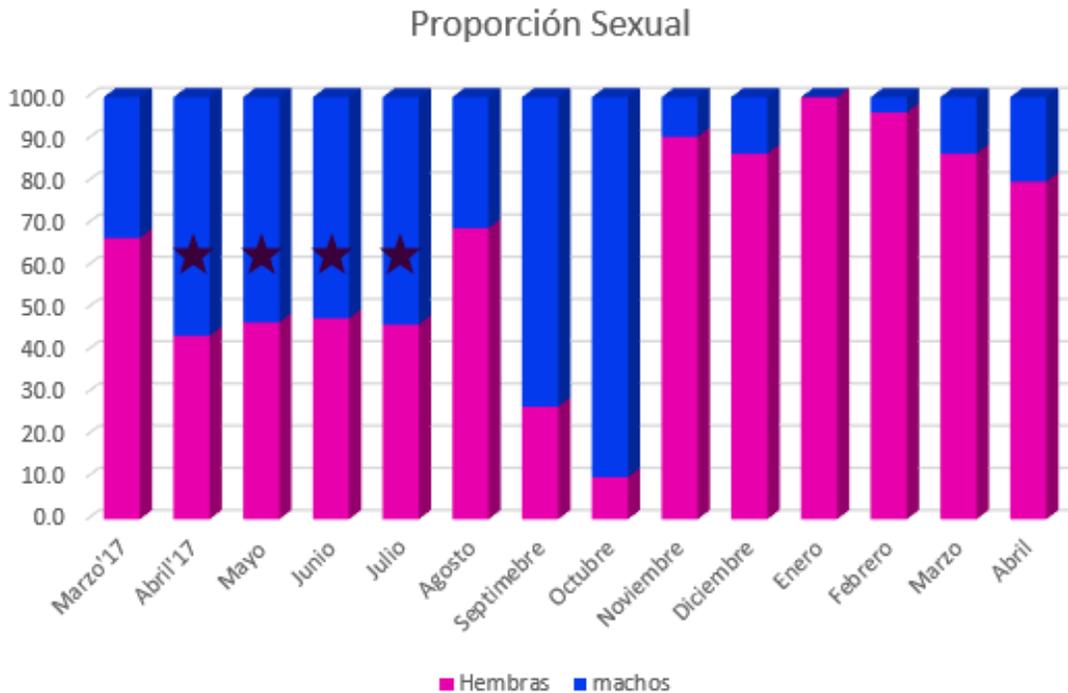


Figura 33. Proporción sexual anual.

★ No se registraron diferencias significativas.

MADUREZ GONADOSOMÁTICA

Tras analizar los diferentes estadios de maduración de los organismos de *Oreochromis niloticus* se encontró que a lo largo del año de estudio se presentan todos, exceptuando los del estadio I (inmaduro o indiferenciados). En la Figura 33 se puede observar que, para las hembras, el estadio que predominio fue el estadio II con un 49.8%, en seguida del estadio III con 25.7 %, el IV con 21.7% y el estadio V con el 2.8 %. En la misma figura se puede observar que la época de reproducción fue de abril a julio' 17 y otro se presenta de diciembre'17 a abril' 18.

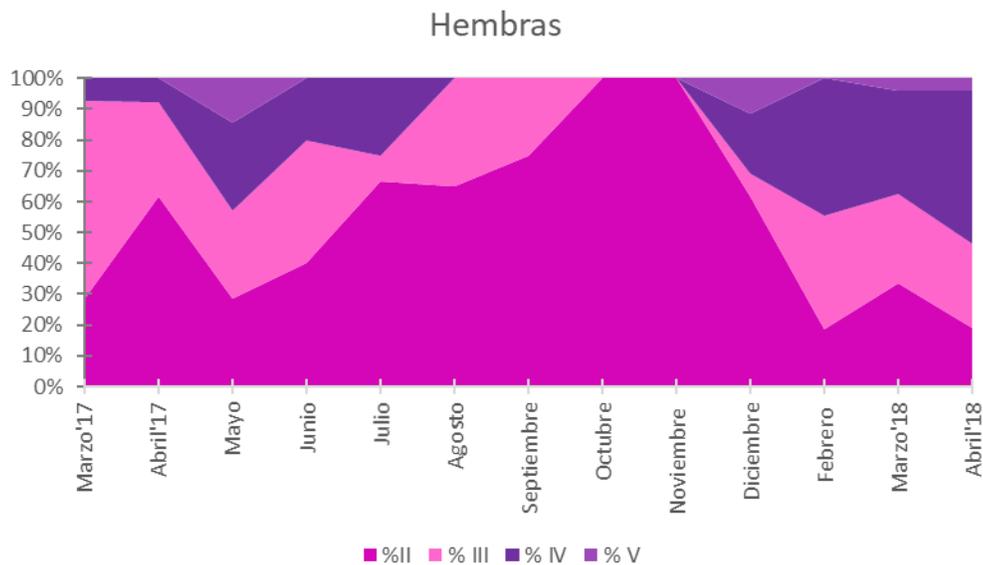


Figura 34. Comportamiento de la madurez gonádica para las hembras.

En la Figura 34 se puede observar que, para los machos, el estadio con mayor presencia durante el estudio fue el estadio II con el 74.1 %, el estadio III con 12.6 %, el estadio IV que es el estadio de reproducción solo se presentó con un 6.7% al igual que el estadio V. Se presentaron dos temporadas de reproducción siendo en los meses de marzo y abril del 2017 y 2018.

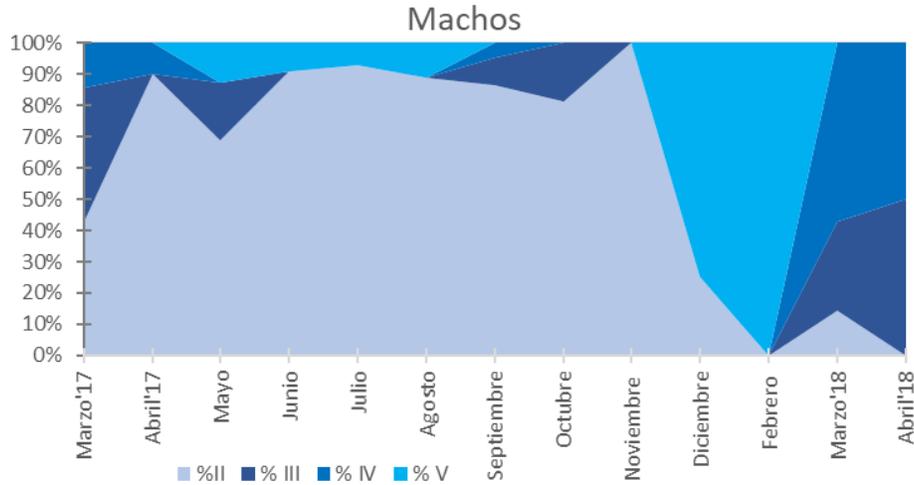


Figura 35. Comportamiento de la madurez gonádica para los machos.

ÍNDICES BIOLÓGICOS

HEMBRAS

Para determinar la época reproductiva se analizó la variación del índice gonadosomático (IGS), así como del índice hepatosomático (IHS) en hembras (Fig. 36) y machos (Fig. 37). Los índices se comportaron de manera inversa entre ellos (IGS y IHS) como era de esperarse. Se observa que el IGS tiene incremento en mayo y junio y un segundo incremento en marzo y abril, cuando hay una disminución en el IHS esto indica que se ha llevado a cabo el desove en el organismo y se encuentra en descanso.

Para el IHS en las hembras se muestra un aumento en la variación en septiembre y en febrero y marzo siendo los valores más altos, significando esto que el hígado ha sintetizado las vitelogeninas necesarias para la madurez de los óvulos que se desarrollan en los ovarios.

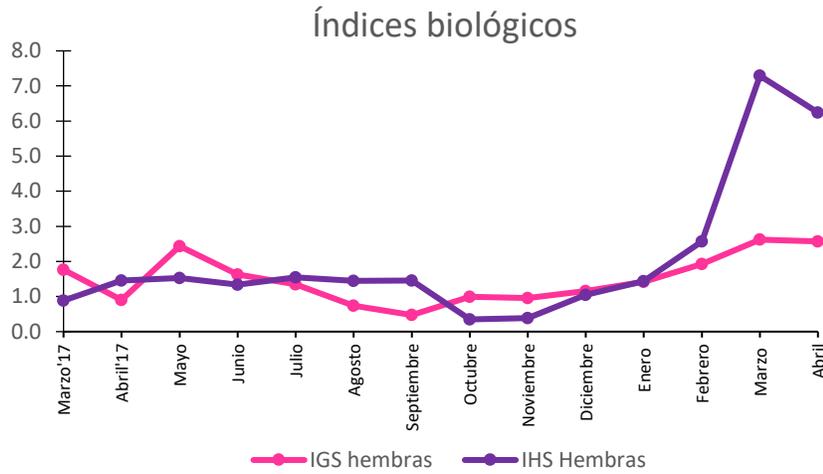


Figura 36. Comportamiento de los índices biológicos para la población de hembras.

MACHOS

Los índices se comportaron de manera inversa a lo del largo del estudio. Se observa que el IGS presentó los valores más altos en marzo de 2017 y de octubre del 17 a abril del 18, los valores más bajos de abril a septiembre de 2017, esto quiere decir que las gónadas se encuentran en estado de reposo.

Para el IHS en los machos se muestra un aumento en abril' 17 y un segundo incremento en marzo y abril' 18, siendo los valores más alto; los valores más bajos son de octubre a febrero.

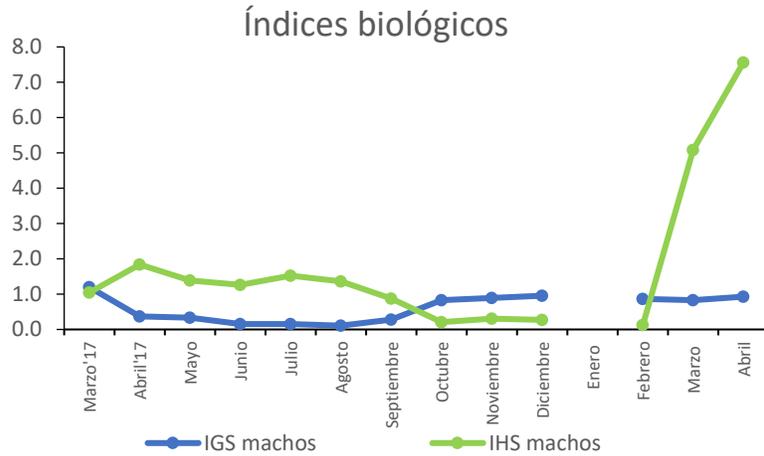


Figura 37. Comportamiento de los índices biológicos para la población de machos

PRIMERA TALLA DE MADUREZ

En la Figura 38 se muestra que las hembras de *Oreochromis niloticus* alcanzaron la madurez sexual a los 20.3 cm de longitud total. El espécimen con menor tamaño capturado que logró alcanzar la madurez sexual fue de 15.5 cm de longitud total, mientras que la hembra de mayor dimensión fue de 23.9 cm de longitud total.

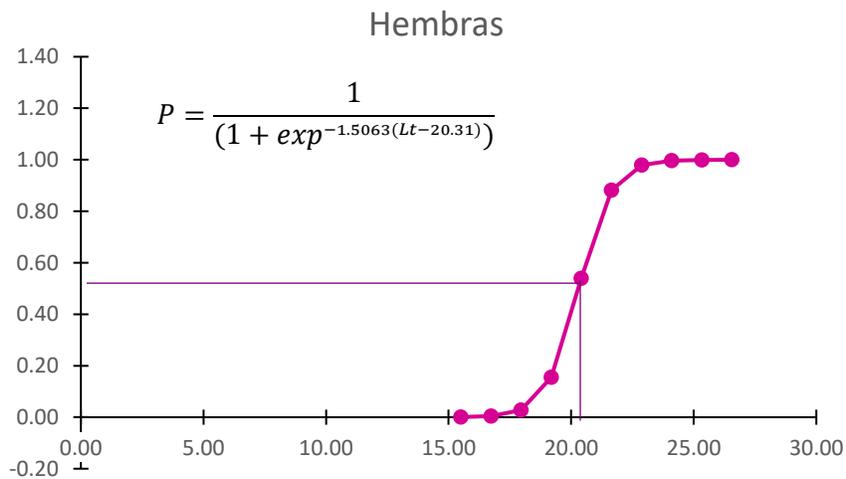


Figura 38. Talla de primera madurez sexual para las hembras.

La figura 39 se observa para *Oreochromis niloticus* machos, que estos alcanzan su madurez sexual en promedio a los 24.1 cm de longitud total, mientras que el macho más pequeño que alcanzó la madurez sexual fue de 15.7 cm de longitud total y el organismo de mayor tamaño fue de 26.5 cm de longitud total.

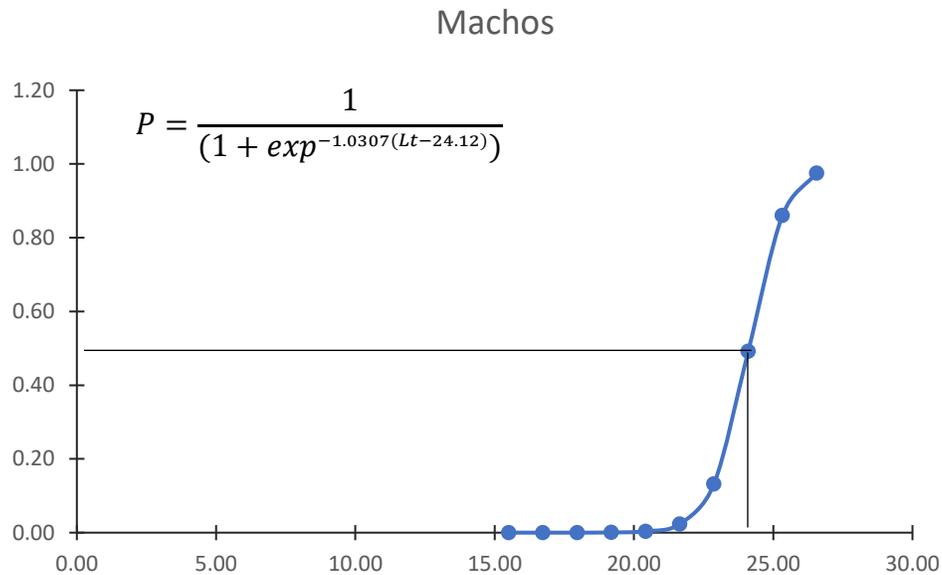


Figura 39. Talla de primera madurez sexual para los machos.

FECUNDIDAD ABSOLUTA

La fecundidad osciló entre 210 – 1211 ovocitos por pez, mientras que el promedio fue de 492 para la gónada derecha de los organismos, el intervalo de diámetro registrado va de 350 - 3000 μ . De acuerdo con la talla del organismo se pudo cuantificar una variación en el número de ovocitos como se muestra en la figura 40.

