



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**REPRODUCCIÓN Y CRECIMIENTO DE *Oreochromis niloticus* MEDIANTE UN CULTIVO  
INTENSIVO EN LA CIUDAD DE MÉXICO.**

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
B I Ó L O G O

PRESENTAN:

ALEJANDRO A. CAMARGO SÁNCHEZ  
SERGIO D. CRUZ SÁNCHEZ

DIRECTOR: Dr. JOSÉ LUIS GOMÉZ MARQUEZ

MÉXICO D.F

SEPTIEMBRE 2013

## **Agradecimientos:**

A la Universidad Autónoma de México por permitirnos ser parte de esta gran casa de estudios, dándonos la oportunidad de convertir este sueño en realidad.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, que nos abrió sus puertas para emprender nuestro camino como profesionistas.

A todos los profesores de la facultad que sin duda nos han enseñado tanto. Pero en especial a:

Al Dr. José Luis Gómez Márquez, por su enseñanza, paciencia, su apoyo y tiempo, pero sobre todo su amistad y gran vocación. Gracias por permitirnos compartir con usted la realización de este trabajo.

A la Dra. Berta Peña Mendoza por compartir con nosotros tantas horas, tenernos paciencia, por su conocimiento, pero sobre todo brindarnos todo su apoyo con esa gran alegría que la caracteriza.

Al Biólogo. José Luis Guzmán Santiago, por sus atinados comentarios y sugerencias, por compartir un largo periodo en laboratorio y por su gran apoyo en todo momento.

A la Bióloga Angélica Elaine González Schaff, por brindarnos su tiempo para la realización de este trabajo.

Al M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo por su apoyo y sus comentarios para la realización final de este trabajo.

## Dedicatoria

A mi padre, el hombre de las soluciones, impasible a las adversidades para sacarnos siempre adelante. A ti que tanto te he aprendido y de quien tengo tanto que aprender, guerrero incansable y padre excelente. No puedo imaginar otra vida sin ti, te quiero.

A mi madre, la soñadora, mujer tan llena de amor y esperanza que hace de esta vida un lugar agradable. A ti que sabes cuando estoy triste y siempre tienes un “chistorete” en mente que nos permite continuar en el camino. Mama no tienes idea de cuánto te quiero y lo sabes, agradezco a la vida por permitirme cada instante a tu lado.

A mi hermano, el mono. La vida nos la puso difícil en etapas anteriores y sin embargo siempre te encuentro defendiéndome, aunque ahora sea al revés. Tenemos nuestras diferencias y no obstante cada vez me encuentro más unido a ti, te quiero oso.

A ti Zuzu mi eterna rival y guía, cada palabra tuya me marca y me hace ser mejor, espero siempre permanezcas a mi lado. A mis chavos “Rulo” y “Lemus”, compañeros de marvel, hermanos por destino y amigos inseparables, de ustedes he aprendido grandes lecciones, gracias por estar en mi vida.

A mi querida Kone, que sería de mi sin ti y no hay más que decir que eres como un ángel, compañera aguerrida a la vida, a ti mi eterna gratitud y cuenta conmigo en cada paso que des en esta vida. A ti Armando, a quien admiro tanto por su proceder en la vida, eres mi inspiración. A Laura, quien sus sueños la guían por un mundo mejor, biólogos al fin y al cabo, te quiero laus. A Gaby, quien tuvo importantes lecciones en mi vida, tantas que la revoluciono, nunca te rindas.

A Sandy, como olvidarte si siempre estas a mi lado cuando lo he necesitado, para ti la distancia no es más que una palabra, mucho éxito. A los Metepec, en especial Oscar y Aldo, recuerden muchachos esto solo es el comienzo de una gran aventura que depende de nosotros seguir escribiendo, mantengámonos unidos por siempre y que el tiempo nos alcance para esas cosas que siempre tenemos que compartir el uno al otro.

A mi querido amigo Sergio, recuerda tu pasión te llevará muy lejos, sigue tu instinto. A ti mounstro, el destino nos unió con una razón justa, te he llegado a querer a niveles insospechados y ahora que estamos juntos solo nos augura la grandeza, gracias por estar junto a mí. A todos mis amigos que por motivos de espacio me es imposible mencionar, pero que espero sepan que estaré allí por siempre cuando lo necesiten.

Alejandro Adonis Camargo Sánchez

## **Dedicatoria**

A mi madre Rosa Sánchez Sánchez por ser el gran pilar en mi vida, por tantos desvelos durante todo mi proceso de estudiante, ya que sin tu apoyo incondicional no hubiera podido lograr este sueño.

A mi padre Magdaleno Cruz Ramírez, por tu gran apoyo.

A mi hermano Marcos Cruz Sánchez y su esposa Sandra Ponce Luna y la nueva integrante Amelie Nicté Cruz Ponce.

A Viridiana Gómez Vázquez, por tu tiempo apoyo moral y ayuda para terminar este proyecto gracias.

Y Alejandro Adonis Camargo Sánchez, por tu amistad y trabajo para esa tesis

Cruz Sánchez Sergio Daniel

# Contenido

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Antecedentes .....	6
Objetivos .....	11
General.....	11
Específico.....	11
Área de estudio.....	12
Material y Métodos .....	13
Fase experimental.....	13
Fase de laboratorio.....	14
Fase de gabinete.....	17
Resultados .....	19
Inducción de la reproducción.....	19
Crecimiento.....	22
Discusión .....	38
Conclusiones .....	50
Bibliografía.....	51

## Resumen

En el presente trabajo se evaluó el crecimiento de *Oreochromis niloticus*, en condiciones climáticas de la Ciudad de México, el estudio se realizó dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, en la Unidad Acuícola Experimental, ubicada en el Oriente de la Ciudad de México, en el periodo de octubre del 2011 a junio del 2012.

La reproducción de *Oreochromis niloticus* tuvo lugar en laboratorio bajo condiciones controladas en peceras de 30 litros con una densidad de dos organismos por acuario. Se obtuvieron 5 eventos reproductivos fallidos a temperaturas de  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

El crecimiento de los organismos se llevó dentro de 2 estanques de concreto de  $1\times 60\times 5\text{m}$  con capacidad de 300 litros, con una densidad de 50 organismos por estanque; y bajo condiciones controladas en un laboratorio (grupo control). El tipo de crecimiento de los organismos para ambos estanques fue de tipo alométrico negativo ( $t= 1.96$   $p>0.05$ ;  $b=2.82$ ) estanque 1 ( $t= 1.96$   $p>0.05$ ;  $b=2.89$ ) estanque 2, el peso total promedio inicial para los organismos del estanque 1 fue de 5.81g con un final de 32.38g; para los organismos del estanque 2 el peso promedio inicial fue de 6.29g con un final de 32.38. En ambos sistemas el porcentaje de ganancia en peso es aceptable a excepción del sexto mes de tratamiento donde se presentó el porcentaje mínimo de ganancia en peso. En cuanto al factor de conversión de Fulton, los sistemas mantuvieron valores por encima de la unidad, indicando un buen desarrollo de los organismos.

El tipo de crecimiento que se presentó en el grupo control fue de tipo isométrico ( $t=1.99$   $p>0.05$ ;  $b=2.86$ ), el peso total promedio inicial para los organismos de los acuarios fue de 1.85g con un final de 9.93g, lo anterior debido a que se presentó una alta tasa de mortalidad provocado por un problema bacteriano, limitando el tiempo de estudio a 4 meses.

Tanto en los estanques como en el grupo control se suministró aireación constante con el fin de mantener una adecuada oxigenación del agua, se colocaron calentadores para una temperatura adecuada de  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$  y se suministró un alimento balanceado a razón del 6% del peso de los organismos. Se realizaron pruebas de calidad del agua para mantenerla dentro de intervalos óptimos y quincenalmente se realizó la biometría a los organismos.

## Introducción

El constante crecimiento de la población humana, ha traído como consecuencia el redoblar esfuerzos para satisfacer cada día mayor demanda de alimentos, lográndose incrementar la producción agrícola y ganadera gracias al desarrollo tecnológico. Sin embargo, se hace necesario aunar a esto el aprovechamiento del 71% de la superficie de nuestro planeta cubierto con agua, para lograr en ella la obtención y producción de alimentos, especialmente en el 1% que corresponde a las aguas continentales (Cervantes, 1984). 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 el cultivo de organismos acuáticos 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 proteínas, lo cual hace de la acuicultura una alternativa alimenticia, debido a que la cantidad de alimentos obtenidos por la agricultura y ganadería es insuficiente para satisfacer a la población humana (FAO, 2011).

Entre los factores más importantes que hay que considerar en el desarrollo de proyectos productivos de acuicultura son el definir la especie o especies a cultivar, el tamaño del mercado, la talla comercial, la producción pesquera de la especie o especies que puedan competir en los mercados con las cultivadas, los productos similares, la temperatura óptima del crecimiento y reproducción, las facilidades de infraestructura, la calidad del agua, el alimento y su disponibilidad, así como los limitantes en el manejo y la transportación de organismos e insumos básicos de la producción, los cuales también deben ser tomados en cuenta para desarrollar un cultivo productivo (Arredondo y Lozano, 2003).

En América Latina se han introducido ya varios peces exóticos, algunos más extensamente que otros. En algunos casos la introducción ha dado resultados favorables, un ejemplo claro es la *Tilapia rendalli* introducida en los embalses de Brasil y sobre la introducción de *T. nilotica* en los principales embalses de México (Nomura y Castagnolli, 1977; Saavedra, 2006).

En contraste con las especies de peces locales o nativas, que requieren mucho tiempo para estudiar la biología en su relación con la acuicultura y establecer técnicas prácticas para su cultivo, se conoce gran parte de la biología y técnicas de cultivo de las especies

exóticas, aunque se necesita tiempo para adaptar estas técnicas a las condiciones latinoamericanas y muchas podrían aplicarse rápidamente a ensayos a escala piloto o comerciales, reduciendo así en varios años el fomento de la acuicultura (FAO, 1978).

El cultivo de la tilapia es uno de los más rentables dentro de la acuicultura, debido principalmente a que su curva de crecimiento es rápida, sus hábitos alimenticios pueden ser adaptados a dietas suplementarias, obteniendo un incremento en el rendimiento, poseen tolerancia a condiciones y factores extremos (baja concentración de oxígeno, pH, manejo, transferencias, cosecha, etc.), facilidad de reproducción y excelentes características de producción (Saavedra, 2006; Peña, 2011).

Los adultos de estos peces son básicamente planctófagos, herbívoros o detritívoros, con diferencias en el tipo de alimento según los géneros y especies. Esta habilidad que tienen las tilapias para consumir casi cualquier tipo de alimento, es una gran ventaja en el caso de la acuicultura, ya que dependiendo del nivel de intensidad es posible alimentarlas con una gran diversidad de materiales, que van desde los subproductos agropecuarios o industriales hasta alimento artificial, sin olvidar que en los sistemas semi-intensivos su principal alimento puede ser el fitoplancton y el zooplancton generado en los estanques mediante el uso de fertilizantes. Esta característica, además de las ventajas productivas al no depender de un determinado tipo de alimento, tiene también ventajas económicas, ya que los costos de alimentación se pueden reducir utilizando alimentos suplementarios de bajo costo (Olvera *et al.* 2005).

En 1964 la Dirección General de Pesca vio la posibilidad de integrar en sus programas de trabajo, el aprovechamiento de la presa Miguel Alemán en Temascal, Oaxaca, para lo cual se proyectó la primera estación piscícola de especies tropicales en México. Los trabajos fueron enfocados hacia la adaptación, cultivo y propagación de cíclidos que incluyeron tres especies de tilapias africanas (Morales, 1991). Las especies demostraron una capacidad de adaptación y proliferación tan extraordinarias que superaban las expectativas, presentando baja exigencia respiratoria, tolerancia a altas temperaturas, fácil manejo, lo que unido a las facilidades de su reproducción explica el éxito de su gran dispersión (Rubín, 1976; Huet, 1998).

Una vez adaptadas y habiéndose logrado el cultivo de las tilapias por primera vez en México, se procedió a introducir de manera intensiva a los organismos en la presa Miguel Alemán, con el objeto de aumentar la población piscícola e incrementar los recursos económicos de los habitantes de esa región (Morales, 1991).

El primer registro de producción de tilapia en México se da en 1970 (200 toneladas). Durante 1984-2002, la producción se incrementó progresivamente a una tasa anual de 12.75%. Para el 2009, la producción oficial reportada por la CONAPESCA fue de 73,373

toneladas, con un valor de 959,710 pesos. La producción global también se ha visto incrementada: a inicios de la década de los cincuenta se produjo cerca de un millón de toneladas mientras que para el 2006 se reportaba una producción de 51.7 millones de toneladas, con un valor de 78.8 miles de millones de dólares, lo que representa una tasa anual de crecimiento cercano al 7%. (FAO, 2009).

Cuando se trata de diagnosticar el estado de desarrollo de la acuicultura mexicana, es frecuente incurrir en el error de omitir la cuantificación de los beneficios, en términos de datos de producción de carne, número de personas beneficiadas, tipo y monto de tal beneficio así como la trascendencia social y económica de ellos; por lo cual, la acuicultura no ha logrado el desarrollo alcanzado en otras latitudes por problemas de organización de los productores, financiamiento e infraestructura, siendo todos ellos el resultado de una carencia de planificación sólida con metas y estrategias a corto, mediano y largo plazo. Sin embargo, la transportación masiva de seres vivos así como el ejercicio de la reproducción artificial, son los avances más significativos de esta época y se propone que una cuantificación en los beneficios de la acuicultura sea vista desde una perspectiva integral, técnica, social, económica, administrativa y de planificación, que permita superar los problemas añejos y se dé una respuesta efectiva a los inversionistas para hacer más competitiva la actividad (Arredondo y Lozano, 2003). Los negocios acuícolas que han prosperado hasta altos niveles de desarrollo económico y tecnológico en México, son aquellos que han ligado al comercio y a los financiamientos internacionales.

El cultivo de organismos implica tanto aspectos de reproducción como de crecimiento. La reproducción suele ser en general un proceso discreto y se entiende por reproducción al proceso biológico por el cual las especies se perpetúan (Daza *et al*, 2005). Aunque la reproducción tiene siempre la finalidad de producir un nuevo organismo, existen maneras diferentes de llevarse a cabo el fenómeno reproductivo entre los peces.

En casi todos los animales la reproducción ocurre durante o después del periodo de crecimiento máximo. En el proceso discontinuo de la reproducción, se puede observar que en la mayor parte de los grupos animales, la intensidad, duración y modalidad en que se lleva a cabo dicho proceso suele ser sumamente variable, incluso para la misma especie. El proceso de reproducción está sujeto a una cantidad de variables extrínsecas e intrínsecas. Como variables extrínsecas se encuentra la relación entre los periodos de luz y oscuridad (fotoperiodo), cantidad y calidad de alimento, temperatura, corrientes, respuesta inducida por la presencia del sexo opuesto y algunos otros factores medio ambientales. Como variables intrínsecas se consideran los genéticos y los metabólicos y en forma determinada el mecanismo endocrino reproductor (Daza *et al*, 2005).

Dentro de los aspectos reproductivos en los peces parecen tener mayor peso el fotoperiodo y la temperatura debido a: a) la acción directa sobre la gametogénesis; b) la

secreción de las gonadotropinas de la hipófisis; c) la liberación metabólica de las hormonas; d) respuesta del hígado a la producción de estrógenos durante la producción de vitelogeninas y e) respuesta de las gónadas a la estimulación hormonal (Lam, 1983; Salgado-Ugarte *et al.* 2005).

## Antecedentes

La tilapia ha sido fuente de múltiples estudios desde el aumento de su producción, así como para conocer más sobre su biología. Entre los estudios que se han realizado incluyen alimentación, reproducción, crecimiento y diferenciación sexual entre otros aspectos. Aquellos trabajos que incluyen términos sobre alimentación han sido ampliamente trabajados como el de Gunasekera *et al.* (1995), quienes tuvieron como objetivo el evaluar los efectos de diferentes concentraciones de proteínas en el desarrollo de alevines, así como en la composición y crecimiento de los ovocitos de *Oreochromis niloticus*. Demostraron que bajas concentraciones de proteínas (menores al 20%) desarrollan un bajo crecimiento en alevines y estos no llegan a la etapa de pubertad, mientras que aquellos que fueron alimentados con contenidos de proteína entre 30% y 40%, alcanzaron el desarrollo a la pubertad en un tiempo más corto y con amplios márgenes de crecimiento. Por otra parte, la alta proporción de proteínas desencadena una mayor maduración y crecimiento en los ovocitos. Aquellos alevines alimentados con altas cantidades de proteína tuvieron tasas de crecimiento y sobrevivencia mayores, además de una mayor conversión de biomasa.

Ben y Shi (1996) determinaron la proporción óptima de lípidos en la dieta isocalórica e isonitrogenada en híbridos de *Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus* en condiciones ambientales controladas. Reportan que para que exista una mayor conversión de biomasa la cantidad de lípidos influye de manera determinante; la proporción de lípidos óptima se encuentra entre el 5% y 15%, ya que a concentraciones mayores el crecimiento disminuye.

Tacon *et al.* (1996) realizaron una investigación de la relación existente entre los periodos de ovodepositación y los periodos de incubación, encontrando que los cuidados parentales de la hembra definen de manera contundente los periodos de desove, de forma que si el cuidado de la madre hacia sus crías no es completado, la siguiente ovodepositación se prolonga.

Hörsteng y Langholz (1998), investigaron el retraso de la maduración sexual en *Oreochromis niloticus* con el fin de obtener una mayor productividad de los organismos mediante el cultivo controlado de crías. Trabajaron con 35 familias de líneas seleccionadas, donde se buscó una retardada maduración; aquellas líneas que a los 136 días de cultivo no tenían indicios de desarrollo gonadal eran seleccionadas para continuar el mejoramiento de la raza. Obtuvieron después de dos generaciones organismos que retrasaban el desarrollo gonadal en el tiempo establecido, proponiendo así una alternativa a los cultivos monosexo.

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

Gale *et al.* (1999) determinaron la eficiencia de dos diferentes andrógenos sintéticos, la 17- $\alpha$ -metildihidrotestosterona y la 17- $\alpha$ -metiltestosterona. Encontraron una mayor inversión sexual con el uso de 17- $\alpha$ -metildihidrotestosterona teniendo porcentajes de hasta el 83% de los alevines, revertidos a machos fenotípicos.

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

Lu y Takeuchi (2004) realizaron un análisis del efecto que existe al alimentar a organismos de *Oreochromis* a base de *Spirullina platensis* a lo largo de tres generaciones, en función de su reproducción y bajo condiciones de laboratorio. Evaluaron la frecuencia de desove así como la fecundidad de los mismos y la calidad de los alevines. La alimentación únicamente a base de *Spirullina* no conlleva a efectos adversos; sin embargo, se presenta una conversión alimenticia más pobre y un desarrollo gonadal menor. El desove fue ligeramente menor, no así la fecundidad de estos que mantuvo la misma proporción que el grupo control. Así pues, demostraron que la alimentación a base de *Spirullina* no afecta la reproducción a lo largo de tres generaciones.

En el 2004, Lu *et al.*, evaluaron la aceptación y asimilación de tres diferentes algas: *Spirullina platensis*, *Euglena gracilis* y *Clorella vulgaris* desde la primera alimentación exógena hasta alcanzar la talla de 3.5 cm. En cuanto a la asimilación las tres presentaron bajos porcentajes en los primeros días de vida, incrementando conforme el organismo crecía. Dentro de las tres dietas la más aceptada fue *Spirullina*, además de tener el porcentaje más alto de asimilación con un 61.4%.

