



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**Crecimiento de Tilapia (*Oreochromis niloticus*)
en estanques con fertilización artificial**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Bióloga

P R E S E N T A:

Mirsa Beltrán Fosado



**DIRECTOR DE TESIS:
Dr. José Luis Gómez Márquez
Abril, 2016**

Cd.Mx.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

Quiero agradecer a mi Director de Tesis, Dr. Jose Luis Gómez Márquez, por su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su persistencia, su motivación y sobre todo su paciencia, han sido fundamentales para la culminación de esta Tesis.

A su manera, ha sido capaz de ganarse mi lealtad y admiración, estoy en deuda con el por lo recibido durante “TODO” el tiempo que ha durado esta tesis.

De la misma forma pero no menos importante, al Biólogo Jose Luis Guzmán Santiago, porque al igual siempre, estuvo ahí para orientarme y devolverme conocimientos ya olvidados.

A todos y cada uno de mis sinodales, M. en C. Ernesto Mendoza Vallejo, Biól. Angélica Elaine González Schaff, Dra. Bertha Peña Mendoza, al jefe de Carrera M. en C. Armando Cervantes Sandoval y a la Biól. Yolanda Cortés Altamirano, por todo ese gran apoyo y paciencia.

Agradezco a Dios, ese ser maravilloso que me dió fe para creer lo que me parecía imposible terminar.

En especial quiero expresar mi más grande agradecimiento y admiración a mi hija LINDA, ese “MOTOR DE AMOR” que ha movido mi vida desde que Dios la puso en nuestras manos, llenándola de sonrisas, felicidad, momentos maravillosos e invaluable.

Al impulso de amor y comprensión, fuente de apoyo constante e incondicional, al compañero de esta gran aventura llamada familia, mi “esposo” Raul.

A mi mamá Linda, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy. Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis hermanos Carmen, Ricardo y Marcos, a Laura y mis sobrinos Pam, Marquitos y Sebastián que sin su ayuda, amor incondicional y ejemplo, me hubiera sido imposible llegar hasta aquí.

A mi papa Marcos, por todo ese apoyo, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Finalmente a todos aquellos que marcaron cada etapa de mi camino, y que sin cada uno de ellos esto no hubiera sido posible.

Este trabajo ha sido posible gracias a todos y cada uno de ustedes

“GRACIAS”

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
ANTECEDENTES	5
BIOLOGIA DE LA TILAPIA	9
Taxonomía	10
OBJETIVOS	11
ZONA DE ESTUDIO	12
Localización	12
Clima	13
Vegetación	13
MATERIAL Y METODO	14
Procedimiento	14
Parámetros Físicos y Químicos	15
Análisis Biológico	16
Trabajo de Gabinete	16
RESULTADOS	19
Porcentaje de Ganancia en Peso	20
Tasa Específica de Crecimiento	21
Relación Lineal entre Lp y Lt	21
Relación Entre el Pt y Lt	23
Factor de Conversión de Fertilizante	27
Mortalidad	27
Determinación de los Géneros en el Cultivo	28

Relación entre Oxígeno y Fitoplancton	29
Temperatura	30
DISCUSIÓN	32
CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS	43

RESUMEN

Se analizó el crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un estanque de 50 m³ ubicado en la Ciudad de México y fertilizado artificialmente con vacaza. El objetivo principal de esta investigación fue el de comparar el crecimiento de *Oreochromis niloticus* con y sin alimento balanceado, además de la fertilización artificial. El proyecto que duró 307 días (de junio a noviembre de 1993), se llevó a cabo en un estanque de concreto dividido en tres secciones con malla para pesca y fertilizado con vacaza a razón de 2 ton/ha. En cada división se introdujeron 100 organismos (6/m²) y se realizaron biometrías mensuales a cada organismo de longitud total, longitud patrón, altura y peso. A los peces de la primera división además se les suministro alimento balanceado en dos raciones por día con el 6% de su biomasa total. Para los peces de cada una de las divisiones se llevó a cabo el análisis de la relación peso-longitud, el factor de conversión de fertilizante, porcentaje de ganancia en peso, tasa de crecimiento y mortalidad, obteniendo los siguientes resultados: El peso ganado fue similar en las tres divisiones, este en general fue significativamente diferente entre épocas climáticas. Se utilizó la longitud total, debido a que hubo una mayor relación entre esta y el peso total en comparación con la longitud patrón. No se registraron diferencias estadísticas significativas ($F= 0.181826$; $p>0.05$) para la longitud total de los organismos de las divisiones. En caso del peso total, se obtuvo diferencia significativa entre las tres divisiones ($F=2.04485 \times 10^{-7}$; $p<0.05$). El comportamiento de la tasa de crecimiento a lo largo del período de estudio fue variable, disminuyendo hacia el final del estudio. Se observó una variación inversa entre el oxígeno y el fitoplancton, lo cual se debió a que la temperatura no llegó a ser la adecuada para un buen metabolismo, aunque esta última en términos generales, haya seguido un patrón similar en el fondo como en la superficie y acorde a la temporada climática. La mortalidad a la que estuvo sujeto el experimento fue del 40%.

INTRODUCCION

El cultivo de especies acuícola en todo el mundo y en nuestro país ha sido desde tiempos inmemorables una actividad constante, pero en estos tiempos de crisis mundial es una actividad que debería tomarse en cuenta para satisfacer la demanda alimenticia de la población en general, tanto de las grandes ciudades como en poblaciones de bajos recursos, debido a ello se hace importante el estudio de especies acuícolas cuyas demandas de espacio, calidad de agua y alimento no sean extremas.

El constante crecimiento de la condición 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 (Hepher y Prugini, 1985). Por ende 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 (Arredondo, 1993)

La acuicultura comercial o industrial, se asemeja por sus bases técnicas a la agricultura y parte de una unidad básica fundamental que es un espacio físico limitado construido en específico para cultivar organismos acuáticos. En estos sistemas se pretende alcanzar un aumento notable del incremento acuícola, utilizando para esto aportes de energía externos tales como la fertilización, los alimentos balanceados o bien ambos. (Arredondo y Lozano 2003).

La aplicación de fertilizantes en la acuicultura no es una actividad nueva (SEPESCA, 1986), ya que el abono animal ha sido utilizado como fertilizante en la producción de peces en todo el mundo, especialmente en regiones tropicales y subtropicales (Green *et. al.*, 1990).

Los fertilizantes orgánicos se aplican principalmente para estimular la cadena alimenticia heterotrófica de los estanques de cultivo. A pesar de que virtualmente todos los materiales biológicos se pueden considerar como fertilizantes orgánicos potenciales, los fertilizantes más comúnmente usados en acuicultura son los desechos de los animales de granja (i. e. heces de los animales de granja, con o sin orina y paja). Aparte de que son fácilmente disponibles y de la conveniencia de ser económicos las excretas animales representan un paquete de nutrientes que contienen del 72 al 79% del nitrógeno y 61 al 87% del fósforo del alimento original que se les proporcionó a los animales (Taiganides, 1978).

En contraste con la alimentación con dietas completas, los nutrientes requeridos en la dieta de las especies, se obtienen parcial (en conjunto con una dieta suplementaria exógena) o completamente, a través de la producción y consumo de organismos vivos, así como fitoplancton dentro del cuerpo de agua en el que son cultivados los peces.

Por otra parte, la especie a explotar debe de tener un amplio espectro adaptativo, rápido crecimiento y necesidades alimenticias económicas, para que el producto sea de fácil adquisición. Dichas características las cumple la tilapia, la cual es una de las especies más explotadas en la actualidad a nivel mundial, en México durante 1964, se introdujeron 3 especies de éste cíclido *Tilapia melanopleura* (= *Tilapia rendalli*), *Sarotherodon miossambicus* (= *Oreochromis mossambica*) y *Sarotherodon aureus* (= *Oreochromis aureus*) procedentes de E.U.A.; y en 1978 la *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

De los cíclidos introducidos a México destacan *Oreochromis* spp. y *O. niloticus* ya que forman parte de importantes pesquerías (Beltrán-Álvarez et al, 2010). La tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), es una de las especies tropicales dispersas e importantes en la acuicultura de agua dulce. Actualmente, *O. niloticus* es la especie más importante ecológica y comercialmente en México (Peña-Mendoza et al., 2005).

La tilapia tiene un crecimiento rápido comparado con otros peces, pudiendo llegar a alcanzar un peso promedio de 167 g/tilapia durante 150 días a una densidad de 3 a 5 peces/m³, con un peso inicial de 10 g; además la tilapia se adapta muy rápidamente a diferentes clases de alimento y a diferentes formas de alimentación (Barrera, 2006). Los cuerpos lacustres son los mayores productores de tilapia alrededor de todo el mundo (Jiménez-Badillo, 2004).

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

El crecimiento de un pez resulta del consumo de alimento, de la asimilación y la construcción de este del cuerpo del organismo. El proceso de crecimiento es específico para cada especie de pez, así como de cualquier otro organismo. El crecimiento es una propiedad específica de adaptación, asegurada por la relación de la especie y su ambiente (Gómez, 1994; Salgado *et al.*, 2005).

Entre los factores más importantes que hay que considerar en el desarrollo de proyectos productivos de acuicultura es necesario 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 especies cultivadas. Los productos similares, la temperatura óptima del crecimiento y reproducción las facilidades de infraestructura, la calidad del agua, el alimento, su disponibilidad, así como los limitantes en el manejo y la transportación de organismos e insumos básicos de la producción (Arredondo y Lozano, 2003).

Por lo tanto, 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 (Arredondo, 1993).

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 y con respecto a esta especie, se pueden mencionar los siguientes ordenados con base en la relación que hay con el presente estudio:

La tilapia es originaria de África, de donde se distribuyó en forma natural hacia el Medio Oriente. La dispersión de la tilapia, ya con fines piscícolas o pesqueros se inició en el año de 1939 debido a su gran adaptabilidad, que la ha convertido en el cultivo más importante en aguas templadas. Actualmente su distribución es mundial (SEPESCA, 1986).

En México así como a nivel mundial se han desarrollado una infinidad de trabajos con la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) enfocados al conocimiento sobre la reproducción, crecimiento, nutrición, genética, distribución, taxonomía, etc. Específicamente sobre esta especie en la ciudad de México, pocos estudios se han llevado a cabo y realizados en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza, perteneciente a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M.

Arredondo y Atanacio (1988) reportan que bajo la presencia de nutrimentos adecuados, un estanque de piscicultura intensiva puede alcanzar en climas tropicales o subtropicales una productividad primaria que es equivalente a 10 gramos de carbono/m³, esto basándose en la producción fitoplanctónica del estanque. En estanques fertilizados con excretas de animales y sin agregar alimento balanceado la producción puede alcanzar un valor de 8 a 20 gramos de carbono por m³ durante el verano cuando el rendimiento pesquero se mantiene a un ritmo de incremento de 30 Kg / Ha / Día.

Green *et al.* (1989) reporta el efecto de las aplicaciones semanales en cantidades similares de nitrógeno y fósforo, obtenidas de tres diferentes fuentes (gallinaza, vacaza fresca y fertilizante químico), en la producción de *Oreochromis niloticus* que se llevó a cabo en estanques rústicos. Después de 150 días la producción total neta fue mayor con gallinaza.

De la misma manera en Honduras y Panamá, donde fue utilizado un diseño completamente al azar, se obtuvo una buena producción de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) mediante aplicaciones semanales de gallinaza en diferentes cantidades. Cada experimento duro aproximadamente 150 días, y se llevó a cabo en estanques rústicos durante la temporada de lluvias y de secas (Green *et al.*, 1990).

Muchas investigaciones han mostrado una correlación positiva entre la fertilización de estanques y la producción de peces. El incremento en la producción de pescado en estanques fertilizados ha sido atribuido a un incremento en la producción primaria. Los incrementos en la producción fitoplanctónica debidos a la aplicación tanto de fertilizantes orgánicos como de inorgánicos han sido demostrados por muchos investigadores (Hoff y Mcnabb, 1989).

Zweig (1989), observó bicultivos muy de cerca los cambios involucrados en la calidad del agua de un estanque con un policultivo de tilapia (*Oreochromis aureus*) y carpa común (*Cyprinus carpio*), donde la aireación e intercambio de agua (excepto por la que entró al estanque en la época de lluvia), no fueron empleados en el periodo de producción de verano. Observó que los patrones fisicoquímicos en el agua del estanque están directamente relacionados con el aumento y disminución de la turbidez durante el curso de la producción.

Grover (1989), reporta que en las Bahamas, donde los estanques con agua marina fueron fertilizados con gallinaza, se obtuvo un crecimiento específico a los 20 días de un 8.8 % / día y 10 % / día, y en estanques donde se utilizó alimento peletizado fue de 9 - 9.9 % / día. La similitud de crecimiento en los dos tipos de estanque, sugiere que el alimento peletizado puede ser utilizado más que como recurso primario de alimento, como suplementario ó mejor aún ser eliminado en favor de la gallinaza, esto durante las primeras semanas de crecimiento en tilapia roja.