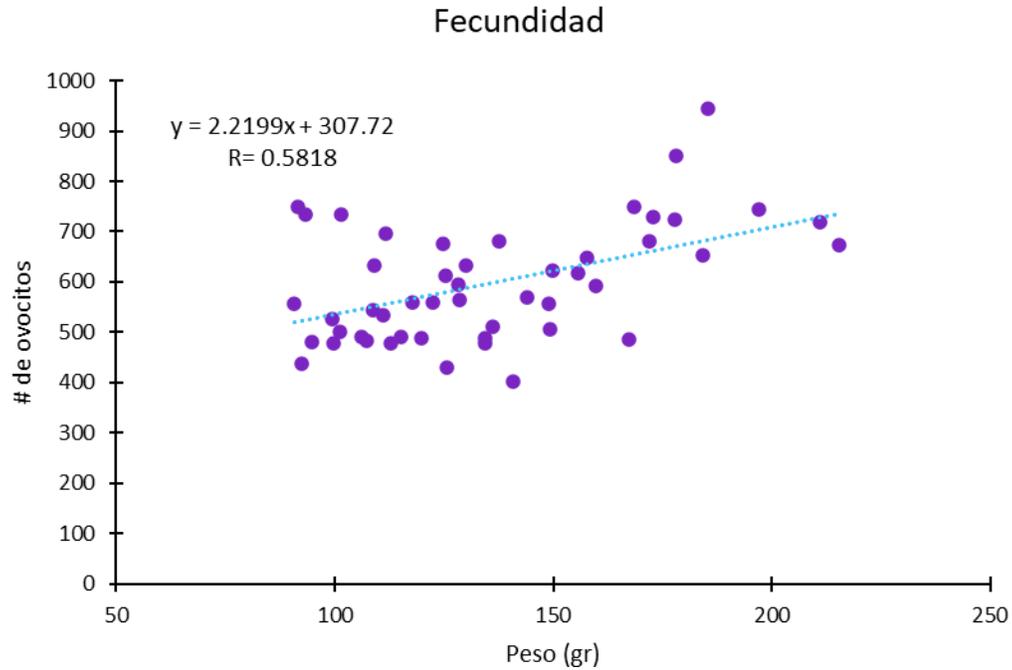


Figura 40. Comportamiento de la fecundidad relativa para las hembras en estadio III y IV.

Con lo que respecta a los ovarios se puede observar tanto en la Tabla 4 como en la Tabla 5 que el diámetro, longitud y peso del ovario izquierdo y el ovario derecho en los diferentes estadios de desarrollo presentan medidas muy similares, aun cuando a simple vista se ven diferentes en algunos casos.

Tabla 4. Biometría de ovarios izquierdos de *Oreochromis niloticus*.

Estadio de madurez gonádica	Diámetro (cm)			Longitud (cm)			Peso (g)		
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio
II	0.09	0.41	0.22	1.76	3.82	2.61	0.01	0.27	0.07
III	0.20	0.42	0.29	2.49	4.47	3.29	0.11	0.31	0.21
IV	0.50	0.86	0.64	2.55	4.66	3.81	0.83	1.52	1.12
V	0.24	0.58	0.40	2.24	3.80	2.78	0.11	0.24	0.11

Tabla 5. Biometría de ovarios derechos de *Oreochromis niloticus*.

Estadio de madurez gonádica	Diámetro (cm)			Longitud (cm)			Peso (g)		
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio
II	0.09	0.36	0.23	1.76	3.82	2.61	0.01	0.25	0.07
III	0.29	0.60	0.39	2.49	4.47	3.29	0.14	0.51	0.25
IV	0.41	0.57	0.49	2.55	4.66	3.81	0.64	2.27	1.27
V	0.22	0.37	0.31	2.24	3.80	2.78	0.01	0.33	0.14



Figura 41. Biometría de gónadas

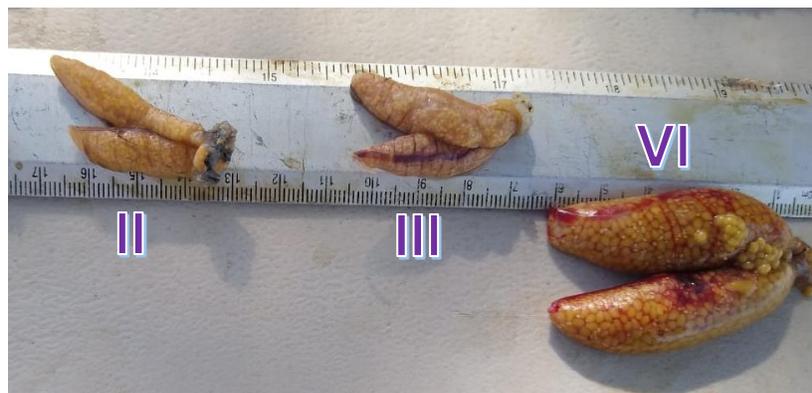


Figura 42. Estadios de madurez gonádica

En la Tabla 6 se presenta el diámetro y número de óvulos cuantificados en los diferentes estadios de maduración por los que pasa *O. niloticus* como organismo asincrónico y como

se puede observar entre más pequeños son los óvulos, mayor es su número. Con la ayuda de la cámara y el programa Motic Images Plus ver 2.0. Asimismo, se puede observar que cuando los ovarios se encuentran en el estadio más avanzado, listos para ser expulsados en el proceso de la reproducción, su diámetro es el mayor, lo que significa que han acumulado una gran cantidad de vitelogenina, la que les va a servir como reserva alimenticia cuando se dé el desarrollo embrionario.

Tabla 6. Variación del número y diámetro de los óvulos *Oreochromis niloticus*

Madurez gonádica	Diámetro de óvulos (µm)	Intervalos del número de óvulos		Promedio
		Min	Max	
II	350 - 1000	260	699	393
III	350 - 1000	65	843	113
	1000 - 1850	76	465	219
	2150 - 3000	45	468	174
IV	400 - 1000	164	856	369
	3000 - 4000	63	505	180
V	400 - 1000	350	160	253
	2150 - 2600	6	10	7

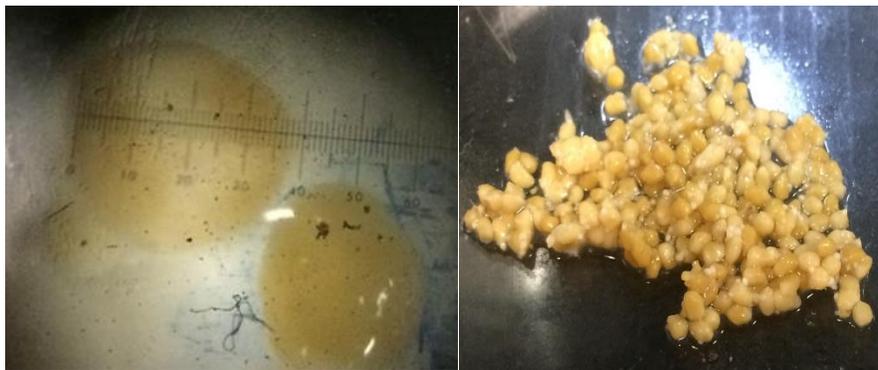


Foto tomada al 10x

Foto tomada con celular

Figura 43. Medición y conteo de óvulos.

En las Tablas 7 y 8 se presenta la biometría de los testículos de *O. niloticus* y al igual que los ovarios aparentemente no presentan diferencia entre el derecho y el izquierdo, además tanto la longitud, como el peso y diámetro los valores máximos se presentan en el estadio IV, fase del estadio de maduración en que los peces están listos para reproducción.

Tabla 7. Biometría de testículos izquierdos de *Oreochromis niloticus*.

Estadio de Madurez	Longitud testículo (cm)			Peso testículo (g)			Diámetro testículo (cm)		
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio
II	1,47	5.20	4.08	0.01	0.27	0.07	0.09	0.41	0.22
III	4.17	5.75	5.07	0.11	0.31	0.21	0.29	0.42	0.29
IV	5.79	8.72	6.73	0.83	1.52	1.12	0.50	0.86	0.64
V	4.58	6.07	5.10	0.01	0.24	0.11	0.25	0.30	0.25

Tabla 8. Biometría de testículos derechos de *Oreochromis niloticus*

Estadio de Madurez	Longitud testículo (cm)			Peso testículo (g)			Diámetro testículo (cm)		
	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio	Min	Max	Promedio
II	1.51	6.80	4.23	0.01	0.25	0.07	0.09	0.36	0.23
III	3.71	6.10	5.01	0.25	0.51	0.25	0.29	0.60	0.39
IV	5.06	7.11	6.39	0.64	2.27	1.27	0.49	0.57	0.49
V	4.22	5.40	4.80	0.01	0.35	0.14	0.22	0.37	0.31



Figura 44. biometría de testículos

Factor de Condición

El factor de condición para las hembras muestra una gran variación durante todo el año, se presentan tres picos de bienestar en los peces durante los meses de mayo, octubre del 17 y marzo siendo el máximo en el mes de octubre.

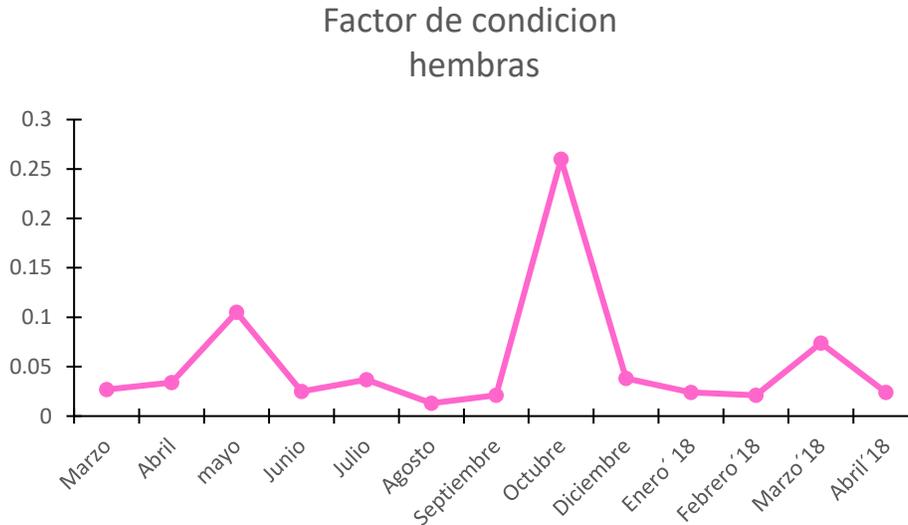


Figura 45. Factor de condición para hembras.

El factor de condición para los machos durante todo el año es muy parecido al de las hembras, se presentan tres picos de bienestar en los peces durante los meses de mayo, octubre y marzo'18 siendo el máximo en el mes de octubre.

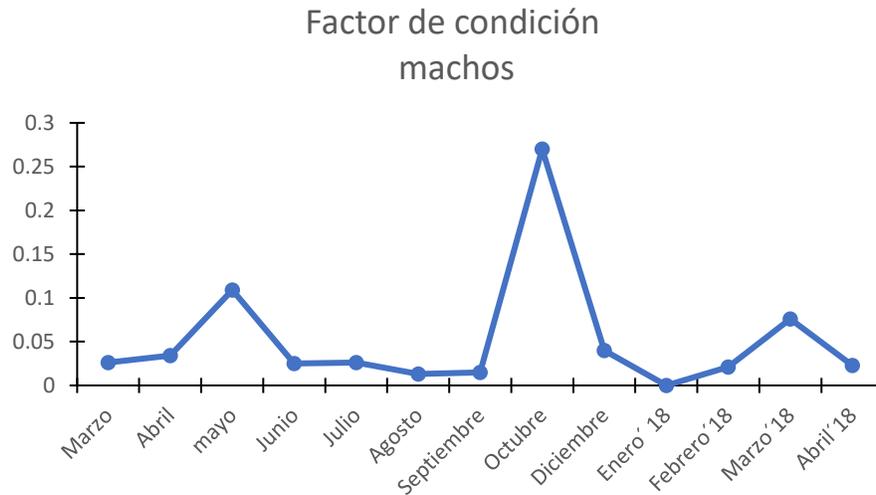


Figura 46. Factor de condición para machos

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DEL AGUA

Para poder analizar los datos de la calidad del agua se aplicó la prueba de U de Man-Whitney y saber si existían diferencias significativas entre las estaciones y niveles. El resultado de la prueba arrojó que no existían diferencias estadísticamente significativas entre niveles y estaciones, mostrando un comportamiento similar ya que están sujetas a las mismas condiciones climáticas y edáficas.

Al comparar la temperatura del agua y la del ambiente se observa que la mayor parte del estudio éstas son muy similares, la temperatura del agua se mantuvo en un intervalo de 15.9 °C a 24 °C, el valor máximo se presentó en el mes de octubre con 25 °C, mientras que la temperatura ambiental máxima se registró en 36.6 °C, y el valor mínimo del ambiente se presentó en el mes de diciembre con 26 °C y en el agua 15.9 °C (Figura 47).

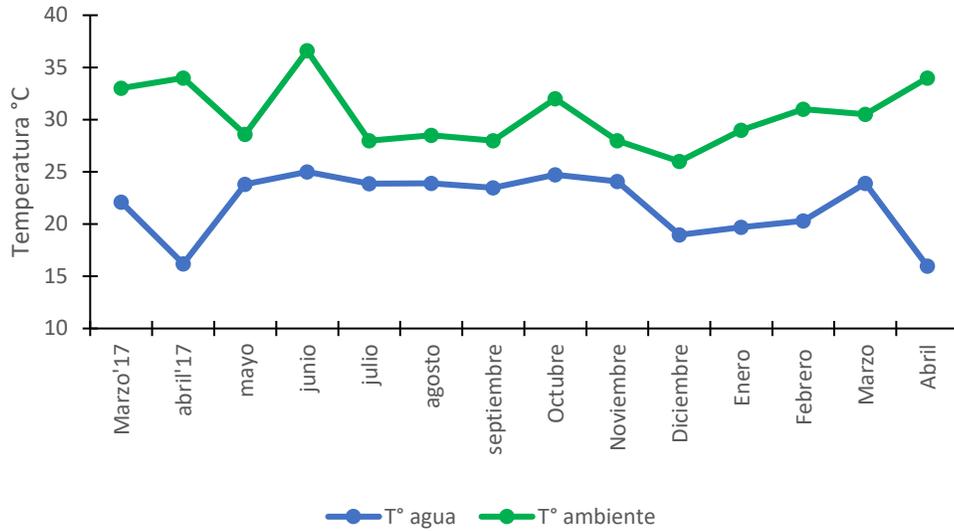


Figura 47. Comportamiento de la temperatura del agua y la temperatura del ambiente.

PROFUNDIDAD Y TRANSPARENCIA

Como se puede observar en la Figura 48, mientras la profundidad del sistema aumenta la visibilidad disminuye. La máxima profundidad que se pudo registrar durante el estudio fue de 4.5 m en julio, el cambio mayor fue en los meses de noviembre a enero. En el bordo existen diferentes factores que pueden llegar a influir en la disponibilidad de agua.

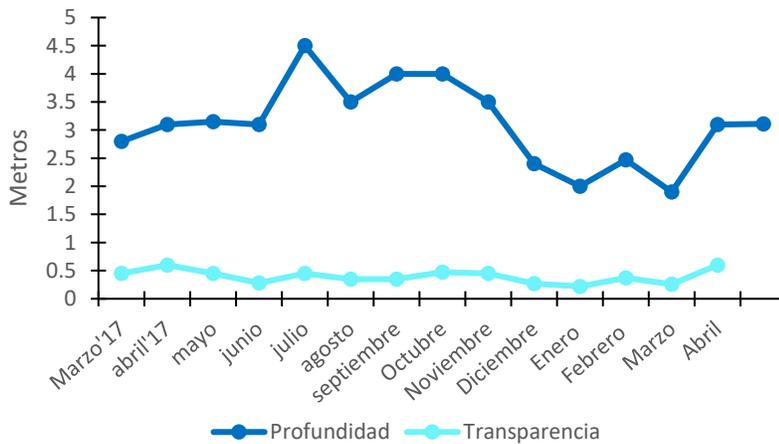


Figura 48. Comportamiento de la transparencia y la profundidad.

TEMPERATURA DEL AGUA Y OXÍGENO DISUELTO

La concentración del oxígeno disuelto en los sistemas acuáticos es muy importante, ya que interviene directamente en la respiración de los organismos. Los valores de la temperatura y el oxígeno disuelto se comportaron de manera inversa durante todo el estudio, presentándose la mayor concentración de oxígeno en el mes de abril' 17 con 16.2 mg/L y en septiembre con un mínimo de 3.2 mg/L. (Figura 49).