Biswas *et al.* (2004) estudiaron el control de la población de la Tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* por manipulación del fotoperiodo, obteniendo una mala formación en huevos de peces expuestos a 6h luz/ 6h obscuridad, aunadas a deformidades embrionarias, con ello se muestra una posible forma de control reproductivo en *O. niloticus*. El estudio reveló que los peces expuestos a este tipo de fotoperiodo retardaron la maduración sexual con una ganancia resultante en peso y longitud, esto está apoyado por la incapacidad de los

peces para desovar los tres o cuatro ciclos de reproducción, por lo que la energía obtenida en el alimento que normalmente se utiliza para el desarrollo de las gónadas y los huevos se desvía al crecimiento.

Charo *et al.* (2005) estudiaron los efectos del ambiente y la variabilidad con el crecimiento temprano en alevines. Encontraron que el factor herencia tiene un mayor peso en el crecimiento temprano, además este actúa de la mano con el oxígeno, pues aquellos alevines resistentes a las bajas concentraciones de esta condición son menos propensos al estrés.

Fessehayé *et al.*, (2005) realizaron un estudio sobre la predicción del canibalismo en los peces juveniles de *Oreochromis niloticus*, basado en predador/presa por peso, y los efectos de la densidad de población. Observaron que las presas y los depredadores ocupaban diferentes esquinas en los acuarios, presentándose dos tipos de canibalismo; el primero, los depredadores atacaban a su presa de diferentes direcciones (frontal, lateral y cola) consumiendo la cabeza o la cola primero; el segundo, la presa era consumida totalmente, esto se daba porque el depredador era más grande.

Charo *et al.* (2006) estudiaron la herencia a temperaturas bajas comprobando que la mortalidad comienza a temperaturas de 16.6°C y la mortalidad total de la población es de 8.6°C. También se encontró una relación entre el tamaño del pez y su resistencia a la temperatura, siendo los peces de menor tamaño los más susceptibles a temperaturas bajas.

Wang *et al.* (2008) evaluaron el efecto de los probióticos (*Enterococcus faecium*) en el crecimiento y desarrollo del sistema inmunológico de la tilapia. Encontraron que la adición del probiótico en la dieta ayuda al crecimiento de los individuos, aumenta la tasa de conversión de biomasa e incrementa la concentración de la mieloperoxidasa, que influye en una mayor actividad de los fagocitos en la sangre.

Getinet y Bart (2007), investigaron los efectos de dos proporciones de alimento (1% y 4% del peso total por día), dos densidades poblacionales (3 y 10 hembras/m<sup>2</sup>) y dos diferentes flujos de agua (0.06±0.00 y 0.35±0.04 Ls<sup>-1</sup>) en la fecundidad, desove y frecuencia, así como el intervalo entre los desoves y la calidad de los huevos de *Oreochromis niloticus* en estanques de concreto. Observaron que la mayor fecundidad se da con condiciones de baja densidad poblacional y flujos lentos de agua, registrando así también en estas condiciones una mayor ovodepositación; los mejores crecimientos de alevines se dan a concentraciones altas de alimento y flujos rápidos de agua.

Tran *et al.* (2008) evaluaron los efectos de los niveles de oxígeno en el crecimiento e ingestión de alimento. Los resultados indican que en menor concentración de oxígeno hay menor ingesta de alimento, además existe relación entre el tamaño corporal y la

demanda de oxígeno, siendo los organismos más pequeños los que consumen más oxígeno. Además aquellos organismos con menor nivel de oxígeno (3mg/L) consumían más alimento en la mañana, mientras que aquellos que tenían niveles más altos de *Oreochromis niloticus* (5.6 mg/L) consumían más alimento por la tarde.

Wessels y Hörstgen (2007) realizaron diferentes tratamientos de temperatura para observar el comportamiento de la diferenciación sexual, después de dos generaciones en *Oreochromis niloticus*. Consistió en un grupo control (28°C) y el experimental (36°C), mostrando mayores proporciones de machos en aquellos que se encontraron expuestos a temperaturas altas, sugiriendo este método como alternativa en la producción de alevines para cultivos monosexo.

Rougeot *et al.* (2008) investigaron el efecto de la alta temperatura durante el proceso de embriogénesis y el proceso de diferenciación sexual. Las tasas de sobrevivencia más altas se encuentran a temperaturas de 27°C y disminuyen conforme la temperatura incrementa. Por otra parte la proporción de machos incrementa a la par del aumento de temperatura alcanzando valores de 17% a temperaturas de 36°C.

Tran *et al.* (2008) investigaron la forma en que la tilapia regula su alimentación y el consumo de energía bajo elevados contenidos de celulosa y almidón. Se encontró que el almidón por sus propiedades produce una sensación de saciedad de manera rápida inhibiendo el apetito y provocando que los peces consuman menos alimento. Además el almidón por su volumen genera en el estómago la sensación de estar lleno, así como la cantidad de glucosa en sangre produce la sensación de saciedad. Sin embargo, el almidón no es del todo digestible, exceptuando cuando se le acompaña con celulosa.

Suxu *et al.* (2009) estudiaron los efectos existentes en la complementación del alimento con DVAQUA (*Saccharomyces cervicie*), en el sistema inmunológico de la tilapia como alternativa a vacunas y ayuda a la flora bacteriana del sistema digestivo, con el propósito de evitar enfermedades en las granjas de cultivo de *Oreochromis niloticus* y hacer más productivos a los organismos. Sus resultados muestran que no afecta de manera significativa la adición de *Saccharomyces cervicie* en el crecimiento, sobrevivencia y conversión de alimento; sin embargo, puede ser importante en el desarrollo del sistema inmunológico ayudando a producir algunas de las moléculas que participan en las defensas del organismo.

Azaza *et al.* (2010) estudiaron la influencia del tamaño de las partículas de alimento en el crecimiento de juveniles de Tilapia del Nilo, se evaluaron cuatro diferentes tamaños de alimento, encontrando en sus resultados que las partículas más grandes (3.5 cm) provocan un menor desarrollo en los organismos; además, el tamaño óptimo de la partícula varía con respecto al tamaño de la boca. Sin embargo, la ingesta y la digestión

son mayores cuando las partículas son más pequeñas, además de generar una heterogeneidad menor en el tamaño de los alevines de la población.

Rajae *et al.* (2010) evaluaron la influencia que tiene la coloración de especies creadas por mutaciones con fines de acuicultura, en relación con la reproducción. Se inspeccionó si la hembra tiene preferencia por los machos silvestres o aquellos de coloración roja. Los resultados muestran que no existen diferencias entre ambos durante un primer desove, sin embargo en una segunda ovodepositación aquellos machos de coloración roja son elegidos con mayor frecuencia.

## **Objetivos**

### **General**

Inducir la reproducción de *Oreochromis niloticus*, controlando únicamente las variables de temperatura y fotoperiodo.

Llevar un seguimiento del crecimiento de las crías de *Oreochromis niloticus* bajo condiciones controladas a cielo abierto en la Ciudad de México.

### **Específico**

Determinar si la temperatura de  $28\pm 1^{\circ}\text{C}$  y fotoperiodo de 12:12 (luz: oscuridad) son variables suficientes para obtener una reproducción exitosa en *Oreochromis niloticus*.

Evaluar el crecimiento de las crías utilizando alimento balanceado a razón del 6% del peso corporal.

Evaluar los indicadores de crecimiento en el desarrollo de los organismos bajo condiciones de cultivo controladas.

Conocer la composición y abundancia del fitoplancton presente en el agua de los estanques.

## Área de estudio

EL cultivo se llevó a cabo en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza, ubicada entre los 99°2'10" y 99°2'0" longitud Oeste y 19°22'20" y 19°22'30" latitud N, a 2420 msnm, en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, campus II, UNAM, en la delegación Iztapalapa, D.F.

El clima que prevalece en la zona de estudio es C (wo)(w)b(i), templado sub-húmedo con lluvias en verano con temperatura ambiental mínima de 12°C en enero y máxima de 29°C en Junio, con un promedio anual de 18°C y precipitación media anual de 770 mm (García, 2004). (Fig. 1)

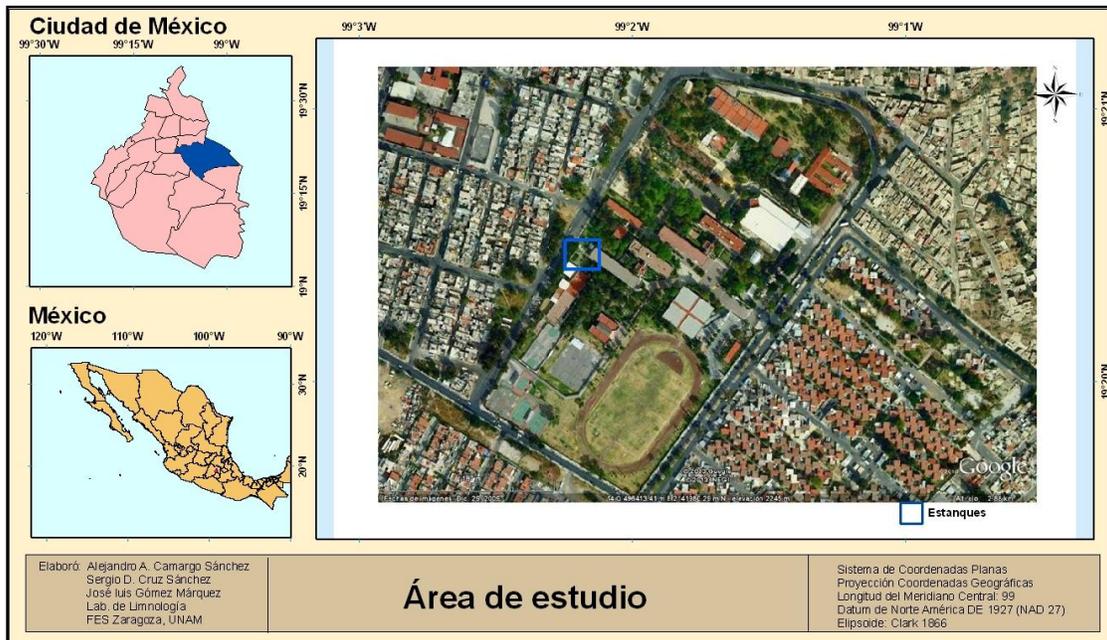


Figura 1. Ubicación del área de estudio (Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus II)

## Material y Métodos

Este proyecto se realizó en tres etapas: experimental, laboratorio y gabinete.

### Fase experimental

Los organismos reproductores de *Oreochromis niloticus* fueron proporcionados por la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, del área de Limnología; la edad de los individuos se encuentra entre un año y dos, sin aditamentos que controlen las variables ambientales, estos se encuentran de forma normal en estanques de 10x4x1.20m a la intemperie. Se extrajeron 10 organismos (7 hembras y 3 machos) mediante chinchorro con una luz de malla de 0.005 m, se transfirieron a 10 peceras de vidrio con capacidad de 30L previamente acondicionadas con aireación mediante una bomba (marca "ThePump", modelo SSP-40 GJ-L); calentadores (marca AQUA-KRILL) de 300W automáticos y filtros (marca AquaJet 30) para remover parte de los sólidos disueltos en el agua. Todos los días entre las 10:00 y 11:00 horas, se registró de la temperatura del agua para monitorear que no existiesen fluctuaciones drásticas. Para conocer la calidad del agua a niveles adecuados se midió el oxígeno disuelto (mediante oxímetro marca HANNA modelo HI8043), pH, sólidos disueltos y conductividad eléctrica (mediante un multiparámetros marca HANNA modelo HI991300). De manera semanal se evaluó la dureza total, la dureza de Ca y la alcalinidad total por métodos colorimétricos de acuerdo a las técnicas convencionales descritas en APHA *et al.* (1992) y Blancas *et al.* (2011). Al mismo tiempo los organismos se sometieron a un fotoperiodo de 12:12 (luz: oscuridad), con un temporizador de dos tiempos que reguló la luz artificial, de acuerdo a Peña y Domínguez (1999), quienes mencionan que los peces responden mejor en estas condiciones. Los organismos se mantuvieron en acuarios separados hasta el momento en que se evaluó la madurez sexual de acuerdo a Peña-Mendoza *et al.* (2011). Cuando la maduración se logró en ambos sexos, se colocaron en un acuario para llevarse a cabo la reproducción. Cuando se llevó a cabo la fertilización de los huevos, se retiró al macho del acuario para evitar la agresión hacia la hembra.

Los organismos sometidos a crecimiento se obtuvieron de dos fuentes, la primera mediante la colecta de los organismos del medio natural en un bordo conocido como "Huitchila" en el Estado de Morelos, situado en la parte central de México, ubicado entre las coordenadas 18°39'40.35" y 18°38'55.74" Latitud Norte y 98°54'50.25" y 98°55'37.34"

Longitud Oeste a 1160 msnm (INEGI, 2009) y por otra parte, por donación de la Unidad de Producción de Peces en Zacatepec, Morelos, perteneciente a SAGARPA. Inicialmente las crías fueron sometidas a un proceso de aclimatación en peceras de vidrio con capacidad de 30L, donde se mantuvieron en cuarentena con el fin de aumentar la sobrevivencia de los mismos. Posteriormente las crías se repartieron en dos estanques de concreto de 1.0 x 0.6 x 0.5 m. con capacidad 300 L. Los estanques recibieron tratamiento profiláctico con cal a razón de 250 g/20 L y se limpiaron con agua corriente para retirar cualquier excedente y diferentes tipos de residuos. Inmediatamente se llenaron a 0.40 m y se agregando 1.0mL de azul de metileno como otra medida profiláctica; esto se dejó así durante cinco días, hasta realizar la siembra de los organismos con una densidad de carga de 50 organismos/estanque. Antes de iniciar el proceso de biometría de los organismos estos, se mantuvieron en los estanques durante dos semanas previas al inicio del experimento, para su adaptación al sistema de cultivo.

Mensualmente se tomó una muestra de 30 individuos por estanque (mismos que fueron devueltos a sus respectivos sistemas), con una red de cuchara de 0.30 m de largo por 0.15 m de ancho y luz de malla de 0.001 m. Para cada individuo se registró la longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura (A) en cm con un ictiómetro convencional y el peso (Pt) en g con una balanza de 0.1 g de precisión marca OHAUS. Los peces fueron alimentados dos veces al día con una dieta comercial balanceada para trucha marca “El Pedregal” (que contiene  $41.9 \pm 0.13\%$  de proteína y  $12.08 \pm 0.12\%$  de grasa), a razón inicial del 6% de su peso corporal; las raciones fueron aplicadas a las 10:00 y 16:00 horas, haciendo los ajustes necesarios de la cantidad de alimento de acuerdo al registro de la biometría quincenal.

Para determinar la composición del fitoplancton se colectó una muestra de 100 ml del agua de los estanques en una botella de polietileno, a la cual se adicionó tres gotas de lugol para la conservación y tinción de las células.

## **Fase de laboratorio**

En el transcurso del cultivo se llevó un registro de los parámetros físicos y químicos que repercuten en la reproducción y el crecimiento, como son:

### *Temperatura del agua*

Es una de las primeras determinaciones que se debe realizar en una muestra de agua, ya que esta tiene un gran efecto sobre los procesos químicos y biológicos del ecosistema acuático, influyendo sobre el metabolismo y la fisiología de los organismos.

La temperatura se midió con un termómetro de mercurio de inmersión total, procurando mantener una temperatura superior a los 25°C y menor de los 32°C, puesto que estas temperaturas influyen en la maduración sexual, así como en la reproducción.

#### *pH*

El pH de una solución es una medida de la concentración de los iones hidronio y se representa como:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

En una escala de 0 a 14 un pH de 7 representa una solución neutra donde las concentraciones de  $\text{H}^+$  y  $\text{OH}^-$  tienen el mismo valor. El pH en aguas naturales es altamente influenciado por diferentes sustancias como el ácido sulfhídrico, el amonio y sobre todo por la concentración de bióxido de carbono, que presenta un carácter ácido (Blancas *et al.* 2011). El pH se midió con un multiparámetros marca HANNA modelo HI991300.

#### *Oxígeno disuelto:*

El oxígeno disuelto, es una de las determinaciones más importantes para la investigación de los ambientes acuáticos, ya que indica generalidades acerca de las relaciones biológicas (metabolismo) y bioquímicas (oxido-reducción) que ocurren en el agua.

El oxígeno disuelto se determinó por el método de Winkler con la modificación de azida de sodio. El método depende de la formación de un precipitado de hidroximanganeso. El oxígeno disuelto en el agua es rápidamente absorbido por el hidróxido manganeso, formando un hidróxido mangánico. Una posterior acidificación en presencia de yoduro, libera yodo en cantidades equivalentes al oxígeno disuelto presente en la muestra. El yodo liberado se titula con una solución de tiosulfato de sodio de concentración conocida utilizando una solución de almidón como indicador (Blancas *et al.* 2011).

#### *Alcalinidad*

La cantidad de ácido requerido para valorar las bases es una medida de la alcalinidad del agua. Numerosas bases, incluyendo carbonatos, bicarbonatos, hidroxilos, silicatos, amonio y varios compuestos orgánicos, se encuentran en el agua; sin embargo, las bases que se consideran predominantes en las aguas naturales son bicarbonatos, carbonatos e hidróxido. Para la valoración de estos iones se utiliza el ácido sulfúrico 0.02N, ya que esta concentración 1 mL de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  es exactamente igual a 1mg de  $\text{CaCO}_3$ . Los resultados de la valoración pueden ser expresados como alcalinidad total o como la alcalinidad de los componentes individuales de la alcalinidad, expresando estos resultados generalmente como mg/L de  $\text{CaCO}_3$ , por ser los carbonatos alcalinotérreos, tales como calcita de dolomita, las principales fuentes de aporte de bases en las aguas naturales.

El método de indicadores se basa en el manejo del pH utilizando la fenolftaleína y el anaranjado de metilo como indicadores. Si las muestras se tornan rojizas al agregarles fenolftaleína (pH sobre 8.3) estas contienen cantidades considerables de ion carbonato y la valoración de la alcalinidad se realiza en dos etapas: la muestra es previamente valorada con ácido sulfúrico hasta el punto de conversión de la fenolftaleína (vire rojizo a incoloro). Durante este paso los carbonatos se transforman en bicarbonatos y al punto de vire todos los carbonatos han sido valorados, además ningún bicarbonato originalmente presente en la muestra ha sido destruido, de manera que la muestra ahora contiene más bicarbonatos que al principio de la titulación.

La segunda etapa consiste en valorar la muestra, también con ácido sulfúrico, para determinar la alcalinidad total (bicarbonatos de la primera reacción más los bicarbonatos de la muestra) utilizando el anaranjado de metilo como indicador (pH sobre 4.5) hasta que todo el bicarbonato se convierta en bióxido de carbono y agua en el punto de conversión (Blancas *et al.* 2011).

#### *Dureza*

La concentración de calcio más magnesio expresada como equivalentes de  $CaCO_3$  ha sido tomada tradicionalmente como dureza total del agua, puesto que, aunque otros iones divalentes como el estroncio y el bario, también se encuentran presentes sus concentraciones pero son insignificantes en aguas naturales.