Diana *et al.* (1991), utilizaron 12 estanques fertilizados con gallinaza (500 kg/ha/semana) y una tasa constante de reclutamiento de *Oreochromis niloticus* a diferentes densidades. El zooplancton fue significativamente más denso a lo largo del tiempo en estanques sin peces, que en los otros 3 tratamientos, pero ningún otro nivel trófico difiere entre los tratamientos. Estos resultados indican que la presencia del pez tiene un efecto significativo en el zooplancton de los estanques, pero la biomasa o abundancia de zooplancton no afectan significativamente otros niveles tróficos

Flores (1994), realizó un estudio utilizando dos estanques de concreto uno fertilizado con fertilizante orgánico (vacaza) y el otro con fertilizante químico para determinar el crecimiento de la tilapia bajo las condiciones ambientales de la ciudad de México. Encontró que el máximo crecimiento alcanzado por la *O. niloticus* es de 20.4 cm con temperaturas entre 20 y 26 °C, con buenas condiciones de oxigenación y adecuado florecimiento de algas clorofitas, las cuales dominaron durante casi todo el estudio.

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

Baras *et al.* (2000) estudiaron los efectos de la temperatura en el agua sobre 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 *Spirulina 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 *Spirulina* 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 *Spirulina* 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: *Spirulina 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 *Spirulina*, además de tener el porcentaje más alto de asimilación con un 61.4%.

Charo *et al.* (2006), estudiaron la herencia a las temperaturas bajas comprobando que la mortalidad comienza en un rango de temperatura de 16.6°C y la mortalidad total de la población es 8.6%. 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.

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.

Arellano-Torres *et al.* (2013) realizaron la comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia y mencionan que el crecimiento por medio de estos métodos es viable, ya que si la población está totalmente representada, la información obtenida representará el crecimiento a partir de los datos de edad obtenidos.

A pesar de toda esta extensa gama de información, existe muy poca acerca del crecimiento en la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en estanques de concreto, fertilizados y en climas templados. Por ello se hace importante ésta técnica alternativa, puesto que en condiciones templadas se inhibe la reproducción, lo que permite incrementar la producción y favorecer en este sentido y particularmente al sector rural.

BIOLOGIA DE LA TILAPIA

La tribu Tilapiini es originaria de África y cuenta con alrededor de cien especies, algunas de las cuales han sido recientemente descritas. Esta situación, aunada a la diferencia de criterios en cuanto a su posición taxonómica, han dificultado la determinación de las especies, lo que ha ocasionado confusiones en cuanto a su identidad, así como el manejo de las diferentes cruzas que se han realizado con propósitos comerciales (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

Las tilapias o mojarrafricanas como se les conoce comúnmente en México, son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales del país. Habitan en aguas lénticas, así como a la orilla de los ríos, entre piedras y plantas acuáticas. Son especies euritermas siendo el rango de tolerancia de 12°C a 42°C. La temperatura ideal para su cultivo fluctúa entre 25°C, aunque se reproducen aún a los 18°C. Son peces eurihalinos, que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, el rango de tolerancia es de 0 a 40 ppm y en algunos casos, se ha presentado por arriba de esta salinidad. Son especies que soportan concentraciones de oxígeno bastante bajas, su requerimiento mínimo es de 0.5 ppm. Se reproducen a temprana edad, alrededor de las 8 o 10 semanas, teniendo una talla entre 7 a 16 cm (Morales, 1988).

Son de fecundación externa y el número de óvulos producidos por hembra varía según la especie, talla y peso de los reproductores, así una hembra de 200 g tiene de 800 a 1000 óvulos por desove. Sus hábitos alimenticios son diferentes según la edad y la especie, encontrándose especies herbívoras, cuya alimentación en sus primeros estadios es a base de fitoplancton y posteriormente se alimenta de algas filamentosas y plantas superiores. Predominan en México las especies omnívoras que incluye a *Oreochromis niloticus* (Morales, 1988).

Los organismos presentan de 19 a 22 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. La coloración del cuerpo es rosada a morado oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro la cabeza rojo púrpura, el vientre rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finas, el color de los ojos es rosado claro y el perfil frontal es convexo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Durante la reproducción, los machos presentan en la superficie ventral del cuerpo y las aletas anal, dorsal y pélvica color gris oscuro (Morales, 1988).

A través de estructuras como el hueso faríngeo, se puede demostrar una diferencia entre los géneros y especies que han sido introducidas al país. En este caso *Oreochromis niloticus*, en la parte frontal del hueso faríngeo presenta un área dentada con una menor cantidad de dientes que la que presenta *Oreochromis aureus*. Se puede apreciar la presencia de dientes bicúspides y de monocúspides curvados hacia atrás. Los lóbulos superiores del hueso faríngeo inferior están poco desarrollados, el área dentada no está cubierta por completo por los dientes y su densidad es irregular. No se observan diferencias en la longitud del tallo con respecto al tamaño del diente. La pigmentación sólo está presente en la parte superior del área dentada. Y finalmente, la forma de la parte superior del hueso faríngeo es casi recta (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).

TAXONOMIA

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983) la especie *Oreochromis niloticus* en México, se clasifica de la siguiente manera:

PHYLUM:	CHORDATA
SUBPHYLUM:	VERTEBRATA
SUPERCLASE:	GNATHOSTOMATA
SERIE:	PISCES
CLASE:	ACTINOPTERYGII
ORDEN:	PERCIFORMES
SUBORDEN:	PERCOIDEI
FAMILIA:	CICHLIDAE
GENERO:	<u><i>Oreochromis</i></u>
ESPECIE:	<u><i>O.niloticus</i></u> (Linnaeus, 1758)
NOMBRE COMUN:	Tilapia, Mojarra, Mojarra Africana (Morales, 1991)



Oreochromis niloticus Linnaeus, 1758

OBJETIVO GENERAL

- Realizar el cultivo de tilapia en un estanque de concreto en el clima de la Ciudad de México, sin aireación ni intercambio de agua, mediante el uso de fertilización orgánica (vacaza).

Objetivos Específicos

- Determinar el crecimiento en peso y talla, la condición de los organismos así como el factor de conversión del fertilizante para cada uno de las divisiones.
- Determinar la calidad de agua de cada uno de las divisiones.
- Evaluar la producción en biomasa de los peces en cada una de las divisiones.
- Analizar la composición y variación temporal del fitoplancton en función del fertilizante.

CLIMA

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1973) la zona presenta un clima templado sub-húmedo con verano fresco largo y con lluvias C(wo)(w)b(i')g, la precipitación promedio anual es de 640 mm, el mes más seco con menos de 40 mm. La precipitación orográfica aumenta en verano y la proporción de lluvia invernal es relativamente alta (mayor de 10.2 % de la anual). La temperatura promedio anual es de 18.4°C; la temperatura media para el mes más frío es de -3°C, la media mensual es mayor de 15°C y presenta una marcha de temperatura tipo Ganges. El cociente de precipitación y temperatura (P/T) es igual a 55.

VEGETACIÓN

La vegetación circundante a la zona donde se encuentran ubicados los estanques, está compuesta por pastizal Halófilo (INEGI, 1986) que es una comunidad de gramíneas, que se desarrollan sobre suelos que contienen gran cantidad de sales, conocidos estos como salino-sódicos. El área cubierta por este pastizal está en franca disminución, en gran parte debido a la urbanización. Por ello, hay áreas desprovistas de vegetación (INEGI, 1989); Pastizal inducido (INEGI, 1986) el cual surge cuando es eliminada la vegetación original que lo dominaba e Izotal (INEGI, 1986).

MATERIAL Y METODO

En esta investigación se realizó el estudio del cultivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) a temperatura de 26 °C (aún durante el periodo de verano), con el fin de evitar la reproducción de los peces e incrementar su tamaño así como la biomasa de los mismos. El experimento se llevó a cabo de la siguiente manera:

Para realizar el estudio se empleó un estanque de concreto de 50 metros cuadrados con tres divisiones, el cual se encuentra ubicado en la parte suroeste de la F.E.S. ZARAGOZA.

Se llevó a cabo el lavado, desinfección y fertilización del estanque de la siguiente manera:

LIMPIEZA DEL ESTANQUE.- Se vació el estanque total y manualmente, tratando de extraer la mayor cantidad del sedimento acumulado.

- Una vez vació el estanque se lavó perfectamente con agua.
- Como medida profiláctica, se distribuyó cal viva a razón de 1.0-1.5 ton/ha, uniformemente sobre la superficie y se dejó expuesto al sol durante 5 días.
- Posteriormente se lavó y desaguó el estanque, eliminando la mayor cantidad de cal posible.
- Después de lavado y expuesto al sol se suministró agua hasta 0.20 m de profundidad (Aguilera *et al.*, 1988)
- Una vez limpio el estanque se procedió a fertilizarlo con vacaza a razón de 2 ton/ha/semana, antes y durante la producción, dejándose fermentar por aproximadamente 20 días (SEPESCA, 1982).
- Una vez fermentado el estanque, (para poder obtener las condiciones óptimas para el cultivo), se aumentó el volumen del mismo, hasta 0.8 m, el cual no debió variar durante la parte experimental.

PROCEDIMIENTO

Después de haber aumentado el volumen, se verificó con un ciclo nictimeral de 12 h los siguientes aspectos físicos y químicos del agua del estanque:

- Temperatura del agua. Con un termómetro de $\pm 0.1^\circ$ C de precisión.
- Oxígeno Disuelto. Por el Método de Winkler con la modificación de la ázida de sodio (Cervantes, 1984; APHA, AWWA y WPCF, 1992).

- Asimismo la temperatura ambiental correspondiente.

Se realizaron diariamente los factores anteriormente mencionados.

En el estanque se introdujeron organismos, con una talla y un peso de aproximadamente 2-3 cm. y 0.5-1 g. respectivamente, en una proporción de 6 orgs/m² más un 10 % para compensar la mortalidad natural, y de esta forma mantener constante dicha densidad, en cada una de las divisiones.

Los organismos se distribuyeron de la siguiente manera:

DIVISION I = 100 organismos a los que se les proporcionará alimento balanceado utilizando una tasa de alimentación del 6 %.

DIVISION II = División patrón con 100 organismos sin alimento balanceado.

DIVISION III = División de repetición con 100 organismos sin alimento balanceado.

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Para realizar los parámetros se tomó una muestra de agua del estanque a 0.30 m de profundidad con la ayuda de una botella van Dorn de dos litros de capacidad, a la cual se le hicieron los siguientes análisis:

Semanalmente se evaluó:

- Conductividad eléctrica: con un conductímetro de campo de ± 0.01 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- pH con un potenciómetro de campo de ± 0.01 unidad.
- Oxígeno disuelto, se tomó una muestra de agua con la botella DBO de 300 ml de capacidad y se analizó por el Método de Winkler modificado con la ázida de sodio.
- Temperatura del agua y ambiente, se midió con un termómetro de -20 a 120 °C con una precisión de ± 0.01 °C.
- Transparencia del agua del estanque con el disco de Secchi de 20 cm de diámetro. (Cervantes, 1984; APHA, AWWA y WPCF, 1992)

Quincenalmente se evaluó:

- Alcalinidad total por el método volumétrico.
- Dureza total y de calcio, por el método complejométrico (Cervantes, 1984).

ANÁLISIS BIOLÓGICO

Semanalmente se obtuvieron 100 ml de agua y se colocaron en botellas de polietileno y se fijaron con 10 gotas de acetato de lugol; posteriormente se tomó una submuestra de 1 ml y se colocó en una cámara de sedimentación por 24 horas para determinar la cantidad y composición del fitoplancton presente al nivel específico posible, al observarse cada muestra en el microscopio invertido, por medio del método de Uthermöl (Schwoërbel, 1987). Esto se evaluó utilizando dos repeticiones.

Se realizaron arrastres mensualmente con un chinchorro de 0.01 m de luz de malla para capturar una muestra representativa de peces de cada estanque y de cada sección; con la finalidad de determinar su crecimiento. El tamaño de la muestra de peces capturados mensualmente fue de 30 organismos, considerando que el número inicial de siembra fue de 300 organismos, por lo que la muestra representa el 10% del total de la población inicial, que de acuerdo a Rabinovich (1982) para poblaciones de tamaño conocido se puede obtener una muestra hasta del 10% del total de la población.

El tamaño de los peces es indeterminado o continuo, entendiéndose por crecimiento al cambio de tamaño (longitud y peso) con relación al tiempo. Para ello se realizó la toma de la siguiente biometría: longitud total (LT), longitud patrón (LP) y la altura (A) en cm por medio de un ictiómetro convencional de ± 0.01 m de precisión, así como el peso total (P) en gramos con una balanza digital de ± 0.01 g de precisión.