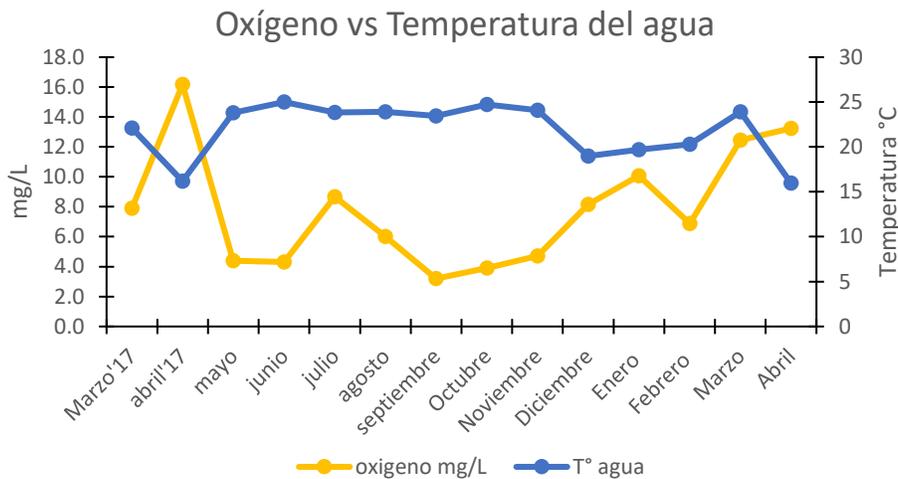


Figura 49. Comportamiento de la concentración de oxígeno disuelto y temperatura del agua.

CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS.

La conductividad y los sólidos disueltos mostraron un comportamiento similar en sus concentraciones durante todo el estudio, para la conductividad el valor máximo se obtuvo en el mes de septiembre con 807 ppm y el mínimo en febrero con 225 ppm, para los sólidos disueltos el valor más alto reportado en septiembre con 651 ppm mientras que la concentración más baja se reportó en febrero con 182 ppm.

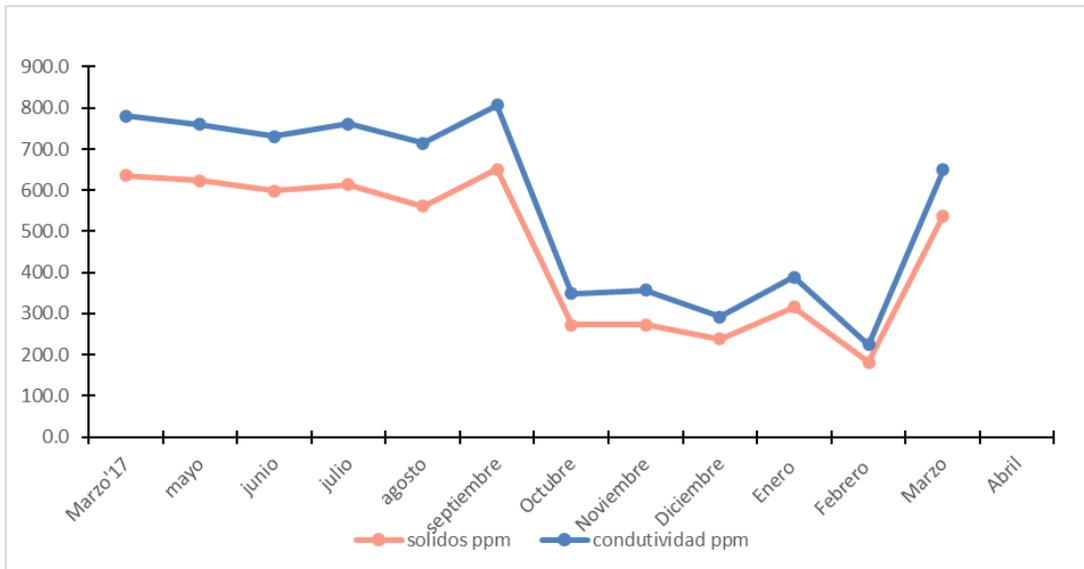


Figura 50. Comportamiento temporal de la conductividad y los sólidos disueltos en el agua.

Se graficaron los índices gonadosomático y hepatosomático contra la temperatura del agua para identificar si existe alguna relación; se pudo apreciar que el índice gonadosomático presenta una tendencia al cambio relacionado con la temperatura, y con esto se puede afirmar que las épocas de reproducción durante el estudio se presentaron en los meses de marzo y mayo del 17 y marzo y abril del 18.

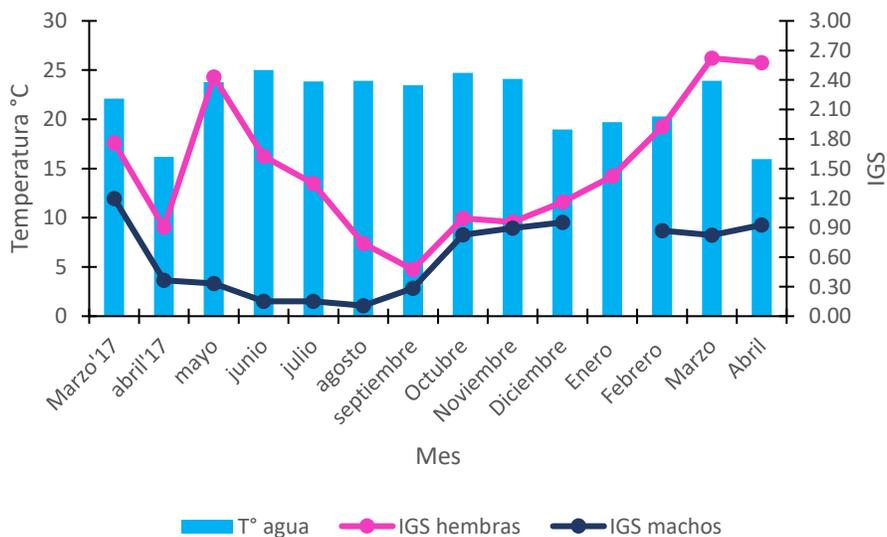


Figura 51. Relación de la temperatura del agua y del IGS de hembras y machos.

Se graficaron los índices gonadosomático y hepatosomático contra la concentración de clorofila "a", la cual oscilo entre 43-48 µg/L durante todo el estudio, la concentración más alta se presentó en el mes de septiembre mientras que la concentración más baja se registró en el mes de julio.

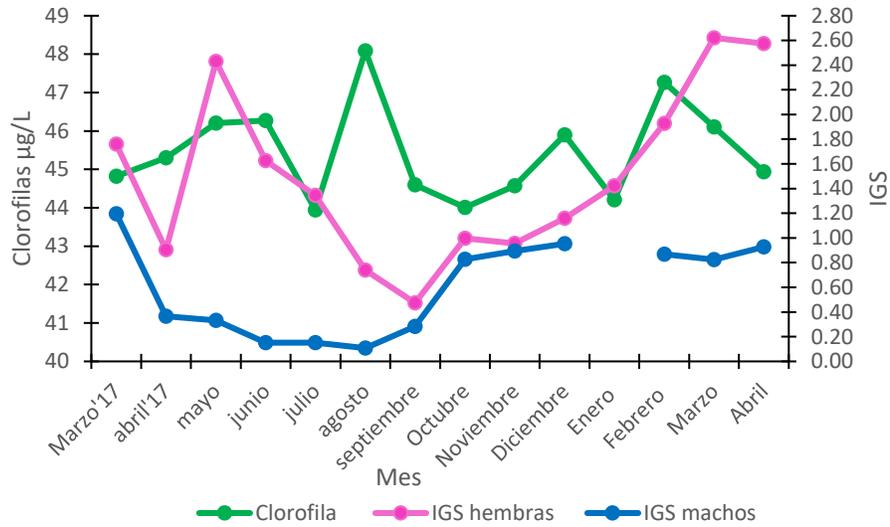


Figura 52. Comportamiento de las clorofilas y el IGS de hembras y machos

DISCUSIÓN

Para la acuicultura, el principal factor que hay que tomar en cuenta es la calidad del agua, ya que debe de encontrarse en intervalos adecuados para el crecimiento, la maduración y reproducción de los organismos. La concentración de compuestos químicos, así como la temperatura, el alimento y el fotoperiodo dan como resultado un buen cultivo de organismos.

El crecimiento de los organismos se puede ver afectados por factores fisiológicos, nutricionales y ambientales; no obstante, la temperatura es uno de los factores más importantes que afecta el crecimiento y la ingesta de alimento (Martínez *et al.*, 1996; Azaza *et al.*, 2007). El tipo de alimentación también es importante para el crecimiento (Castillo, 1989). Arredondo *et al.* (1994), mencionan que es muy importante tanto la calidad como la cantidad del alimento disponibles, ya que estos dos factores son directamente responsables del crecimiento de los organismos.

Se han reportado diferentes tallas y pesos en trabajos realizados con la misma especie en diferentes cuerpos de agua, algunos resultados que resaltan son los siguientes: Beltrán-Álvarez *et al.* (2009), reportaron que las tallas que fueron registradas para los individuos de *O. aureus* van de los 12.5 a los 34.5 cm con pesos de 39 a 627 gramos en la presa de Sinaloa en el estado de Sinaloa. En contraste a los datos que registró Ramos-Cruz (1995), quien reportó para la misma especie que las tallas variaron entre los 16.6 y 39.8 cm de longitud total y el peso de 48 a 1450 gr. A diferencia de los resultados reportados por Abdulrahman (1996-1997) quien menciona que los machos de *O. niloticus* presentaron una longitud total de 6.5 a 26 cm mientras que las hembras midieron de 8.6 a 25.7 cm. Castro *et al.* (2004), concluyeron que existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en las tallas de las diferentes especies que estudiaron, obteniendo para *Oreochromis mossambicus* una talla de 20.7 cm, seguida por *Oreochromis niloticus* 16.53 cm y finalmente *Oreochromis aureus* 15.21 cm de longitud total. Gómez-Márquez *et al.* (2003), quienes trabajaron en el lago de Coatetelco, Mor. reportaron tallas de 11.7 a 20.6 cm de longitud total. Con la misma especie *O. niloticus* en el lago de Coatetelco, Morelos, Gómez-Márquez *et al.* (2008), reportaron que las tallas obtenidas fueron entre 9 a 16.5 cm de longitud total y pesos de

25.8 a 165 g. Ochotorena y Espitia (2005) reportaron que las tallas fueron de 11.9 a 31.5 cm de longitud total y los pesos estuvieron entre 27.6 a 450 g para las hembras del zoológico de la Habana, Cuba.

Con respecto a lo anterior se puede observar que en este estudio las tallas registradas oscilaron para las hembras entre 15.5 a 24.8 con peso promedio de 131.9 gramos, mientras que los machos fueron de 16.3 a 25.5 y su peso promedio de 187.9 gramos, tallas similares a lo reportado por Orozco (2013) para para las hembras de *Oreochromis niloticus* que fue de 15.5 a 21.6 cm de longitud total con pesos que van de los 67.1 g a 181.9 grs y para las machos las tallas oscilaron entre los 15.2 a 33.2 cm de longitud total con pesos de que se encontraron entre los 66.6 a 438.9 g. Peña-Mendoza *et al.* (2011), reportaron longitudes de 9.9 a 20.9 cm de longitud total y pesos de 17.2 a 158.7 gr. García (2011) que registró tallas de 15 a 25.5 cm de longitud total con pesos de 67.1 a 256 gr para machos y para las hembras las tallas fueron de 9.2 a 20.8 cm de longitud total y pesos de 15 a 147.9 g para *Oreochromis niloticus* del mismo bordo “La Palapa”.

Todos estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio, además de que se realizaron en el mismo sistema o en sistemas aledaños y que la pesca es obtenida por los pescadores de la cooperativa del sistema. Las diferencias que se presentan entre los datos reportados en este estudio y otras investigaciones se pueden deber a diversos factores, como el arte de pesca, ya que dependiendo de la luz de malla es como se capturan diferentes tallas de los organismos (Nikolsky, 1963; King, 2007), y si todos los pescadores capturan con redes de similar luz de malla, entonces es la razón por la cual todo el pescado presenta tallas similares, lo que permite analizar ahora la edad, sexo y factores químicos del agua y ambientales que se presentan en el sistema para el desarrollo de los organismos.

Gómez-Márquez *et al.* (1993), mencionan que la pesquería afecta la parte juvenil de la población y esta dinámica en la explotación impide que los embalses lleguen a ser autosuficientes, más aún si los organismos capturados no han llegado a la madurez sexual, necesaria como para dejar descendencia en el sistema que pueda soportar las pesquerías.

El crecimiento de los peces es afectado por muchos factores como son: fisiológicos, nutricionales, temperatura, la ingesta de alimento, la disponibilidad y la calidad del alimento (Martínez *et al.*, 1996; Azaza *et al.*, 2007; Platt y Hauser 1978; Arredondo *et al.*, 1994).

Considerando entonces que existen otros factores a tomar en cuenta durante el desarrollo de los especímenes como lo son: la temperatura, que juega un papel importante en cuanto a crecimiento y desarrollo de la especie, como lo mencionan diferentes autores (Fry e Iles, 1972; Morales, 1991; Oliveira y Aldama, 1995) los machos pueden alcanzar mayor talla que las hembras, gracias a que éstos no requieren mucha energía para el desarrollo gonadal a diferencia de las hembras. Además, existen varios estudios que reportan que la tasa de crecimiento aumenta con el incremento de la temperatura (Xiao-Jun y Ruyung, 1992; Watanabe *et al.*, 1993; Larsson y Berglund, 2005). Adicionalmente otro factor que afecta el crecimiento es la ingesta de alimento, tanto la cantidad como la calidad (Martínez *et al.*, 1996; Azaza *et al.*, 2007), ya que el tipo de alimentación es un factor para tomar en cuenta, se debe procurar suministrar un producto de buena calidad para la alimentación, que favorezca el mantener tanto el crecimiento como la actividad física y la reproducción de los especímenes (Castillo, 1989a).

Relación peso – longitud

La relación peso-longitud es un análisis de vital importancia dentro de los estudios biológicos pesqueros, así como para la industria de la pesquería, puesto que de ellos depende que se pueda obtener la información sobre la condición en la que se encuentran los organismos. Entre los beneficios obtenidos a través de esta relación se encuentra el determinar indirectamente el peso que tiene algún organismo, siempre y cuando se conozca la longitud o viceversa conocer el peso ayuda a determinar la longitud; la comparación de la biomasa de la población para estimar de manera indirecta la producción (Manríquez, 2005), y también es el reflejo de los cambios fisiológicos que los organismos llegan a sufrir a través de su vida (Jiménez-Badillo, 2006). Le Cren (1951) establece que en la ecuación de la relación peso-longitud el valor de la pendiente (b), puede llegar a sufrir cambios y estos dependen de la época del año y de los métodos de muestreo que se hayan utilizado, también se afirma que el peso puede llegar a depender de la madurez gonádica (Bagenal, 1978). Nikolsky (1963), menciona que las similitudes y diferencias en el valor de la pendiente se pueden atribuir a factores específicos de la especie, al tipo de hábitat en el que se desarrollan, la época del año, la reproducción, así como el tipo de alimento.

En el presente estudio, para el total de la muestra el valor obtenido para la pendiente de la relación peso-longitud fue de 2.81, lo que indica que el crecimiento es de tipo alométrico negativo; esto quiere decir que el crecimiento se incrementa más en longitud que en peso. Valor que concuerda con lo reportado por otros autores, quienes trabajaron también con *O. niloticus*: Gómez-Márquez (2002), Saito (2004), Manríquez (2005), Tovar (2005), Jiménez-Badillo (2006), Gómez-Márquez *et al.*, (2008), Orozco (2013), Camargo y Cruz (2013), García *et al.*, (2014), Beltrán-Álvarez *et al.*, (2014), Gómez (2015), para las especies que estudiaron en diferentes cuerpos de agua.

Nikolsky (1963); Frey e Iles (1972); Weatherly y Grill (1989); Granado (2002); Peña-Mendoza *et al.* (2011), mencionan que desde el punto de vista ecológico el crecimiento de tipo alométrico negativo de los peces se presenta en las primeras etapas de desarrollo, debido a la relación inter e intra-específica que se presenta como resultado de la competencia por el alimento y el espacio, después cambian a un crecimiento de tipo alométrico positivo con una tendencia a isometría, ya que toda la energía en estos momentos se destina al crecimiento en primer lugar y luego a los órganos reproductores incrementando en peso, esto se debe por el incremento de la madurez de los testículos y los ovarios.