La dureza del agua es resultado de la solución de rocas y de minerales alcalinotérreos del suelo y del aporte directo de desechos que contienen carbonatos de calcio y magnesio como piedras calizas y dolomita que prevalecen en la corteza terrestre, pero que, son solubles únicamente en agua pura.

El principio del método de titulación con EDTA (complejométrico) es que los iones calcio y magnesio son valorados con la sal disódica del ácido etilendiamintetracético (EDTA), para formar el complejo estable CaEDTA y MgEDTA. Si una pequeña cantidad de ericromo negro es agregada a una muestra de agua amortiguada a pH 10, se formará un complejo soluble color rojo vino con los iones de calcio y magnesio, en la valoración con el EDTA, el calcio y el magnesio se disociarán de sus respectivos complejos con ericromo negro-T para formar complejos más estables con el EDTA. Cuando todo el calcio y el magnesio han reaccionado el color de la solución se vuelve azul (Blancas *et al.* 2011).

#### *Fitoplancton*

A las muestras de agua recolectadas de los estanques se les aplico el método de Utermöl (Schwoërbel, 1975), el cual consistió en tomar una alícuota de 1 ml, vertirlo en una cámara de sedimentación adicionando 3 gotas de acetato de lugol y dejando reposar alrededor de 24 horas. Transcurrido el tiempo se observó en un microscopio invertido,

con un objetivo de 40X, para la identificación de los grupos fitoplanctónicos apoyados en las claves de Edmonson (1959) y Ortega (1984).

### **Fase de gabinete**

En esta fase se evaluó la eficiencia del cultivo, por medio de las siguientes fórmulas:

#### Relación peso total–longitud patrón

El crecimiento de los organismos se puede representar por medio de esta relación, la cual es un modelo de tipo potencial y se expresa de la siguiente manera:

$$Pt = aLp^b$$

Dónde:

Pt = peso total

Lp = longitud patrón

a y b = constantes

Para obtener los valores de las constantes, la ecuación se transformó en una función lineal y por el método de mínimos cuadrados se obtuvo el valor del intercepto (log a) así como de la pendiente (b).

$$\text{Log Pt} = \text{log a} + b \text{ log Lt}$$

Al valor de la pendiente se le aplicó la prueba de *t-student* ( $p < 0.05$ ) para determinar si es igual (isometría) o diferente (alometría) de 3, siendo esta última positiva ( $>3$ ) o negativa ( $<3$ ) (Pauly, 1984; Granado, 2002).

Para evaluar el crecimiento en la tilapia se aplicaron los siguientes indicadores de desempeño y de eficiencia alimenticia:

Los datos obtenidos fueron capturados y posteriormente vaciados en una hoja de cálculo Excel (Microsoft Office, 2003). Con el empleo de la técnica de diagrama de cajas (Salgado, 1992), se analizó el crecimiento de los peces en peso total y longitud total o patrón a través del tiempo. A los datos se les realizó la prueba de homocedasticidad de las varianzas de acuerdo con la prueba estadística de Levene.

**Tabla 1. Indicadores para evaluar crecimiento.**

Parámetro	Expresión	Variables
Supervivencia	$S=100(N_f/N_i)$	Ni=Número inicial Nf=Número final
Ganancia en Peso total (%)	$PG=100*(P_f-P_i)/P_i$	Pi = Peso inicial Pf = Peso final
Tasa específica de crecimiento en longitud o peso	$TEC = 100*[(\log_e Y_f - \log_e Y_i)/T]$	Yi = Peso inicial Yf = Peso final
Eficiencia Alimenticia	$EA = 100 [(consumo\ alimento\ diario/peso\ total)]$	
Factor de conversión Alimenticia	$FCA = AC/PG$	AC = Alimento consumido PG = peso ganado

**Ergün et al. (2010)**

Se aplicaron pruebas no paramétricas, ya que los datos no se distribuyeron de manera normal, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis que compara “k” poblaciones, siendo equivalente a un ANDEVA de una vía en la estadística paramétrica (Marques, 2004).

Estas pruebas estadísticas se aplicaron para separar los valores de las medias que presentaron diferencias significativas tanto en las variables de respuesta del crecimiento [PT (g) y LT (cm)], como en los contrastes de los indicadores de desempeño del crecimiento y eficiencia alimenticia.

Un valor de significancia de 0.05 se utilizó como referencia. Para los análisis estadísticos se utilizó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for Social Science) v. 11 y el Statgraphics v. 5.0.

Se determinaron las constantes del modelo de von Bertalanffy (1936) utilizando los valores promedio de la talla de los peces que se obtuvieron para la biometría de manera mensual. El método que se aplicó a los datos promedio para obtener los valores de  $L_{\infty}$ , K y  $t_0$  fue el de Ford-Walford (1949; citado en Gómez, 1994; Salgado *et al.* 2005) así como el de Beverton y Hoha (1957: citados en Gómez, 1994; Salgado *et al.*, 2005). Asimismo, se utilizó la regresión no lineal para los datos promedio de la talla mensual utilizando el modelo establecido en Stata (StataCorp, 1999).

# Resultados

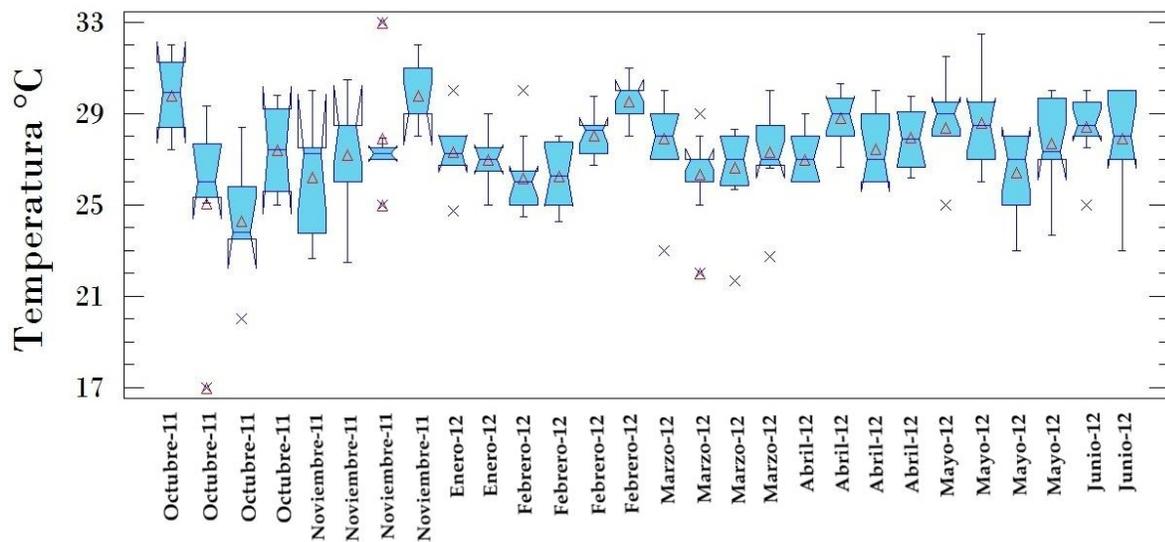
## Inducción de la reproducción

La fase experimental de reproducción de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) se realizó en el periodo de octubre del 2011 a junio del 2012, en acuarios (capacidad de 30L), utilizando aireación artificial y calentadores para mantener controlados los parámetros antes mencionados. Se utilizaron organismos de entre uno y dos años desconociendo la etapa de maduración, aclimatándolos para un mejor desempeño reproductivo.

La densidad de siembra de los organismos para reproducción fue de un organismo por acuario. Para conocer si los peces ya estaban listos para la reproducción, se les realizó una ligera presión en la parte abdominal, iniciando a la altura de las aletas pectorales y culminando en el oviducto, para el caso de los machos, se debería de obtener un poco de líquido seminal de apariencia lechosa y consistencia viscosa y para las hembras, se deberían obtener algunos ovocitos de color cremoso tendiente a amarillo y tamaño de 3000  $\mu\text{m}$  aproximadamente.

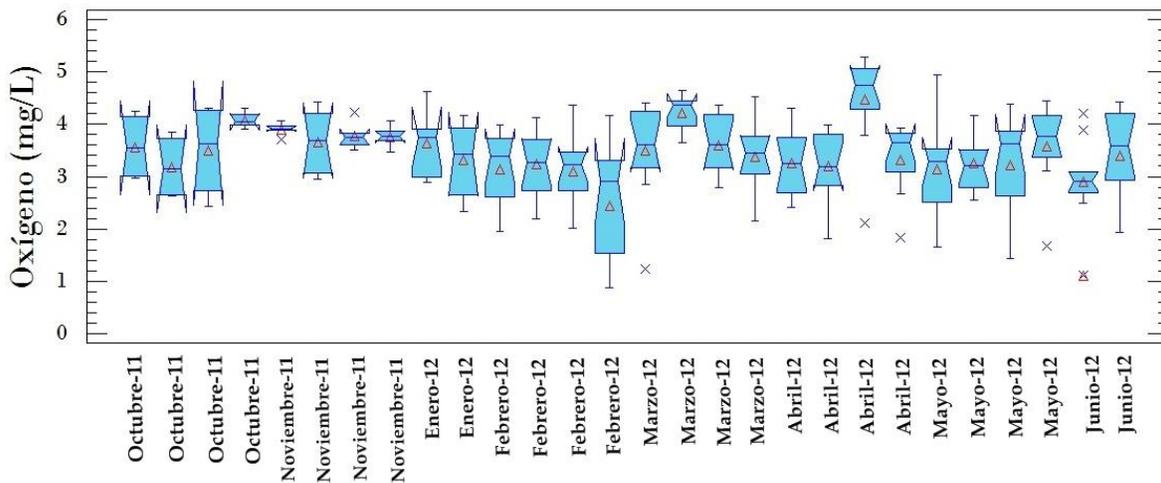
El resultado de los parámetros físicos y químicos se les realizó un análisis de normalidad y homocedasticidad con las pruebas de Shapiro-Wilks, Chi cuadrada y la prueba de Levene ( $p < 0.05$ ). Con base a lo anterior se decidió trabajar con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que compara en el contraste de hipótesis la mediana en lugar de la media, de igual forma con análisis de dispersión que permitan obtener conclusiones acerca del comportamiento de la calidad del agua a lo largo de la investigación. Los resultados de los parámetros físicos y químicos se muestran a continuación.

La temperatura de los acuarios mostró diferencias significativas de acuerdo al análisis de Kruskal-Wallis ( $H = 79.7368$ ;  $p < 0.05$ ), los valores más bajos se registraron durante los primeros meses de tratamiento con una temperatura mínima de 17°C correspondiente al mes de octubre y una máxima de 33°C correspondiente al mes de noviembre, temperatura promedio de 27.5. La mayor variabilidad de los valores se da en la temporada de los meses fríos de octubre a febrero y se mantiene constante durante los meses calurosos de marzo a junio (Fig. 2).



**Figura 2. Comportamiento de la temperatura para los organismos destinados a la reproducción. Periodo de Octubre 2011 a Junio 2012.**

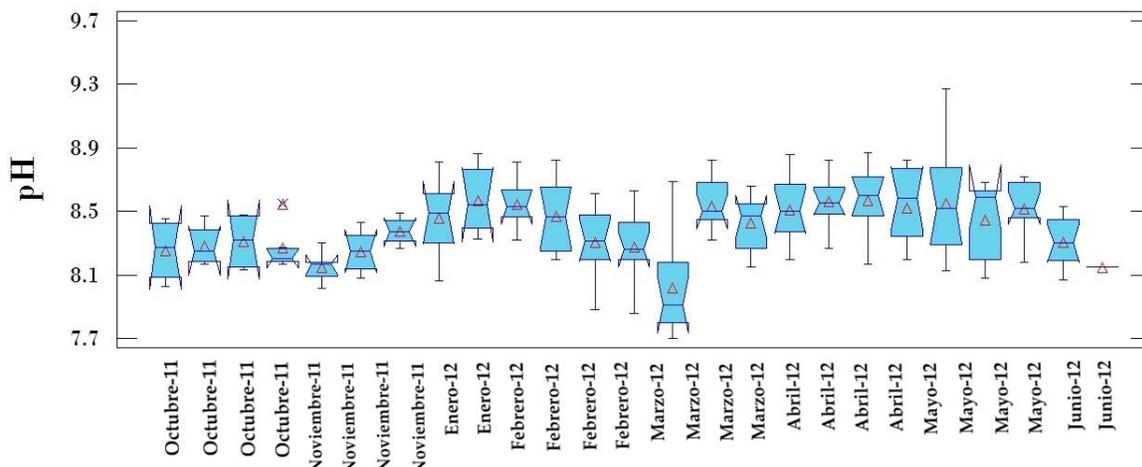
El oxígeno disuelto mostró valores entre 3 mg/L y 4mg/L. No obstante el análisis de Kruskal-Wallis ( $H=71.3288$ ;  $p<0.05$ ), mostró diferencias significativas. El valor promedio de oxígeno durante el estudio fue de 3.42mg/L, con un valor mínimo de 0.87 mg/L para el mes de febrero debido al taponamiento de los filtros de aireación y un valor máximo de 5.2 mg/L correspondiente al mes de abril. Lo anterior se representa en la Figura 3.



**Figura 3. Oxígeno para los organismos destinados a la reproducción. Periodo de Octubre 2011 a Junio 2012.**

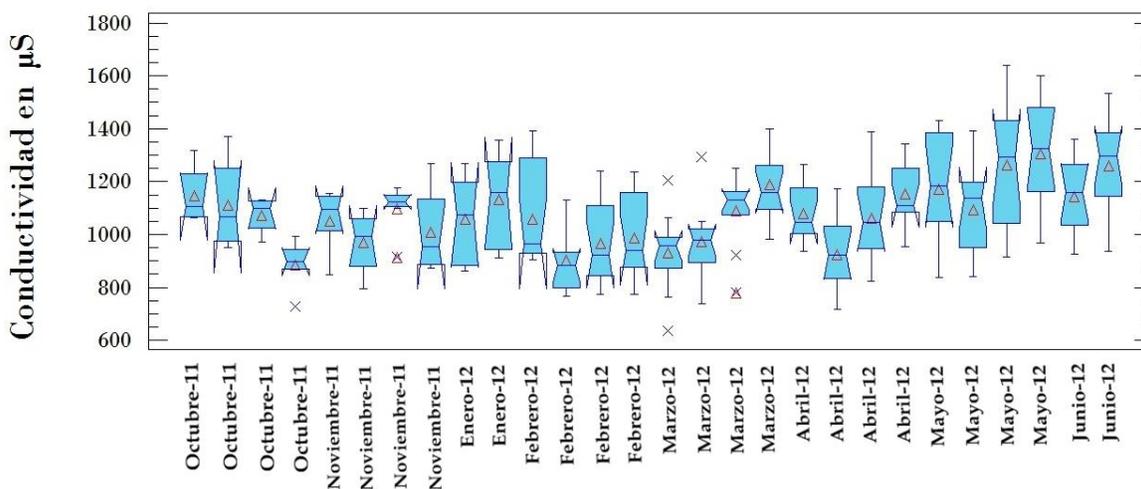
El pH presentó valores fluctuantes durante los meses de tratamiento (Fig. 3), con un promedio de 8.4, el valor mínimo de 7.7 correspondiente al mes de febrero y un valor

máximo de 9.2 correspondiente al mes de mayo. El análisis de Kruskal-Wallis (Fig. 4) reveló que existen diferencias significativas a lo largo del tiempo ( $H=88.52p<0.05$ ).



**Figura 4. Valores de pH para el grupo de reproducción. Periodo de Octubre 2011 a Junio 2012.**

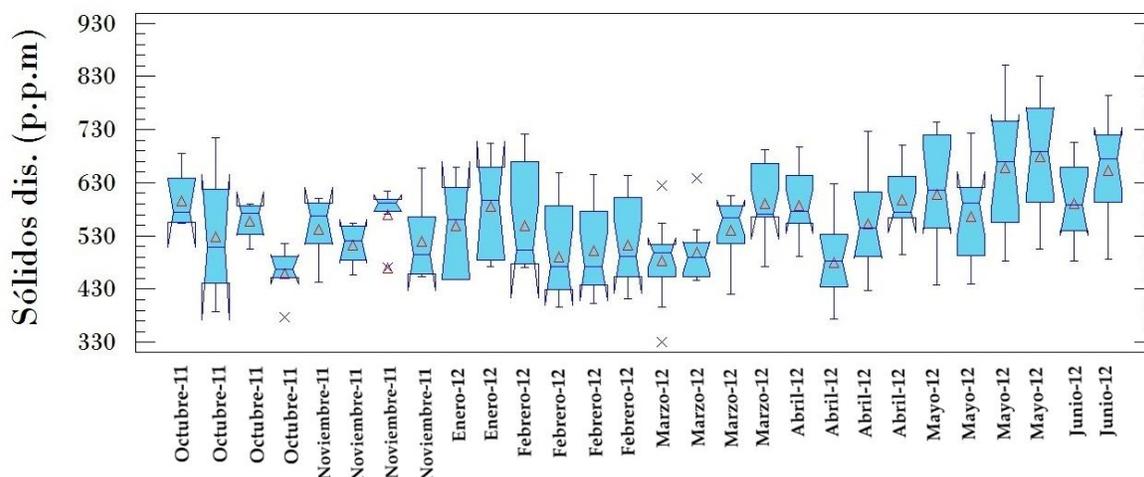
Los valores de conductividad no tuvieron un comportamiento constante durante toda la fase experimental, presentando diferencias significativas ( $H= 88.5205$ ;  $p<0.05$ ). En el mes de mayo se registró mayor variabilidad entre los valores de conductividad, además de registrarse los valores máximo y mínimo de  $1639 \mu\text{S}/\text{cm}$  y  $636\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente (Fig. 5).



**Figura 5. Comportamiento de la conductividad para el grupo de reproducción. Periodo de Octubre 2011 a Junio 2012.**

Los valores de sólidos disueltos mantuvieron un comportamiento semejante al de la conductividad, teniendo valores oscilantes durante el estudio y presentando diferencias

significativas por unidad de tiempo de acuerdo al análisis de Kruskal-Wallis ( $H= 81.9716$ ;  $p<0.05$ ). El valor máximo fue de 852 ppm en el mes de mayo y un mínimo de 331 ppm para el mes de abril, lo anterior se representa en la Figura 6.



**Figura 6. Comportamiento de los sólidos disueltos en el grupo de reproducción. Periodo de Octubre 2011 a Junio 2012.**

Los eventos reproductivos se presentaron en cinco ocasiones, tres a temperaturas de  $28\pm 1^\circ\text{C}$  y dos a  $30\pm 1^\circ\text{C}$ . Los óvulos de la primera hembra no fueron fertilizados por el macho, la segunda y tercera hembra desovaron encontrándose solas en el acuario arrojando 452 óvulos. Los siguientes dos eventos de desove, los óvulos fueron fertilizados; al esperar el periodo de incubación la hembra se comió los huevos, sin completarse el proceso reproductivo. Los anteriores resultados sugieren que la temperatura óptima de reproducción es en un intervalo de 28 a  $30^\circ\text{C}$ ; sin embargo, hay que hacer énfasis en un mayor control de la madurez, así como de los parámetros que requieren los organismos para llevar a cabo la reproducción de manera completa.