TRABAJO DE GABINETE

Con los datos aportados por la biometría se estableció la relación peso-longitud por medio de la siguiente expresión:

$$P = a L^b$$

Donde:

P = peso total (g)

L = longitud patrón de los organismos (cm)

a y b = constantes

Esta expresión se transformó en una recta, mediante el uso de logaritmos, obteniéndose:

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

Donde $\log a$ es la ordenada en el origen y b es la pendiente de la recta, cuyos valores se obtuvieron por medio del método de mínimos cuadrados.

Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que el crecimiento es isométrico y b es igual a 3. Cuando esto no ocurre, se dice que el crecimiento es alométrico y el valor es distinto de 3 (Granado, 2002; Salgado *et al.*, 2005), por lo cual se le aplicó una prueba de t-student para comprobar dicho valor (Pauly, 1984; Salgado *et al.*, 2005).

El factor de conversión de fertilización (F.C.F.) se evaluó para conocer la eficiencia de producción de la tilapia y se define como el crecimiento en peso o en longitud ganado por el organismo en un tiempo determinado y se expresó de la siguiente manera: (Kuri-Nivón, 1979):

$$\text{FCF} = \frac{\text{cantidad de fertilizante suministrado (kg.)}}{\text{Peso total obtenido (kg.)}}$$

Se determinó la tasa de crecimiento instantáneo definida como el crecimiento en peso o en longitud ganado por el organismo a un tiempo determinado, la cual se expresó de la siguiente manera (Ricker, 1975).

$$G = \frac{(\ln P_t - \ln P_0)}{(t_1 - t_0)}$$

donde:

G = Tasa de crecimiento.

P_t = Peso del mes final

P_0 = peso del mes inicial

t_1 = Tiempo final

t_0 = Tiempo inicial

Se obtuvo el incremento (IC) en peso y talla por día (gr/día), para lo que se utilizó la fórmula propuesta por Ricker (1975)

$$\text{IC} = \frac{Y_f - Y_i}{(t_f - t_i)}$$

Donde:

Y_i = Peso o talla inicial (g).

Y_f = Peso o talla final (g).

t_i = tiempo inicial en días.

t_f = tiempo final en días.

Mortalidad

El valor numérico de la mortalidad total y parcial que tenga una población en un momento dado, depende fundamentalmente de los resultados de un proceso de entradas y salidas, es decir de la cantidad de individuos que se agregan con los que desaparecen de la población. La tasa cruda de mortalidad está dada por el cociente entre el número total de organismos muertos durante una unidad de tiempo y el tamaño total de la población por lo que se propuso la siguiente fórmula (Rabinovich, 1980).

$$Mc = \frac{N_o - N_t}{N_o}$$

Donde:

Mc = Mortalidad bruta

N_o = Número inicial de peces

N_t = Número final de peces

Se graficaron los parámetros físico-químicos y del fitoplancton, para conocer el comportamiento del sistema, ya que son considerados como indicadores de la calidad del agua, donde una alteración de cualquiera de ellos, puede afectar sustancialmente a la población, con influencias metabólicas, vertiéndose en un porcentaje de mortalidad; además de influir en el crecimiento de la población.

Se analizó la variación temporal de la conducta físico-química del agua, población planctónica a través del tiempo así como el crecimiento de los peces de manera mensual, mediante el Análisis Exploratorio de Datos (Salgado, 1992) y las técnicas convencionales de estadística paramétrica o no paramétrica (Sokal y Rolfh, 1979).

RESULTADOS

Como resultado del cultivo realizado en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza, de la FES Zaragoza, los valores obtenidos durante el periodo Junio-Octubre de 1994, se presentan en la tabla 1, en donde se observa que aunque los datos de introducción son similares, fue en la división 1 donde se obtuvieron mejores resultados principalmente en biomasa corporal.

Tabla 1. Biometría inicial y final para el cultivo de la tilapia

DIVISION	Lt inicial (cm)	Lt final (cm)	Pt inicial (g)	Pt final (g)
I	2.945	13.91	0.385	55.49
II	2.945	14.25	0.385	25.35
III	2.945	11.11	0.385	28.04

Asimismo, el análisis de la biometría obtenida de los peces de cada una de las divisiones se presenta en la tabla 2, en la cual se puede observar que los mayores valores en talla y peso corresponden a los organismos de la división 1, a pesar de haber introducido el mismo número de organismos, con tallas similares, ya que fue el mismo cohorte de introducción.

Tabla 2. Biometría realizada para analizar el crecimiento de la tilapia por división

	DIVISION I			DIVISION II			DIVISION III		
	Min	Max	Prom	Mín	Máx	Prom	Mín	Máx	Prom
Lt inicial	2.2	3.7	2.9	2.2	3.7	2.945	2.2	3.7	2.94
Lt final	7.5	19.8	13.1	5.1	17.5	14.25	5.6	16.7	11.11
Pt inicial	0.2	0.9	0.38	0.2	0.9	0.385	0.2	0.9	0.385
Pt final	6.0	131.7	55.4	2.0	73.6	25.35	2.7	74.0	28.04

Sin embargo, al comparar la tallas obtenidas por división, se observó que análisis realizado, no muestra diferencias estadísticas significativas entre las tallas (Kruskal-Wallis: $W=3.409$; $P=0.1818$) (Figura 1a) y tampoco entre los pesos (Kruskal-Wallis: $W = 3.9008$; $P = 0.1422$) (Figura 1b).

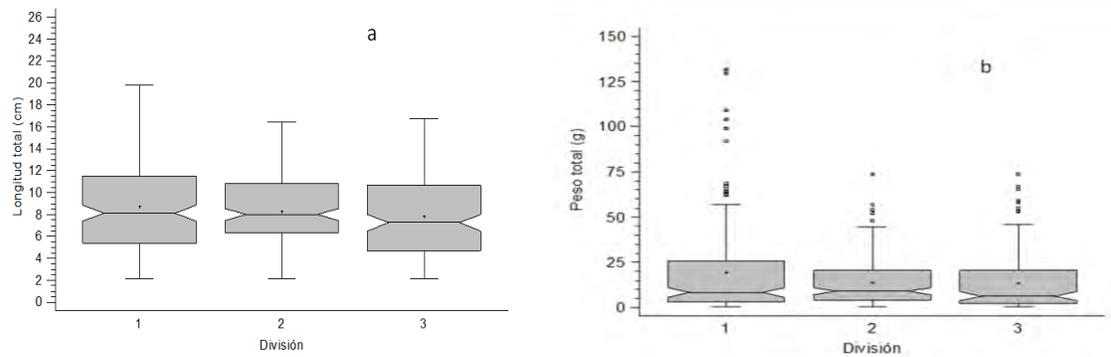


Figura 1. Comparación del crecimiento entre divisiones para a) talla y b) peso total para *O. niloticus*

PORCENTAJE DE GANANCIA EN PESO

Puede observarse que el comportamiento del PESO GANADO a lo largo del estudio fue similar en las tres divisiones, presentando un descenso entre junio y agosto, lo que indica que el peso ganado fue diferente en los meses lluviosos.

Sin embargo, el peso ganado por los organismos de la división 2 al principio del periodo de estudio, en los meses de junio y julio presentó un descenso más pronunciado con respecto a los de la división 1 y la división 3. La mejor ganancia en peso al final del periodo de estudio es en la división 1 (Fig. 2).

En general durante la época fría se observaron efectos adversos en el peso ganado por efecto de la temperatura del agua, lo cual no ocurrió en la época cálida. Al principio del estudio los organismos consumieron todo el alimento y esto hizo que más del 80% de toda la energía del alimento fuera utilizada para crecer, cuando aún se mantenían temperaturas cálidas, a diferencia de los siguientes meses.

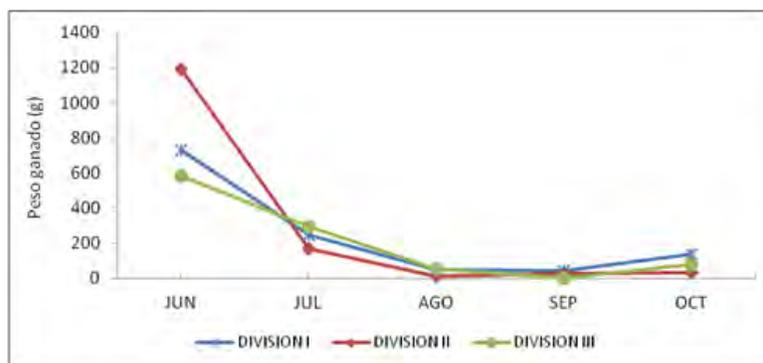


Fig. 2. Comportamiento del peso ganado para los organismos de tilapia durante el cultivo

TASA ESPECÍFICA DE CRECIMIENTO

La tasa de crecimiento es la biomasa acumulada por unidad de tiempo, medida en gramos por día. Los valores varían de acuerdo a la especie, el tamaño del pez, las condiciones de cría y la alimentación.

A lo largo del periodo de estudio se observa una tasa de crecimiento similar entre la división 1 y la división 3 (Fig. 3), presentando un descenso entre los meses de junio y septiembre. Aunque la división 2 también presenta una disminución, este es más significativo en el mes de agosto, un ligero aumento hacia el mes de septiembre y nuevamente un ligero descenso en octubre, lo contrario presentado por la división 1 y 3.

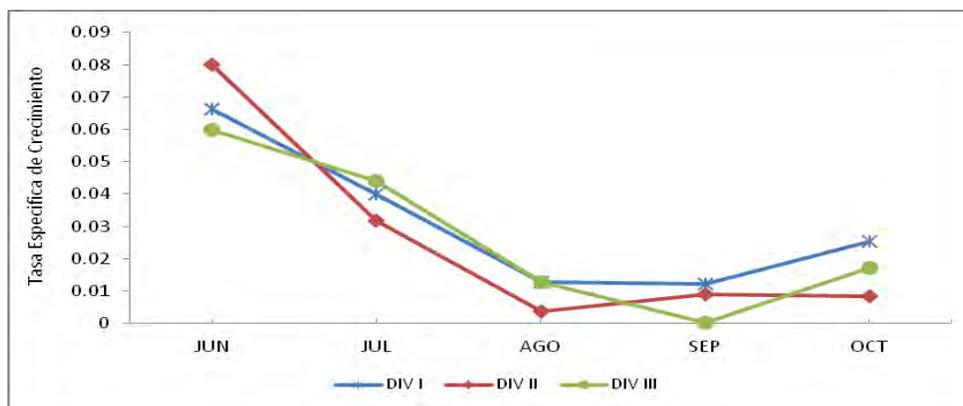


Fig. 3. Comportamiento de la tasa específica de crecimiento para los organismos de tilapia durante el cultivo

RELACION LINEAL ENTRE L_p Y L_t

La relación lineal entre la Longitud Patrón (L_p) y La Longitud Total (L_t) se observa claramente entre los organismos de las tres divisiones a lo largo de todo el periodo de estudio.