Proporción sexual

En este estudio se calculó la proporción sexual hembra: macho y resultó en 1.8:1 ($\chi^2=132.60$; < 0.05); beneficiando a las hembras. Esto es 65.5 % de hembras (249) y 35.5 % machos (137). Nikolsky (1963), menciona que la proporción de sexos esperada para la mayoría de las especies es de una hembra por un macho y puede variar considerablemente de especie a especie, pero en la mayoría de los casos es cercano a uno, dicha proporción es para el registro de los organismos al nacer; sin embargo, una vez que se llevan a cabo de actividades características de la edad (reproducción) la proporción puede variar, más aún cuando éstos entran en etapa reproductiva, aunque esto también puede modificarse año con año en la misma población, al presentar variaciones y desviaciones estacionales debido a factores ambientales y conductuales.

Los resultados obtenidos en otros estudios indican que la proporción sexual favorece a los machos; uno de ellos es el de Canseco (2004), quien menciona que los individuos de

Oreochromis niloticus de la presa Emiliano Zapata presentan una proporción sexual de 6.9:1 (M:H); Paredes (2013), obtuvo una proporción de 6.2:1 (M:H) en el bordo Huitchila, Beltrán-Álvarez *et al.*, (2010) indican que la proporción obtenida fue de 1.02:1 (M:H) en la presa Gustavo Díaz Ordaz, Saito (2004) menciona que la proporción fue de 2:1 (M:H) en la presa Emiliano Zapata y Peña-Mendoza *et al.*, (2005) registraron una proporción de 1.29:1 (M:H) para los organismos en la presa Emiliano Zapata.

Muchos otros autores a nivel nacional (otros estados) e internacional han reportado diferentes proporciones que apoyan los resultados que se obtuvieron en el presente estudio, como son Bakhoun (2002) en el lago Edku en Egipto reportó una proporción de 1:1.70 (M:H); Kariman *et al.* (2008) para *Oreochromis niloticus* del lago de Abuzabal Egipto, registraron una proporción de 1:1.37 (M:H), Novaes y Carvalho (2012) reportan una proporción sexual de 1:1.3 (M:H) indica que las hembras predominaron, pero no son significativas las diferencias que estas presentan durante el invierno en el embalse Barra Bonita en Brasil; Gómez-Márquez (2002) obtuvo una proporción de 1:1.02 (M:H).

Conover y Fleicher (1986), mencionan que los organismos que nacen al final de la temporada de reproducción, cuando la temperatura es más elevada, se ven favorecidos hacia los machos, mientras que los organismos que nacen al principio de la temporada de reproducción tienden a ser hembras. King y Etim (2004), dan a conocer que la proporción sexual está influida por la longevidad, la tasa de crecimiento y la mortalidad; estos a su vez conllevan a diferencias en la tasa de captura, lo que hace que las proporciones varíen de un sistema a otro. Igualmente, la determinación del sexo en los peces está influenciada por factores genéticos, fisiológicos y ambientales como la temperatura, fotoperiodo y pH del agua (Devlin y Nagahama, 2002; Strüssman y Nakamura, 2002; Ospina-Álvarez y Piferrer, 2008).

Tessema *et al.* (2006), mencionan que es posible que al someter a los organismos a tratamientos con temperaturas elevadas aumenta el porcentaje de nacimiento de machos, asimismo, Guerrero-Estévez y Moreno-Mendoza (2010) mencionan que las temperaturas altas durante el desarrollo inicial aumentan la proporción de machos en *Oreochromis mossambicus* y Van Aerle *et al.*, (2004) señalan que hay una amplia gama de sustancias químicas vertidas en el medio que son similares de las hormonas, particularmente los

estrógenos, que pueden provocar alteraciones en el desarrollo sexual en organismos silvestres y alteran la función reproductiva.

Desprez *et al.* (2006), reportan que la temperatura del agua es una de las principales causas en la determinación del sexo en la tilapia roja de Florida, también mencionan que otros factores ambientales como el pH y la duración del día pueden influir en la determinación del sexo y por lo tanto provocar ligeras variaciones en la proporción sexual. Asimismo, mencionan que los factores genéticos (cromosomas sexuales y factores autosómicos), provocan que a lo largo de las generaciones se llegue a presentar mayor proporción en machos. Bezault *et al.* (2007), mencionan que la determinación sexual de *Oreochromis niloticus* es regida por una complicada combinación entre los factores genéticos y la influencia de la temperatura en poblaciones naturales.

Otro gran elemento que puede llegar a influir en la proporción sexual de los organismos al ser capturados es que posterior a la fertilización de los óvulos, las hembras podrían migrar a aguas profundas o a zonas cercanas a la vegetación acuática o rocas que sirven como refugio para su protección durante la incubación de los huevos y el cuidado de las crías hasta que culmine la reabsorción del saco vitelino, a diferencia de los machos que por el hecho de ser polígamos se mantienen cerca de los nidos para cortejar a otras hembras y para su alimentación, lo que los expone a ser capturados con mayor facilidad y frecuencia (Ramos-Cruz, 1995; Gómez-Márquez *et al.*, 2003; Gómez-Márquez *et al.*, 2008).

Madurez gonádica

Dar a conocer la madurez sexual de los organismos tiene una aplicación principal para proporcionar conocimientos fundamentales sobre la biología de la reproducción en una población en específico. Esta información se utiliza para conocer el lugar y momento de la reproducción y la duración de ciclo, desde el comienzo hasta el desove (Holden y Raitt, 1975).

Para conocer la madurez gonádica de los organismos durante esta investigación, se realizó la biometría de las gónadas de hembras (ovarios) y machos (testículos). La madurez gonádica se determinó a través de la observación macroscópica, clasificando ovarios y

testículos en función de características: peso, tamaño (largo y ancho) y con esto se observó que las gónadas van incrementando en longitud y diámetro mientras van madurando, excepto en el estadio de recuperación (estadio V), en este estadio los testículos quedan flácidos y aparentemente vacíos, por lo que parece que incrementan en longitud, esto se debe a que el esperma fue liberado; en los ovarios se puede observar algo equivalente ya que los ovocitos de mayor tamaño fueron liberados y tanto las ovogonias como los ovocitos primarios quedan en el ovario.

En este estudio se pudo observar que la reproducción de la especie en cuestión ocurre en dos momentos del año en mayo y en diciembre, esto coincide con lo mencionado por autores como: Babiker e Ibrahim (1979), Basurto-Origel (1994), Castrejón *et al.*, (1995) Admassu (1996), quienes indican que la tilapia del Nilo puede llegar a desovar más de una vez al año.

En México se ha llegado a reportar que la especie de la tilapia puede desovar de una a diez veces durante el año, y mencionan también que la cantidad de desoves pueden llegar a verse influidos por varios factores ambientales (Morales 1991). Kolding (2006), menciona que la frecuencia con la que se obtienen los diferentes estadios de madurez gonadal, indica que los cíclidos son peces con características de desoves parciales, es decir que las hembras tienen patrones individuales de desarrollo de los ovarios, por lo que en el periodo de reproducción las hembras tienden a desovar de forma asincrónica cada 3 a 4 semanas, dependiendo ello de las condiciones ambientales (Coward y Bromage, 1999; 2000; Campos-Mendoza *et al.*, 2004).

En este estudio las hembras maduras se capturaron durante los meses de febrero a julio los primeros meses coinciden con lo dicho por Tadesse (1997) que las hembras maduras pueden ser capturadas con mayor frecuencia de abril a agosto. Basurto (1984), indica que *Oreochromis niloticus* llega al estadio de reproducción en el mes de marzo, pero también se logran ver gónadas en fase de reproducción comenzando el mes de enero.

Los ciclos de reproducción de los peces están estrechamente relacionados con los cambios ambientales, particularmente con los cambios estacionales de la luz y la temperatura. Estos dos factores son, con frecuencia, los más importantes porque ellos pueden actuar directamente o a través de los órganos de los sentidos en las glándulas que producen

hormonas que determinan la conducta y la respuesta fisiológica adecuada para la reproducción de los peces. Numerosos estudios experimentales demuestran que la temperatura es uno de los principales factores ambientales que regulan el ciclo reproductivo de los peces, aunque la luz también juega un papel importante, así como otra serie de variables como la salinidad del agua, la concentración de oxígeno, el ruido, etc. (Lagler *et al.*, 1977; King, 1995).

Índices biológicos

Índice Gonadosomático (IGS)

El índice gonadosomático es también llamado coeficiente de madurez, este índice toma en cuenta el peso de la gónada expresado como porcentaje del peso del pez eviscerado y sin gónadas. En la mayoría de las especies este índice cambia notoriamente en las diferentes etapas del desarrollo gonadal y es muy importante, ya que ayuda a identificar el momento del desove, aunque no ayuda en la clasificación del estado de madurez del organismo (Saborido-Rey, 2008).

En el presente estudio se muestra que los valores del IGS presentan fluctuaciones a lo largo del año, como consecuencia del aumento y disminución del peso de los ovarios y testículos como efecto de la actividad, esto revela que existió actividad reproductiva durante todo el año, principalmente dos periodos de reproducción, uno más largo que el otro, resultados que muestran que estos organismos tienen una reproducción asincrónica.

Los resultados anteriores son similares con lo reportado por varios autores: Alejo *et al.*, (1989) quienes mencionan que existen dos periodos de reproducción para *Oreochromis mossambicus*; Castrejón *et al.*, (1995) y Admassu (1996) reportan que las hembras de *Oreochromis niloticus* desovan más de una vez por año; Barbieri (2000) menciona que para *Oreochromis niloticus* la época de reproducción va de septiembre a diciembre; Gómez-Márquez *et al.* (2003), reportan que la época de reproducción se pudo observar en junio y enero; Peterson *et al.* (2004), señalan que *Oreochromis niloticus* se reproducen durante todo el año, pero en algunos meses es mayor de marzo a mayo y de agosto a septiembre; Peña-Mendoza *et al.*, (2005) indicaron que *Oreochromis niloticus* presentan dos periodos

de reproducción, en los meses de agosto y febrero; Njiru *et al.* (2006), reportan que para la misma especie se mostraron dos periodos uno en enero y otro en mayo; Sastré (2008) reporto que la época de reproducción más larga es de julio a octubre; Beltrán-Álvarez (2010) reporta que la reproducción se lleva a cabo en los meses de enero a marzo y de julio a septiembre; García (2011) menciona que, si no se logra tener una representación clara de las variaciones, es porque durante todo el año hubo actividad reproductiva, probablemente debido a que no todos los organismos se reproducen al mismo tiempo.

Diversos autores señalan que algunas ocasiones se presentan dos o más de dos desoves por año, por ejemplo: Beltrán-Álvarez *et al.* (1998), indican que para *Oreochromis aureus* se presentaron dos periodos de reproducción uno siendo el más representativo en los meses de abril, mayo y julio; los resultados publicados por Kariman *et al.* (2008) y Novaes y Cavalho (2012) mencionan que *Oreochromis niloticus* se reproduce durante todo el año, y esto se puede deber al tipo de maduración gonadal que es asincrónico por grupos, lo que le da a la especie la ventaja de dejar descendencia en varias ocasiones a lo largo del año y dependiendo de la talla a la que se reproduce, cada hembra puede desovar en promedio entre 500 – 800 ovocitos, además de que como ya lo han mencionado varios autores presenta dos etapas de reproducción, siendo cada una de varios meses, lo que hace parecer que la especie se reproduce continuamente durante el año, como se puede corroborar con los resultados obtenidos en el presente trabajo, además de que las condiciones físicas y químicas del agua del sistema y la disponibilidad de alimento (fitoplancton), favorecen el proceso reproductivo de las especies íctica en época de lluvias y secas.

Günter (1957) menciona que la poca variabilidad estacional podría favorecer la posibilidad de detectar individuos en reproducción en cualquier época del año, esto se debe a que es una respuesta directa provocada por la temperatura sobre la tasa metabólica y fisiológica de los individuos. Otros factores para tomar en cuenta y definir la amplitud de la temporada reproductiva son el fotoperiodo, la alimentación y la ausencia de depredadores, en algunos sistemas dependiendo de su ubicación geográfica.

Índice hepatosomático

También se analizaron los valores del índice hepatosomático (IHS) el cual da a conocer la condición fisiológica de los organismos cuando han llegado a la época de reproducción. El índice hepatosomático es el peso del hígado en proporción corporal, expresado en porcentaje. Se utiliza con frecuencia como indicador del nivel de reservas del organismo presentando los valores más altos días antes del proceso reproductivo (índice gonadosomático) (Love, 1970; Van Bohemen *et al.*, 1981). La variación en el peso del hígado refleja procesos de almacenamiento y transferencia de proteínas y lípidos asociados con el esfuerzo reproductivo (Santos *et al.*, 1996).

Los valores reportados de IHS no presentan una constante en sus valores, se puede observar que son inversos a los valores reportados de IGS, es posible observar que en los meses donde se observan los máximos de IGS, los valores de IHS son bajos, esto puede interpretarse como una reducción en las reservas energéticas que se almacenan en el hígado en forma de glucógeno, el cual es transportado a la gónada para ser usado en el proceso reproductivo, produciendo una baja condición de los peces durante el periodo de desove (Bagenal, 1978; Khallaf *et al.*, 2003). Rodríguez (1992), reporta que el hígado segrega vitelogeninas que van a ser capturadas por los óvulos en desarrollo, por lo que el decremento del IHS indica que, las vitelogeninas que se sintetizaron en el hígado se han transportado a los ovarios y fueron almacenados en lo óvulos como lípidos o grasas de reserva para cubrir los requerimientos fisiológicos durante el desarrollo, maduración de los óvulos y alimentación de los alevines durante los primeros días de desarrollo (Getinet y Amirt, 2007) y Gómez-Márquez *et al.*, (2003) mencionan que en la temporada reproductiva para estas especies el peso del hígado es mínimo en épocas de secas.

En casi todos los sistemas acuáticos, el periodo máximo de reproducción se da cuando el sistema tiene menor volumen, mayor temperatura y la disponibilidad del alimento es alta como consecuencia de la concentración del agua del sistema, condiciones que puede aprovechar las hembras para alimentarse, mientras las crías se mantienen de la reserva en el saco vitelino. El ciclo reproductor está estrechamente relacionado con los cambios ambientales, como son el fotoperiodo y la intensidad de luz que podrían desempeñar un papel importante en el control de la reproducción, actuando sobre los órganos de los sentidos, en las glándulas que sintetizan las hormonas relacionadas con la reproducción de los peces que determinan la conducta la respuesta de los peces (De Juan *et al.*, 2009.)

El fotoperiodo es generalmente aceptado como uno de los factores más importantes en la sincronización de la maduración sexual y la reproducción de los peces (Duston y Bromage, 1986; Bromage *et al.*, 2001; Duston *et al.*, 2003). Se ha mencionado en repetidas ocasiones que uno de los periodos de mayor reproducción se presenta durante el verano, lo que confirma lo mencionado con anterioridad, ya que es el periodo del año en el que el día es más largo que la noche, y si además de esto, las características en el sistema son favorables, se tiene como resultado la reproducción continua de la especie. Dependiendo de las características ambientales, las tilapias pueden dirigir la asignación de sus recursos a la reproducción en lugar del crecimiento (Fryer y Iles, 1972). Por lo tanto, en los cuerpos de agua naturales, la tilapia puede mostrar grandes variaciones en sus características reproductivas (Lowe-McConnell, 1982: citado en Coward y Bromage, 1999).

Primera talla de madurez

La madurez sexual es la fase durante la cual el pez alcanza el estado adulto con capacidad de reproducirse, aunque no solo comprende a los individuos que han alcanzado la primera madurez sexual, sino también a los individuos que se reproducirán por segunda o tercera ocasión, ya que es una especie iterópara y como lo mencionan King (1995) y Salgado-Ugarte *et al.* (2005), estos organismos entran en el proceso de maduración gonadal cada año (2 o 3 veces) durante la época de reproducción.