### Crecimiento

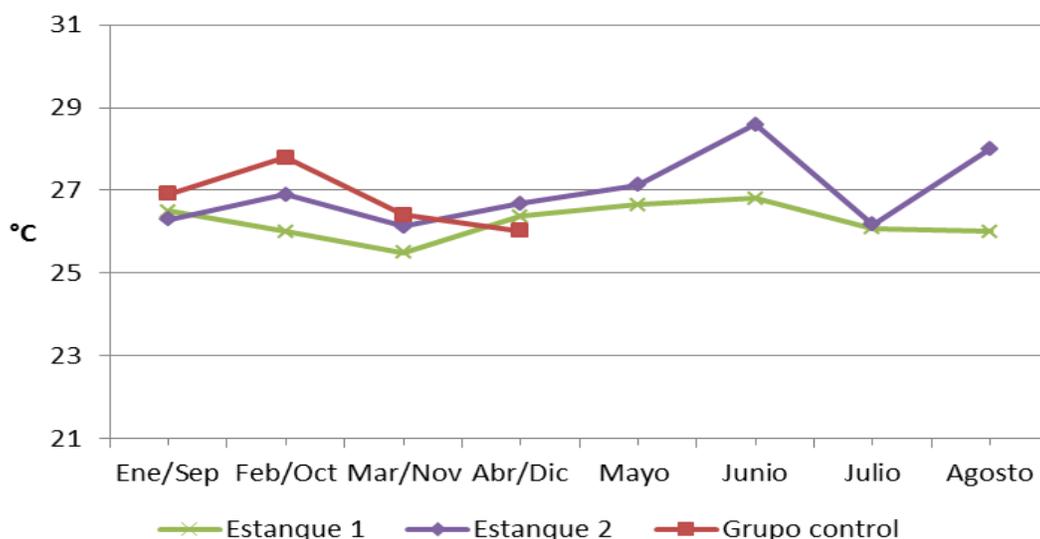
La etapa de crecimiento se realizó en el periodo de septiembre del 2011 a agosto del 2012. Se dividieron los organismos en tres diferentes grupos, un control que fueron colocados en acuarios de 30L bajo condiciones controladas de temperatura y oxigenación con una dieta de únicamente alimento balanceado y dos grupos más que fueron introducidos en estanques de concreto con capacidad de 300L, donde se llevó un control de temperatura, oxígeno, dieta de alimento balanceado y organismos del fitoplancton.

Los peces fueron obtenidos de dos medios diferentes, para el grupo control y el estanque dos se utilizaron organismos que se extrajeron de un medio natural de embalses de Morelos, capturados con un chinchorro con luz de malla de 1cm. Distribuyéndose de la

siguiente forma: 10 organismos en los acuarios, cumpliendo la función de grupo control; 50 organismos para cultivo en estanque, al que se asignó el número dos. Y el resto de los peces fueron donados por la Unidad Acuícola de Zacatepec, Morelos; asignándose el número uno.

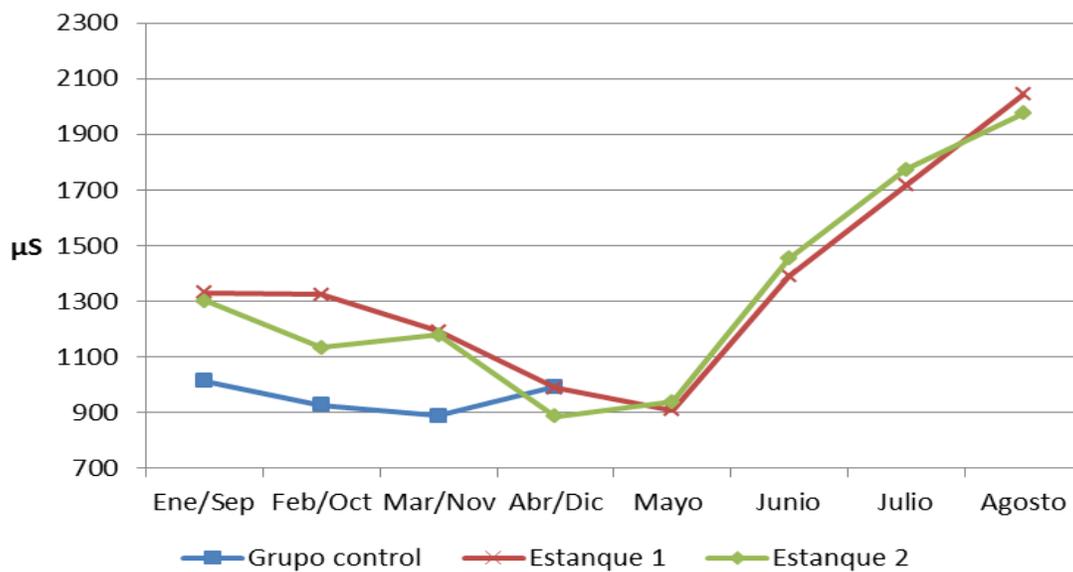
Para los peces del grupo control el tiempo de estudio solo fue de cuatro meses, debido a un problema bacteriológico que provoco el 90% de mortandad en el cultivo por lo que fue tratado por separado en los distintos análisis y solo se hace el énfasis en los meses en que se obtuvo la documentación de los datos registrados. Para los peces de los dos estanques el tiempo de estudio fue de ocho meses, por lo que a ambos sistemas se les realizaron diferentes estadísticos para encontrar alguna relación o diferencia entre los parámetros de crecimiento. A continuación se presentan los resultados de la calidad del agua para los tres sistemas.

La temperatura mostró un comportamiento de  $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  para los tres sistemas. En el agua del grupo control hubo una temperatura máxima de  $32^{\circ}\text{C}$  y una mínima de  $20^{\circ}\text{C}$ , donde en ambos casos la razón de la variable fue por un mal funcionamiento de los calentadores empleados. Para el agua de los dos estanques las condiciones fueron más variables debido a la exposición de los factores ambientales; no obstante, la temperatura se mantuvo dentro de un intervalo aceptable para la supervivencia de los organismos. Y dentro del estanque 1 la temperatura máxima fue de  $28^{\circ}\text{C}$  y la mínima de  $25^{\circ}\text{C}$  con promedio de  $26.5^{\circ}\text{C}$ . Para el estanque 2 la temperatura máxima fue de  $29^{\circ}\text{C}$  y la mínima de  $25^{\circ}\text{C}$ , con media de  $27^{\circ}\text{C}$  (Fig. 7).



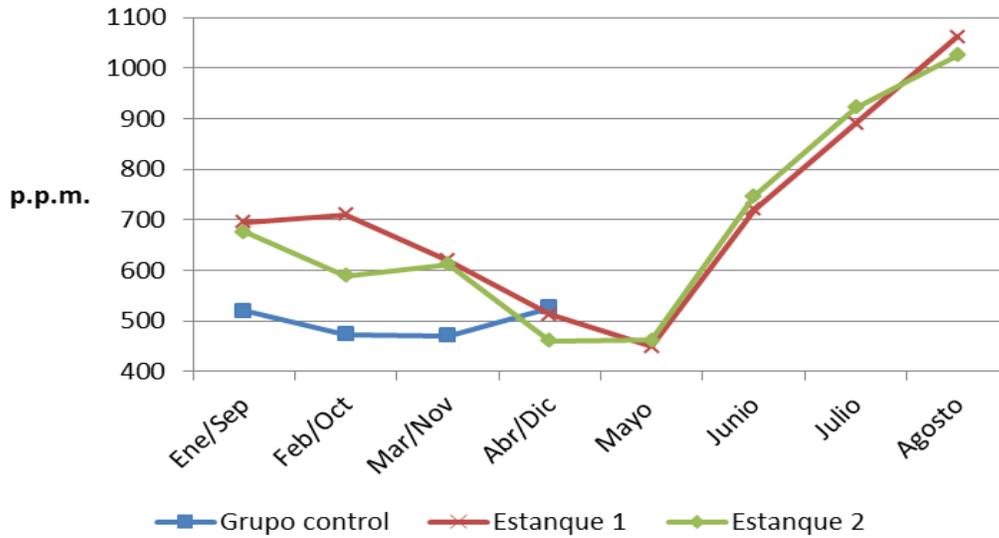
**Figura 7. Comportamiento de la temperatura para los cultivos en crecimiento. Periodo de sep-2011 a ago-2012.**

La conductividad se mantuvo constante en el grupo control; no siendo así dentro de los dos estanques, teniendo un descenso marcando para los meses de marzo a mayo del 2012 e incrementando linealmente al final del periodo de estudio. Para el grupo control el valor mínimo fue de 706 $\mu$ S y el valor máximo de 1849  $\mu$ S. Dentro del estanque 1 el valor mínimo fue de 433  $\mu$ S y el valor máximo de 2042. Dentro del estanque 2 se obtuvieron valores similares al anterior teniendo un valor mínimo de 536  $\mu$ S y un máximo de 1975  $\mu$ S, lo anterior se representa en la Figura 8.



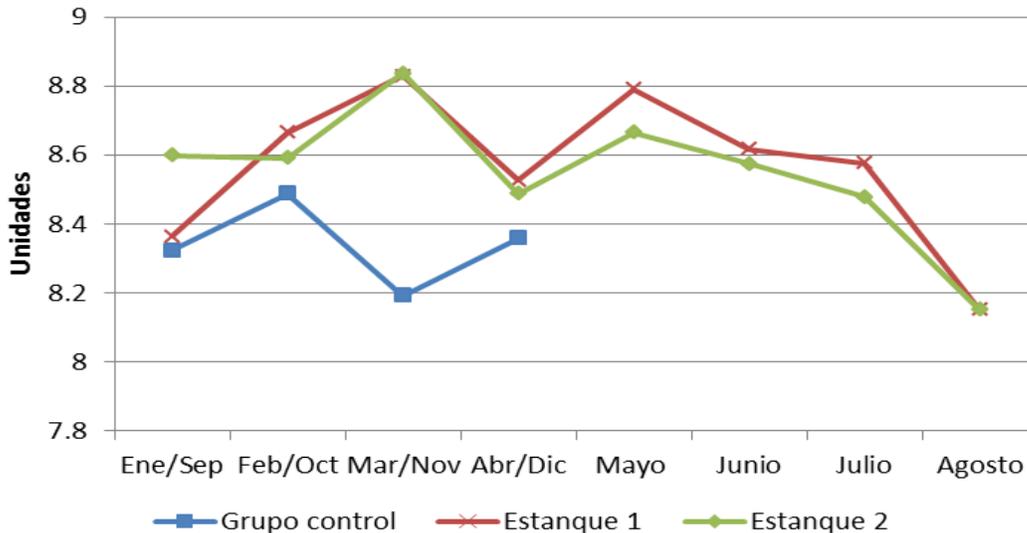
**Figura 8. Valores de conductividad para los tres sistemas de crecimiento. Periodo de sep-2011 a ago-2012.**

Los datos de sólidos disueltos se comportaron de manera similar a la conductividad para los tres sistemas. El grupo control tuvo un valor máximo de 926 ppm y un valor mínimo de 367 ppm. Para el estanque1 el valor máximo fue de 1020 ppm y el mínimo de 224 ppm, el estanque dos tuvo un valor máximo de 1023 ppm y un valor mínimo de 272 ppm (Figura. 9).



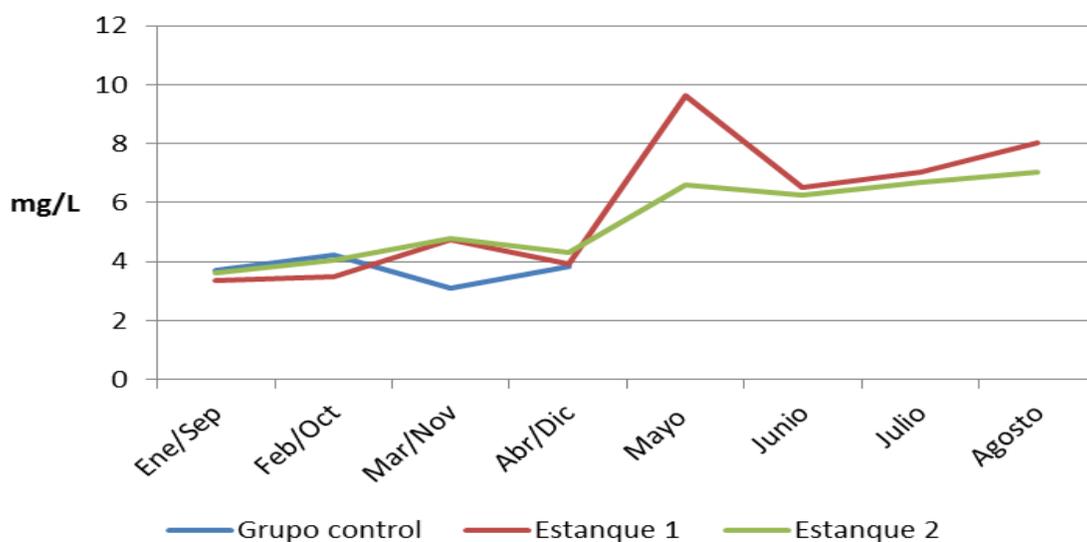
**Figura 9. Sólidos disueltos para los grupos en crecimiento. Periodo para septiembre 2011 a agosto 2012.**

El pH a lo largo del estudio oscilo en intervalos de 8 y 9 unidades (Figura.10). En el grupo control se mantuvo durante todo el estudio en niveles inferiores a los dos grupos restantes, teniendo un valor promedio de 8.4 con un valor mínimo de 7.74 y un máximo de 9. Para el estanque 1 el valor promedio fue de 8.6 y para el estanque 2 de 8.5, presentándose un valor mínimo de 8.1 y un máximo de 9 en ambos estanques.



**Figura 10. Valores de pH para los grupos en crecimiento. Periodo para septiembre 2011 a agosto 2012.**

La concentración de oxígeno disuelto en el agua para el grupo control se mantuvo por debajo de los niveles de los estanques, ya que en los tres sistemas se dio un descenso para los meses más fríos (Noviembre-Diciembre), donde se registraron los valores más bajos al inicio del estudio (Fig. 11). Para el grupo control el valor mínimo fue de 1.35 mg/L y el valor máximo de 5.5 mg/L. Estos valores fueron afectados por la tasa de recambios que se hicieron. Para el estanque 1 el valor mínimo registrado fue de 1.75 mg/L y el valor máximo fue de 14.8 mg/L. Para el estanque los valores mínimo y máximo fueron 3.8 mg/L y 10.4 mg/L respectivamente.



**Figura 11. Comportamiento del oxígeno disuelto para los tres cultivos en crecimiento de septiembre 2011 a agosto 2012**

Para medir la eficiencia de los cultivos se utilizaron ciertos indicadores de crecimiento que se muestran a continuación.

La tabla 2 muestra un resumen de los diferentes tratamientos aplicados a los organismos *Oreochromis niloticus*, con los valores promedio final e inicial de la longitud total y el peso.

**Tabla 2. Resumen de promedios de talla y peso para los diferentes tratamientos.**

	Estanque 1		Estanque 2		Grupo control	
	Lt(cm)	Peso(g)	Lt(cm)	Peso(g)	Lt(cm)	Peso(g)
<b>Inicio</b>	6.89	5.81	7.25	6.29	4.71	1.85
<b>Final</b>	12.76	32.87	12.68	32.38	7.92	9.93

Para comprobar si existieron diferencias significativas entre los diferentes grupos se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. Este análisis determinó que existen diferencias significativas entre los 3 grupos ( $H= 11.1687$ ;  $p<0.05$ ). Para evidenciar los grupos que son distintos se realizó un análisis de U de Mann-Whitney; para los estanques no existen diferencias significativas ( $W=26937.5$ ;  $P= 0.22037$ ), y entre los estanques y el grupo control existen diferencias significativas ( $W=5352.5$ ;  $P= 0.05$ ).

**Tabla 3. Resumen de análisis Kruskal-Wallis de los distintos grupos.**

Grupo	Tamaño muestral	Rango promedio	Estadístico	P-valor
<b>Grupo control</b>	29	167.069	11.1687	0.00375614
<b>Estanque 1</b>	240	260.313		
<b>Estanque 2</b>	240	260.313		

#### Relación Longitud total- Longitud patrón

Para determinar si existió relación entre la longitud total y la longitud patrón se realizó un análisis de regresión, con la finalidad de determinar si es factible trabajar con estos indicadores de crecimiento al momento de realizar un análisis de peso-longitud. La ecuación obtenida es la siguiente:

Estos datos indican que existe una fuerte relación lineal entre la longitud total y la longitud patrón, con un alto porcentaje de asociación. Para determinar cuál de los dos indicadores es el más adecuado para realizar el análisis peso-longitud se realizó un análisis de correlación.

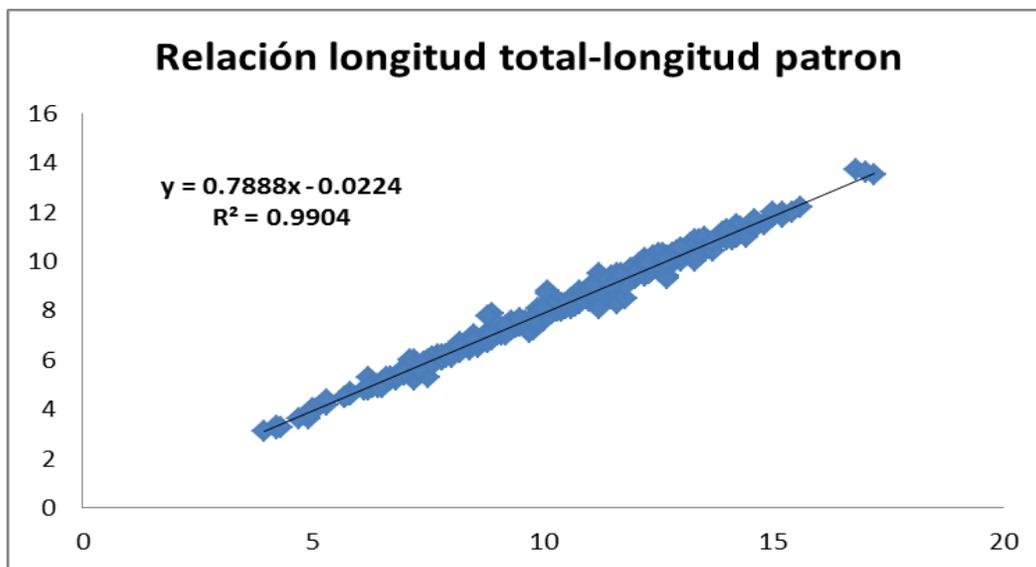


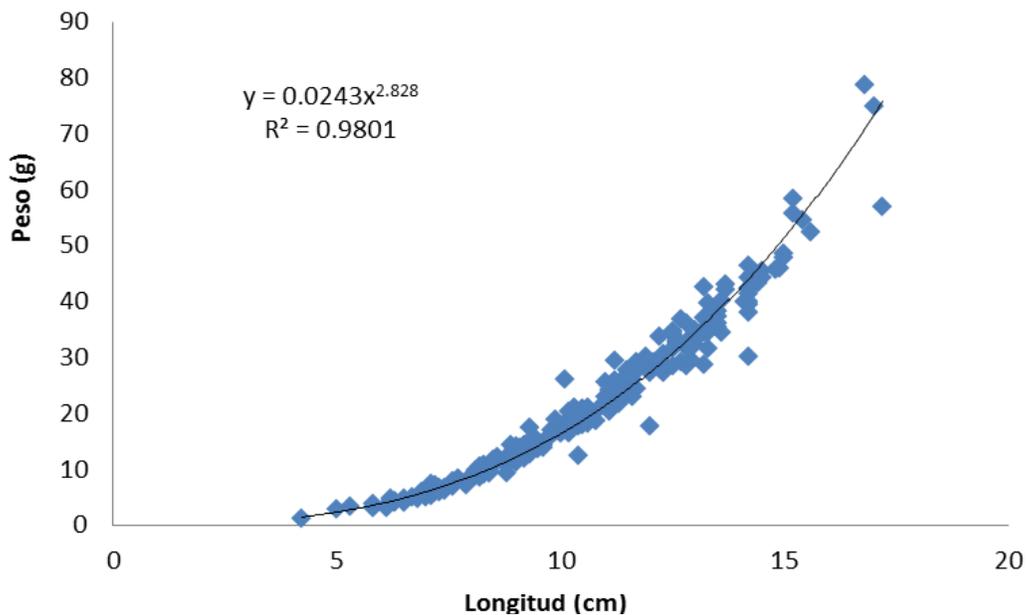
Figura 13. Relación longitud total-longitud patrón para toda la población de *Oreochromis niloticus*.