DIVISION I

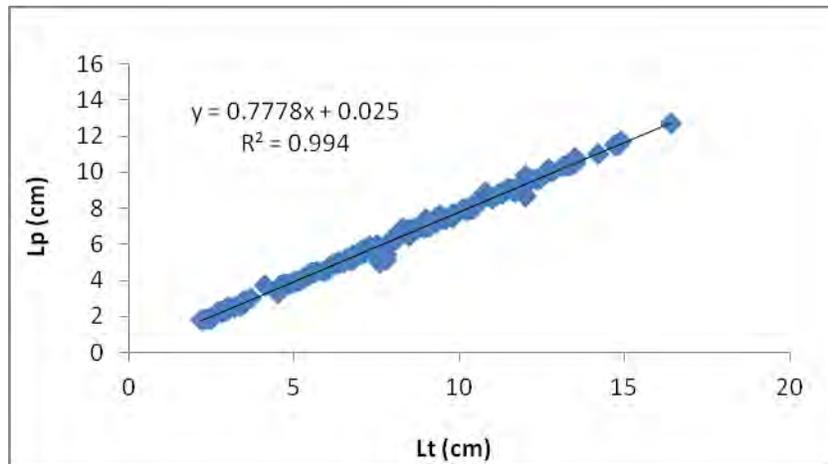


Fig. 4. Relación longitud patrón-longitud total para los organismos de tilapia de la Div. 1

DIVISION II

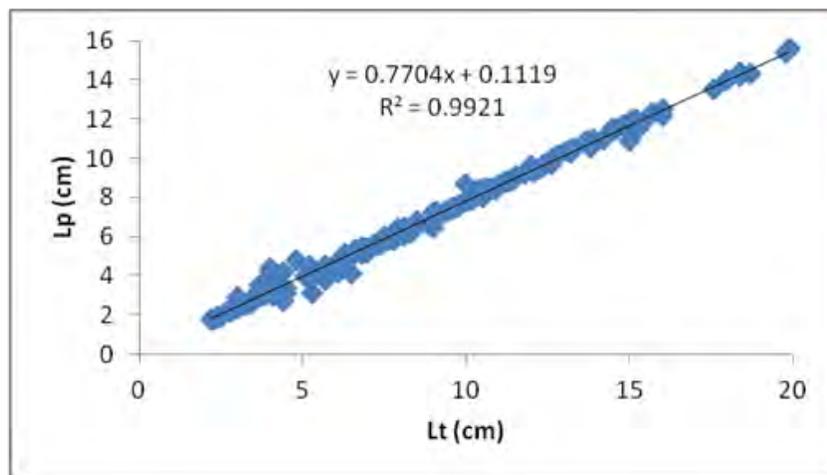


Fig. 5. Relación longitud patrón-longitud total para los organismos de tilapia de la Div. 2

DIVISION III

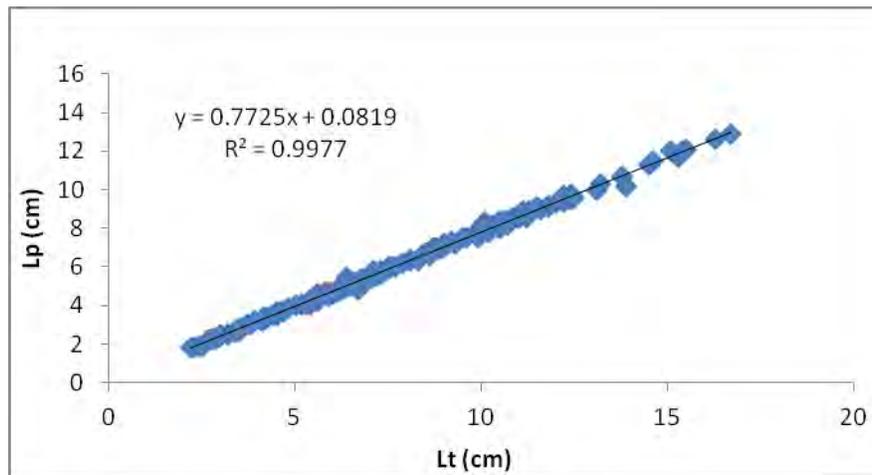


Fig. 6. Relación longitud patrón-longitud total para los organismos de tilapia de la Div. 3

De las tres figuras 4, 5 y 6, se puede visualizar que el valor de la pendiente para la relación de la Lt y la Lp de los organismos en las tres divisiones es muy similar ($R^2 = 0.99$), lo que indica que en los tres sistemas el comportamiento del crecimiento fue casi similar. Con respecto a la talla

Aunque la Lp es muy utilizada en la mayoría de peces y su ventaja respecto a la medición con Lt es que muchas veces mejor, sufren deterioro en los radios de las aletas, entre ellas la caudal y por ello, la medida Lt puede desvirtuarse un poco.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la relación lineal no habría diferencia en utilizar la Lt con respecto a la Lp

RELACION ENTRE EL PESO Y LA LONGITUD TOTAL

Puede observarse una clara relación entre el Peso Total y la Longitud Total a través del periodo de estudio en las tres divisiones. El crecimiento de los peces se puede expresar en peso y/o longitud. Esta última es más fácil de medir y se ve menos afectada por factores estacionales. Lo más usual es medir longitudes y luego transformarlas en peso a través de la relación longitud – peso, que describe una curva potencial.

Tabla 3. ANCOVA entre el peso, talla y la división para el cultivo de la tilapia

		No de observaciones = 480	R-cuadrada = 0.8149		
		Raiz MSE = 8.34281	Adj R-cuadrada = 0.8137		
Fuente	Parcial SS	df	MS	F	Prob > F
Modelo	145866.337	3	48622.1122	698.57	0.0000
lt	132170.826	1	132170.826	1898.94	0.0000
lt*división	3207.57596	2	1603.78798	23.04	0.0000
Residual	33130.7608	476	69.6024387		
Total	178997.097	479	373.689139		

Por lo tanto, los valores, de las relaciones entre el peso y la talla por división se presentan a continuación en la tabla 4 a la 7 y las figuras 7 a 9.

Tabla 4. Regresión entre el logpeso y el loglt para la división 1

				No de observaciones = 170		
				F(1, 168) = 8405.10		
				Prob > F = 0.0000		
				R-cuadrada = 0.9804		
				R-cuad adj = 0.9803		
				Raíz ECM = 0.0995		
logpeso	Coefficiente	Error Estandar	t	P> t	[95% Intervalo de Confianza]	
Pendiente	3.019847	.0329392	91.68	0.000	2.954819	3.084875
Intersección	-1.795159	.0300895	-59.66	0.000	-1.854561	-1.735757

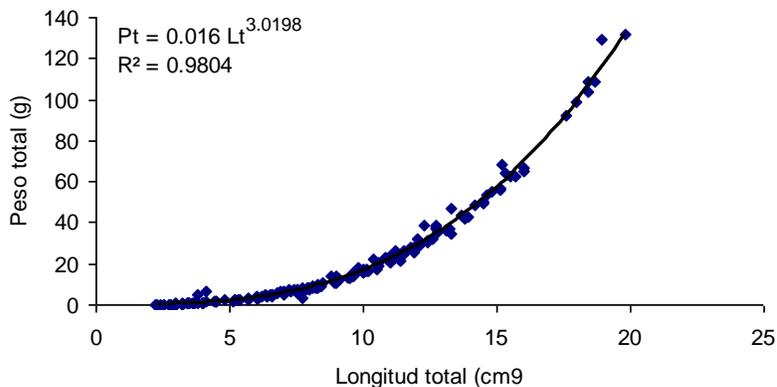


Fig. 7. Relación peso-longitud total para *O. niloticus* en la división 1

Tabla 5. Regresión entre logpeso y el loglt para la división 2

Fuente	SS	df	MS	No. de observaciones = 170		
Modelo	63.1437955	1	63.1437955	F(1, 168)	=	12689.51
Residual	.835978666	168	.004976063	Prob > F	=	0.0000
Total	63.9797742	169	.378578545	R-cuadrad	=	0.9869
				R-cuad adj	=	0.9869
				Raíz ECM	=	0.0705

logpeso	Coefficiente	Error Standard	t	P> t	[95% Intervalo de Confianza]	
loglt	3.055347	.027123	112.65	0.000	3.001801	3.108893
_cons	-1.834695	.0244374	-75.08	0.000	-1.882939	-1.786451

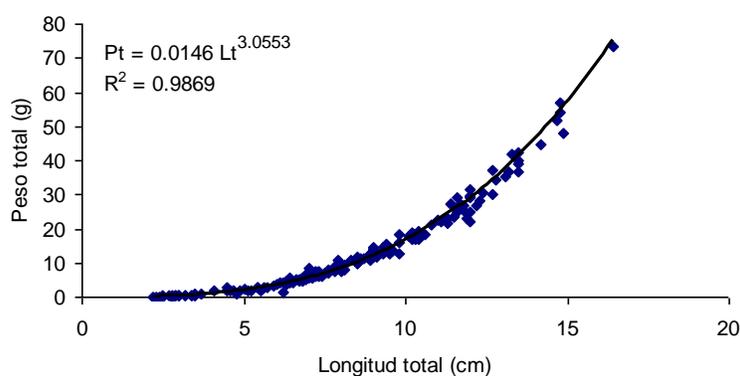


Fig. 8. Relación peso-longitud para *O. niloticus* en la división 2

Tabla 6. Regresión entre el logpeso y el loglt para la división 3

Fuente	SS	df	MS	No de observaciones = 140		
Modelo	63.3530374	1	63.3530374	F(1, 138)	=	21956.52
Residual	.398183238	138	.002885386	Prob > F	=	0.0000
Total	63.7512206	139	.458641875	R-cuadrad	=	0.9938
				R-cuad adj.	=	0.9937
				Raíz ECM	=	.05372

logpeso	Coefficiente	Error Estándar	t	P> t	[95% Intervalo de Confianza]	
Pendiente	3.052833	.0206026	148.18	0.000	3.012096	3.093571
_inter	-1.834294	.0179555	-102.16	0.000	-1.869797	-1.79879

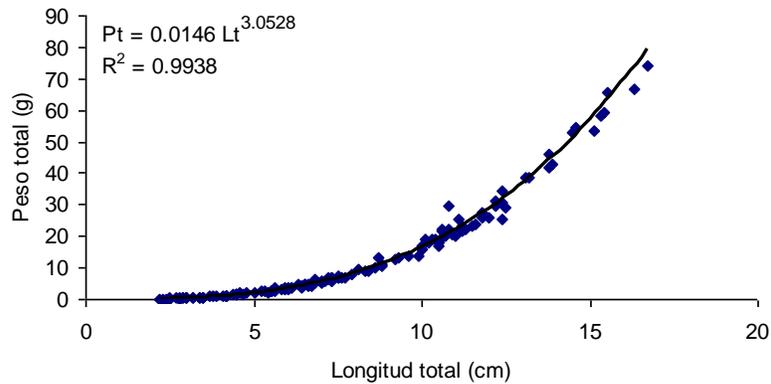


Fig. 9. Relación peso-longitud para *O. niloticus* en la división 3

El modelo que se ajustó mejor a la relación entre la Lt vs Pt fue de tipo potencial, el cual se expresó de la siguiente manera y se obtuvo lo siguiente (Tabla 7):

Tabla 7. Valores de las constantes de la regresión entre la talla y el peso para la tilapia

DIVISION	A	b	n	r ²
I	0.016	3.0198	170	0.9804
II	0.0146	3.0553	170	0.9869
III	0.0146	3.0528	170	0.9938

El valor del exponente b para la relación Lt vs. Peso de los organismos de las tres divisiones, no fue significativamente diferente al valor de 3, por lo que el crecimiento de la especie en las tres divisiones se consideró de tipo isométrico, en el cual los organismos presentan un crecimiento proporcional entre la talla y peso.

Se analizó el crecimiento en talla por división y se observó que de acuerdo a la homogeneidad de la varianza (Homocedasticidad) para la longitud total (Lt), el valor de la prueba de Levene fue 6.132 ($p=0.00234581$), puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95% de confianza entre las tres divisiones. Esto viola uno de los supuestos importantes subyacentes en el análisis de varianza e invalida la mayoría de las pruebas estadísticas. Por lo tanto, se utilizó la prueba de Kruskal Wallis del análisis no paramétrico

La prueba de Kruskal-Wallis evaluó la hipótesis nula de que las medianas dentro de cada una de las 3 divisiones es la misma. El estadístico $W = 3.40941$ ($p = 0.181826$), muestra que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medianas de longitud total con un nivel del 95%, entre las 3 divisiones.

Al igual que para la Lt, se verificó la varianza de los pesos (Levene's = 15.91, $p=2.04485E-7$), puesto que el valor-P es menor que 0.05, existe diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95% de confianza. Por lo tanto, se aplicó la prueba de estadística no paramétrica.

El estadístico $W = 3.9008$, ($p = 0.142217$), también muestra que el valor de P es mayor que 0.05 y por lo tanto, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95% de confianza, lo que significa que no hay diferencia en el peso entre las tres divisiones.

FACTOR DE CONVERSIÓN DEL FERTILIZANTE

Con respecto al factor de Conversión de Fertilizante (Tabla 8), se observó que la mayor producción de biomasa de tilapia generada (Kg/50 m²), correspondió en orden decreciente a la división 1 > división II > división III, esto se debió a que los costales con el fertilizante se colocaron principalmente en las esquinas del estanque, por lo cual se obtuvo una mayor producción en la división I y III, así como un factor de conversión de fertilizante menor, principalmente para la división I.

Tabla 8. Factor de fertilizante por división para la producción de tilapia

	División I	División II	División III
Cantidad de Fertilizante Adicionado (Kg/50 m ²)	200	200	200
Producción (Kg/50 m ²)	28.27	12.74	14.11
F.C.F	1:7.07	1:15.70	1:14.17

MORTALIDAD

La tasa de mortalidad a la que se sometió el cultivo para la división I fue de 21%, para la división II fue de 13% y para la división III fue de 22%, lo que se puede considerar baja aunque se incluyó un 10% al inicio del estudio para compensar los organismos que se pudieran morir durante el estudio.