La evaluación de la talla de primera madurez sexual es de vital importancia en la evaluación de los stocks de la población, así como para la realización de modelos predictivos (Trippel y Harvey, 1991). De igual manera es imprescindible para evaluar la edad óptima a la cual se puede llevar a cabo la captura de los organismos, siempre asegurando que haya pasado cuando menos un evento reproductivo, en el que los individuos hayan dejado descendencia, de tal manera que el momento y lugar de desove se pueden emplear para organizar la pesca, ya que muchas especies son más fáciles de pescar cuando se agrupan para la reproducción (Sparre y Venema, 1997) y de esa manera dejar en el sistema a los organismos que no hayan alcanzado la talla, para que se reproduzcan y se pueda mantener la pesquería. La talla de primera madurez sexual es uno de los parámetros reproductivos básicos en los análisis de pesquerías ya que determina la ojiva de madurez (Oliva *et al.*, 1982).

La talla y la edad de primera madurez sexual son parámetros reproductivos poblacionales que pueden variar como consecuencia de factores externos, los cuales pueden ser ambientales, antropogénicos o bien factores internos, como la fisiología y condición de cada individuo (Pascual, 2010). Por otra parte, se sugiere que las variaciones que existen en la madures sexual de los peces se encuentran influenciadas por la disponibilidad de alimento en las primeras etapas de la vida del organismo (Cushing, 1995).

En el presente estudio la primera talla de madurez que se obtuvo fue de 20.3 cm de para hembras y de 24.1 cm de longitud total para machos. En comparación con algunos autores las tallas registradas fueron más grandes, pero otros reportan tallas similares. Las diferencias que presentaron las tallas se pueden deber a las condiciones ambientales, también a factores internos de la propia población, como denso-dependencia, disponibilidad de recursos no detectados que, no obstante, deben tener también una cierta influencia en el ciclo reproductivo (Njiru *et al.*, 2006; Kolding, 2006).

Basurto-Origel (1994) reportó que la talla de primera madurez fue de 23.5 cm para hembras y de 24 cm para machos de *Oreochromis niloticus*; Ramos-Cruz (1995), reportan que para *Oreochromis aureus* inicia su madurez cuando alcanzan los 23.5 cm de longitud total y Beltrán *et al.*, (1998) mencionan que los organismos de *Oreochromis aureus* alcanzan la primera talla de madurez a los 20.4 cm de longitud total.

La diferencia entre las tallas puede deberse al tipo y a la abertura de la luz de malla del arte de pesca y también a que la madurez sexual es una función del tamaño y está influenciada por la abundancia y disponibilidad estacional del alimento, la temperatura, la edad, el fotoperiodo entre otros factores a considerar que se pueden llegar a presentar en las localidades donde se desarrollan los organismos (Nikolsky, 1963; Babiker e Ibrahim, 1979; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005).

Fecundidad

La fecundidad en peces es la estimación de la cantidad de ovocitos que una hembra podría expulsar en un desove, siendo uno de los indicadores más utilizados para evaluar el



potencial reproductivo de una especie y sus posibilidades para la piscicultura (Villamil-Moreno y Arias-Castellanos, 2011).

La fecundidad es un parámetro de mucho interés no solo característico de la población, sino también como termino fundamental en los modelos de la dinámica de población (Granado, 2002). La fecundidad y el tamaño de los ovocitos son rasgos muy variables, que pueden diferir entre poblaciones. En cultivo las tilapias tienden a producir más ovocitos, pero de menor tamaño que en condiciones naturales (Fryer y Iles, 1972; Legendre y Ecoutin, 1996).

La fecundidad puede llegar a variar por diversos factores entre los que se encuentran la especie, la edad, las condiciones ambientales como el fotoperiodo y la temperatura, además se encuentra relacionada con la longitud de los peces, es decir, a mayor longitud es mayor el número de óvulos presentes en el ovario (Bagenal, 1978; Ridha y Cruz, 2000; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005; Getinet, 2007).

Con base en los resultados de fecundidad que se obtuvieron en el estudio, se puede decir que efectivamente los organismos presentan una relación directa entre la longitud del pez con el número de óvulos presentes en el ovario, mientras más grande es el pez el número de óvulos que se presenta es mayor.

Factor de condición

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

El factor de condición “C” de Clark, se basa en estimar las modificaciones temporales del buen estado de los peces bajo la influencia de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos), independientemente de la longitud, ya que existe un elevado número de factores que intervienen en el buen estado del pez como son: sexo, edad, estado de madurez reproductiva, época del año y ambiente acuático (Granado, 2002). Dicho factor

utiliza como variable el peso eviscerado del pez, lo que evita el efecto del peso de las gónadas y el contenido estomacal, ya que puede variar del 15% al 30% del peso del pez y de esta manera proporcionar valores erróneos acerca de la condición del organismo (Nikolsky, 1963).

En este estudio se puede observar que el factor de condición para las hembras presenta un gran incremento en el mes de octubre y otros dos pequeños aumentos en los meses de mayo y marzo¹⁸. Mientras que para los machos el pico más alto se presentó en el mes de octubre y el resto de los incrementos de bienestar son similares a los de las hembras, los valores similares indican que tanto hembras como machos tienen buena condición y tendrán gran energía en el momento de la época reproductiva, los machos para buscar pareja y posteriormente proteger el nido y las hembras para la incubación de los huevos y después para el cuidado de las crías.

El incremento del factor de condición observado durante la estación de lluvias podría atribuirse al desarrollo de material gonadal justo antes de la temporada de cría (Njiru *et al.*, 2006), aunque el factor de condición puede depender de varios factores como la disponibilidad de alimento o la estacionalidad (Blackwell *et al.*, 2000; Trudel *et al.*, 2005; Froese, 2006; Rennie y Verdon, 2008), así como los altos grados de contaminación en el sistema puede llegar a influir en los valores (Lowe-McConnell, 1975; Sinderman, 1990 y El-Sayed *et al.*, 2003). Conocer los cambios las condiciones de bienestar del organismo se han utilizado para saber los periodos de reproducción de varias especies (Dadzie *et al.*, 2000).

PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS DEL AGUA

Uno de los principales factores para tomar en cuenta al analizar a los organismos de un sistema acuático es la calidad de agua. El termino calidad de agua incluye todas las características físicas, químicas y biológicas del agua y entre los factores físicos, la temperatura y la luz son uno de los importantes. La composición química de las aguas naturales está en función de su origen; así, el funcionamiento y la dinámica del agua están regidos por tres componentes: el edáfico, el climático y el morfométrico (Hernández-Avilés, 2002; Peña-Mendoza, 2002; Sánchez y Zamora, 2012).

El bordo “La Palapa” es un cuerpo de agua somero con una profundidad en épocas de secas de 1 m y épocas de lluvias de hasta 4 m, con una alta visibilidad de 0.6 m. El comportamiento hidrológico del sistema se caracteriza por una etapa de dilución, debido al incremento en el volumen que se da a partir del inicio de la temporada de lluvias, en la que a pesar del acarreo de materiales procedentes de la cuenca hay una reducción en la concentración por unidad de volumen de varios factores importantes para la existencia de la vida acuática y otra etapa de concentración de materiales ocasionada por la evaporación durante la estación seca, la infiltración, además de la pérdida de agua por la utilización de esta para el riego y abrevadero. Autores como Barclay (1966), Cole, (1979), Arredondo *et al.*, (1982) y Hernández-Avilés *et al.*, (2007) describen estas fases como de disolución y concentración y son comunes en este tipo de ecosistemas. Además, este sistema se caracteriza por presentar periodos de mezcla continuos debido a que es un cuerpo somero favorecido por la acción del viento y por la actividad pesquera, por lo que se da una remoción constante de materiales y nutrimentos del fondo y, por lo tanto, una menor transparencia.

Los peces influyen y se ven determinados por el funcionamiento del ecosistema donde viven (Granado, 2002). El crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr una buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie (Meyer, 1999). La temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y el pH juegan un papel muy importante en el desarrollo y la producción, ya que influyen en los procesos bióticos y abióticos del agua (Boyd, 1990).

La temperatura del agua es uno de los principales factores ambientales que afectan los procesos fisiológicos de los organismos, entre ellos el crecimiento y la reproducción, por lo mismo debe estar adecuada a las necesidades biológicas de los peces. El intervalo térmico para *Oreochromis niloticus* es de 25° a 30°C propiciando un buen desarrollo y tasa reproductiva (Morales, 1991; Arredondo y Ponce, 1998; Xie *et al.*, 2011). La temperatura está influenciada por las condiciones ambientales de la zona y la incidencia de la luz solar, que depende a su vez de la latitud y la altitud y la ubicación del sistema acuático (Gómez-Márquez *et al.*, 2003).

Las temperaturas que se registraron en el agua del bordo durante el año fluctuaron de 15.9 a 25°C, éstos se encontraban dentro de los valores óptimos para la reproducción. La temperatura menor se registró en el mes de abril, mientras que la mayor fue en el mes de junio. Fryer e Iles (1972) y FAO, (2006; 2007) indican que la temperatura de desove para *Oreochromis niloticus* es superior a los 20°C, lo que coincide con lo registrado en el estudio. Bardach *et al.* (1986), indican que las tilapias comienzan a reproducirse cuando alcanzan la madurez sexual, estas pueden llegar a reproducirse entre las tres y seis semanas de edad, mientras el agua es cálida y cuando las condiciones ambientales son desfavorables la actividad reproductiva se suspende.

Díaz-Pardo *et al.* (1986), mencionan que un factor importante e influyente en las variaciones de temperatura de la columna de agua, es la relación precisamente existente entre ambas temperaturas. Durante la conducción del presente estudio el intervalo registrado de la temperatura ambiental en el sistema osciló entre los 26 a 36.6 °C; registrándose la temperatura más baja durante el mes de diciembre y en contraste el registro de temperatura más alta ocurrió en junio. La temperatura ambiente y la temperatura del agua presentan un comportamiento semejante.

Se ha reportado que durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimentos disminuye, además de que cuando se presentan cambios repentinos y disminuye hasta 15°C la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces muere. Para el crecimiento, los organismos necesitan temperaturas entre 29° y 31°C y cuando los peces son alimentados a saciedad, el crecimiento se manifiesta 3 veces superior que a los 20°-22°C. (Arredondo y Ponce, 1998; Colegio de Posgraduados, 2010).

Por otro lado, la transparencia se expresa como la visibilidad al disco de Secchi (Margalef, 1983). La transparencia afecta a los organismos del plancton que son el principal alimento de *Oreochromis niloticus*, por lo tanto, afecta directamente a la especie ya que son organismos poiquiloterms, ya que su temperatura corporal depende de la temperatura del medio (Iturra, 2008). La turbidez del agua son el resultado de partículas coloidales arcillosas y de materia orgánica disuelta o particulada como el plancton (Boyd, 1990) y tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces. Al impedir la libre penetración de los rayos solares,

la turbidez limita la productividad natural del sistema, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento para *Oreochromis* (Alamilla, 2001).

Los valores de transparencia que se obtuvieron fluctuaron entre 0.22 m y 0.60 m, intervalo adecuado para el desarrollo de las tilapias y dentro del cual cae el valor promedio de 0.45 m que propone Anónimo (1994); Delince (1992), indica que para que exista una buena producción de fitoplancton, la visibilidad debe oscilar de 0.4 a 0.8m haciendo del cuerpo de agua un sistema productivo.

La luz es otro de los factores ambientales importante en la vida de los peces. La luz puede tener varias características: calidad, cantidad y periodicidad. Algunas especies de peces han demostrado sensibilidad para el color de la luz como lo reportan Luchiari y Freire (2009), quienes cuantificaron la presencia de siete pigmentos fotosensibles en la tilapia del Nilo. El color de la luz, la disminución o la intensidad afecta a la tilapia del Nilo en cuanto a crecimiento; la luz permite a los peces capturar el mayor número de fotones disponibles y mejorar la visión para permitir una mejor detección de los depredadores o presas. Los periodos de luz natural dependen de factores como la latitud y la altitud (Bradshaw y Holzapfel, 2007), así como la estación del año.

El fotoperiodo ejerce la mayor influencia en los biorritmos animales, dando lugar a alteraciones en el aumento de peso, ingesta alimentaria, consumo energético, locomoción y otros parámetros fisiológicos (Navarro y Navarro, 2012; Navarro *et al.*, 2013). Los peces poseen un mecanismo de reloj a través del cual los fotorreceptores sensibles a la luz y los sistemas humorales y neurales informan al organismo del estado de la luz ambiental (Falcón *et al.*, 2010). También se sabe que la hipófisis es la glándula que se encarga de regular una variedad de funciones relacionadas con la reproducción, el crecimiento, el metabolismo, la homeostasis energética de los organismos, ya que esta sincronización ejerce un efecto directo sobre la maduración de ovarios y testículos (Navarro y Navarro, 2012). Al mantener expuestos a fotoperiodos de luz prolongados se tiende a suprimir la maduración gonadal y la energía se redirecciona hacia el crecimiento somático (Ginés *et al.*, 2004).

La manipulación del fotoperiodo en el cultivo de peces es utilizada para modificar el ciclo reproductivo, mejorar la sincronía de la maduración sexual, inducir el desove e incluso

resolver problemas de sobrepoblación (Kissil *et al.*, 2001; Campos-Mendoza *et al.*, 2004; Biswas *et al.*, 2005). En *Oreochromis niloticus* se ha reportado que en periodos de día largo la maduración sexual es más rápida y aumenta la frecuencia de fecundidad, se eleva la producción y mejora la condición de los ovocitos (Campos-Mendoza *et al.*, 2004; Biswas *et al.*, 2005).

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

Por otra parte, el oxígeno es otro de los parámetros fundamentales en los sistemas acuáticos, ya que condiciona la distribución, el comportamiento y el crecimiento de los organismos. La dinámica de este elemento está determinada por un balance entre la fotosíntesis, el oxígeno atmosférico, el disuelto en el agua y los procesos oxidativos de la comunidad biótica (Wetzel, 2001).

La concentración de oxígeno disuelto en el agua de los sistemas acuáticos es importante ya que presenta constantes cambios que dependen de factores como la temperatura y sales disueltas, la presión atmosférica y los factores biológicos como la fotosíntesis y la respiración. Pauly (1984), sostiene que los peces requieren de una adecuada provisión de alimento, así como de oxígeno para crecer, pero el crecimiento es más bien limitado por el oxígeno disuelto (OD), dado que esta variable es el primer factor físico limitante en un ambiente acuático (Delince, 1992; Ross, 2000). Según Arredondo y Ponce (1998) y De la Lanza (1998), las especies de peces presentan cierta tolerancia a las concentraciones mínimas de este gas, las que seguramente se registraran en el fondo del sistema debido a procesos de descomposición de la materia orgánica. Generalmente las especies epicontinentales se pueden clasificar en función de tolerancia a los bajos niveles de oxígeno, siendo la mayoría de los cíclidos y ciprínidos los que resisten una concentración baja de oxígeno. Esta es una ventaja al contemplar un cultivo de *Oreochromis niloticus*, pues su sangre es capaz de saturarse de oxígeno y aun de reducir su consumo si la concentración es inferior a 3 mg/L; para tal efecto, usa un metabolismo semi-anaeróbico que les permiten soportar niveles de 1 mg/L e incluso menor por periodos cortos (Cabañas, 1995; Granado, 2002). Asimismo, tienen la facultad de reducir su consumo de oxígeno

cuando la concentración en el medio es baja (Arredondo y Ponce, 1998; Arul, 2000; Colegio de posgraduados, 2010). Cuando falta oxígeno en el agua, los peces suben a la superficie e intentan aspirar aire, otros nadan de lado o se agrupan cerca de las entradas de agua fresca. Además, llegan a percibir olores desagradables provenientes del agua y normalmente se presentan bajas concentraciones de oxígeno disuelto en días nublados o sombreados, o en ausencia de luz solar (Colegio de posgraduados, 2010).