Un análisis de correlación puede ser de utilidad en la toma de decisiones sobre las variables que deben ser contempladas en una evaluación de este tipo, por lo que para el presente estudio los análisis fueron realizados con la longitud total. En la tabla 4 se muestran los valores de correlación para la longitud patrón y la longitud total con respecto al peso, con los datos transformados para linearizar los valores, para realizar el análisis relación peso-longitud.

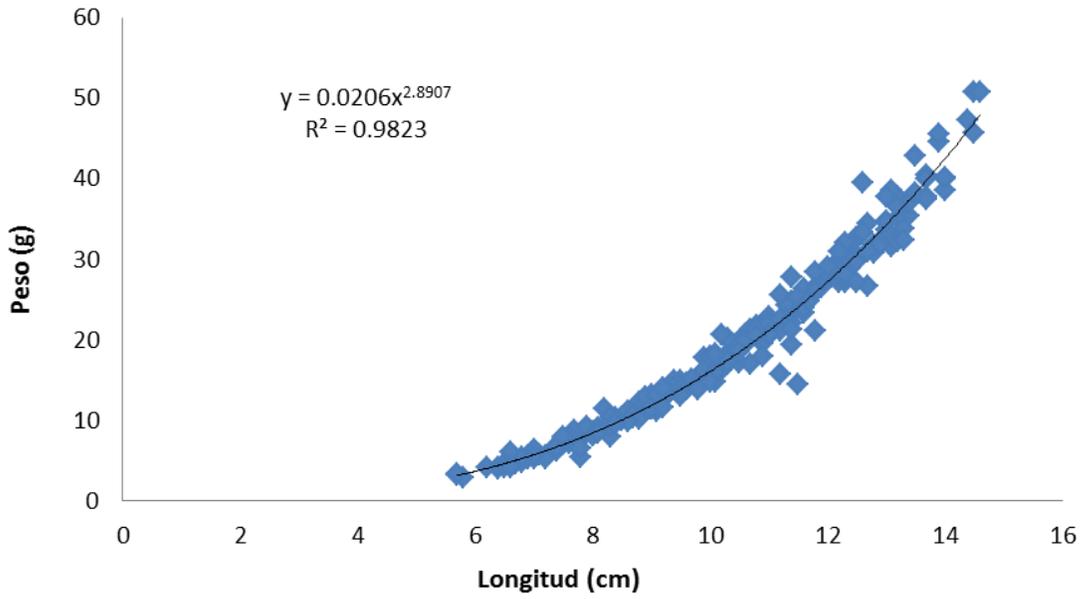
Tabla 4. Valores para regresión múltiple de la población de *Oreochromis niloticus*.

	Log. N (peso)	Log. N (L.T)	Log. N (L.P.)
Log. N (peso)	0	0.9902	0.9895
Log. N (L.T)	0.9902	0	0.9958
Log. N (L.P.)	0.9895	0.9958	0

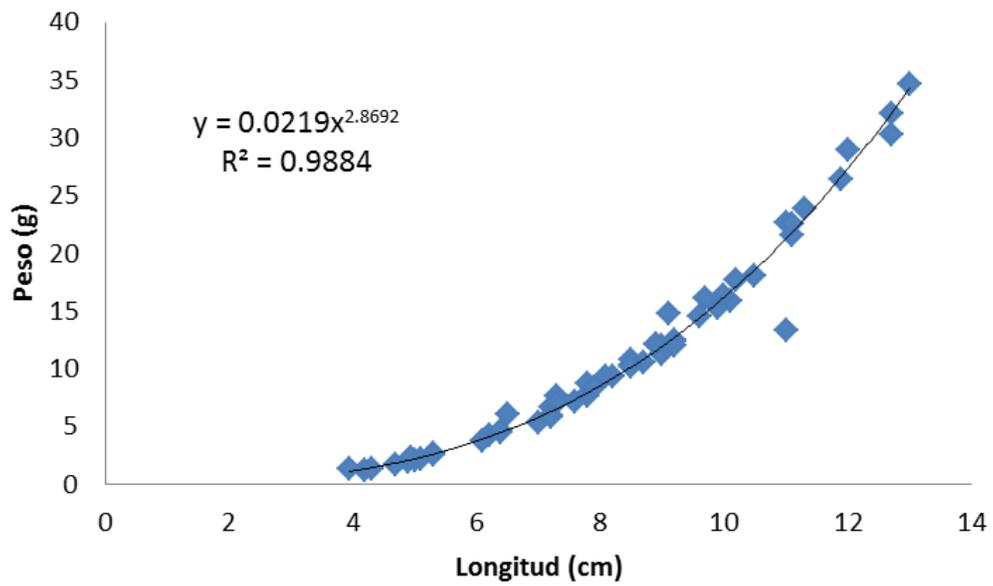
Los sistemas de cultivo fueron tratados como independientes al momento de realizar los análisis de peso-longitud, ya que la prueba de Kruskal-Wallis ( $H= 11.1687$ ;  $p<0.05$ ) reveló diferencias significativas en los tres tratamientos. En las figuras 13, 14 y 15 se observa que la relación peso-longitud de los peces fue del tipo potencial, obteniéndose diferentes grados de correlación. La figura 13 indica los valores de la regresión del tipo potencial para el estanque 1 ( $N=240$ ;  $r^2=0.941$ ), la figura 14 muestra los valores que se obtuvieron para el estanque 2 ( $N=240$ ;  $r^2=0.9734$ ), y la figura 15 muestra los valores para el grupo control ( $N=58$ ;  $r^2=0.9884$ ).



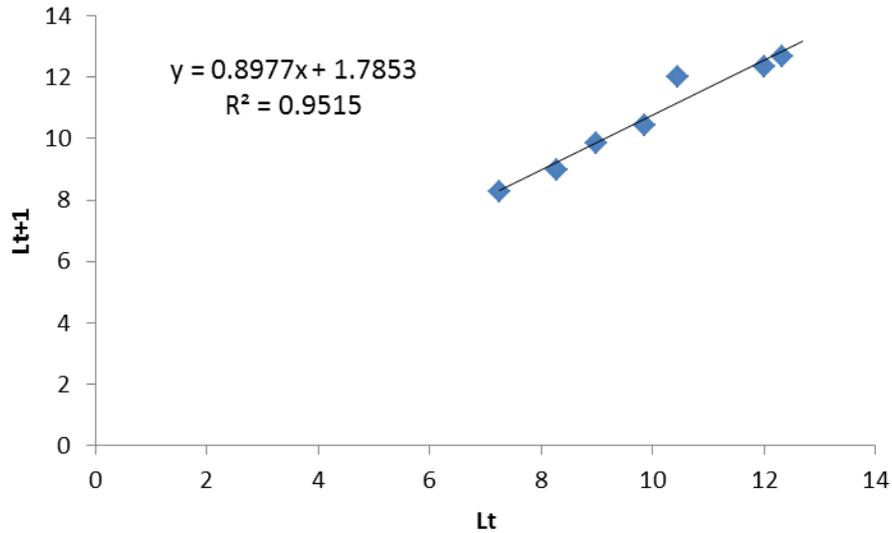
**Figura 13. Relación peso-longitud para el estanque 1.**



**Figura 14. Relación peso-longitud para el estanque 2.**



**Figura 15. Relación peso-longitud para el grupo control.**



**Figura 16. Método de Ford-Walford para obtener los parámetros  $k$  y  $L_{\infty}$ .**

A partir de la longitud total promedio mensual se construyó una matriz de mes-longitud total, con base en la cual se obtuvieron los parámetros  $k$  y  $L_{\infty}$ , por medio del método de Ford-Walford (1946) y  $t_0$  se obtuvo mediante el método de Beverton y Holt (1957) (Fig. 16). Una vez calculados los parámetros de crecimientos se obtuvieron las curvas de crecimiento teóricas en longitud con base en el modelo de von Bertalanffy, dando las siguientes ecuaciones:

Von Bertalanffy:

$$L(t) = L_{\infty} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

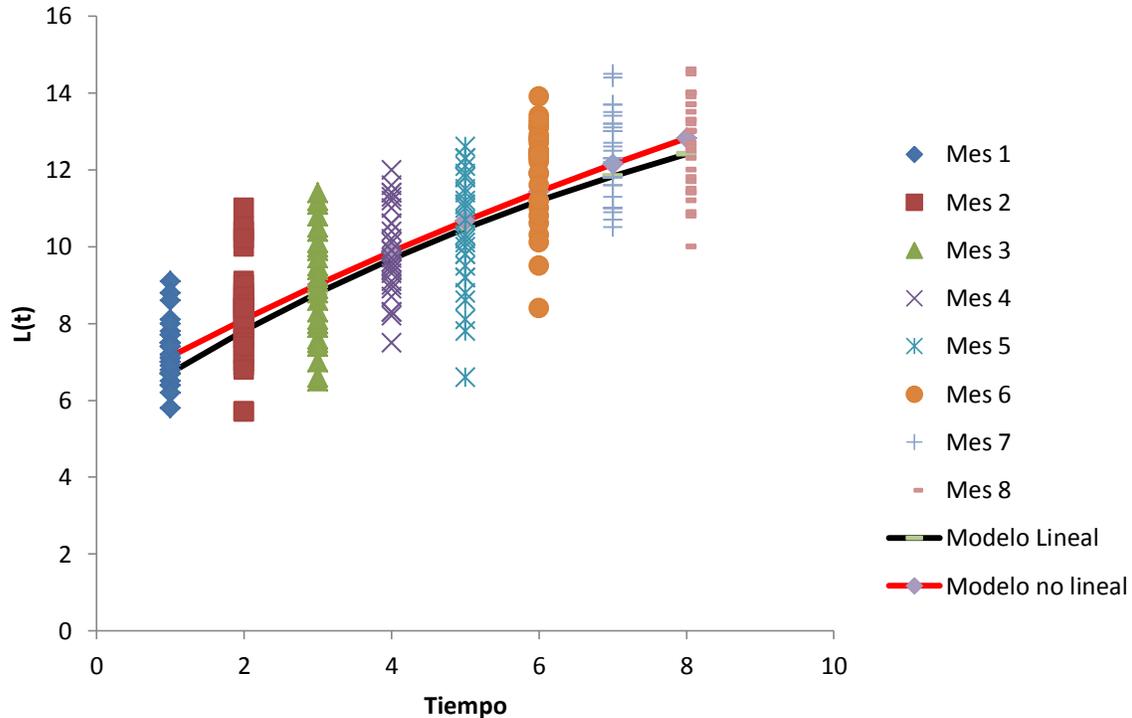
Ecuación a partir del método de Ford-Walford, Beverton y Holt:

$$L(t) = 17.45, (1 - e^{-0.1079(t+3.5)})$$

Se realizó una comparación en la obtención de parámetros por un método no lineal con la herramienta estadística STATA v.11, obteniéndose los valores siguientes:

Ecuación a partir del método no lineal:

$$L(t) = 24.09 (1 - e^{-0.0584(t-(-5.023))})$$



**Figura 17. Curva de crecimiento en longitud con base en el modelo de von Bertalanffy**

Los organismos del estanque 1 es el que fueron los que tuvieron un mayor crecimiento y conto con pocos casos extraordinarios; sin embargo, presenta mucha variabilidad (D.E.=2.57) a diferencia de los organismos del estanque 2 que presentaron menor variación (D.E.=2.22); por lo cual presenta un porcentaje de correlación más alto con respecto al estanque 1.

La evaluación del valor de la pendiente del grupo control, dió como resultado un crecimiento del tipo isométrico; es decir, que el incremento en peso y longitud es proporcional o crecen a un ritmo sincronizado. Para el estanque 1 y el estanque 2, el crecimiento fue del tipo alométrico negativo, lo cual indica que existe un mayor crecimiento en longitud que en peso. Este comportamiento se verificó al aplicar la prueba t-Student ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 5. Prueba de hipótesis sobre la pendiente para la relación peso-longitud**

	n	T calculada	T teórica	Prueba	Decisión
<b>Grupo control</b>	58	1.19023245	1.9901	$H_0=3$ $H_a\neq 3$	Se acepta
<b>Estanque 1</b>	240	-3.53799483	1.96	$H_0=3$ $H_a\neq 3$	Se rechaza
<b>Estanque 2</b>	240	-2.8590641	1.96	$H_0=3$ $H_a\neq 3$	Se rechaza

Como se puede observar en la figuras 13, 14 y 15 el mayor crecimiento en talla y peso lo obtuvieron los organismos del estanque 1 y después los organismos del estanque 2. EL crecimiento en el grupo control fue menor a lo esperado, pero esto se explica a que sólo se realizó en cuatro meses por los motivos expuestos anteriormente. Habiéndose esperado obtener mayor crecimiento bajo las condiciones controladas que en los estanques.

Para los organismos dentro del estanque 1 la ganancia en peso, (tabla 6) presentó una tendencia a disminuir durante el experimento, con un valor máximo de 58.96% para el primer mes de tratamiento y el valor más bajo que corresponde al sexto mes de tratamiento con una ganancia total de 1.78%. La tendencia fue de disminuir durante todo el estudio. El crecimiento específico es más alto en los primeros meses que corresponde a los meses de enero-febrero con una tendencia a disminuir en los meses subsecuentes.

La conversión de alimento por el metabolismo de los peces es más eficiente en los primeros estadios de vida y menor con forme los organismos aumentan su edad, el valor mínimo del factor de conversión alimenticia corresponde al primer mes de tratamiento, y el valor más alto al quinto mes de tratamiento. La eficiencia alimenticia tuvo un máximo rendimiento durante los primeros meses de tratamiento, y después tiene una marcada disminución de los valores hacia el final del estudio.

**Tabla 6. Indicadores de crecimiento para los diferentes meses de tratamiento del estanque 1**

Periodo	Ganancia en Peso %	Crecimiento Especifico	Factor de conversión alimenticia	Eficiencia alimenticia
Enero-Febrero	58.9684814	1.54511922	0.11305475	8.84527221
Febrero-Marzo	52.9920692	1.41738633	0.12580499	7.94881038
Marzo-Abril	48.9161169	1.32737662	0.13628773	7.33741753
Abril-Mayo	28.5917722	0.83824215	0.23316731	4.28876582
Mayo-Junio	16.5866864	0.51154966	0.40192878	2.48800295
Junio-Julio	1.78364116	0.0589307	3.73767258	0.26754617
Julio-Agosto	2.27084197	0.07484807	2.93576865	0.3406263

El factor de conversión de Fulton (tabla 9) es adecuado, manteniendo valores por encima de la unidad, los cuales indican un desarrollo de los organismos. Este fluctuó entre 1.84 y 1.68 permaneciendo casi constante a lo largo del estudio, pero con una tendencia a disminuir hacia el final del experimento teniendo ligeras variaciones. Lo anterior indica la ausencia de factores que alteren el crecimiento de los organismos, como suelen ser relaciones de depredación, competencia o bien falta de una nutrición óptima. Los valores de los indicadores de crecimiento para el estanque 1 se muestran en la tabla 6.

Para los organismos dentro del estanque 2 la ganancia en peso presenta valores altos en el primer y quinto mes de tratamiento, y valores se mantuvieron constantes durante los meses intermedios, con un valor máximo de 60.08% para el primer mes de tratamiento y un valor mínimo de 10% para el sexto mes de tratamiento. El quinto mes presenta un valor peculiar muy alto, lo cual indica que existieron factores ambientales y nutricionales favorables. El factor de conversión alimenticia es más eficiente en los primeros estadios de vida y con tendencia a la disminución, exceptuando el quinto mes de tratamiento, el valor mínimo del factor de conversión alimenticia corresponde al primer mes de tratamiento, y el valor más alto al cuarto mes de tratamiento. Los valores de crecimiento específico presentan un comportamiento inverso al factor de conversión alimenticia; sin embargo, el rendimiento más alto se dio durante el primer mes de tratamiento, seguido del quinto mes.

El factor de conversión de Fulton (tabla 9) es muy homogéneo durante todos los meses de estudio, permaneciendo valores alrededor de 1.7, lo cual se traduce en un buen estado de salud de los peces. El valor máximo corresponde al segundo mes de tratamiento con 1.79 y el valor mínimo corresponde para el quinto mes de tratamiento. A partir del segundo mes se presenta una ligera disminución de los valores para el factor de condición.

Al evaluar el crecimiento se realizaron muestreos aleatorios mensuales de 30 organismos, pudiendo llegar a presentar problemas de fluctuaciones como se presento en el quinto mes, lo cual puede ser explicado por la variabilidad de las capturas mensuales, pudiéndose medir los organismos más grandes durante un mes o los más pequeños o bien un muestreo homogéneo.

Durante Junio se presentaron las condiciones más favorables para el cultivo que propiciaron un crecimiento acelerado tanto en talla como en peso; sin embargo, el factor de condición es el más bajo del estudio (tabla 9) , pudiendo indicar algún tipo de competencia entre los organismos, lo cual puede ser representado por la jerarquización que se da en esta especie, provocando un rápido crecimiento para vencer este tipo de barreras, creciendo más en longitud que en peso.

**Tabla 7. Indicadores de crecimiento para el estanque 2**

<b>Periodo</b>	<b>Ganancia en Peso %</b>	<b>Crecimiento Especifico</b>	<b>Factor de conversión alimenticia</b>	<b>Eficiencia alimenticia</b>
Enero-Febrero	60.0847009	1.568442899	0.110954479	9.01270513
Febrero-Marzo	29.2989418	0.856523052	0.227539503	4.39484127
Marzo-Abril	22.86445013	0.686371767	0.291573453	3.42966752
Abril-Mayo	17.11074105	0.526499353	0.389618816	2.56661116
Mayo-Junio	47.68929968	1.299801849	0.139793763	7.15339495
Junio-Julio	10.22987122	0.324659126	0.651686275	1.53448068
Julio-Agosto	6.070531717	0.196446935	1.098201439	0.91057976

La ganancia en peso para el grupo control muestra que hay una disminución del crecimiento con respecto al tiempo; es decir, al ir avanzando en el estudio la ganancia en talla de los organismos, se vuelve más lenta y empieza un mayor incremento en peso, esto se ve reforzado si observamos los valores de la tabla 8 que resultan de obtener el crecimiento específico. Comparando la tabla 8 con el factor de conversión alimenticia

(tabla 9), obtenemos resultados bastante claros que indican un incremento acelerado en peso y longitud durante los primeros estadios de vida, donde los organismos destinan toda la energía al crecimiento, debido a las relaciones de competencia.