DETERMINACIÓN DE LOS GÉNEROS PRESENTES EN EL CULTIVO

En el presente estudio, las células fitoplanctónicas que se registraron indican que el 61.4% pertenecieron a la División Chloropyta, el 36.2% a la Cyanobacteria, el 1% al Euglenophyta y menos del 1% a Bacillariophyta y Charophyta. Se identificaron 16 géneros que bien pudieron corresponder cada uno a una especie (Tabla 9), pero debido a la poca experiencia en las cuestiones taxonómicas no se pudo llegar al nivel específico deseado. El mayor número de géneros registrados (6) correspondió a las clorofitas, 5 a las cianobacterias, 2 a las euglenofitas, y 1 para las bacilarofitas y las carofitas respectivamente. Las clorofitas dominaron principalmente durante la época cálida cuando se inició el estudio en el estanque y este tenía una gran cantidad de nutrimentos presentes. Posteriormente la abundancia y diversidad de especies del fitoplancton disminuyó y hacia el final del estudio, dominaron las cianobacterias, producto de la disminución de la temperatura ambiental y por consecuencia de las bajas temperaturas en el agua, así como poca disponibilidad de nutrimentos, en la columna de agua al reducirse la tasa metabólica.

Tabla 9. Composición fitoplanctónica registrada durante el cultivo de tilapia en el estanque

Phylum	Orden	Género
Cyanobacteria	Chroococcales	<i>Microcystis</i> sp. Lemmermann, 1907
	Nostocales	<i>Anabaenopsis</i> sp. V.V.Miller, 1923
	<u>Synechococcales</u>	<i>Merismopedia</i> sp. F.J.F.Meyen, 1839
	Nostocales	<i>Anabaena</i> sp. Bory ex Bornet & Flahault, 1886
	Chroococcales	<i>Chroococcus</i> sp. Nägeli, 1849
Chlorophyta	Chlorellales	<i>Chlorella</i> sp. Beyerinck [Beijerinck], 1890
	Sphaeropleales	<i>Scenedesmus</i> sp. Meyen 1829
	<u>Chlamydomonadales</u>	<i>Gonium</i> sp. O.F.Müller, 1773
	<u>Sphaeropleales</u>	<i>Pediastrum</i> sp. Meyen, 1829
	<u>Sphaeropleales</u>	<i>Kirchneriella</i> sp. Schmidle, 1893
	Desmidiales	<i>Closterium</i> sp. Nitzsch ex Ralfs, 1848
	<u>Sphaeropleales</u>	<i>Coelastrum</i> sp. Nägeli, 1849
Bacillariophyta	Naviculales	<i>Navicula</i> sp. Bory, 1822
Euglenophyta	Euglenales	<i>Phacus</i> sp. Dujardin, 1841
	Euglenales	<i>Euglena</i> sp. Ehrenberg, 1830
Charophyta	Desmidiales	<i>Cosmarium</i> sp. Corda ex Ralfs, 1848

RELACION ENTRE OXÍGENO Y FITOPLANCTON

En la figura 10, puede observarse en general que existe una relación directa entre el oxígeno y el fitoplancton en el periodo de estudio cálido, no así en el periodo de lluvias (frío). Con respecto a la concentración del oxígeno disuelto, se registraron los valores más altos hacia el final de la época de lluvias y los más bajos al inicio de la temporada cálida y de lluvias. En el caso del fitoplancton, se cuantificó que la mayor densidad se registró al inicio del estudio y la tendencia fue disminuir hacia el final del estudio.

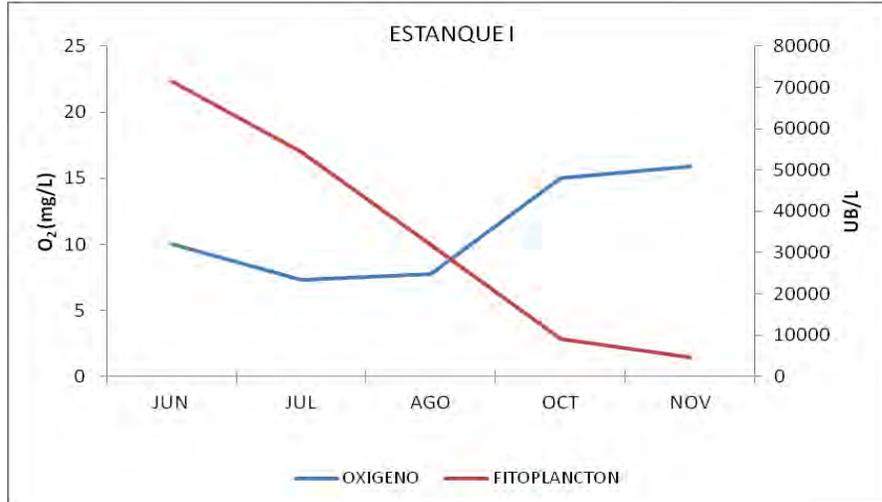


Fig. 10. Variación de la cantidad de fitoplancton y su relación con la concentración de oxígeno disuelto a lo largo del periodo de estudio

TEMPERATURA

La variación de la temperatura del agua a lo largo del periodo de estudio puede considerarse acorde a la época del año, ya que la temperatura es mayor en los meses más cálidos y va disminuyendo hacia los meses más fríos. No hubo diferencia significativa entre las temperaturas de fondo ($P=0.229006$) y superficial a las 10:00 a.m. (Fig. 11)

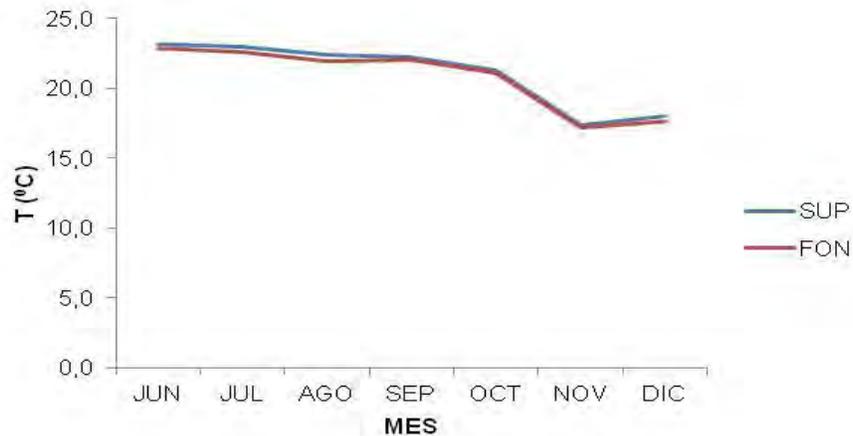


Fig. 11. Comportamiento de la temperatura del agua a las 10:00 h en el cultivo de la tilapia

La temperatura a las 16:00 hrs. no fue homogénea como a las 10:00; por lo tanto, si existe diferencia significativa entre ambas temperaturas. ($U=254$; $P= 0.00$); sin embargo, la diferencia entre las dos muestras a esta hora es mínima aunque estadísticamente son diferentes. (Fig. 12)

Se observó el mismo patrón de la temperatura que se registró a las 10:00 h, esto es, la temperatura más alta se hace presente en los meses cálidos y la más baja en los meses más fríos.

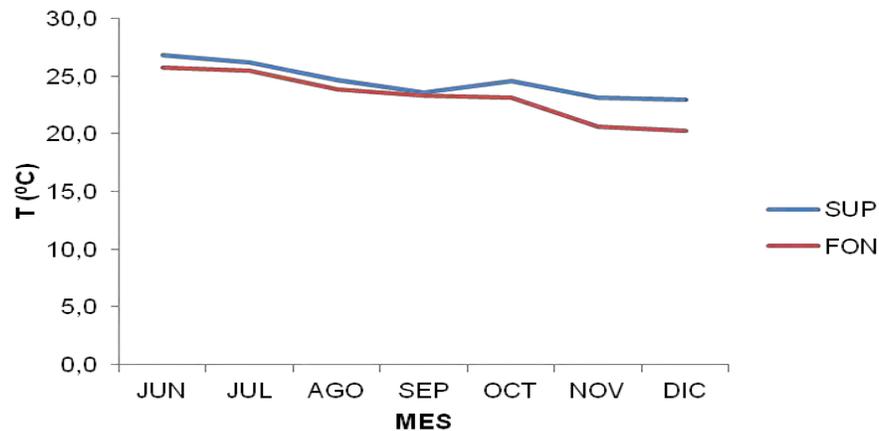


Fig. 12. Comportamiento de la temperatura del agua a las 16:00 h en el cultivo de la tilapia

En términos generales la temperatura siguió un comportamiento similar tanto en la superficie como en el fondo, estableciéndose dos temporadas bien definidas, la primera fue cálida en el verano y la otra fría por la época de lluvias, con un descenso gradual hacia la temporada de otoño-invierno. (Fig. 13)

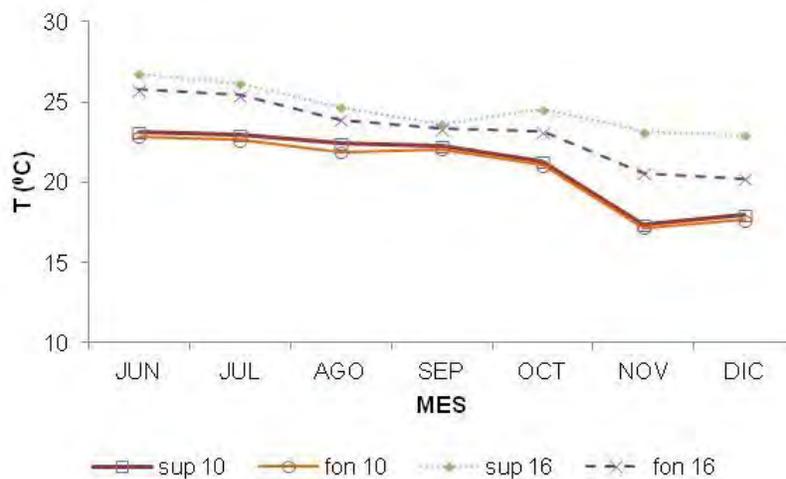


Fig 13. Comportamiento de la temperatura del agua de la superficie y del fondo a las 10:00 y 16:00 h

DISCUSION

En el cultivo de organismos acuáticos lo principal en su desarrollo es la calidad del agua, ya que ésta influye directamente sobre el crecimiento y reproducción de los mismos. El control de los parámetros ambientales adecuados para un buen desarrollo de los organismos, permite tener un cultivo sustentable.

La tilapia se encuentra catalogada dentro del grupo de peces con mayor futuro en cultivos comerciales ya que su periodo de crecimiento es relativamente más corto al de otras especies y presenta alta adaptabilidad a diferentes ambientes de producción (Granado, 2002; Castro *et al.* 2004).

Los estudios de crecimiento de *Oreochromis niloticus*, son importantes, particularmente para las especies que son utilizadas como alimento para el hombre, debido a que el crecimiento es el resultado del consumo del alimento con la consecuente construcción de tejido en el cuerpo, lo que significa un aumento en la biomasa de los organismos y esto ocurre cuando la tasa de anabolismo supera a la tasa de catabolismo (Nikolsky, 1963; Gulland, 1971; Brett, 1979).

El crecimiento representa el resultado neto de una serie de procesos conductuales y fisiológicos que se inician cuando el alimento es consumido y termina en la depositación de sustancia o tejido animal. Los procesos de digestión, absorción, asimilación, gasto metabólico y excreción, todos interrelacionados afectan el producto final (Wootton, 1990).

Los cíclidos se distribuyen predominantemente en climas tropicales y subtropicales, donde las estaciones anuales y los factores ambientales no son muy marcados y por consecuencia, el crecimiento de las especies tiende a ser continuo (Weatherley y Gill, 1987; Morales-Nin, 1989).

La temperatura es uno de los factores más importantes dentro de un cultivo de peces, ya que la temperatura del cuerpo se ajusta de forma pasiva a la del medio ambiente y afecta los procesos fisiológicos de los organismos, entre ellos el crecimiento y la reproducción (Lagler *et al.*, 1984; Moyle y Cech 2000; Granado, 2002). Durante el tiempo de estudio se presentaron intervalos de temperaturas entre los 17 a 23 ° C, estos son intervalos bajos para el cultivo de *Oreochromis niloticus* y no son las adecuadas. Para fines de cultivo y en particular para *O. niloticus*, el intervalo térmico óptimo es de 25 a 30°C, dando un buen desarrollo y una alta tasa reproductiva (Morales, 1991; Arredondo y Ponce, 1998; SEPESCA, 1986; Xie *et al.*, 2011).

De acuerdo a Laevastu y Hayes *et al.* (1985), las bajas temperaturas que se empezaron a registrar a partir del mes de Octubre, redujeron los procesos fisiológicos (disminución en la tasa metabólica) y se modificó la actividad motora del pez; como consecuencia, el crecimiento y la alimentación se vieron afectadas y por lo tanto, la tasa de crecimiento empezó a reducirse, principalmente la del peso.

Cambios repentinos en la temperatura del agua conducen a modificar el metabolismo de los peces, ya que si la velocidad metabólica se incrementa, el pez tendrá éxito, mientras que una disminución de dicha actividad conducirá a una reducción en la actividad alimenticia y en la tasa de crecimiento y el pez podrá ser susceptible a enfermedades (Alamoudi *et al.*, 1996). Se sabe que a temperaturas constantes los organismos crecen tanto en peso como en talla hasta que se aproxima a la madurez sexual; por lo que la tasa de crecimiento en longitud es proporcional a la temperatura de agua (Soderberg, 1990).