Durante el estudio se presentaron valores que van de 3.2 mg/L a 16.2 mg/L, los valores de la temperatura y el oxígeno disuelto se comportaron de manera inversa durante todo el estudio, se puede concluir que a mayor temperatura el oxígeno se encontraba en menor proporción y esto es debido principalmente a la solubilidad que este presenta. En un estudio realizado por Kolding *et al.* (2008), mencionan que cuando las concentraciones de oxígeno son bajas, los procesos de reproducción se ven alterados; mientras que a concentraciones por debajo de 1.5 mg/L los organismos presentan falta de apetito. Covarrubias y Velazco-Arce (2011), sugieren que la concentración óptima para el cultivo no debe ser menos a 5ppm mientras que Alcántar-Vázquez *et al.* (2014) recomiendan que la concentración adecuada es de 4 a 6 mg/L; resultados que apoyan los obtenidos en el presente trabajo, ya que los valores mínimos registrados se encuentran dentro del intervalo que establecen estos autores, lo que permite que la tilapia se desarrolle de forma adecuada.

La concentración de sólidos disueltos en las aguas es importante debido a que interfieren con la respiración de los organismos al dañar sus branquias, modifica la cantidad de luz que penetra en el cuerpo de agua, además de que los altos contenidos de sólidos orgánicos suspendidos provocan una alta demanda biológica de oxígeno (Arredondo y Ponce, 1998; Romero-Rojas, 1999; Iturra, 2008).

Los altos valores de sólidos totales son indicativos de la actividad pesquera que se realiza en el sistema, ya que los pescadores al introducir las redes ocasionan que los sedimentos sean re-suspendidos, lo que induce una disminución en la transparencia y un aumento en la turbidez, provocando con esto una baja en la productividad primaria y, por lo tanto, que prevalezca la ruta heterotrófica en el cuerpo de agua (García, 2011).

La conductividad de las aguas epicontinentales de México varía desde 45 hasta 10000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y en zonas de elevada contaminación, algunas veces llega a exceder este último

valor (Arredondo y Ponce, 1998). En la acuicultura, especies de interés de agua dulces suelen desarrollarse bien entre valores de 150-500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Gama *et al.*, 2010). La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua (Romero-Rojas, 1999; Gómez-Márquez *et al.*, 2014). Esta tiene una estrecha relación con la temperatura, ya que a mayor temperatura mayor conductividad (Romero-Rojas, 1999).

A la hora de analizar la calidad del agua en un reservorio acuático, uno de los parámetros biofísicos es la concentración de clorofila "a" (Zhu *et al.*, 2005; Gonzales *et al.*, 2011). La concentración de clorofila "a" se utiliza para estimar de forma indirecta la biomasa de las comunidades fitoplanctónicas, debido a que es el principal pigmento fotosintéticos en las algas (Gregor y Marsálek, 2004). La clorofila "a" es un indicador del grado de contaminación de los ecosistemas acuáticos y un importante índice del estado fisiológico del fitoplancton (Pinto *et al.*, 2001). El crecimiento masivo de algas y cianobacterias que se producen en la eutrofización pueden ocasionar mortandad de animales (Vincent *et al.*, 2004).

Durante el estudio las concentraciones de clorofila "a" fueron bajas, esto se puede deber a que el plancton muestra fuertes cambios en sus densidades poblacionales (de un día para otro), debido a su corto ciclo de vida, por lo que produce fuertes cambios en la composición de especies y muy rápidamente, en su abundancia y a que la clorofila presenta su máximo nivel en días cálidos y los niveles más bajos en época de lluvia, ya que la biomasa del fitoplancton parece guardar una relación con el aumento y descenso del nivel de las aguas del embalse (González *et al.*, 2004; Eгна y Boyd, 1997). Se tiene que recordar que la clorofila "a" es una variable que depende la concentración de nutrientes, la penetración de luz y la temperatura (Bonansea *et al.*, 2012). También se debe de tomar en cuenta la gran cantidad de agua que entra y sale del sistema durante todo el día ya que se extrae para el riego de los cultivos aledaños.

Peña-Mendoza *et al.* (2005), mencionan que los incrementos de la biomasa de fitoplancton también esta relaciona con los incrementos del IGS debido a que este aumento de la biomasa de fitoplancton puede jugar como una señal ambiental de una temporada favorable para la próxima cría, un mejor crecimiento y una alta supervivencia, ya que existe mayor disponibilidad de alimento. Con base en la información que se obtuvo durante este trabajo

se puede decir que las condiciones físico-químicas del agua eran favorables para el crecimiento y reproducción de la tilapia.

El presente estudio es relevante dada la importancia de brindar las estrategias precisas para evitar la pesca de hembras antes de su primera reproducción o en etapa reproductiva como que el arte de pesca sea con una malla de luz con una abertura en la cual los organismo capturados ya hayan presentado su primera reproducción y de esta manera mejorar el manejo de *Oreochromis niloticus*; para garantizar la conservación o cuando menos disminuir el riesgo de sobre-explotación de la tilapia, todo ello dada la dependencia económica de la comunidad que apoya su economía con el cultivo o consumo de tilapia.

CONCLUSIONES

- ✿ El tipo de crecimiento que se presenta *Oreochromis niloticus* es alométrico negativo tanto para hembras como para machos, esto indica que crecen más en longitud que en peso.
- ✿ Las tallas registradas para la especie fueron de 15.5 cm a 24.8 cm de longitud total con peso promedio de 131.9 g para hembras, por otro lado, los machos presentaron longitudes totales entre 16.3 cm a 25.5 cm, con peso promedio de 187.9 g.
- ✿ El factor de condición indica que tanto como hembras y machos presentan buenas condiciones a lo largo del año.
- ✿ La primera talla de madurez sexual fue de 20.3 cm de longitud total para hembras y de 24.1 cm de longitud total para machos.
- ✿ Los valores de los índices biológicos señalan que existen dos períodos de reproducción, uno en los meses de mayo a julio y otro de febrero a abril del 2018.
- ✿ Los organismos presentan un desarrollo ovárico asincrónico por grupos.
- ✿ La población se integró de 65.5% de hembras y 35.5% de machos con una proporción sexual de 1.8:1 (hembra: macho).
- ✿ La fecundidad absoluta fluctuó entre los 210 – 1211 ovocitos por pez, con diámetros que se encuentran desde los 350 μm a 2600 μm .
- ✿ Las características físicas y químicas del agua del sistema acuático “La Palapa” señalan que es un sistema acuático somero y productivo, con temperaturas, concentración de oxígeno disuelto, valores de pH adecuadas para el crecimiento y reproducción de *Oreochromis niloticus*.

BIBLIOGRAFÍA

- ✿ **Abdulrahman, A.K. 1996-1997.** Food, size, and condition of *Oreochromis niloticus* in Nigeria (Pisces: Cichlidae). Rev. Biol. Trop. 44/45: 655-658 p.
- ✿ **Admassu, D. 1996.** The breeding season of tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in lake Awassa (Ethiopian rift vallery). Hidrobiología. 337: 77-83 p.
- ✿ **Alamailla, H. A. 2001.** Cultivo de tilapia. 20 E Techni-Campo. México. 19 p.
- ✿ **Alcalá, P. A. y S.G.B. Alvarado. 2014.** Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* L. en dos bordos del Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 109 p.
- ✿ **Alcántar-Vázquez, J.P., Santos-Santos, C. Moreno-de la Torre, R. y C. Antonio-Estrada. 2014.** Manual para la producción de supermachos de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). UNPA-PIFI, Oaxaca. México. 81 p.
- ✿ **Alejo, P.M., M.E. Laguna y T.P. Ramírez, 1989.** Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna El Rodeo, Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza, UNAM. México. 129 p.
- ✿ **Alvarado, C.M., G.M.J. Fabila y D.V.A. Zamora, 1990.** Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna El Rodeo, Morelos. Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza, UNAM. México
- ✿ **Anónimo. 1994.** Piscicultura rural. Unidad de comunicación social de la Secretaria de Pesca. SEPESCA. México. D.F. 25 p.
- ✿ **APHA, AWWA y WPCF. 1992.** Standard Methods for the examination or water and wastewater. 18ed. American Public Healt Association. EE.UU. 1100 p.
- ✿ **Arredondo-Figueroa J.L, J.L.C. García y P.C. Martínez. 1982.** La conducta físico-química y el rendimiento pesquero de un estanque temporal tropical, utilizado para la piscicultura extensiva en el estado de Morelos. Rev. Lat. Acui. 12: 1-12 p.
- ✿ **Arredondo-Figueroa J.L y M. Guzmán-Arroyo. 1986.** Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. An, Inst. Biol. UNAM. Ser. Zool. 59(2):553-571 p.
- ✿ **Arredondo, B., A. Beltrán y M. Torres. 1994.** Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia. UAM-1 planta de producción acuícola, Depto. de Hidrobiología, C.B.S. Convenio Secretaria de Pesca-UAM-I., México. 126 p.

- 🌿 **Arredondo, F.J.L y J.P.T. Ponce. 1998.** Calidad de agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. Ed. AGT EDITOR, 1° ed. México 120 p.
- 🌿 **Arul, S.V. 2000.** Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. Aquatic 10: 17-20 p.
- 🌿 **Azaza, M.S., M.N. Dhraief y M. M. Kraiem. 2007.** Effects of water temperature on growth and sex ratio of jubiles Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal Waters in southern Tunisia. Journal of termal biology 33: 98-105 p.
- 🌿 **Babiker, M.M. y H. Ibrahim. 1979.** Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica*: gonadal maturation and fecundity. J. Fish Biol. 14: 437-447 p.
- 🌿 **Baltazar, P. M. 2007.** La tilapia en Perú: acuicultura, mercado y perspectivas. Rev. Perú. Biol. 13: 267-273 p.
- 🌿 **Bagenal, T. 1978.** Aspects of fish fecundity: 75-102. In Shelby, D. G. (eds). Ecology of freshwater fish production. Blackwell Scientific, Oxford. England.
- 🌿 **Bakhoun,S.A. 2002.** Comparative reproductive biology of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L), Blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steind) and their hybrids in lake edku Egypt. Rev. Egypt J. Aqua. Biol. fish vol. 6. N° 3:121-142
- 🌿 **Baras, E., J. Bruno y C. Melard. 2000.** Effect of water temperature on survival, growth and phenotypic sex of mixed_xx-xy progenies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 192: 187-199 p.
- 🌿 **Barbieri, G., M.T.D. Giamas, A.R. Teixeira-Filho, E.C. Campos y H. Vermulm. 2000.** Biología populacional da tilapia, *Oreochromis niloticus*, da represa de Guarapiranga, Sao Paulo. II Dinámica de reproducción. Boletín del instituto de pesca. Sao Paulo. 26 (1): 9-13.
- 🌿 **Barclay, M.H. 1996.** An ecological study of a temporary pond near Auckland New Zealand. Austr.J. Mar. Freshwater Res. 17: 239-258.
- 🌿 **Bardach, E.J., J.H. Ryther y W.O. Mclarney, 1986.** Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor, S.A. 718 p.
- 🌿 **Basualdo-Ramírez, L.J., F. Jiménez-Guzmán, A.C. Jiménez-Saavedra, F.J. Macal-Niño, E.A.M. Quintero-Marmol, D.M.A Montaña-Aguilar y E. Gutiérrez, 2012.** Criterios técnicos y económicos para la producción sustentable de la tilapia en México. México.Soltarimpresiones.
work/sites/cona/dgof/publicaciones/criterioasTecnicoEconomicoTilapiaenMexico.pdf

- ✿ **Basurto, M. 1984.** Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la *Tilapia nilotica* (Linnaeus) en la laguna de Chila. Veracruz. Tesis de Licenciatura Universidad del Noroeste de Tampoco, Tampico, México. 50 p.
- ✿ **Basurto-Origel, M. 1994.** Aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. Centro regional de investigación en puerto Morelos, Q. Roo. 6: 1-3.
- ✿ **Bayuelo, E. y O. Sanz, 2005.** Reproducción de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el jardín Zoológico de la Habana. Ciencias 3: 63-67.
- ✿ **Beltrán-Álvarez, R., J. Sánchez-Palacios, J. Pedro-Ramírez y G. Arroyo-Bustos. 1998.** Comportamiento de la pesquería de mojarra *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), de la presa Gustavo Díaz Ordaz, Sinaloa, México. An. Esc. Nac. Cienc. Biol. México 44: 141-153.
- ✿ **Beltrán-Álvarez, R., J. Sánchez-Palacios, L.G. Valdez y A. Ortega-Salas. 2010.** Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la presa Sinaloa, Sinaloa, México. Rev. Trop. 58:(1) 325-338.
- ✿ **Beltrán-Álvarez, R., J. Sánchez-Palacios, L.G. Valdez y A. Ortega-Salas. 2014.** Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces:Cichlidae) en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa, México. Ciencia Pesquera, 22(2), 37-46.
- ✿ **Bezault, E., F. Clota, M. Derivaz, B. Chevassus y J.F. Baroiller. 2007.** Sex determination and temperature-induced sex differentiation in three natural populations of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) adapted to extreme temperature conditions. Aquaculture 272, S1: S3-S16.
- ✿ **Biswas, A.K., T. Morita, G. Yoshizaki, M. Maitaand y T. Takeuchi. 2005.** Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. Aquaculture 243: 229-239 (a).
- ✿ **Blackwell, B., T. Seamans, D. Helon y R. Dolbeer. 2000.** Early loss of Herring Gull glutches after egg-oiling. Wildlife society bulletin. 28(1): 70-75.
- ✿ **Bocek, A. 2003.** Introducción al cultivo de Tilapia. Acuacultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. International Center for Aquaculture. Swingle Hall Auburn University, Alabama USA.
- ✿ **Bonanse, M., C. Ledesma, C. Rodríguez, A. S. R. Delgado. 2012.** concentración de clorofila-a y límite de zona fótica en el embalse Río Tercero (Argentina) utilizando imágenes del satélite CBERS-2B. AmbiAgua, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 61-71

- 🌿 **Boyd, C.E. 1990.** Water quality in ponds aquaculture. Agricultural experiment station. Auburn University. Alabama. USA. 369 p.
- 🌿 **Bradshaw, W.E. and Holzapfel, C.M. 2007.** Evolution of animal photoperiodism. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 38: 1-25.
- 🌿 **Bromage, N.R., M, Porter y C.F. Randall. 2001.** The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*. 197: 63-98 p.
- 🌿 **Cabañas, L.P. 1995.** Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (*Oreochromis ssp*). Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 66 p.
- 🌿 **Camargo, S.A.A. y S.S.D. Cruz. 2013.** Reproducción y crecimiento de *Oreochromis niloticus* mediante un cultivo intensivo en la ciudad de México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 51 p.
- 🌿 **Campos-Mendoza, A., B.J. McAndrew., K. Coward y N. Bromage. 2004.** Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture* 231:299-314 p.
- 🌿 **Cantor, A. F. 2007.** Manual de producción de Tilapia. Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. 135 p.
- 🌿 **Canseco, J.F.J. 2004.** Biología de la reproducción de *O. niloticus* (*Linnaeus, 1775*). Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 82 p.
- 🌿 **Castrejón, M.T., R. Palacios y A. García-Alarcón. 1995.** Patrón reproductivo de la tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus*, Programa-Resúmenes. XII Congreso Nacional de Zoología. Nov.1. Morelia, Michoacán, México. 24 p.
- 🌿 **Castro, R.R., H.J. Paz y B.G. Aguilar. 2004.** Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de tilapia (*Oreochromis sp.*) en aguas duras en la región de la Cañada, Oaxaca, México. *Revista AquaTIC* 20:38-43
- 🌿 **Castro, A.L.S., E. Goncalves-de-Freitas, G.L. Volpato y C. Oliveira. 2009.** Visual communication stimulates reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L). *Rev. Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. Vol.42: 368-347.
- 🌿 **Castillo, F.L. 1989.** Historia genética e hibridación de la tilapia roja. SEDAPESCA. Colombia. 69-193 p.11
- 🌿 **Castillo, L.F. 1989.a** Cultivo comercial de la tilapia roja en Colombia: 221-229. En: I. Rey y R Puentes. Memorias III Reunión red nacional de Acuicultura, COLCIENCIAS, CIID- Canadá. Cali, octubre 31, noviembre 1,2 y 3 Colombia.