En la tabla 9 el factor de condición sobrepasa la unidad, indicando un buen desarrollo de los organismos; sin embargo, este índice disminuye a lo largo del tiempo, lo cual nos puede sugerir que algún tipo de factor este alterando el crecimiento de los organismos, posiblemente el no control de la temperatura adecuadamente.

**Tabla 8. Indicadores de crecimiento para el Grupo control**

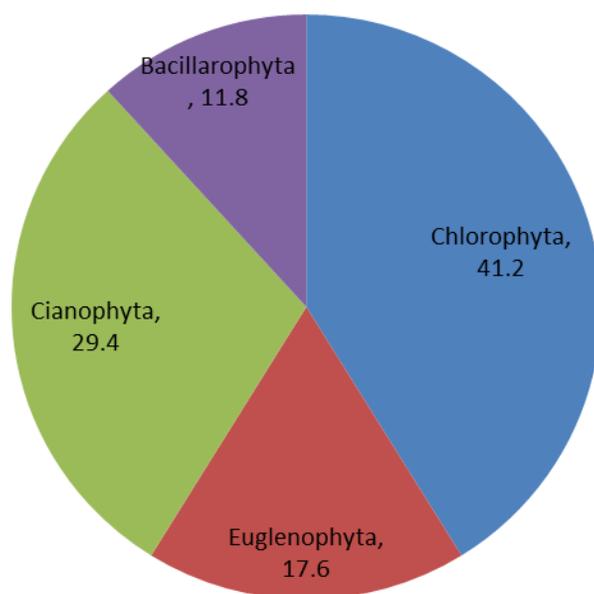
Periodo	Ganancia en Peso	Crecimiento Especifico	Factor de conversión alimenticia	Factor de condición	Eficiencia alimenticia
Septiembre- Octubre	179.640719	3.42778482	0.1237037	1.82321036	8.08383234
Octubre- Noviembre	126.445396	2.72444551	0.14657878	1.75393586	6.82226981
Noviembre- Diciembre	95.9148936	2.24170054	0.20851819	1.59540147	4.79574468

**Tabla 9. Factor de condición para los tres sistemas.**

Periodo	Estanque 1	Estanque 2	Grupo control
Enero- Febrero	1.73563442	1.77355686	1.82321036
Febrero- Marzo	1.84264599	1.79580676	1.75393586
Marzo- Abril	1.68322617	1.67391044	1.59540147
Abril- Mayo	1.72957074	1.64492182	
Mayo- Junio	1.75798206	1.60415278	
Junio-Julio	1.52095905	1.63000842	
Julio- Agosto	<b>1.57999321</b>	1.69846458	

En la identificación del fitoplancton se encontraron 17 especies, incluidas en cuatro divisiones: Chlorophyta, 7 especies (*Monoraphidium griffithii*, *Scenedesmus falcatus*, *Scenedesmu sberrandi*, *Hecmatococos pluvialis*, *Chlamydomona mexicana*, *Cosmarium sp.*, *Chlorella emersoni*); Cianophyta, 5 especies (*Microcystis aeruginosa*, *Gleocapsa alpina*, *Chlorococum sp.*, *Nosto cverrucosum*, *Chroococcus dispersum*); Bacilliarophyta, 2 especies (*Cocconeis placentula*, *Ochromonas verrucosa*); Y Euglenophyta con tres especies (*Euglena acus*, *Euglena gases*, *Euglena fusca*).

La abundancia total fue de 601036 cel/mL, de las cuales el 60.4% fueron clorofitas, el 36.2% fueron cianofitas, el 1.6% fueron euglenofitas, y el 1.6% Bacilliarophyta (Fig.18).



**Figura 18. Densidad relativa del fitoplancton.**

## Discusión

Para la piscicultura, el principal factor que hay que tomar en cuenta es la calidad del agua, esta debe estar en intervalos favorables para inducir la maduración, reproducción y el crecimiento de los organismos. La concentración de compuestos químicos, así como la temperatura, el alimento y el fotoperiodo dan como resultado el éxito en el cultivo de peces.

La temperatura del agua es uno de 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. Para fines de piscicultura y en particular para *Oreochromis niloticus* el óptimo intervalo térmico es de 25 a 30°C dando un buen desarrollo y una alta tasa reproductiva (Morales, 1991; Arredondo y Ponce, 1998; Xie *et al.*, 2011).

El promedio semanal de la temperatura del agua en el estudio osciló entre los 25 a 30 °C, tanto en acuarios como en estanques, quedando dentro de los parámetros óptimo; este intervalo térmico se logró con ayuda de calentadores de termostato de 300 watts disminuyendo fluctuaciones negativas en las temperaturas de peceras y estanques favoreciendo el crecimiento y la maduración gonadal. El grupo control a pesar de tener solo cuatro meses de tratamiento, mantuvo una temperatura más estable, logrando un crecimiento específico más elevado, así como un factor de conversión alimenticia más eficiente. Para los estanques las condiciones ambientales que los afectan, vuelven más vulnerable al sistema, lo cual puede traducirse en un menor crecimiento.

Xie *et al.* (2011), probaron en 5 diferentes gradientes de temperatura (25, 28, 31, 34 y 37°C), para evaluar el evaluar el crecimiento, constatando que a temperaturas mayores de 34°C, la mortandad aumenta a más del 40%. También se puede ver alterado el crecimiento a estas temperaturas, por lo que enmarcan como intervalo de 25 a 34°C. En el presente estudio las fluctuaciones de temperatura no superaron los 29°C, no obstante se dieron fluctuaciones que son motivo de estrés en los organismos. Xie *et al* (2011), enmarcan que en un intervalo de 25 a 34° el crecimiento en los peces no se ve afectado, contrario con los resultados obtenidos en el presente trabajo. Romero (2001), al hacer una comparación de diferentes temperaturas, reporta que los organismos presentan un mejor crecimiento a 30°C, que a 25°C.

En los acuarios se registró en el agua una temperatura máxima de 32°C, sin afectar los índices de crecimiento ya que fue registrado este valor durante solo un día, lo cual es

apoyado por el trabajo de Pandit y Nakamura (2010), quienes obtuvieron resultados similares a Xie *et al.* (2011), donde la tasa de mortalidad a una temperatura mayor a 32°C está por encima del 40%, y por debajo de estas temperaturas el crecimiento no se ve afectado. Por otra parte, señalan que a temperaturas muy altas el crecimiento y el apetito se ven reducidos considerablemente. El-Sayed *et al.* (1996), mencionan que cuando las temperaturas alcanzan un punto crítico de tolerancia en los organismos hay una menor supervivencia, ya que hay una mayor susceptibilidad a enfermedades; por otra parte, los peces detienen su crecimiento ya que toda la energía la destinan al mantenimiento de los procesos fisiológicos.

La temperatura tiene una participación importante en la concentración de oxígeno en los estanques y acuarios, teniendo una relación inversamente proporcional en la solubilidad del oxígeno respecto a la temperatura (Arredondo y Ponce, 1998).

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 disuelto en el agua y los procesos oxidativos de la comunidad biótica (Wetzel, 2001). En general las especies epicontinentales se pueden clasificar en función de su tolerancia a los bajos niveles de oxígeno, siendo la mayoría de cíclidos y ciprínidos los que admiten 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 aún de reducir su consumo si la concentración es inferior a 3 mg/l; para tal efecto, usa un metabolismo semi-anaeróbico que le permite soportar niveles de 1 mg/l e incluso menor por periodos cortos (Cabañas, 1995; Granado, 2002).

Granado (2002), cita que este elemento debe tener una concentración de 2.1 mg/L como mínimo, para no alterar los procesos metabólicos. Wedemeyer (1996) señala que el nivel de oxígeno disuelto para los peces de climas cálidos debe de encontrarse por arriba de los 4 mg/L; mientras que Morales (1991), tiene como consideración valores por encima de los 5 mg/L, para que los procesos naturales de reproducción y crecimiento se lleven a cabo de manera óptima.

El oxígeno no fue un factor limitante en el estudio, ya que como reporta Granado (2002), la concentración mínima de oxígeno requerida para fines de acuicultura es de 2 mg/L, las fluctuaciones de oxígeno reportadas en el estudio fueron de 2 a 5 mg/L. por lo cual no fue un limitante para el crecimiento de los organismos.

Por otra parte, hay una relación directa entre el oxígeno presente y los procesos de maduración gonadal, como lo señalan Kolding *et al.* (2008), siendo que a valores bajos en la concentración de oxígeno disuelto, los procesos de reproducción se ven alterados. En el

estudio realizado por este autor, se prueban gradientes de oxigenación (1.5, 2.8 y 6 mg/L) y reporta que los valores donde el crecimiento no se ve afectado es en 2.8 y 6 mg/L. Por otra parte, señalan que cuando la concentración de oxígeno disuelto se encontraba por debajo de 1.5 mg/L hay una conducta alterada de los organismos como falta de apetito o boquear en la superficie buscando una mejor oxigenación, lo cual es similar a los resultados obtenidos en el presente estudio, donde los organismos en acuarios mostraron un comportamiento similar en el grupo control.

Dentro de los cuerpos de agua existen variables biológicas, físicas y químicas que pueden alterar el crecimiento de una población determinada. Dentro de los aspectos biológicos se encuentran las relaciones interespecificas (depredación, parasitismo) y las relaciones intraespecificas (competencia); por otra parte se encuentran las enfermedades por virus, hongos o bacterias. Las variables físicas incluyen aspectos como la turbidez o la temperatura. Los factores químicos de un cuerpo de agua contemplan la conductividad, la dureza, el pH, la cantidad de nutrientes. En este contexto la oxigenación afecta directamente la mortalidad en un sistema acuático, Arredondo y Ponce (1998), mencionan que a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, los peces son más susceptibles a enfermedades, además de que la actividad metabólica se ve limitada. Por lo anterior para la alta tasa de mortalidad (90%) del grupo control, se descarta como variable una deficiente oxigenación, ya que los valores de oxigenación tuvieron un promedio de 3.76, lo cual de acuerdo a Morales (1991), es adecuado para llevar un cultivo con éxito.

Se considera que hay una relación directa entre los parámetros de conductividad, alcalinidad, dureza, sólidos totales y pH, ya que la presencia o ausencia de iones afecta directamente estas características del agua. La mayoría de las aguas epicontinentales tienen valores de pH que fluctúa entre 6.5 y 9.0, aunque puede haber factores importantes que afectan este parámetro en un estanque. En general los sistemas que presentan estos intervalos de pH son los más apropiados para la producción de peces (Arredondo y Ponce, 1998; Cabañas, 1995). Cuando el pH tiene valores bajos o elevados, causa estrés en los organismos bajo cultivo, en el caso de los peces los órganos que se ven más afectados son las branquias; la reproducción de los peces disminuye cuando se registran valores inferiores a 6.5 o mayores de 9.5, por debajo de 4.0 se presenta la muerte acida y por encima de 11.0 se presenta la muerte alcalina (Arredondo, 1986; Morales, 1991). Garrido (2005) obtuvo en un estudio de crecimiento de *O. niloticus* valores de pH que rebasaban los intervalos de tolerancia para la especie, teniendo un máximo de 10.54, lo cual provoco una alta tasa de mortalidad debido a muerte alcalina.

El pH que se registró en los estanques y acuarios fluctuó entre 7.7 y 8.8 quedando dentro de los rangos aceptables para el buen desarrollo de los organismos, este pH casi constante se logró por la presencia de carbonatos actuando como amortiguador, ya que el agua

utilizada para este estudio se considera como agua dura (Arredondo y Ponce, 1986). Para los estanques el valor fue siempre más elevado que en los acuarios, debido principalmente a la dinámica del sistema, donde la concentración de iones por una fertilización química para el florecimiento del fitoplancton, juegan un papel esencial en este parámetro. Por otra parte, los recambios de agua semanalmente contribuyeron a disminuir los procesos de alcalinización en los sistemas, pues la continua evaporación concentra las sales en el agua, lo cual se observó de manera cíclica en los incrementos y decrementos de pH tanto en acuarios como en estanques.

La mayoría de las especies acuáticas pueden soportar fácilmente variaciones relativas del contenido de sales disueltas, a condición de que la mineralización total no sufra variaciones muy grandes. En caso contrario se producirían mortandades masivas. Una presión osmótica elevada puede provocar fenómenos de difusión a través de las paredes celulares a nivel de branquias, lo que puede ocasionar la muerte de esas células. (Jacques, 1984). Por otro lado, la conductividad eléctrica expresada en microsiemens, se incrementa con el contenido de sales electrolizables disueltas; aumenta también con la movilidad de los iones, o lo que es lo mismo con la temperatura, en general la conductividad está relacionada con la fertilidad del agua, con base en los diferentes iones que se encuentran presentes en el sistema (Arredondo, 1998).

La conductividad también ofrece un panorama acerca de la contaminación orgánica que puede estar latente en un sistema, como lo menciona Abdel *et al.* (2007) los valores de la conductividad aumentan cuando al cultivo se adiciona alimento balanceado y hay presencia de fitoplancton. Los valores obtenidos en este estudio son mayores cuando hay presencia de fitoplancton, que cuando solo se proporciona alimento balanceado, lo cual es congruente con lo que se menciona en el estudio de Abdel *et al.* (2007).

Arredondo y Ponce (1998) citan que para propósitos de la piscicultura, el agua requiere de pequeñas cantidades de calcio y magnesio para un buen desarrollo de organismos. Este parámetro no representa una limitante en los sistemas de cultivo, pues se ha notado incluso depósitos de carbonatos en los acuarios producto de la evaporación del agua.

En cuanto a la dureza y la alcalinidad estas se incrementó en el mes de noviembre con un máximo de 130°mg/L y con un mínimo de 67mg/L , una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO<sub>3</sub>/l se considera adecuada para enriquecer la productividad del estanque; una alcalinidad inferior a 5 mg CaCO<sub>3</sub>/L se manifiesta como un ambiente desfavorable para la productividad natural del estanque (Cabañas, 1995; Arredondo y Ponce, 1998).

Meyer (1999) menciona que el crecimiento de los peces depende de gran parte de la calidad del agua; por lo que, para lograr buena producción, es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a

cultivar. Los parámetros obtenidos en el estudio se situaron dentro de los intervalos aceptables para un buen desarrollo de los organismos estudiados.

En general para el grupo control, al tener un control más riguroso de los parámetros que afectan en crecimiento en los peces, tuvo un mejor desempeño que en estanques. Resultados similares fueron reportados por Saucedo (2008), quien trabaja con machos bajo condiciones de la ciudad de México, siendo que los organismos cultivados en estanques donde el efecto de las condiciones ambientales tienen un menor crecimiento, mientras que los organismos cultivados en acuarios triplican el crecimiento por tener condiciones más estables. El mismo autor tiene crecimientos mayores a los reportados en este estudio, ya que como lo menciona Ridha (2006), hay un mayor crecimiento cuando los organismos son seleccionados ya sea por reversión sexual o bien, por mejora genética.

Tuan *et al.* (1998), trabajando machos revertidos genéticamente en comparación con una reversión hormonal, no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre estos grupos y reportan resultados similares a los encontrados por Ridha (2006). Lo anterior sugiere que el crecimiento se ve mejorado únicamente cuando se trabaja con un cultivo de un solo sexo, ya que los organismos aprovechan toda la energía en el crecimiento y no la desvían hacia la reproducción (Castro *et al.* 2004; Mohammad, 2006; Saucedo, 2008). Las tallas obtenidas en este estudio no hacen a los organismos comercialmente atractivos, lo cual nos indica un bajo crecimiento en los ocho meses de tratamiento, ya que Afolabi *et al.* (2005), reporta crecimientos de 50 a 180 g en solo 120 días.

Estudios realizados en la Ciudad de México por Cordova (1994), reportan crecimientos similares a los encontrados en este estudio. De igual forma Saucedo (2008), obtiene un bajo crecimiento en organismos cultivados en las mismas condiciones que el presente estudio. Lo anterior indica que hay una serie de factores que pueden afectar los procesos metabólicos que influyen en el crecimiento, entre ellos la temperatura, el oxígeno, el pH y el tipo de alimento, lo cual se traduce en un bajo rendimiento de los cultivos realizados con estas características.

Ming y William (1992), mencionan que la fertilización y la densidad de siembra son factores fundamentales que afectan directamente el crecimiento de la tilapia, ya que cuando hay una mayor fertilización, los organismos presentan mayores tasas de crecimiento. Lo anterior es contrastante con el presente estudio, ya que el grupo control donde no hubo presencia de fertilización, presentó un crecimiento más elevado que en aquellos que se fertilizaron inicialmente; sin embargo, en los estanques la temperatura mantuvo un comportamiento oscilante debido a las variaciones ambientales, efecto que no se dio en el cultivo en acuarios, lo cual se traduce en el deficiente crecimiento en los estanques a pesar de tener una mejor alimentación.

El crecimiento específico y el factor de conversión alimenticia fueron de igual manera mayor para el grupo control, que para los peces en los estanques. Los valores obtenidos para el grupo control fueron similares a los reportados por Siddiqui *et al.* (1989), quienes reportan valores de 1.81 para el crecimiento específico y 1.86 para el factor de conversión alimenticia. Los valores del presente estudio superan de igual forma a los reportados por Gibtan *et al.* (2008), encontrando valores de 1.035 para el crecimiento específico y 2.48 para la conversión alimenticia. Ibrahim y Naggar (2010), reportan valores para el crecimiento específico de 1.65, en condiciones de policultivo. En general se ha visto que *Oreochromis niloticus* responde favorablemente a la interacción con otras especies de peces, incrementando su tasa metabólica, y por lo tanto, el crecimiento.

El factor de condición ayuda a estimar las modificaciones temporales del buen estado de los peces bajo las influencias de factores externos (ambiente) e internos (fisiológicos), independientemente de la edad. Este índice ayuda a determinar el nivel de gordura de los integrantes de una población, siendo de gran utilidad al comparar poblaciones de una misma especie (Granado, 2002). En general los organismos de este estudio tuvieron un factor de condición aceptable sobrepasando la unidad lo cual refleja un estado de bienestar en los organismos, siendo muy similar para los tres grupos estudiados, con resultados similares a los de Rojo (2009).

En general la tasa de crecimiento, así como sus indicadores mantuvieron rendimientos bastante bajos, en comparación a los reportados para esta especie. Blé *et al.* (2011), reportan una ganancia en peso de 35.4 a 211.7 g, en condiciones de temperatura de entre 27 y 28°, pH de entre 6.5 y 7.5 unidades y oxigenación mayor a 5 mg/L; para el presente estudio la temperatura fue de 27±1°C, el pH fue considerablemente más alto, entre 8 y 9 unidades y el oxígeno disuelto se mantuvo por debajo de 5mg/L hasta los meses de Mayo a Agosto, donde llegó a alcanzar los 8mg/L.