La concentración de oxígeno disuelto, es otro de los requerimientos más importante para tener un agua de buena calidad y es el parámetro más importantes de los cuerpos de agua, ya que es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan respiración aeróbica. Al igual que la temperatura, el grado de saturación para oxígeno es inversamente proporcional a la altitud, a la temperatura y directamente con el pH (Arredondo, 1986; Wetzel, 2001)

Los intervalos obtenidos en el presente estudio indican una cantidad óptima de oxígeno disuelto para el cultivo. Granado (2002) reporta que la concentración mínima de oxígeno requerida para la acuicultura es de 2 mg/L. Sin embargo, Kolding *et al.* (2008) 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. Wedemeyer (1996), señala que el nivel de oxígeno disuelto en agua para los peces de climas cálidos debe estar por arriba de los 4 mg/L y en el caso de *O. niloticus* estos requerimientos deben ser mayores a los 2 mg/L (Morales, 1991). Por lo tanto, la concentración de oxígeno disuelto no se consideró una limitante para el crecimiento de los peces cultivados en el estanque, que en este caso se mantuvo con fertilización química y orgánica para poder sostener la producción en biomasa del fitoplancton y por lo tanto, los niveles de oxigenación registrados, los cuales también se modificaron por el intercambio atmosférico. Además, la concentración de oxígeno requerida por cada especie en cultivo, dependerá de la fase de su ciclo de vida y de su actividad de reproducción, crecimiento o metabolismo general (Martínez, 2008).

Con respecto al pH este es el resultado de las interacciones de los procesos bióticos y abióticos y es una medida de acidez, alcalinidad o neutralidad del agua. (Romero, 1999). Dan y Little (2000) reportan un pH de 7.7 a 9.1 en estanques para el cultivo de tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, mencionado que estos valores están dentro de los intervalos de tolerancia para la especie. Puede decirse que estos valores altos del pH, puede deberse a que el agua del estanque se fertiliza con vacaza y fertilizantes químicos para sostener la producción primaria del estanque y de esta manera suministrar oxigenación y alimento a los organismos. Así mismo, el agua desde el inicio del cultivo mostró valores de pH mayores de 8.0, lo cual se debe al tipo de agua potable que se suministró. 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 (Arredondo, 1986). Sin embargo, en este estudio no se observó que este factor afectara el crecimiento de los peces.

Arredondo (1986) sugiere que aguas que presentan un pH entre 6.5 y 9 son las más apropiadas para el desarrollo de los peces. La reproducción y crecimiento disminuyen en valores inferiores a 6.5 o mayores a 9.5; por debajo de 4, se presenta la muerte ácida y por encima de 11 la muerte alcalina.

Garrido (2005) señala valores de pH que rebasan los intervalos de tolerancia para la especie, teniendo un máximo de 10.54, lo cual provocó una alta tasa de mortalidad debido a muerte alcalina.

La alcalinidad registró valores siempre dentro de los reportados como adecuados para el desarrollo de los organismos, por lo que el estanque es considerado como alcalino y muy productivo. Se sabe que entre mayor el pH, mayor es su alcalinidad, dentro del estudio se observaron valores de pH casi constantes e igual que la alcalinidad. Asimismo, un factor que pudo haber mantenido estos niveles fue que durante el tratamiento profiláctico, se utilizó cal para eliminar elementos que pudieran afectar el cultivo y de ahí el tener niveles adecuados de CaCO_3 .

Arredondo y Ponce (1998) indican que las aguas que contienen 40 mg/L o más de alcalinidad total son consideradas muy productivas, por lo cual se podría decir que el estanque donde se llevó a cabo el cultivo de *O. niloticus* es muy productivo.

Otro de los factores químicos que influyen en la calidad del agua es la dureza. Meyer (1999) describe la dureza como la concentración de cationes divalentes de calcio y magnesio y se expresa en mg/L de CaCO_3 . La dureza es un parámetro que nos revela la cantidad de compuestos de calcio y magnesio disueltos en el agua, estos minerales tienen su origen en las formaciones rocosas calcáreas; la cantidad de minerales disueltos en el agua hacen que ésta sea dura o blanda, cuanto mayor es la cantidad de minerales en el agua, mayor será la dureza de la misma.

El rango óptimo de dureza en el agua para el cultivo de peces es de 20 a 350 mg/L de CaCO_3 (Castro *et al*, 2004)

Arredondo y Ponce (1998) citan que las aguas duras tienden a ser más productivas biológicamente que las aguas suaves, ya que estas últimas son deficientes en calcio y magnesio. Así mismo, el grado de dureza total presente en cualquier sistema acuático es necesario para la supervivencia y crecimiento de los peces. Las aguas muy duras disminuyen la toxicidad de los metales pesados como el cobre y el zinc en los peces e invertebrados, además de que el calcio se presenta en mayor cantidad y es requerido para la formación de los huesos en peces y el exoesqueleto en crustáceos.

Para propósitos de la piscicultura, el agua requiere de pequeñas cantidades de calcio y magnesio y las cantidades necesarias para un buen desarrollo de organismos se presentan en aguas con una concentración de dureza total de 20 mg/L (Arredondo y Ponce, 1998). Las concentraciones de dureza total en el estanque son consideradas adecuadas para enriquecer la productividad del estanque; una alcalinidad inferior a los 5 mg/L de CaCO_3 se manifiesta como un ambiente desfavorable para la productividad natural del estanque (Cabañas, 1995; Arredondo y Ponce 1998).

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

En un 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 Liu 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; 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/m³.

El papel potencial del cultivo de sexos mezclados de la tilapia en la ciudad de México, está claramente indicado por el peso alcanzado en uno de las divisiones de 131.7 g en un periodo de cinco meses en la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza, de la Fes Zaragoza, UNAM. Pandian y Sheela (1995) y Dagne *et al.* (2013) mencionan que se obtiene un mejor crecimiento al cultivar machos de tilapia en cultivos monosexados, ya que la tasa de crecimiento de los machos es superior a las de las hembras así como a la de los cultivos con sexos mezclados.

Ellos atribuyen este hecho a que la energía no es utilizada para la reproducción y no existe competencia con peces jóvenes en el cultivo. Además, se ha registrado que las tilapias de más de 200 g son más atractivas en el mercado a nivel nacional y estas son más aceptadas por los consumidores que aquellas de menor peso.

El crecimiento de los peces está determinado fundamentalmente por la cantidad de alimento ingerido (energía y nutrientes) y por la temperatura del agua. Se puede observar el mayor crecimiento con la temperatura más alta. La eficiencia del alimento es ligeramente superior con la temperatura alta y las pérdidas menores. Las temperaturas altas provocan mayores gastos de mantenimiento y el incremento calórico se ve compensado por una mayor tasa de crecimiento (Cerdá, 1998). Esto indica que a pesar de que en la Ciudad de México no existe un clima cálido, el comportamiento en la Tasa de Crecimiento fue igualmente discontinuo.

Este mismo tipo de crecimiento ha sido reportado por Flores (1994) y Beltrán-Álvarez *et al.* (1997; citados en Gómez-Ponce *et al.*, 2011). Estudios realizados en distintas especies de tilapias en represas de México muestran que los valores de la pendiente de la relación longitud-peso oscilan entre 2.5 y 3.5 (Granado, 2002). Esto indica que los valores obtenidos para las tilapias de las tres divisiones, se encuentran dentro de este intervalo, y da confiabilidad a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Con respecto a la relación peso-longitud, está permite la estimación media del peso de una población y es útil para evaluar su bienestar y la condición nutricional (Ayoade e Ikulala, 2007) que depende de las características genéticas de la especie y su estado fisiológico, así como de factores relacionados con el medio ambiente como la disponibilidad de alimento y condiciones físico-químicas del agua (García, 2006). Además permite establecer el peso como una potencia de la longitud, es decir la forma del cuerpo como reflejo de los cambios fisiológicos que sufre a través de su vida (Jiménez, 2006).

En este estudio el crecimiento en las tres divisiones fue alométrico negativo, lo estable un mayor crecimiento en talla que en peso. Gómez (2002), reporta crecimiento alométrico negativo para *O. niloticus*, con pH promedio de 8.99 unidades, temperatura entre 21 y 31° C y oxigenación promedio de 5.8 mg/L; es decir los peces crecen en forma alométrica negativa en las primeras etapas de desarrollo debido a la competencia por espacio y alimento con otras especies de los mismos hábitos alimentarios, además de tener un mayor crecimiento en longitud, debido a que tienen que alcanzar mayor talla para evitar ser depredados en el medio ambiente.

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

Camargo y Cruz en 2013 reportan crecimiento alométrico negativo en sus cultivos en estanques de FES Zaragoza y determinan 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 que se encuentran.

El crecimiento de tipo alométrico por lo general se observa en condiciones naturales, donde los organismos están sujetos a un estrés constante por la depredación y competencia, lo que hace que los peces se vean en la necesidad de crecer en talla para hacer frente a estos factores, a diferencia de realizar el estudio en acuarios o en estanques, donde las condiciones ambientales como el factor alimento y competencia son controlados y por lo tanto, no afectan el crecimiento de los organismos (Gómez, 2002; Tovar, 2005).

SEPESCA, (1986), 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 optimas de temperatura y densidad de individuo.

Peña-Mendoza *et al.* (2005) reportan para la población de *O. niloticus*, en la presa Emiliano Zapata, una longitud total de 14.1 a 25. 5 cm y pesos de 40.2 a 271. 4 g, por lo cual los valores registrados en este estudio, se encuentran dentro de lo reportado por estos autores en condiciones naturales. Esto indica que los valores obtenidos para las tilapias de las tres divisiones, se encuentran dentro de este intervalo y da confiabilidad a los resultados obtenidos en el presente estudio.

En el estanque al proporcionar el alimento balanceado a razón de 4% del peso promedio de los organismos de este estudio, los peces presentaron buena talla; sin embargo, no todos los organismos tuvieron el mismo resultado, ya que algunos no aprovechaban el alimento y tendían a ser de talla muy pequeña.

Ibrahim y Naggar (2010) reportan bajo condiciones de policultivo valores de crecimiento específico de 1.65, el cual es un valor muy por encima al obtenido en este estudio que es de 0.67 en promedio. 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 su crecimiento. Gibtan *et al.* (2008) reporta un valor de 1.035; por su parte Siddiqui *et al.* (1989) obtuvo un valor de 1.81.

Saucedo (2008), trabajó con machos bajo condiciones de la ciudad de México, donde las condiciones ambientales tenían efecto en el cultivo, menciona que suelen tener un menor crecimiento, menciona también que organismos cultivados en condiciones más controladas tienden a un mayor crecimiento triplicado.

La producción de los ambientes acuícola 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.

Lagler *et al.* (1984), mencionan 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 alimenticio de alimento balanceado más fitoplancton. Se reportó que de las células del fitoplancton el 61.4% fueron clorofitas y el 36.2% fueron cianofitas. Se encontraron 16 especies, lo cual nos 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 respectivamente. El estanque fue fertilizado químicamente, alcanzando una dominancia del 80% por clorofíceas y un 13% por bacilariofíceas, con menos del 1% de cianofíceas, más o menos similar a los resultados obtenidos por el presente estudio.

Garrido (2005), trabajo en dos estanques de concreto con *Oreochromis niloticus* 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 las Cianobacterias no son deseables durante un cultivo acuícola; sin embargo, Abdel-Tawwab (2011), 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 *et al.* 1992; Abdel-Tawwab, 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 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 Saïdy *et al.* (2005), 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-Tawwab *et al.* (2011), 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.

Por lo tanto, para las especies que se someten a cultivo en condiciones de cautiverio ya sea en 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).

Con respecto al factor de conversión de fertilizante, el uso de la materia orgánica proveniente del ganado vacuno (vacaza) resulto ser adecuada para el cultivo, ya que Flores (1994) menciona que obtuvo resultados adecuados con este tipo de fertilización que con la fertilización química (urea y superfosfato), debido a la materia orgánica fue una fuente adicional de alimento, a pesar de no estar disponible directamente para consumo de los peces. Sin embargo, sus los valores obtenidos son altos comparados con los valores que se reportan en el presente estudio.

Diana *et al.* (1991) citan que la disponibilidad de materia orgánica en el sistema permite obtener mejores rendimiento cuando esta está presente en adecuadas cantidades, ya que los peces pudieron haber obtenido mayor crecimiento si esta hubiera servido como fuente de alimento directo para los organismos, factor que no fue incluido en el estudio al colocar la materia orgánica en costales; sin embargo, posiblemente esto hubiera repercutido en las condiciones de la calidad del agua, al disminuir los niveles de concentración de oxígeno disuelto y con esto los porcentajes de supervivencia y el rendimiento en biomasa en el cultivo, lo cual da pauta para probarlo en otro estudio y observar si realmente se obtienen mejores rendimientos en biomasa individual.