- ✿ **Cedano-Castro, M. D., B. A. Lujan, S.A. Hamilton. 2003.** Crianza de *Oreochromis niloticus*. Var. Chiltralada en sistemas bio-floc en la empresa PRODUMAR S.A, Guayaquil (Ecuador). Rev. REBIOLEST 1(2): 79-91.
- ✿ **Cervantes, S.A. 1984.** Manual de Técnicas Básicas para el análisis de ambientes acuáticos. Carrera de biología, ENEP Zaragoza UNAM. México, 106 p.
- ✿ **Charo, K.H., M.A. Rezk y H.B.K. Hans. 2005.** Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* juveniles. Aquaculture, 249: 115-123
- ✿ **CONAPESCA-SAGARPA, MICHOACAN. 2012.** Plan rector del sistema productor Tilapia Michoacán. Siprotmich. 85 p.
- ✿ **Contreras, E.F. 1994.** Manual de técnicas Hidrobiológicas. Edit. Trillas. UNAM. México. 194 p.
- ✿ **Cole, G.A. 1979.** Textbook of limnology. 2° Edition, The C.V. Mosby co.Louis. U.S. 426 p.
- ✿ **Colegio de Posgraduados. 2010.** Curso de cultivo de peces en estanques circulares. Manual del participante. COLPOS-Campus Veracruz. Acuicultura Rural integral 32 p.
- ✿ **Conover, D.O y M.H. Fleisher. 1986.** Temperature-sensitive period of sex determination in the Atlantic silverside, *Menidia menidia* J. Can. Fish. Aquat, Sci. 43: 514-520.
- ✿ **Covarubias, B.J.C y J.M.J. Velazco-Arce. 2011.** Calidad de agua para el cultivo de tilapia en estanques de geomembrana. Revista Fuente. Año 3. 8:10-14
- ✿ **Coward, K. y N.R. Bromage. 1999.** Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). Aquaculture. 171: 251-267.
- ✿ **Coward, K. y N.R. Bromage. 2000.** Reproductive of female tilapia broodstock. Reviews in fish Biology and fisheries 10:1-25
- ✿ **Cushing, D. 1995.** Population, production and regulation in the sea. A fisheries perspective. New York, USA and Melbourne, Australia: Cambridge University press. 344 p.
- ✿ **Dadzie, S., F. Abou-Seedo y J.O. Manyala. 2000.** Length weight relationship and condition factor of *Pampus argentus* (Euphrasen 1788) in Kuwait waters. Kuwait J. Sci. Engin.26: 123-136.
- ✿ **De Juan, H.J., I.M. García., C.R. Pérez y L.R. Mengual. 2009.** Influencia del sistema visual en la reproducción de los peces. Departamento de biotecnología. Universidad de Alicante. España. 27 p.

- 🌿 **De Graaf, G.J., F. Gameloni y E.A Huisman. 1999.** Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture Research. 30:25-33
- 🌿 **De la Lanza, E.G. 1998.** Aspectos físico-químicos que determinan la calidad del agua. En: Córdova, M.L.R. 1998. Ecología de los sistemas acuícolas. AGT Editor. México. 221 p.
- 🌿 **Delince, G. 1992.** The ecology of the fish pond system. Whit special reference to Africa. Kluwer Academic Publishers. 230 p.
- 🌿 **Desprez, D., C. Briand, M. C. Hoareau, C. Mélard, P. Bosc y J.F Baroiller. 2006.** Study of sex ratio in progeny of a complex *Oreochromis* hybrid, the Florida red tilapia. Aquaculture 251: 231-237.
- 🌿 **Devlin, R. y Y. Nagahama. 2002.** Sex determination and differentiation in fish: and overview of genetic physiological and environmental influences. Aquaculture. Vol 208:191-364.
- 🌿 **Díaz-Pardo, E., C. Guerra y G. Vázquez. 1986.** Estudio bioecológico de la Laguna de Atezca, Hidalgo, México. Análisis limnológico. An. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México. 30: 171-189.
- 🌿 **Duponchelle, F., P. Cecchi., D Corbin., J. Nuñez y M. Legendre. 2000.** *Oreochromis niloticus*, from Man-made Lakes of Côte D'Ivoire Environmental Biology of Fishes 57:155-170
- 🌿 **Duston, J., N.R. Bromage. 1986.** The entrainment and gating of the endogenous circannual rhythm of reproduction in the female rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Comp. Physiol. 164a, 259-268.
- 🌿 **Duston, J., T. Astatkie y P.F Macisaac. 2003.** Long-to-short photoperiod in winter halves the incidence of sexual maturity. Aquaculture 221: 567-580.
- 🌿 **Egna, H. y C. Boyd. 1997.** Dinámica de los estanques en acuicultura. Instituto tecnológico superior de Callkini en el estado de Campeche. 19 p.
- 🌿 **El-Sayed, A. K., G. Mansour y A. Mohammad. 2003.** The Biology of *Oreochromis niloticus* in a Polluted Canal. Ecooxicología. Vol. 12, Issues 5: 405-416
- 🌿 **Falcón, J., H. Migaud, J. A Muñoz-Cueto y M. Carrillo. 2010.** Current knowledge on the melatonin system in teleost fish. General and comparative endocrinology, Vol. 165 N. 5
- 🌿 **FAO. 2006.** Cultured Aquatic Species Information Programmed–*Oreochromis niloticus*. Text by Rakocy, J.E. In FAO Fisheries and Aquaculture Department (en línea). Rome. Consultado 01/06/2018

- 🌿 **FAO. 2007.** Fisheries and aquaculture department. Species fact Sheets *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en. Consultado el 01/06/2018
- 🌿 **FAO. 2011.** Desarrollo de la acuicultura, enfoque sistemático a la acuicultura. Roma ISSN 1020-5314
- 🌿 **FishBase. 2007.** World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org.
- 🌿 **Fryer, G. and T.D. Iles. 1972.** The Cichlid Fishes of the great lakes of Africa. Their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641 p.
- 🌿 **Froese, R. 2006.** Cube law, condition factor and weight-length relationship: history, meta-analysis and recommendations. Journal of applied Ichthyology. 22: 241-253.
- 🌿 **Gama, F.J.L., M.E.L. Pavón., P.T. Ramirez y L.O. Ángeles. 2010.** Análisis de calidad de agua, relación entre factores bióticos y abióticos. 1° edición. FES Iztacala. UNAM. México. 119 p.
- 🌿 **García, A., J. Tume y V. Juárez. 2014.** Determinación de los parámetros de crecimiento de la Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) en un estanque revestido con geomembrana y abastecido con agua de subsuelo. Ciencia y Desarrollo. Vol. 15, numero 2.
- 🌿 **García, E. 2004.** Modificación al sistema de Clasificación climática de köppen (adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5 ed. Instituto de Geografía, UNAM, México, 90 p.
- 🌿 **García, G.M.A. 2011.** Reproducción de *Oreochromis niloticus* en el bordo “La Palapa” Morelos, México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México. 111 p.
- 🌿 **Getinet, G.T. y N.B. Amirt. 2007.** Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitral strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture research 38: 1066-1073.
- 🌿 **Ginés, R., Afonso, J.M., Argüello, A., Zamorano, M.J. y J.L. López. 2014.** The effects of long-day photoperiod on growth, body composition and skin colour in immature gilthead sea bream (*Soarus aurata* L.) Aquaculture research. Vol. 35 n. 13.
- 🌿 **Granado, L. C. 2002.** Ecología de peces. Unidad de Sevilla Secretariado de publicaciones. Sevilla, España. 197-200 p.
- 🌿 **Gregor, J., B. Marsálek. 2004.** Freshwater Phytoplankton Quantification by Chlorophyll a: A Comparative Study of in vitro, in vivo and in situ Methods. Water Res. 38:517-522.

- ✿ **Gómez-Márquez, J.L., R.M.A. Castillo, M.J.G Fabiola y V.A.D. Zamora. 1993.** Reproducción de la tilapia en la laguna El Rodeo, Estado de Morelos, México. Tópicos de Investigación y Posgrado III 1: 16-22.
- ✿ **Gómez-Márquez, J.L. 2002.** Estudio Limnológico-Pesquero del Lago de Coatetelco, Morelos, México, Tesis de Doctorado. Posgrado en ciencias biológicas. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 181 p.
- ✿ **Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, I.H. Salgado-Ugarte y M. Guzmán-Arroyo. 2003.** Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in México. Rev. Biol. Trop. Vol. 51 (1): 221-228.
- ✿ **Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, I.H. Salgado-Ugarte y Arredondo-Figueroa, J.L. 2008.** Age and growth of the tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical shallow lake in Mexico. Revista de Biología Tropical, 56 (2), 875-884.
- ✿ **Gómez-Márquez, J.L., A.G. Blancas., E. Constanzo-Casillas y A. Cervantes-Sandoval. 2014.** Análisis de aguas naturales y residuales de aplicación a la microescala. UNAM. FES Zaragoza. 204 p.
- ✿ **Gómez, O.C.A. 2015.** Edad y Crecimiento de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un bordo del estado de Morelos. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. 108 p.
- ✿ **Gonzáles, J.E., M. Ortaz, C. Peñaherrera y M. L. Matos. 2004.** Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrófico (Pao-Cachinche, Venezuela): abundancia, biomasa y producción primaria. Interciencia, 29 (10): 548-555.
- ✿ **Gonzáles, O.S., C.A. Almeida, S. Quintar, P. S. González. 2011.** Application of multivariate statistical techniques to evaluate organic pollution on a river in Argentina. Ambiente y Agua. 6 (3): 27-42.
- ✿ **González, R, F. de J., D.M, Sangerman., J.M. Omaña., S. Rebollar., J. Hernández J. C. Ayllón. 2016.** La comercialización de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el sur del Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 7(8):1985-1996
- ✿ **Granado, L.C. 2002.** Ecología de peces. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Serie: ciencias: 45: 353.
- ✿ **Guerrero-Estévez, S. y N. Moreno-Mendoza. 2010.** Sexual determination and differentiation in teleost fish. Reviews in fish biology and Fisheries 20: 101-121.
- ✿ **Günter, G.G. 1957.** Temperature. In J.W. Hedgpeth (ed.) Marine Ecology. Treatise on marine ecology and paleoecology. Geol. Soc. Amer. Mem 67 p.

- 🌿 **Henry, B.O. 1994.** Some aspects of the reproductive Biology of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) in the Nyanza Gulf of Lake Victoria, Kenya. Kenia marine and fisheries research instituteln: Okemwa E., Wakwabi E.O. y Getabu A: 121-129.
- 🌿 **Hepher, B. 1988.** Nutrition of pond fishes. Cambridge University Press. Cambridge. 388 p.
- 🌿 **Hernández-Avilés, J.S. y B. Peña-Mendoza. 1992.** Rendimientos piscícolas en dos bordos semi-permanentes en el estado de Morelos, México. Hidrobiológica 3/4: 11-23.
- 🌿 **Hernández-Avilés, S. J., M. del C. Galindo y J. P. Loera. 2002.** Bordos o microembalses: *In:* de la Lanza-Espino, G. & J. L. García-Calderón. (Comps.). *Lagos y presas de México*, 1ª Edición, AGT Editor S.A. México, D.F. 599-618 p.
- 🌿 **Hernández-Avilés, J.S., J.L. García-Calderón y G. de la Lanza-Espino. 2007.** A proposed limnological classification of small water bodies based on the climate, in a tropical region: México. Investigaciones Geográficas 64: 63-74.
- 🌿 **Helfman, G.S., B.B. Collette, D.E. Facey y B.W. Bowen. 2007.** The diversity of fish: biology, evolution and ecology. Wiley-Blackwell, Oxford, England.
- 🌿 **Holden, M.J. y D.F.S. Raitt. 1975.** Manual de ciencia Pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO documento técnico de pesca (115) Rev. 1:211.
- 🌿 **INEGI, 2013.** El Sector Alimentario en México 2013. Serie estadísticas sectoriales Instituto Nacional de Estadísticas Geográficas e Informática. Aguascalientes, México 304 p.
- 🌿 **INEGI. 2015.** Panorama sociodemográfico de México. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825078065>. Consultado 05/07/18.
- 🌿 **INEGI. 2016.** Marco geoestadístico junio.
- 🌿 **INEGI.2017.** Dirección general de geografía y medio ambiente. Catalogo único de claves de áreas geoestadísticas estatales, municipales y localidades <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/catalogoclaves.aspx>. Consultado 05/07/18
- 🌿 **Ingle de la Mora, G., E.L. Villareal-Delgado, J.L. Arredondo-Figueroa, J. Ponce-Palafox e I. Barriga-Sosa. 2003.** Evaluación de algunos parámetros de calidad del agua en un Sistema cerrado de recirculación para la acuicultura, sometido a diferentes cargas de biomasa de peces. Hidrobiológica. 13(4):247-257.
- 🌿 **ISSG Database. 2008.** National Biological Information Infrastructure (NBII) y IUCN SSC Invasive Species Specialist Group. Consultado 04/06/2018.
- 🌿 **Iturra, J. 2008.** Manual de crianza de la tilapia. Editorial Nicovita. Perú 49 p.

-  **Jeremy S.L, D.S. Timothy, R.S. Jay, y Carline R.F. 1996.** Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia (Linnaeus). *Aquaculture* 146: 37-46.
-  **Jiménez-Badillo, M. L. 2006.** Age-Growth, mortality and yield of *tilapia marinae* Boulenger 1899 (Cichlidae) in Nigeria rainforest wetland stream. *J. Appl. Ichthyol.* 20: 502-510.
-  **Kariman, A., Sh. Shalloof y M.M Salama, 2008.** Investigations on some aspects of reproductive biology in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) Inhabited Abu-zabal lake, Egypt. *Rev. Global Veterinaria* 2(6): 351-359.
-  **Khallaf, E.A. M. Galal y M. Authman, 2003.** The biology of *Oreochromis niloticus* in a polluted canal. *Ecotoxicology.* 12: 405-416.
-  **King, 1995.** Fisheries biology, assessment and management. 2ed. fishing News Books. 341 p.
-  **King, M. 2007.** Fisheries biology, assessment, and management. 2nd ed. Blackwell publishing. Australia. 382 p.
-  **King, R.P. y L. Etim, 2004.** Reproduction, growth, mortality and yield of Tilapia marinae Boulenger 1899 (Cichlidae) in a Nigerian rainforest wetland stream. *J. Appl. Ichthyol.* 20: 502-510.
-  **Kissil, G, I. Lupatch, A. Elizur and Y. Zohay. 2001.** Long photoperiod delayed spawning and increased somatic growth in gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 200: 363-379
-  **Kolding, J. 2006.** Population dynamics and life-history styles of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, in Ferguson's Gulf, Lake Turkana, Kenya. *Environmental Biology of Fishes.* 37 (1): 25-46.
-  **Kolding, J., L. Haug y S. Stefansson. 2008.** Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Can. J. Fish. Aquaculture. Scie.* 65: 1413-1424.
-  **Komolafe, O. O. 2004.** The breeding biology of *Oreochromis niloticus* Linnaeus (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir, Ile-Lfe, Nigeria. *Journal of science and technology.* Vol 25 N° 2. 1-8 p.
-  **Komolafe, O. O. y G. A. O. Arawono. 2007.** Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir, Ile-lfe, Nigeria. Department of zoology, *Rev. Biol. Topi.* Vol. 55 (2): 595-602.