Para todo cultivo se considera como factor importante la densidad de siembra, ya que la cantidad de organismos presentes afecta directamente el crecimiento y la eficiencia alimenticia, de acuerdo a lo descrito por Ming y William (1992). En general múltiples estudios señalan que hay mejores rendimientos en cultivos donde hay una menor densidad, pues hay una menor competencia por espacio, alimento y menor estrés de los organismos (Siddiqui *et al.* 1989; Gibtan, 2008; Liti *et al.* 2005; Florence y Harrison, 2012). Conte *et al.* (2008), enmarca que la tilapia es una especie que responde desfavorablemente a densidades de población altas, al momento de evaluar embalses en el sur de Brasil, con una perspectiva económica y productiva. En común se sugiere una densidad óptima de 16 org/m<sup>3</sup>.

El conocimiento de los hábitos alimenticios de las especies, así como de sus requerimientos ambientales van a permitir evaluar el estatus de la comunidad y, por lo

tanto, una correcta gestión de la misma (explotación, manejo, control de la calidad del agua, ausencia de presas, etc.). La alimentación de los peces responde un complejo sistema de adaptaciones, pasadas y actuales, cuyo fin último es rentabilizar los recursos disponibles para el mantenimiento de la especie del medio. Por tal motivo es claro que se debe establecer un mayor rigor en el control de los parámetros que afectan a las poblaciones de peces con la finalidad de propiciar un crecimiento adecuado en la Ciudad de México, que permita hacer un uso eficiente de este recurso acuícola. Particularmente se debe tener mayor control sobre la temperatura, manteniendo siempre por arriba de los 28°C, oxigenación superior a 5mg/L, densidades menores y sistemas de filtración para evitar una alta cantidad de sólidos en suspensión.

Para los intereses pesqueros es importante determinar el aumento de longitud y peso, ya que en esto radica la sustentabilidad de este recurso acuícola haciéndolo atractivo o no, dependiendo de los resultados que se puedan obtener. Por lo mismo es importante evaluar la viabilidad del proyecto para los diferentes sitios, pues las condiciones ambientales y los factores físico-químicos del agua pueden ser una limitante para tener un cultivo con éxito. Tal es el caso de los cultivos de *O. niloticus* en la Ciudad de México, donde la temperatura es el principal obstáculo para obtener un óptimo rendimiento pesquero.

Una forma de poder determinar si una población está creciendo de manera óptima es evaluando su curva de crecimiento, ya que las condiciones de estrés se ven reflejadas en la tasa de crecimiento, de tal forma que un organismo que se encuentra en un medio que propicie su crecimiento tendrá un incremento de peso y longitud en proporciones similares, de lo contrario si es condicionado a factores estresantes tendrá un crecimiento disparate. Al evaluar las pendientes de los diferentes grupos estudiados y aplicar la prueba t-Student se comprobó que el grupo control no tiene una diferencia significativa de 3, lo que demuestra que *O. niloticus* en las condiciones que se encontraba registró un crecimiento de tipo isométrico, contrario a los resultados de los organismos del estanque 1 y el estanque 2 que presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo. Con lo anterior se puede decir que las relaciones biométricas proporcionan información acerca de la manera de como varían entre si las dimensiones del cuerpo de los organismos, lo que es afectado por el medio en el que se encuentran (Chavance *et al.*, 1984).

En SEPESCA (1982), se menciona que el crecimiento de *O. niloticus* es de tipo isométrico registrando una buena tasa de crecimiento en buenas condiciones ambientales y de alimentación, así como en condiciones óptimas de temperatura y densidad de individuo. En contraste Gómez (2002), reporta crecimiento alométrico negativo para esta misma especie, con pH promedio de 8.99 unidades, temperatura entre 21 y 31°C y oxigenación promedio de 5.8mg/L. Desde el punto de vista ecológico los peces crecen en forma

alométrica negativa en las primeras etapas de desarrollo debido a la competencia por espacio y alimento, además de tener un mayor crecimiento en longitud, debido a que tienen que alcanzar mayor tallas para evitar ser depredados; asimismo, para alcanzar la madurez sexual el tipo de crecimiento que se presenta posteriormente es alométrico positivo o isométrico, ya que la energía que se requería para el crecimiento en longitud, ahora es dirigida a los órganos reproductores, con lo cual los organismos incrementan más en peso por la madurez de los ovarios y testículos (órganos de la reproducción), disminuyendo así el crecimiento en talla (Nikolsky, 1963; Fryer e Iles, 1972; Weatherley *et al.*, 1987; Granado, 2002; Gómez, 2002; Gómez *et al.*, 2003; Peña *et al.*, 2011).

El crecimiento de tipo alométrico se observa generalmente en condiciones naturales, donde los organismos están sujetos a la depredación y competencia generando una necesidad de aumentar de talla para evitar estos factores (Gómez, 2002; Tovar, 2005) como a la baja disponibilidad de alimento en cantidad y calidad. Debido a que los organismos cultivados bajo condiciones de laboratorio, no se vieron expuestos a tales factores, por lo cual, puede ser un factor detonante para generar un crecimiento distinto como es el caso del grupo control.

Por lo tanto, el tipo de crecimiento alométrico negativo que se obtuvo anteriormente, indica que los cambios en talla, peso y forma no son uniformes a través del tiempo y que el crecimiento es afectado además de los factores descritos líneas arriba, por la disponibilidad del alimento, la competencia intraespecífica, así como por las variaciones en volumen que se han presentado en los sistemas de producción (Gómez, 2002).

El crecimiento puede interpretarse mediante la relación de los procesos anabólicos y catabólicos, el individuo crece a medida que los procesos anabólicos sobrepasan a los procesos catabólicos y se detiene cuando ambos se equilibran. Por consiguiente, el crecimiento del pez es el resultado de su alimentación, su asimilación y la capacidad de construir tejidos en su cuerpo (Voet y Voet, 2006). El crecimiento en el presente estudio fue evaluado por medio de la ecuación de von Bertalanffy, donde los parámetros de la ecuación se obtuvieron por dos distintos métodos.

Los valores obtenidos mediante el método no lineal fueron una  $L_{\infty}=24.09$  y  $k=0.0584$ ; mediante el método lineal los valores de los parámetros fueron  $L_{\infty}=17.45$  y  $k=0.1079$ . Flores (1994), trabajo con la misma especie en un cultivo en la Ciudad de México reportando una  $L_{\infty}=20.17$  y  $k=0.2038$ . La tasa de crecimiento es doble de lo reportado en el presente trabajo.

Con base en los datos máximos obtenidos a partir de la ecuación de von Bertalanffy en la presente investigación, es de esperarse que el valor obtenido con el modelo no lineal, sea el más adecuado para representar el comportamiento del crecimiento de la población en

los estanques, ya que el valor máximo registrado fue de de 17, por lo que la  $L_{\infty}=24.09$  puede considerarse que se puede lograr en el cultivo siempre y cuando se mantengan los valores de temperatura, pH, oxigenación y una correcta alimentación constantes.

Manríquez (2005), en un estudio realizado en condiciones naturales en el lago Coatetelco, Morelos, reporta una  $L_{\infty}=20.32$  y  $k=0.6081$ , con una temperatura entre 23 a 35.5°C y oxígeno disuelto entre 5.4 a 11.4mg/L. Gómez (1998), reportó valores para la misma especie y en el mismo sitio una  $L_{\infty}=29.19$  y  $k=0.07$ . Gómez (2002), de igual forma trabajo en el lago Coatetelco, reportando en esta ocasión  $L_{\infty}=27.8$  y  $k=0.0649$ ; la variabilidad de los parámetros que se obtuvieron en este embalse se puede explicar por el tipo de arte de pesca utilizado (red agallera con abertura de luz de malla de 6cm), ya que este condiciona en gran medida la talla de los organismos capturados y por lo tanto, la composición de tallas para el análisis.

Para estudios realizados en otros embalses y con organismos de la misma especie se reportan valores de  $L_{\infty}=56.56$  y  $k=0.13$  (Pérez y Patlani, 2002). Gómez *et al.* (2011), al trabajar en la represa Zimapán, Hidalgo reportan una  $L_{\infty}=28.11$  y  $k=0.33$ . Sin embargo como lo menciona Gómez (2002), la capacidad de producción de un cuerpo de agua ya sea natural o artificial depende de un gran número de factores, dentro de los que destacan los atributos de la población, dentro de los que se incluye el crecimiento, reclutamiento y mortalidad, y también las condiciones ambientales que se presentan en los sistemas acuáticos, que desencadenan la viabilidad del proyecto.

La producción de los ambientes acuícolas está dada por los niveles tróficos que interactúan en el medio. Todos los organismos pueden actuar como depredadores de algunos y como presas de otros; sin embargo, en sistemas acuáticos como en terrestres, la vida es dependiente de plantas o algas (King, 1995). Las proteínas son consideradas siempre de primera importancia en los alimentos para los peces y otros organismos, ya que sus requerimientos son muy altos, pues son necesarias en la construcción de tejidos en el pez, siendo el mayor componente (Morales, 1991). El alimento natural producido en los sistemas, es rico en proteínas, vitaminas y otras moléculas indispensables para los componentes celulares, que favorecen el crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Arredondo y Lozano, 2003). Sin embargo, la cantidad y calidad varía dentro de cada sistema acuático dependiendo del nivel trófico que esté presente.

Miller (1977), menciona que cualquier organismo que pueda servir de alimento a los peces no siempre está disponible, desde el punto de vista numérico, debido a que hay fluctuaciones naturales en su abundancia. Estas fluctuaciones de los organismos que sirven como forraje son a menudo cíclicas y se deben a factores propios de su desarrollo biológico, a condiciones climáticas o relacionadas con el ambiente. Uno de los métodos muy difundidos en acuicultura es el uso de fertilizantes, capaces de incrementar la

producción acuícola, lo que deriva en un decremento de los costos de producción (Arredondo, 1993). Lo anterior es altamente benéfico, ya que los costos por alimentación representan más del 50% del costo total de operación de una granja de peces (Garduño *et al.* 1998).

En el presente estudio, los estanques tenían un régimen de alimento balanceado más fitoplancton. Se reportó una cantidad de 601 036 cél/mL, de las cuales el 60.4% fueron Chlorophytas y el 36.2% fueron Cianophytas. Se encontraron 17 especies, lo cual indica una variedad considerable de alimento al que estuvieron expuestos los organismos. Peña-Mendoza y Gómez-Márquez (1977) reportan para un cultivo en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza en dos diferentes estanques una abundancia de 588 553 y 2 312 582 cél/mL. El estanque fue fertilizado químicamente, alcanzando una dominancia del 80% por clorofíceas y un 13% por bacilariofíceas, con menos del 1% de cianofíceas, contrario a los resultados obtenidos por el presente estudio.

Garrido (2005), trabajo en dos estanques de concreto con *Oreochromis aureus* y reporta una abundancia de fitoplancton 586 560 y 1 894 470 cél/mL, dominando de igual forma la división Chlorophyta con el 98.62% y Cyanophyta con el 1.29%. De acuerdo a los estudios mencionados anteriormente la cantidad de células por mililitro reportadas para el presente estudio, este tuvo dentro de los parámetros adecuados. Arredondo (1993) menciona que la composición del fitoplancton en estanques que son fertilizados química u orgánicamente, se encuentra dominada por clorofitas. Durante un cultivo con presencia de fitoplancton se busca particularmente la abundancia de ciertas especies que son benéficas o asimilables para la tilapia, entre las cuales se encuentra la *Spirulina* sp. por sus propiedades como el tamaño de las células, calidad proteica y la fácil digestión (Lu *et al.* 2004). Las células de la división Cyanophyta no son deseables durante un cultivo acuícola; sin embargo, Abdel *et al.* (2007) reportó que la tilapia es capaz de aprovechar este tipo de células como alimento. No obstante, debe procurarse una mayor proporción de algas verdes.

Cuando la tilapia se encuentra expuesta a grandes concentraciones de fertilización orgánica, presenta tasas de crecimiento más elevadas (Diana, 2012), ya que por una parte hay una mayor cantidad de fitoplancton y por otra, los hábitos alimenticios de estos peces les permite aprovechar los detritos que se encuentran en suspensión en la columna de agua, lo cual genera una amplia cantidad de alimento que puede ser dispuesto para estos organismos (Diana *et al.*, 1991; Ming y William, 1992; Abdel, 2011). Estos resultados son apoyados por Springborn *et al.* (1992), quienes realizaron una comparación entre fertilización orgánica e inorgánica, reportando crecimiento más elevado y menores tasas de mortalidad en estanque con fertilización orgánica.

El fitoplancton tiene la característica de tener proteína de excelente calidad; sin embargo, es deficiente en el contenido de carbohidratos. Estas limitantes pueden ser superadas cuando a la dieta se adiciona alimento balanceado, el cual tiene una cantidad óptima de carbohidratos (Arredondo y Lozano, 2003; Morales, 1991; Waidbacher *et al.* 2006). Waidbacher *et al.* (2006), reportan un óptimo desarrollo de los organismos cuando estos son cultivados con alimento balanceado, en estanques fertilizados, ya que se da un equilibrio de las biomoléculas que son esenciales para la formación de tejidos y biomasa.

Al-Shamsel *al.* (2006), reporta tasas de crecimiento más elevadas al hacer una combinación de plancton y alimento balanceado. Sin embargo, al hacer una combinación de alimento balanceado y alimento natural, el primero no debe exceder el 3% del peso corporal, ya que como lo reporta El-Saidy y Gaber (2003), un sobre exceso en la proporción de alimento balanceado es más perjudicial que benéfico porque deteriora la calidad del agua. De igual forma Waidbacher *et al.* (2006), al estimar diferentes raciones de alimento balanceado, obtienen un óptimo del 3% del peso corporal, siendo que el peso ya no tiene un incremento al aumentar la dosis de alimentación en estanques fertilizados.

Abdel *et al.* (2007), reportó que una dieta complementaria es más eficiente en una proporción del 3% del peso corporal, además de que la dieta balanceada favorece a la comunidad de fitoplancton, al haber una mayor cantidad de nutrientes disponibles en la columna de agua.

Para las especies de cultivo que se someten a cautiverio ya sea en condiciones semi-intensivas o intensivas, los factores del medio natural cambian y se corre el peligro de que la producción de crías o el crecimiento de estas se vean afectados, por lo que es necesario recrear en la medida de lo posible las condiciones necesarias para lograr artificialmente la máxima producción (Hernández y Benítez, 1991). En el presente estudio se consideran como potenciales factores de la reproducción al fotoperiodo y la temperatura, por lo que la carencia del control de los demás elementos que pueden influenciar tanto la maduración gonadal, como la fertilización e incubación, pudieron ser la causa de no darse una reproducción completa en *Oreochromis niloticus*.

Para estudios pesqueros, en los aspectos reproductivos, lo más esencial es el momento de desove y su relación con el desarrollo de los gametos. En algunas especies, esto tiene lugar en sitios específicos para la anidación, como lo es el caso de la tilapia. Para llevar a cabo una reproducción de manera artificial o controlada es necesario aportar a los organismos los estímulos que inducirán al desarrollo gonadal, que se pueden clasificar en factores externos (luz, temperatura, salinidad, disponibilidad de alimento), y factores internos (madurez gonadal, producción de hormonas, talla) (Miller, 1977; King, 1995; Salgado *et al.*, 2005).

Mendoza *et al.* (2010), evaluaron si *Oreochromis niloticus* necesita algún tipo de sustrato en especial para poder llevar a cabo la anidación y por tanto la reproducción. Evaluaron 4 diferentes sustratos simultáneamente en el mismo sistema (piedra, concha, arena y sin sustrato), encontrando una tendencia a elegir los sustratos más ligeros, pero no se elegía la parte sin sustrato. Lo anterior nos sugiere que la tilapia requiere el estímulo de construir su nido para poder realizar el proceso de cortejo y fomentar el desove. Estos resultados apoyan a lo encontrado por el presente estudio, donde la ausencia de un sustrato en el cual los organismos puedan realizar un nido sea un factor limitante en el proceso reproductivo.

La temperatura no fue un impedimento para que se llevara a cabo con éxito la reproducción, ya que como lo mencionan Kwarfo-Apegya y Ofori-Danson (2010), las altas temperaturas propician la época de reclutamiento en esta especie. Por otra parte, el fotoperiodo (12:12 L:O) se controló en un intervalo en el cual los organismos son capaces de tener una producción y liberación de hormonas reproductivas en intervalos óptimos, por lo que se descarta este parámetro como limitante en los procesos reproductivos en el presente estudio.

La información obtenida de este estudio permite establecer que para llevar a cabo la reproducción exitosa en condiciones de laboratorio es necesario contemplar aspectos conductuales de los organismos, además del control de los parámetros físicos y químicos. Dichos elementos como los sitios de anidación, la proporción de machos y hembras presentes en el momento de elección de pareja, el espacio mínimo requerido entre otros factores deben ser evaluados para determinar si *Oreochromis niloticus* es una especie cultivable bajo condiciones de la Ciudad de México.

El análisis para los grupos en crecimiento sugiere que un cultivo bajo condiciones semicontroladas no es viable comercialmente hablando, haciendo más viable un cultivo extensivo que uno semi-intensivo. Si bien este estudio no contempla todas las variables que pueden controlarse para tener una máxima producción en un cultivo de tilapia, permanece por debajo de los resultados obtenidos en estudios similares, por lo que sería necesario elaborar nuevo proyecto de manera intensiva y con organismos monosexados que permitan discernir si la acuicultura con cultivo de *O. niloticus* es una alternativa para la producción de proteína animal en zonas de escasos recursos bajo las condiciones climáticas de la Ciudad de México.

## Conclusiones

- Se presentaron dos tipos de crecimiento para *O. niloticus*, isométrico en las peceras (crecimiento proporcional en longitud y peso), y alométrico negativo en los estanques (mayor crecimiento en longitud que en peso).
- Respecto a los valores del factor de condición, se mantuvieron por encima de la unidad reflejando un buen desarrollo de los peces.
- La producción primaria registrada en el estudio fue por encima de los 600 millones de células fitoplanctónicas/L, registrándose 17 especies de fitoplancton, siendo la división Chlorophyta la más abundante.
- La concentración de oxígeno fluctuó entre 2 y 5mg/L, por encima de lo requerido para un buen desarrollo de la especie.
- En cuanto a los parámetros de conductividad, alcalinidad, dureza, sólidos totales y pH, no se presentaron valores que afectaran el crecimiento y reproducción de la especie.
- La temperatura se mantuvo en intervalos favorables para el cultivo.
- En cuanto a la reproducción se presentaron tres eventos de desove, sin lograrse la fertilización.

## Bibliografía

- Abdel, T.M. (2011). Natural food selectivity changes with weights of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), reared in fertilized earthen ponds. *Journal of Applied Aquaculture*, 23: 58-66.
- Abdel, T.M., A.E. Abdelghany y M.H. Ahmad. (2007). Effect of diet supplementation on water quality, phytoplankton community structure, and the growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.), common carp *Ciprinus carpio* (L.), and silver carp *Hypophthalmichthys molitrix* (V.), polycultured in fertilized Earthen ponds. *Journal of Applied Aquaculture*, 19(1):1-24.
- Afolabi, J.A., P.B. Imoudu y O.A. Fagbenro. (2005). Cultivo de tilapia en tanques caseros de concreto en las zonas periurbanas de Nigeria. *U.A. Magazine*, 14: 37-39.
- Al-Shams, L., W. Hamza y A.F. El-Sayed. (2006). Effects of food sources on growth rates and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 9(4): 447-455.
- APHA, AWWA y WPCF. (1992). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Editorial Díaz de Santos, S.A., Madrid. 1103 p.
- Arredondo, F. J. L. (1986). Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. SEPESCA, México. 182 p.
- Arredondo, F.J.L. (1993). Fertilización y fertilizantes: Su uso y manejo en la acuicultura. UAM-Iztapalapa, 202 p.
- Arredondo, F.J.L. (1998). Piscicultura. Secretaría de Pesca. México. 181 p.
- Arredondo, F.J.L y J.P.T. Ponce (1998). Calidad de agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. Ed. AGT EDITOR, 1ª ed. México. 120 p.
- Arredondo, F.J.L., y G.S. Lozano. (2003). La acuicultura en México. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM. 315 p.
- Azaza, M.S., M.N. Draïef y M.M. Kraïem. (2008). Effects of water temperature on growth and sex ratio of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in geothermal waters southern Tunisia. *Journal of thermal biology*, 33: 98-105.
- Azaza, M.S., M.N. Dhraïef., M.M. Kraïem y E. Baras. (2010). Influences of food particle size on growth, size heterogeneity, food intake and gastric evacuation in juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. 1758. *Aquaculture*, 309: 193–202.