La clara dominancia de las clorofitas en primer lugar y las cianofitas en segundo, muestra las relaciones que hay entre las poblaciones fitoplanctónicas de este sistema, así como el efecto de la carga de nutrimentos en el cuerpo de agua. Se ha demostrado que la aplicación de fertilizantes incrementa la biomasa planctónica, sobre todo en aquellos estanques que presentan bajos contenidos de nitrógeno y fósforo; por lo tanto, los nutrimentos liberados en la columna de agua proveen un sustrato para los organismos fotosintéticos o autotróficos y para los heterotróficos, son la base del rendimiento acuícola. Además, se ha comprobado que las variaciones y fluctuaciones espacio-temporales en un estanque de cultivo, dependen de la disponibilidad de los nutrimentos así como de la temperatura y la salinidad (Arredondo, 1993; SEPESCA, 1986).

En lo que respecta a la producción y calidad del agua del estanque y de los sistemas someros, Admassu (1996) y Quiroz *et al.* (2005) citan que el fitoplancton o limnoplanton (Reynolds, 2006) es un excelente indicador de la calidad del agua y el principal productor primario, ya que es el primero en la cadena trófica y propicia una elevada disponibilidad de alimento a los demás niveles tróficos, además de que es el principal productor de oxígeno disuelto y por ello, se le considera como indicador de la calidad del agua, debido a que algunas especies son muy sensibles a ciertos nutrimentos o sustancias.

Quiroz *et al.* (2005) mencionan que las cianobacterias están muy relacionadas con la alcalinidad y dureza del agua, encontrándose estos organismos en aguas alcalinas y duras. Wetzel (1981) menciona que el desarrollo de las euglenofitas se localiza de manera temporal a determinados niveles de profundidad o en sistemas acuáticos con concentraciones altas de materia orgánica disuelta (factor que se observó en el estanque durante el cultivo de peces realizado en el presente estudio) y también menciona, que estos organismos se encuentran con mayor frecuencia en aguas poco profundas, ricas en materia orgánica, debido al tipo de fertilización realizada con excremento animal de ganado vacuno.

Por otra parte, de los organismos del fitoplancton presentes en este estudio (la mayoría de las especies pertenecen al grupo de las clorofitas) son características de ambientes eutróficos, ya que se desarrollan con gran facilidad en los sistemas someros, son cosmopolitas, oportunistas, soportan grandes variaciones en las condiciones ambientales y son de amplia distribución. Asimismo, de los organismos del fitoplancton registrados, *Chlorella* sp. se presenta principalmente en aguas eutróficas y no se puede considerar como frecuente en el plancton de los lagos donde si aparece, se considera oportunista en respuesta a alguna fertilización brusca de tipo orgánica, debido a que puede producir sustancias inhibitoras para otras algas. *Scenedesmus* sp. es otro organismo indicador de ambientes eutróficos y de aguas con alto contenido de sales (principalmente calcio y nitrógeno) y muchas de sus especies aparecen en cuerpos de agua hipereutróficos, ya que son organismos oportunistas y suelen aparecer en cualquier época del año. En el caso de *Closterium* sp. y *Cosmarium* sp., éstos se presentan cuando el agua del sistema es rica en calcio (Margalef, 1983; Reynolds, 1984, 2006; Ortega, 1995).

Por último, Navarrete *et al.* (2000) quienes trabajaron con bordos rurales poco profundos para el policultivo de carpas y tilapia, mencionan que los valores de dureza, alcalinidad, oxígeno disuelto, pH, temperatura y transparencia que obtuvieron, son valores similares a los registrados en el presente estudio y están dentro de los límites de tolerancia para el crecimiento de la tilapia *Oreochromis niloticus* y que este tipo de cultivo, favorece la producción de peces por la remoción constante de los materiales y nutrientes.

CONCLUSIONES

El crecimiento que registraron los organismos fue isométrico es decir, fue proporcional el crecimiento entre la talla y el peso.

La tasa de crecimiento y el porcentaje de ganancia en peso, tuvieron un comportamiento similar en las tres divisiones y acorde a la temporada, es decir, se obtuvo mejor crecimiento de *Oreochromis niloticus* en los meses cálidos del período experimental para las tres divisiones.

La relación entre la cantidad de oxígeno disuelto y el fitoplancton fue directa en el período cálido, mas no así en el periodo frío.

La temperatura a las 16:00 h no fue homogénea como a las 10:00 h; por lo tanto, existe diferencia significativa en la temperatura a diferentes horas del día; aunque en términos generales, la temperatura siguió un comportamiento similar tanto en la superficie como en el fondo, estableciendo dos temporadas bien definidas.

De acuerdo con los resultados obtenidos de temperatura, oxígeno y fitoplancton es posible cultivar la tilapia en la ciudad de México; sin embargo, si se desea obtener un mayor incremento en talla y peso de los peces se sugiere agregarles alimento suplementario o en su defecto, realizar el cultivo con solo machos.

REFERENCIAS

- Abdel-Tawwab, M. (2011). Natural food selectivity changes with weights of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), reared in fertilized earthen ponds. *Journal of Applied*
- Admassu, D. (1996). The breeding season of tilapia *Oreochromis niloticus* L. in Lake Awassa. *Hidrobiologia* 337 (1-3): 77-83.
- Aguilera H.P. y C. Noriega. (1991). La Tilapia y su Cultivo. FONDEPESCA. México, D.F, 289 p.
- Aguilera, H.P., M.E. Zarza Y R.M. Sánchez. (1988). La Carpa y su Cultivo. FONDEPESCA. México. pp 7.
- Alamoudi, M., A.F. M. El-Sayed y A. El-Ghobashy (1996). Effects of termal and thermohaline shoks on survival and osmotic concentration of the tilapias *Oreochromis niloticus* hybrids. *Journal of the World Aquaculture Society* 27(4): 456-461.
- 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.
- Arellano-Torres A., D. Hernández Y C. Meléndez. (2013). Comparación de tres métodos indirectos para estimar el crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en un lago tropical de México. *Revista de Biología Tropical*. 61(3): 1301-1312.
- Arredondo, F.J.L. (1986). Piscicultura: 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-Figeroa, J.L. y M. Guzmán-Arroyo. (1986). Situación Taxonómica de la Tribu Tilapiini (Pisces:Cichlidae) Introducidas en México. *An. Inst. Biol. Ser. Zoo. U.N.A.M. México*. (2): 555-572.
- Arredondo, F.J.L. y D.L. Atanacio. (1988). Bases de la Fertilización. Secretaria de Pesca. Dirección General de Acuicultura, Información Básica. Serie. Fertilización y Fertilizantes, 1. México. 202 p.
- Arredondo, F.J.L. (1993). Fertilización y fertilizantes: Su uso y manejo en la acuicultura. UAM-I, México, D.F. 202 p.
- Arredondo, F.J.L. y J.T.P. Ponce. (1998). Calidad del agua en acuicultura. Conceptos y aplicaciones. AGT Editor, S.A. México, D.F. 222 p.

Arredondo-Figueroa, J.L. Y M. Tejeda-Salinas. (1989). El Hueso Faríngeo, Una Estructura Útil para la Determinación de Especies de la Tribu Tilapiini (Pisces:Cichlidae) Introducidas en México. An. Ins. Cienc. del Mar y Limnol. U.N.A.M. 16 (1): 59 - 68.

Arredondo, F.J., Y G.S. Lozano. (2003). La acuicultura en México. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. UAM. 315 p.

Ayoade, A.A. y O.O. A. Ikulala. (2007). Length weight relationship, condition factor and stomach contents of *Hemichromis bimaculatus*, *Sarotherodon melanotheron* and *Chromidotilapia guentheri* (Perciformes: Cichlidae) in Eleiyele lake, southwestern Nigeria. Rev. Biol. Trop. 55(3-4): 969-997.

Azaza, M.S., M.N. Dhraief., M.M. Kraiem 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.

Barrera, A. (2006). Control de Alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Perciformes: Cichlidae) Usando Guapotes Lagunero (*Parachromis dovii*) (Perciforme: Cichlidae) en los Estanques de la Universidad Earth. Tesis de Licenciatura. Universidad Earth. Costa Rica. 65 p.

Barrientos M. R.C. Y S.M. Peralta. (2004). La prueba de Kruskal-Wallis como herramienta para evaluar las diferencias en la distribución de tallas de las poblaciones de peces. Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán, No. 228. 47-49 p.

Beltrán-Álvarez, R., J. Sánchez-Palacios Y L. G Valdés. (2010). Edad y crecimiento de la mojarra *Oreochromis aureus* (Pisces: Cichlidae) en la Presa Sanalona, Sinaloa, México. Revista de Biología Tropical. 58 (1): 325-338.

Ben, S.C. Y.S. Shi. (1996). Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus*. Aquaculture, 143: 185-195.

Brett, J.R. (1979). Environmental Factors and Growth: 599-675. En: Hoar, W.S., D.J. Randall y J. R. Brett (Ed). "Fish Physiology". Vol. VIII. Academic Press, New York.

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. 66 p.

- Camargo, S.A.A. y S.D.S. Cruz. (2013). Reproducción y Crecimiento de *Oreochromis niloticus* mediante un cultivo intensivo en la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza, UNAM, México. 63 p
- Cervantes, S.A. (1984). Manual de técnicas básicas para el análisis de ambientes acuáticos. Departamento de Biología sección de Limnología y contaminación. UNAM. 172p.
- Castro, R.R., de la P.J.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 la Cañada, Oaxaca, México. [En línea] Revista Aquatic núm. 20. [consultado: 15 enero 2014] Disponible en: http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/20_05.pdf
- Cerdá, M.J., Pérez, I.L., Zaragoza, L. y Fernández, C.J. (1998). Crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*, L.) con piensos extrusionados de diferente nivel proteico. Arch. Zootec. 47: 11-20. 1998.
- 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.
- C.I.E.C.C.A. (1982). Manual del Curso de Análisis de Aguas y Aguas de Desecho. 3ª ed. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. Subdirección de Área de Investigación y Entrenamiento. México. 1-469 p.
- 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.
- Contreras, E.F. 1984. Manual de Técnicas Hidrobiológicas. U.A.M. Iztapalapa. México. 1-149 p.
- Dagne, A., F. Degefu y A. Lakew. (2013). Comparative growth performance of mono-sex and mixed-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) in pond culture system at Sebeta, Ethiopian. International Journal of Aquaculture Vol.3, No.7: 30-34.
- Dan, N.C. y D.C. Little. (2000). The culture performance of monosex and mixed-sex new-season and over wintered fry in three strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in northern Vietnam. Aquaculture 184: 221-231.
- Diana, J.S., 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: 323-342.

Diana, J.S., D.J. Dettweiler Y C. Kwei Lin. (1991). Effect of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) on the Ecosystem of Aquaculture Ponds, and its Significance to the Trophic Cascade Hypothesis. Canadian Journal Fish of Aquatic Science 48: 183 - 190.

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.

Digby, P.G.N., y R.A. Kempton. (1991). Multivariate Analysis of Ecological Communities. Chapman and Hall London, Great Britan.

Ehrhardt, N.M. (1981). Curso Sobre Métodos en Dinámica de Poblaciones. FAO-INP. México. 133 p.

El-Saidy, D.M.S.D. y M.M.A. Gaber. (2005). 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: 163-171.

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.

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 N°2: 1018-1023.

Flores, M.O. (1994). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM, México, 56 p.

Gallardo-Cabello, M. (1986). Análisis de las Frecuencias de Tallas por Medio de los Métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya, para la Determinación de la Edad de la Brótola *Philycus Blennoides* (Brunnich 1768) en el Mediterráneo Occidental (Pisces Gadidae). An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México, 13 (2): 187-196.

Garcia, E. (1973). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köeppen. 2ª edición. Instituto de Geografía. U.N.A.M. México. p 103.

García, A.G. (2006). Histología y biología reproductiva de tilapia en el Estado de Morelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México, D.F. 139 p.

Garduño L.M., R.R. Acosta, V.A. Ramos, D.B. Fernández y C.G. Muñoz. (1998). Engorda del langostino Malaico y Pargo Cerezo o tilapia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México. 70 p.