-  **Lagler, F.K. 1956.** Freshwater fishery biology. Ed. WMC. Beown company publishers, Dubuque, Iowa. 421 p.
-  **Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R.M. Pasion. 1977.** Ichthyology. Segunda edición. Editor Wiley. New York. USA. 506 p.
-  **Larsson, S y I. Berglund. 2005.** The effect of temperature on the growth energetic, growth efficiency of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) from four Swedish populations. J. Therm. Biol. 30, 29-36.
-  **Lazard J. y L. Dabbadie. 2002.** Freshwater aquaculture and polyculture. Safran, fisheries and aquaculture: tower sustainable Aquatic Living Resources Management. Encyclopedia of life support systems (EOLSS), developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK.
-  **Legendre, M. y J.M. Ecoutin. 1996.** Aspects of the reproductive strategy or *Sarotherodon melanotheron*: comparison between a natural population (Ebrie Lagoon, Côte d' Ivoire) and different cultured populations. The third International Symposium on Tilapia in Aquaculture, ICLARM Conf. Proc. 41, Abidjan.
-  **Le Cren, E. 1951.** The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). Journal of Animal Ecology 20(2):201-219.
-  **Love, R.M. 1970.** The chemical biology of fishes. Academic Pres, London and New York.
-  **Lowe-McConnell, R.H. 1975.** Fish communities in tropical fresh waters: Theirs distribution, Ecology and evolution, London. Longman. 337 p.
-  **Lowe-McConnell, R.H. 1982.** Tilapias in fish communities. In R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds). *The biology and culture of tilapias*, ICLARM Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila. 83–113 p.
-  **Lowe, M.R., W. Wei, M.S. Peterson., N.J. Brown-Peterson., W.T. William y P.J. Schofield. 2012.** Survival, Growth and reproduction of non-native Nile tilapia II: Fundamental Niche projections and invasion potential in the Northern Gulf of México.
-  **Luchiari, A.C. y F.A. M. Freire. 2009.** Effects of environmental colour on growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), maintained individually or in groups. J. Appl. Ichthyol. 25: 162-167.
-  **Margalef, R. 1983.** Limnología. Editorial Omega. Barcelona, España. 252 p.

-  **Manríquez, L.Y. 2005.** Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 111 p.
-  **Marín-Ramírez, J.A., J.P. Alcántar-Vázquez, C. Antonio-Estrada, R. Moreno-de la Torre y D. Calzada-Ruíz. 2016.** Feminization of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by diethylstilbestrol growth and gonadosomatic index. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*: 3(7), 51-61.
-  **Martínez, C.P.A., C.S. Cristiana y L.G. Ross. 1996.** The effect of water temperature on food intake, growth, and body composition of *Cichlasoma urophthalmus* (Guter) juvenil. *Acuicultura Res.* 27:455-461.
-  **Mayorga-Castañeda, F. J. 2012.** Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial. 2ª. edición. Consultado el 26/06/18. <http://www.gbcbiotech.com/genomicaypesca/documentos/industria/SAGARPA%20Actualizacion%20Nacional%acuicola%202012.pdf>
-  Méndez-Villamil, M. M., J. Ma Lorenzo Nespereira, J. M. González Pajuelo y R. Soto **Aguilera. 1997.** Periodo reproductor y madurez sexual de la sardina *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) en aguas de gran canaria (islas canarias). *Bol. Inst. Oceanog.*, 13 (1 y 2): 47-55.
-  **Meyer, D.E. 1999.** La calidad del agua. Manual de introducción a la Acuicultura, Zamorano, Honduras. 128 p.
-  **Morales, D. A. 1974.** El cultivo de Tilapia en México. Datos biológicos. Instituto Nacional de Pesca. 25 p.
-  **Morales, D.D. 1991.** La Tilapia en México: biología, cultivo y pesquerías. A.G.T. Editor S.A. México. 190 p.
-  **Navarro, F.K.S.P. y R.D. Navarro. 2012.** Impotância do fotoperíodo no crescimento e na reprodução de peixes. *Revista Brasileira reprodução animal.* Vol. 36 N.2
-  **Navarro, F.K.S.P, R.D. Navarro, L.D.S. Murgas, M.A.N. Pereira y G.C. Hundley. 2013.** The effect of different photoperiods on plasma level of LH and gonadal maturation of female Lambari (*Astyanax bimaculatus*). *Pesquisa Agropecuaria Brasileira.* Vol. 48 N. 8
-  **Nirchio, M y J. Pérez. 2002.** Riesgos del Cultivo de Tilapia en Venezuela. *Interciencia* 27 (1): 39-44.
-  **Njiru, M., J.B Okeyo-Owour, M. Muchiri, M.J. Ntiba y I.G. Cowx. 2006.** Some biological aspects and life history strategies of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) in Lake Victoria, Kenya. *East African Wild Life Society. Afr.J. Ecol.* 44. 30-37.

-  **Nikolsky, V. D. 1963.** The Ecology of fishers. Part II. Academic Press London. 352p.
-  **Novaes, C.L.J y D.E. Carvalho, 2012.** Reproduction, food dynamics and exploitation level of *Oreochromis niloticus* (Perciformes:Cichlidae) from artisanal fisheries in Barra Bonita Reservoir, Brazil. Rev. Biol. Trop. Vol.60 (2):721-734.
-  **Ochotorena, S.A y B.V Espitia. 2005.** Reproducción de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en el Jardín Zoológico de la Habana.
-  **Ojuok, J.E. 1999.** The decline of the native fishes of Lake Victoria and Kyoga (East Africa) and the impact of introduced species, especially the Nile perch, *Lates niloticus* and the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Env. Biol.Fish. 27. 81-96
-  **Oliveira, R.F y V.C. Aldama. 1995.** Sexual dimorphism and allometry of external morphology in *Oreochromis mossambicus*. Journal of Fish Biology. 46(6): 1055-1064.
-  **Oliva, J.W., W, Carbajal y A. Tresierra. 1982.** Reproducción e histología de peces. Universidad Nacional de Trujillo, departamento de ciencias biológicas, Seccion recursos acuáticos, Trujillo, Perú. 93 p.
-  **Orlando, T. M., M. M. Oliveira, R. R. Paulino, A. C. Costa, I. B. Allaman and P.V. Rosa, 2017.** Reproductive performance of female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets with different digestible energy levels. Revista Brasileira de Zootecnia, 46(1), 1-7.
-  **Orozco, E. 2013.** Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* en el bordo la palapa, Morelos, México. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. México 67 p.
-  **Ospina-Álvarez, N. y F. Piferrer. 2008.** Temperature-dependent sex determination in fish revisited: prevalence, a single sex ratio response pattern, and possible effects of climate change. Plos ONE 3 (7).
-  **Paredes, M. E. A., 2013.** Aspectos Reproductivos de *Oreochromis niloticus* en el bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 88 p.
-  **Pascual, L., S. Saber, M.J. Gómez-Vives y D. Macías. 2010.** Estimación de dos parámetros reproductivos: edad y talla de primera madurez y fecundidad; en el bonito atlántico (*Sarda sarda*) capturados en almadrabas del Mediterráneo Español durante 2008-2009. Joint GFCM/ICCAT expert meeting on small tunas fisheries in the Mediterranean, Madrid, 2010.
-  **Pauly, D. 1984.** Fish population dynamic in tropical Waters: a manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila, Filipinas. 325 p.

-  **Peña, B. y R. Domínguez, 1999.** The Effects of different photoperiods on body growth, gonadal growth and hypothalamic monoamine content in juvenile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Hidrobiológica*, 9 (1), 63-70
-  **Peña-Mendoza, B., J.L. Gómez-Márquez, I. H. Salgado-Ugarte y D, Ramírez-Noguera. 2005.** Ciclo reproductivo e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus*. (Perciformes:Cichlidae). At Emiliano Zapata, Morelos, México. Laboratorio de Limnología, F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. *Revista de biología Tropical*. 53 (3-4): 515-522
-  **Peña-Mendoza, B., J.L. Gómez-Márquez y G. García-Alberto. 2011.** Ciclo reproductivo e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus*. (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia pesquera*. 19(2): 23-26.
-  **Peterson, M.S., W.T Slack., N.J Brown-Peterson y J.I. McDonald. 2004.** Reproduction in nonnative environments: Establishment of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in coastal Mississippi Watershed. *Copeia*. N° 4:842-849.
-  **Pinto, A., E. Von Sperling, R. Moreira. 2001.** Chlorophyll-a Determination Via Continuous Measurement of Plankton Fluorescence: Methodology Development. *Water Res.*;35(16):3977-3981.
-  **Platt, S y W.J. Hauser. 1978.** Optimum temperatura for feeding and growth of tilapia. *Prog. Fish cult.* 40 (3): 105-106.
-  **Ramos-Cruz, S. 1995.** Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez Oaxaca, México. *Ciencia pesquera*. Nueva época. 11: 54-61.
-  **Rennie, M.D. y R. Verdon. 2008.** Evaluation of condition indices for the lakes whitefish *Caregonus clupeaformis*. *North American Journal of fisheries management*. 28: 1270-1293.
-  **Ridha, M.t. y E.M. Cruz. 2000.** Effect of light intensity and photoperiod on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) seed production. *Aquaculture research*. 31: 609-617.
-  **Rodríguez, G.M. 1992.** Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT editor, S.A. México, D.F 1-42 p.
-  **Roldan, P.G. y R.J.J. Ramírez. 2008.** Fundamento de limnología neotropical. Segunda edición. Academia Colombiana de ciencias exactas, Físicas y Naturales. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. 442 p.
-  **Ross, L.G. 2000.** Environmental physiology and energetics. In *Tilapias:biology and exploitation*. Edited by M.C.M. Beveridge and B.J. McAndrew. Kluwer academic publishers, Dordrecht, Netherlands. 89-128 p.

-  **Romero-Rojas, J.A. 1999.** Calidad de agua. Editorial Alfaomega. México, D.F. 273 p.
-  **Saavedra-Martínez, M.A. 2006.** Manejo del cultivo de Tilapia. Coastal Resources Center, University of Hawaii Hilo. United States Intercontinental Development. 25 p.
-  **Saborido-Rey, F. 2008.** Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Curso de doctorado. Instituto de investigaciones marinas. Universidad de Virgo. 69 p.
-  **SAGARPA, 2012.** Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). URL:<http://www.siap.gob.mx/optestadisticasiacon2012parcialsiacon-zip/>. Consulta realizada el 01/06/2018.
-  **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, FES Zaragoza, UNAM. 87 p.
-  **Salgado, U. I. H. 1992.** El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Primera Edición. MARC ediciones. México, D.F. 243 p.
-  **Salgado-Ugarte, I.H, J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2005.** Métodos actualizados para análisis de datos biológicos-pesqueros. FES Zaragoza. UNAM. México. 240 p.
-  **Sánchez, M.J.M y Zamora A.S.D. 2012.** Producción y calidad de agua del bordo Huitchila, Morelos, México. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 101 p.
-  **Santos, R.S., S.J. Hawkinis y R.D. Nash. 1996.** Reproductive phenology of the Azorean rock pool blenny a fish alternative mating tactics. J. Fish Biol. 48: 842-858
-  **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. UNAM. México. D.F. 137 p.
-  **SEPESCA. 1988.** Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la secretaria de pesca. 202 p.
-  **Sinderman, C.J. 1990.** Principal diseases of marine fish and shellfish. Vol. 1. Diseases of marine fish. Second edition. New York: Academic press. USA. 521 p.
-  **Shoosmith, E. 1990.** A comparison of methods for estimating mean fecundity. J. fish. Biol.36: 29-37
-  **Sparre, P. y S.C. Venema. 1997.** Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales, Parte 1. Manual. FAO Documento Técnico de pesca, No. 306.1 Rev. 2: 420 p.

-  **Strüssman, A.D. y M. Nakamura. 2002.** Morphology, endocrinology and environmental modulation of gonadal sex differentiation in teleost fishes. *Fish physiology and biochemistry*. Vol. 26. 13-29.
-  **Tadasse, Z. 1997.** Breeding season, fecundity, length-weight relationship and condition factor of *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae) in lake Tana, Ethiopia. *Ethiop. J. Sci.* 20(1):31-47.
-  **Tessema, T., A. Müller-Belecke y G Hörstgen-Schwar. 2006.** Effect of rearing temperatures on the sex ratios of *Oreochromis niloticus* populations. *Aquaculture* 250: 270-277.
-  **Tovar, G.A. 2005.** Edad y crecimiento de (*Oreochromis niloticus*) por medio de estructuras duras. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 80 p.
-  **Trewavas, E. 1973.** On the cichlid fishes of the genus with proposal of a new genus *Palmeochromis* for *P. congicus*, on the relationship between *Pelatochromis* and *Tilapia* and the recognition of *Sarotherodon* as a distinct genus. *Bulletin of the British museum (natural history) Zoology* 25: 1-26.
-  **Trewavas, E. 1982.** Generic Grouping of Tilapiini used in aquaculture. *Aquaculture*; 27: 79-81.
-  **Trewavas, E. 1983.** Tilapiini Fisher of genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*; British Museum Nature History, London. 583 p
-  **Trippel, E. A. y H. H. Harvey. 1991.** Comparison of methods used to estimate age and length of fishes at sexual maturity using populations of white sucker (*Catostomus commersoni*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 48: 1446-1495.
-  **Trudel, M.S., J. Higgs y D. Welch. 2005.** Indicators of energy status in juvenile coho and Chinook salmon. *North American Journal of fisheries management*. 25: 374-390.
-  **Van-Aerle, R., Runnalls, T.J. y Tyler, C.R. 2004.** Ontogeny of gonadal sex development relative to growth in fathead minnow. *Journal of fish biology* 64: 355-369.
-  **Van Bohemen, C. G., J. G. D. Lambert, & J. Peute. 1981.** Annual changes in plasma and liver in relation to vitellogenesis in the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *General and Comparative Endocrinology* 44 (1): 94-107.
-  **Vincent, R., X. Qin, R. McKay, J. Miner, K. Czajkowski, J. Savino. 2004.** Phycocyanin detection from LANDSAT TM data for mapping cyanobacterial blooms in Lake Erie. *Remote Sensing of Environment*. 89(2): 127-141.
-  **Villamil-Moreno, L.P. y J.A. Arias-Castellanos. 2011.** Fecundidad de *Otocinclus spectabilis*. *ORINOQUIA*, 15(1), 41-47.

-  **Volpato, G.I., C.R.A Duarte y A.C Luchiari. 2004.** Environmental color effects Nile tilapia reproduction. Rev. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. Vol. 37: 479-438.
-  **Watanabe, W.O., D.H. Ernest., M.P. Chasar., R.I. Wichlund y B.L. Olla. 1993.** The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculating.
-  **Weatherly, A.H y H.S. Grill. 1987.** The biology of fish growth. Academic press. USA. 443 p.
-  **Wetzel R. G y G. E. Likens. 1991.** Limnological analysis. Second Edition. Springer Verlag, New York. 391 p.
-  **Wetzel, R.G. 2001.** Limnología, Ecología de los lagos y ríos. Tercera edición. Ed. Academic. Press. EUA. 1006 p.
-  **Wootton, R.J. 1982.** Environmental factors in fish reproduction. Reproductive physiology of fishes, PUDOC, Wageningen. 210-219 p.
-  **Xiao-Jun, X., y S. Ruyung. 1992.** The bioenergetics of the southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen): growyh rate as a function of ration level and temperature. J. Fish Biol. 40, 719-730 p.
-  **Xie, S., K. Zheng, J. Chen, X. Zhu y Y. Yang. 2011.** Effect of water temperature on energy budget of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition, 17: e683-e690.
-  **Yi, Y., C.K. Lin y J.S. Diana. 1996.** Influence of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) stocking density on their growth and yield in cages and ponds containing the cages. Aquaculture 146: 205-215.
-  **Zenteno, Z. C. V. 2017.** Reproducción de *Oreochromis niloticus* del bordo Amate Amarillo, Mor. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. México. 86 p.
-  **Zhu, L.; S. Wang, Y. Zhou, F. Yan, L. Wang. 2005.** Determination of chlorophyll a concentration changes in Taihu lake, China using multi-temporal MODIS image data. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 5. Seoul. 7: 4535-4538.