- 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.
- Ben, S.C. y Y.S. Shi. (1996). Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*. *Aquaculture*, 143: 185-195.
- Bernal, E.O. (1998). Cultivo de *Oreochromis niloticus* en estanques de concreto con fertilización orgánica y química. Tesis Profesional. UNAM. 50p.
- Biswas, A.K., M. Tetsuro, Y. Goro, M. Masashi y T. Takeuchi. (2004). Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture*, 243: 229–239.
- Biswas, A.K., M. Tetsuro, Y. Goro, M. Masashi y T. Takeuchi. (2004). Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture*, 243: 229–239.
- Blancas, A., E. Constanzo, A. Cervantes, M.J.L. Gómez. (2011). Manual de análisis de aguas naturales y su aplicación a la microescala. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 82p.
- Blé, C.M, L.Y. Alla, A.A. Adingra, S. Niamké, J.K. Diopoh. (2011). Effect of stocking density on nutritive value of natural food and growth performance of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) reared in extensive aquaculture ponds. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 3(12): 218-224.
- Cabañas, L.P. (1995). Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapia (*Oreochromis* spp). Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 66p.
- Castro, R.R., J.P.G. Hernández y G.B. Aguilar (2004). Evaluación del crecimiento de alevines de tres especies de tilapia (*Oreochromis* sp.) en aguas duras, en la región de Cañada, Oaxaca, México. *Revista AquaTIC*, 20: 38-43. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=172>.
- Cervantes, S.A. (1984). Manual de técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos. Departamento de Biología sección de Limnología y contaminación. UNAM. 172p.
- Charo, KH., M.A. Rezk y H.B.K. Hans. (2005). Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* juveniles. *Aquaculture*, 249: 115–123.
- Charo, K.H., H. Komen, S. Reynolds, M.A. Rezk, R.W. Ponzoni y H. Bovenhuis. (2006). Genetic and environmental factors affecting growth of Nile tilapia (*Oreochromis*

- niloticus) juveniles: Modeling spatial correlations between hapas. *Aquaculture* 255: 586–596.
- Chavance, P. Flores, H.D, Yañez-Arancibia, A y L.F. Amezcua. (1984). Ecología, biología y dinámica de las poblaciones de *Bardiella chrysoura*, en la laguna de Términos, Sur del golfo de México. *An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M.*, 21: 153-159.
- CONAPESCA. (2009). Report of the National Commission of Aquaculture and Fisheries, Mazatlán, Sinaloa. ([http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/10\\_de\\_marzo\\_de\\_2009\\_mazatlan\\_sin](http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/10_de_marzo_de_2009_mazatlan_sin)).
- Conte, L., D.Y. Sonoda, R. Shirota y J.E.P. Cyrino. (2008). Productivity and economics of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cage culture in South East Brazil. *Journal of Applied Aquaculture*, 20(1): 18-37.
- Cordova, C.A. (1994). Influencia de la densidad y fotoperiodo con diferentes temperaturas en el crecimiento de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en condiciones controladas de laboratorio. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 71 p.
- Daza, P.V., P.M.A. Ladines, O.A.I. Sanabria. (2005). Reproducción de los peces en el trópico. Universidad Nacional de Colombia. 246p.
- Diana, S.J., C. K. Lin y P.J. Schneeberger. (1991). Relationships among nutrient inputs, water nutrient concentrations, primary production, and yield of *Oreochromis niloticus* in ponds. *Aquaculture*, 92: 323-341.
- Diana, S.J. (2012). Some principles of pond fertilization for Nile tilapia using organic and inorganic inputs. 163-177. Chapter 12. En: Charles C. Mischke (Edited) *Aquaculture Pond Fertilization: Impacts of Nutrient Input on Production*, First Edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Edmonson, T.W. 1959. *Fresh-Water Biology*. 2a Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1248 p.
- El-Saidy, D.M.S.D. y M.M.A. Gaber. (2003). Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 36: 162-171.
- El-Sayed, A.M., A. El-Ghobashy y M. Al-Amoudi (1996). Effects of pond depth and water temperature on the growth, mortality and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture Research*, 27: 681:687.

- Ergün, S., D. Guroy, H. Tekesoglu, B. Guroy, I. Celic, A.A. Tekinay y M. Bulut. (2010). Optimum dietary protein level for Blue Streak Hap, *Labidochromis caeruleus*. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 10: 27-31.
- FAO. (1978). Esquema de un programa de investigación aplicada y desarrollo experimental para el Centro Regional Latinoamericano de Acuicultura. Roma. ADCP/REP/78/5. <http://www.fao.org/docrep/l5902s/l5902s00.htm>
- FAO. (2011). Desarrollo de la acuicultura, enfoque sistémico a la acuicultura. Roma ISSN 1020-5314
- FAO. (2009). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma, FAO Editores, 176p.
- Fessehaye, Y., K. Anamul, B. Henk y Komen H. (2006). Prediction of cannibalism in juvenile *Oreochromis niloticus* based on predator to prey weight ratio, and effects of age and stocking density. Aquaculture, 255: 314–322.
- Florence, O.N. y T.O. Harrison. (2012). Impact of stoking density on the polyculture of *Clarias gariepinus* and *Oreochromis niloticus*. Journal of Agricultural Science and Technology, 2: 1018-1023.
- Flores, M.O. 1994. Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 56 p.
- Fryer, G. y T.D. Iles. (1972). The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa. Their Biology and Evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh. 641p.
- Gale, W.L., M.S. Fitzpatrick., M. Lucero, W.M.S. Contreras y C.B. Schreck. (1999). Masculinization of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens. Aquaculture, 178: 349-357.
- García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen. 5ª edición. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. 90p.
- Garduño, L.M., R.R. Acosta, V.A. Ramos, D.B. Fernández y C.G. Muñoz. (1998). Engorda del langostino Malasico y Pargo Cerezo o Tilapia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México. 70p.
- Garrido, A.O. (2005). Crecimiento *Oreochromis niloticus* bajo condiciones de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 59p.
- Getinet, G. y N.A. Bart. (2007). Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Aquaculture, 272: 380–388.

- Gibtan, A., A. Getahun y S. Mengistov. (2008). Effects of stocking density on the growth performance and yield of Nile tilapia [*Oreochromis niloticus* (L. 1758)] in a cage culture system in Lake Kuriftu, Ethiopia. *Aquaculture Research*, 38: 1450-1460.
- Gómez M.J.L. (1994.) Métodos para determinar la edad en los organismos acuáticos. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México, 89 pp.
- Gómez, M.J.L. (1998). Age and growth of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 46(4).
- Gómez, M.J.L. (2002). Estudio limnológico pesquero del lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. 181 p.
- Gómez, M.J.L., B.M. Peña, I.H.U. Salgado y M.A. Guzmán. (2003). Reproductive aspect of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*, 51(1): 221-228.
- Gómez P.M.A., K. Granados-Flores, C. Padilla, M. López-Hernández y G. Núñez-Nogueira. (2011). Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la represa "Zimapán" Hidalgo, México. *Revista de Biología Tropical* 59(2): 761-770.
- Granado, L.C. (2002). Ecología de peces. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla. España. Serie: Ciencias. Núm. 45. 353
- Granados, R.R. (1977). Antecedentes y perspectivas de la acuicultura en México y su papel en el comercio internacional de productos pesqueros. *FAO, Inf. Pesca*, 159(3): 6-13.
- Gunasekera, R.A, K.F. Shim y T.J. Lam. (1995). Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 134: 169-183.
- Guzmán, A.M. (1982). Ciclo anual de maduración y reproducción del "chacal" *Macrobrachium tenellum* y su relación con los factores ambientales en las lagunas costeras de Mitla y Tres palos, Guerrero, México. (Decapoda: Palaemonidae). *An. del Inst. Ciencias del Mar y Limnología*, 9(1): 67-80.
- Hawkins, A. D. (1981). *Aquarium system*. Academic Press, London. 452p.
- Hepher, B. y Y. Prugini. (1985). *Cultivo de peces comerciales*. Ed Limusa, México. 316p
- Hernández, B.S. y F.J.C. Benítez (1991). *Uso de las hormonas en la reproducción de peces*. Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero. 115p.

- Hörstgen, G., H. Langholz. (1998). Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*) III. A selection experiment under laboratory conditions. *Aquaculture*, 67: 123–133.
- Huet, M. (1998). *Tratado de piscicultura 3° edición*. Ed Mundi-Prensa, España. 728p.
- Ibrahim, N., G.E. Naggar. (2010). Water quality, fish production and economics of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and African catfish, *Clarias gariepinus*, monoculture and policultures. *Journal of the World Aquaculture Society* 41(4): 574-582
- INEGI. (2009). *Anuario Estadístico del Estado de Morelos*, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 220p.
- Jacques, A. (1984). *Ecología y piscicultura de aguas dulces*. Ed. Mundi-prensa 2° edición, Madrid España. 390p.
- James, S.D., L.C. Kwei y J. Kitjar. (1994). Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. *Journal of the world aquaculture society*, 25(4): 497-506.
- 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 *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture* 146: 37-46.
- Jiménez, B.M.L. (1999). *Análisis de la pesquería de la tilapia Oreochromis sp. (Pisces: Cichlidae) en la presa Adolfo López Mateos, Michoacán-Guerrero*. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. Universidad Nacional Autónoma de México. 217p.
- King, M. (1995). *Fisheries biology assessment and management*. Ed. Fishing News Books. USA. 331p.
- Kolding, J., L. Haugy y S. Stefansson. (2008). Effect of ambient oxygen on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *NCR Research Press Web*, 65: 1413-1424.
- Kwarfo, A.K. y P.K.D. Ofori. (2010). Spawning and recruitment patterns of major fish species in Bontaga Reservoir, Ghana, West Africa. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 15: 3–14.
- Lam, T.J. (1983). Environmental influences on gonadal activity in fish: 65-116. En: Hoar W.S., D.J. Handdal y E. M. Donaldson (ed.), *Fish Physiology*. Vol. IX-A. Academic Press Inc.
- Likongwe, J.S., T.D. Stecko, J.R. Stauffer y R.F. Carline. (1996). Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus). *Aquaculture*, 146: 37-46.

- Liti, D.M., B. Fulanda, J.M. Mungusti, M. Straif, A. Waidbacher y G. Winkler (2005). Effects of open-pond density and caged biomass of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) on growth, feed utilization, economic returns and water quality in Fertilized ponds. *Aquaculture Research*, 36: 1535-1543.
- Lu J., T. Takeuchi y H. Satoh (2004a). Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 238: 437-449.
- Lu, J. y T. Takeuchi. (2004b). Spawning and egg quality of the tilapia *Oreochromis niloticus* fed solely on raw *Spirulina* throughout three generations. *Aquaculture*, 234: 625–640.
- Lu, J., T. Takeuchi y H. Satoh. (2004). Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 238: 437–449.
- Manríquez L.Y. (2005). Edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* por medio de otolitos en el lago de Coatetelco, Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. 111p.
- Marques, D.S.M.J. (2004). Probabilidad y Estadística para Ciencias Químico Biológicas. Facultad de Estudios Superiores, U.N.A.M. México, D.F. 626p.
- Mendoça, F.Z., G.L. Volpato, R.S. Costa-Ferreira y E. Gonçalves (2010). Substratum choice for nesting in male Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fish Biology*, 77: 1439-1495.
- Meyer, D.E. (1999). La calidad del agua. Manual de Introducción a la Acuicultura, Zamorano, Honduras. 128p.
- Miller, P.L.B. (1977). Ictiología. Ed. A.G.T. Editor. México. 489p.
- Ming, L.K. y Y.B.C. William (1992). Bioenergetic modeling of effects of fertilization, stocking density, and spawning on growth of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture and Fisheries Management*, 23: 298-301.
- Mohammad, T.R. (2006). Comparative study of growth performance of three strains of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities. *Aquaculture Research*, 37: 172-179.
- Morales, D.A. (1991). La tilapia en México, Biología, cultivo y pesquerías. A.G.T. Editor, S.A., México. 190p.
- Nikolsky, G. V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press. New York. 352p.

- Nomura, H. y N. Castagnolli. (1977). Reseña sobre el potencial pesquero en aguas abiertas del Brasil. *FAO, Inf. Pesca*, (159)2: 27-37.
- Olvera, N.M., O.C. Carmona, L.E. Gasca, T.E. Gil, S.R. Rivas y S.M. Rodríguez. (2005). Programa Maestro de Tilapia en Yucatán. CONAPESCA-CINVESTAV. México. 108p.
- Ortega, M.M 1984. Catálogo de las algas continentales recientes de México. UNAM: México. 562 p.
- Pandit, N.P., M. Nakamura (2010). Effect of high temperature on survival growth and feed conversion ratio of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Our Nature*, 8: 219-224.
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management. Studies and Reviews 8, Manila, Philippines. 325p.
- Peña, M.B. y Dominguez R. (1999). The effects of different photoperiods on body growth, gonadal growth and hypothalamic monoamine content in juvenile *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757). *Hidrobiología*, 9(1): 63-70.
- Peña M.B. y Gómez M.J.L. (1977). Variación del fitoplancton en estanques de concreto, utilizado como alimento para especies en experimentación. *Tópicos de Investigación y Posgrado*, 3: 139-143.
- Peña, M.B., J.L.G. Márquez, G. García-Alberto. (2011). Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes:Ciclidae). *Ciencia Pesquera*, 19(2): 23-36.
- Pérez, O.G. y S. Patlani. (2002). Edad y crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la Presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Zaragoza, México. 84p.
- Rajae, A.H., Felicity A. H., Keith J. R., Brendan J. M. y David J. Penman. (2010). The effect of male colouration on reproductive success in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 308: S119–S123.
- Rasanthi, M. G., K.F. Shim, T.J. Lam. (1995). Effect of dietary protein level on puberty, oocyte growth and egg chemical composition in the tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 134: 169-183.
- Ridha, M.T. (2006). Evaluation of growth performance of nonimproved and improved strains of Nile tilapia (L.), *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31(2): 218-223.
- Rojo, C.A.H. (2009). Evaluación de la factibilidad técnica y económica del policultivo de la tilapia roja *Oreochromis sp.* con el langostino *Macrobrachium americanum* (Bate

- 1868). Tesis Maestría de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Instituto Politécnico Nacional. Unidad Sinaloa. 94p.
- Romero, M.E.J. (2001). Efecto de las hormonas gonadotropicas (PMSG y HCG) sobre la madurez gonadal de *Oreochromis niloticus* en condiciones de laboratorio. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM. México. 48p.
- Rougeot, C., C. Prignon, C.V.K. Ngouana, y C. Mélard. (2008). Effect of high temperature during embryogenesis on the sex differentiation process in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 276: 205–208.
- Rubin, R.R. (1976). La piscifactoría. Ed Continental, México. 191p.
- Saavedra, M.M.A., (2006). Manejo del cultivo de tilapia. University of Hawai'i Hilo. Nicaragua. 24p.
- Salgado, U.I.H. (1992). El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones. Marc ediciones. México. 243p.
- Salgado, U.I.H., J.L.M. Gómez, B.M. Peña. (2005). Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. FES Zaragoza, UNAM, México. 234p.
- Saucedo, P.D. (2008). Cultivo de machos de *Oreochromis niloticus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 60p.
- Schwoërbel J., 1975, Metodos de hidrobiología. H. Blueme, España, 262 p.
- SEPESCA, (1982). Curso programado para el cultivo de tilapia. SEPESCA, México. 29p.
- Siddiqui, A.Q., M.S. Howlader, A.B. Adam. (1989). Culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*(L.), at three stoking densities in outdoor concrete tanks, using drainage water. *Aquaculture and Fisheries Management*, 20: 49-57.
- Spirngborn, R.R., A.L. Jensen, W.Y.B. Chang y C. Engle. (1992). Optimum harvest time in aquaculture an application of economic principles to a Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), growth model. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23: 639-647.
- Suxu, H., Z. Zhigang, L. Yuchun, S. Pengjun, Y. Bin, R. Einar, y I. Yoon. (2009). Effects of dietary *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product (DVAQUA®) on growth performance, intestinal autochthonous bacterial community and non-specific immunity of hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus*♀×*O. aureus*♂) cultured in cages. *Aquaculture*, 294: 99–107.
- Tacon, P., P. Ndiaye, C. Cauty, F. Menn y B. Jalabert. (1996). Relationships between the expression of maternal behavior and ovarian development in the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 146: 261-275.

- Tovar, G.A. (2005). Edad y crecimiento de (*Oreochromis niloticus*) por medio de estructuras duras. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 80p.
- Tran, D.A., S. Ben, A.A.V. Dam. y W.J. Schrama. (2008). Effects of dietary starch and energy levels on maximum feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 277: 213–219.
- Tran-Duy, A., W.S. Johan, A.A.V. Dam. y A.J.V. Johan. (2008). Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 275: 152–162.
- Tuan, D.A., D.C. Little y G.C. Mair. (1998). Genotypic effects on comparative growth performance of all-male tilapia *Oreochromis niloticus*(L.). *Aquaculture*, 159: 293-302.
- Voet, D. y J.G. Voet. Bioquímica 3° edición. Editorial Panamericana. Argentina. 1776p.
- Waidbacher, H., D.M. Liti, M. Fungomeli, R.K. Mbaluka, J.M. Munguti y M. Straic. (2006). Influence of pond fertilization and feeding rate on growth performance, economic returns and water quality in small-scale cage-cum-pond integrated system for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 37: 594-608.
- Wang, Y.B., Zi-Qiang T., Jiang-Tao Y. y Wei-fen Li. (2008). Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Aquaculture*, 277: 203-207.
- Weatherley, A.H., H.S. Grill, y J.M. Casselman. (1987). The biology of fish growth. Academic Press. USA. 443p.
- Wedemeyer, G.A. (1996). Physiology of fish in intensive culture systems. Chapman & Hall, U.S.A. 232p.
- Wessels, S. y G. Hörstgen. (2007). Selection experiments to increase the proportion of males in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by means of temperature treatment. *Aquaculture*, 272S1: S80–S87.
- Wetzel, R.G. (2001). Limnología, Ecología de lagos y ríos. Tercera edición. Ed. Academic Press. EUA. 1006p.
- Xie, S., K. Zheng, J. Chen, X. Zhu y Y. Yang (2011). Effect of water temperature on energy budget of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *AquacultureNutrition*, 17: e683-e690.

Yan, B.W., Q.T. Zi, Y.T. Jiang y L.F. Wei. (2008).Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Aquaculture*, 277: 203-207.