- Garrido, A. O. (2005). Crecimiento de *Oreochromis aureus* bajo las condiciones de la ciudad de México. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza. UNAM, México. 59 p.
- Getachew, T. (1993). The Composition and Nutritional Status of the Diet of *Oreochromis niloticus* in Lake Chamo, Ethiopia. *Journal of Fish Biology*. 42: 865-874.
- 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-Márquez. J.L. A.R.M. Castillo, G.M.A Fabila y D.V.a Zamora. (1993). Reproducción de la tilapia en la Laguna "El Rodeo", Estado de Morelos, México. *Revista Tópicos de Investigación y Posgrado* 1: 16-22.
- Gómez, M.J.L. (1994). Manual para la Determinación de la Edad y el Crecimiento en Peces. E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M. México. 89 p.
- Gómez, M.J.L. (2002). Estudio limnológico pesquero del lago Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. 181 p.
- Gómez-Márquez, J.L., B. Peña-Mendoza, H.I. Salgado-Hugarte y J.L. Arredondo-Figueroa. (2008). Age and growth of tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) from a tropical Shallow lake in Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 56: 576-884.
- Gómez-Ponce, M.A., K. Granados-Flores, C. Padilla, M. López-Hernández y G. Núñez-Nogueira. (2011). Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la represa "Zimapán" Hidalgo, México. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 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 p.
- Green, B.W., R.P. Phelps, y H.R. Alvarenga. (1989). The Effect of Manures and Chemical Fertilizers on the Production of *Oreochromis niloticus* in Earthen Ponds. *Aquaculture*. 76: 37 - 42.
- Green, B.W., D.R. Teichert-Coddington y R.P. Phelps. (1990). Response of Tilapia Yield and Economics to Varying Rates of Organic Fertilization and Season in two Central American Countries. *Aquaculture*. 90: 279-290.
- Grover, J.J. (1989). Food Habits of Red Tilapia Fry in Manured Seawater Pools in the Bahamas. *The Progressive Fish Culturist*. 51: 152-156.
- Gulland, J.A. (1971). Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Editorial Acribia, Zaragoza. 193 p.

- Hepher, B. y Y. Prugini. (1985). Cultivo de peces comerciales. Ed Limusa, México. 316 p.
- Hernández, B.S. y F.J.C. Benítez. (1988). Taller de Actualización. Las Hormonas en la Producción Piscícola. E.N.E.P. Iztacala, U.N.A.M. 109 p.
- 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. 115 p.
- Hoff, F.M., McNabb, C.D. (1989). Effects of Nutrient Availability on Primary Productivity and Fish Production in Fertilized Tropical Ponds. *Aquaculture*, 78: 303-319.
- Ibrahim, N. y G.E Naggar. (2010). Water quality, fish production and economics of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, and catfish, *Clarias gariepinus*, monoculture and policultures. *Journal of the World Aquaculture Society* 41(4): 574-582.
- INEGI. (1986). Carta Topográfica del Distrito Federal; E14 A39. 2ª impresión. México.
- INEGI. (1989). Guías para la Interpretación de Cartografía. Uso de Suelo. México. 48 p.
- Jaramillo, S. G. Y Sánchez, V. A. (1991). Evaluación del Crecimiento de la Carpa Barrigona (*Cyprinus carpio rubrofuscus*) y Tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum*) Bajo Condiciones de Policultivo en el Bordo de Temporal " Chavarría " en el Mpio. de Coatlán, Edo. de Morelos. De Junio de 1989 a Enero de 1990. Tesis U.N.A.M., E.N.E.P. Zaragoza. 87 p.
- Jiménez-Badillo, L. (2004). Application of holistic and analytical models for the management of tilapia fisheries in reservoirs. *Hidrobiológica*, 14 (1): 61-68.
- Jiménez, B.M.L. (2006). Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) in the Infiernillo Reservoir, México and reproductive behavior. *Rev. Biol. Trop.* 54 (2): 557-588.
- Juárez, R.I.M. (1980). Organización de la Población Pesquera en el Desarrollo de Programas de Extensionismo, 1978, Oaxaca México. 2º Simposio Latinoamericano de Acuacultura. Departamento de Pesca. México. Tomo IV. 3219-3243.
- King M. (1995). Fisheries biology assessment and management. Ed. Fishing News Books. USA. 331 p.
- Kolding, J., L. Haugy y P. Stefansson. (2008). Effect of ambient oxygen in growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 65, (7): 1413-1424.
- Kuri-Nivón, E. (1979). Determinación del Factor de Condición Múltiple (KM). *Manuales Técnicos de Acuacultura, Departamento de Pesca, México*, 1(1): 12-20.

- Kuri-Nivón, E. (1979). Instructivo para la Determinación del Factor de Conversión de Alimento (F.C.A.). Manuales Técnicos de Acuicultura, Departamento de Pesca. México, 1 (1): 23-34.
- Kuri, N.E. (1991). Consideraciones Generales del Proceso de Alimentación Enfocadas al Empleo de Alimentos Balanceados en Acuicultura Intensiva. Hidrobiología Vol. 1 (1). U.A.M. México. 56 p.
- Laevastu, T. y M.L. Hayes. (1985). Fisheries Oceanography and Ecology. Fishing News Book. Ltd. USA. 5-9 p. (216 p)
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller y M. Passino. (1984). Ictiología. AGT Editor, S.A. México, D.F. 506 p.
- 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 N°36: 1535-1543.
- Lu, J. y T. Takeuchi. (2004). 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.
- Margalef, R. (1983). Limnología. Omega, S.A. Barcelona, 1001 p.
- Márques de Cantu, M.J. (1991). Probabilidad y Estadística Para Ciencias Químico-Biológicas. McGraw-Hill Interamericana de México, S.A. de C.V. México. 657 p.
- Martínez, A.F.A. (2008). Parámetros Importantes a Controlar en un Sistema de Cultivo de Peces. UNIVERSIDAD DEL VALLE, TECNOLOGIA EN CONSERVACION Y MANEJO DE SUELOS, CURSO DE GRANJAS INTEGRALES. Santiago de Cali. Colombia. 43 p.
- Mistakidis, M. (1980). Mesa Redonda Sobre Marco Administrativo para la Acuicultura. 2º Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Departamento de Pesca. México. tomo IV. 2587 - 2591.
- Morales, D.A. (1988). Manual Técnico para el Cultivo de la Tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaria de Pesca. SEPESCA. México. 202 p.
- Meyer, D.E. (1999). La calidad del agua. Manual de Introducción a la Acuicultura. Zamorano, Honduras. 128 p.

- Ming Liu K. y Y.B.C. William (1992). Bioenergetic modeling of effects of fertilization, stocking density, and spawning of growth of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* (L). *Aquaculture and Fisheries Management* 23: 298-301.
- Morales, D.A. (1991). La Tilapia en México, Biología, Cultivo y Pesquerías. A.G.T. Editor, S. A. México. pp. 190 p.
- Moyle, B. P. y Cech J.J. (2000). *Fishes: An introduction to Ichthyology*. Fourth edition, Prentice Hall, 612 p.
- Navarrete-Salgado, N.A., G. Elías Fernández, G. Contreras Rivero y M. Rojas Bustamante. (2000). "Policultivo y tilapia en bordos rurales del Estado de México". *Hidrobiológica*, Vol. 10, No. 1:35-40.
- Needham, J.G. y P.R. Needham (1978). *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. Reverté, S.A., 131 p.
- Nikolsky, G.V. (1963). *The ecology of fishes*. Academic Press, London. 352 p.
- Ortega, M.M. (1984). *Catálogo de Algas Continentales Recientes de México*. U.N.A.M. México. 562 p.
- Ortega, M. M., J. L. Godínez, G. Garduño y M. G. Oliva. (1995). *Ficología de México: Algas continentales*. Primera Edición. Editorial AGT Editor S. A. México. D.F. 221 p.
- Odum, E.P. (1981). *Ecología*. 3ª ed. Ed. Interamericana. México. 639 p.
- Pandian T.J. y S.G. Sheela. (1995). Hormonal induction of sex reversal in fish, *Aquaculture*, 138:1-22.
- Pauly, D., (1984). *Fish Populations Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programable Calculators*. International Center for Living Aquatic Resources Management. Manila Philippines. 2-223 p.
- Peña-Mendoza B. y Gómez-Márquez J.L. (1977). Variación del fitoplancton en estanques de concreto, utilizado como alimento para especies en experimentación. *Tópicos de Investigación y Posgrado N°3*: 139-143.
- Peña-Mendoza, B., J.L. Gómez-Márquez, I.H. Salgado-Ugarte y D. Ramírez-Noguera, (2005). Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata dam, Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.* 53(3-4): 515-522.
- Pena-Mendoza B.; J.L. Gómez-Márquez y G. García-Alberto. (2011). Ciclo reproductor e histología de las gónadas de tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia Pesquera*. Vol. 19(2): 23-36.

- Quiroz-Castelán, H., I. Molina-Astudillo, J. García-Rodríguez y M. Díaz-Vargas, (2005b). Variación de componentes fitoplanctónicos en un bordo temporal utilizado para acuicultura extensiva en el Norte del Estado de Guerrero, México. *Revista Electrónica de Veterinaria*, Vol. VII, No. 11.
- Rabinovich, J.E. (1980). *Introducción a la ecología de poblaciones animales*. CE.C.S.A. México: 105-106.
- Reynolds, C.S. (1984). *The ecology of freshwater phytoplankton*. Cambridge University Press. 384 p.
- Reynolds, C.S. (2006). *The ecology of phytoplankton*. Cambridge University Press. New York. 535 p.
- Ricker, W.E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations Department of fisheries and marine service. *Bulletin of Fisheries Research Board of Canada* 191: 382 p.
- Romero, R.J.A. (1999). *Calidad del agua*. Ed. AlfaOmega. México, D.F. 273 p.
- Ros Joandomenec. 1979. *Prácticas de Ecología*. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. pp 67 y 68.
- Salgado, U.I.H. (1992). *El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamentos y aplicaciones*. Mark ediciones y UNAM. 243 p.
- Salgado-Ugarte, I.H., J.L. Gómez-Márquez y B. Pena-Mendoza. (2005). *Métodos actualizados para Análisis de Datos Biológico-Pesqueros*. FES Zaragoza, UNAM, México, 240 p.
- Saucedo, P.D. (2008). *Cultivo de machos de Oreochromis niloticus*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. UNAM. México. 60 p.
- Schowerberl, J. (1987). *Métodos de Hidrobiología*. Ed. Blume. España, 356 p.
- SEPESCA. (1982). *Manual Técnico para el Cultivo de la Tilapia*. México. 93 p.
- SEPESCA. (1986). *Piscicultura de agua dulce. Manual-recetario*. Secretaría de Pesca, INP. México. 461 p.
- SEPESCA. (1993). *Estadísticas Básicas Pesqueras, 1992. Cifras Preliminares (Documento Interno)*. Dirección General de Informática y Registro Pesquero Secretaria de Pesca. México. 126 p.

- Siddiqui, A.Q., M.S. Howlader y A.B. Adam. (1998). Culture of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*(L.), at three stocking densities in outdoor concrete tanks, using drainage water. *Aquaculture and Fisheries Management* 20: 49-57.
- Soderberg, W.R. (1990). Temperature effects on the growth of blue tilapia in intensive Aquaculture. *The Progressive Fish-Culturist* 52: 155-157.
- Sokal, R.R. y F.J. Rolfh. (1979). *Biometría, principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. Blume Ediciones, Madrid. 832 p.
- 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.
- Taiginades, E.P. (1978). "Wastes are Resouces out of place. *Agricultural Waste* 1: 1-9.
- Tenorio-Colín, G. (2003). Caracterización isoenzimática de *Oreochromis niloticus* y *O. mossambicus* introducidas en México. *Rev. Ciencia y Mar. México*. Vol. 7 (19): 11-24.
- 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. 80 p.
- Trewavas, E. (1983). Generic Groupings of Tilapiini in used in Aquaculture. *Netherlands. Aquaculture* 27: 72-81.
- 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., T. Zi-Qiang, Y. Jiang-Tao Y L. Wei-fen. (2008). Effect of probiotics, *Enterococcus faecium*, on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. *Aquaculture*, 277: 203-207.
- Wetzel, G.R. (1981). "Limnología". Primera Edición. Editorial Ediciones Omega. Barcelona España: 679 p.
- Wetzel, R.G. (2001). *Limnología, Ecología de lagos y ríos*. Tercera edición. Ed Academic Press. EUA. 1006 p.
- Wedemeyer, G.A. (1996). *Physiology of fish in intensive culture systems*. Chapman y Hall, U.S.A, 232 p.

Wong, R.M. (1980). Apreciaciones Generales Sobre los Resultados del 2º Simposio de la Asociación Latino Americano de Acuicultura. 2º Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Departamento de Pesca. México. tomo IV. : 3247 - 3261.

Wootton, R.J. (1990). Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Series 1: 117-158.

Xie, S., K. Zheng, J. Chen, X. Zhu y Y. Yang. (2011). Effect of water temperature on energy budget of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Nutrition, 17: 683-690.

Zweig, R.D. (1989). Envolving Water Quality in a Common Carp and Blue Tilapia High Production Pond. Hidrobiologia 171: 11-21.

<http://www.algaebase.org/search/genus/>