



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**Crecimiento de *Oreochromis aureus* Bajo  
las condiciones de la Ciudad de México**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**B I Ó L O G O**

P R E S E N T A

**GARRIDO ACOSTA OSVALDO**

DIRECTOR DE TESIS: DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA



México, D. F.

Noviembre, 2005.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*“El porvenir de un hombre no esta en las estrellas, sino en la  
voluntad y en el dominio de sí mismo”*

*William Shakespeare, 1564-1616.*

## *Dedicatoria.*

*A mi madre, Rosalba Acosta G. y hermano, Leonardo Garrido A. por el amor y apoyo incondicional a lo largo de mi formación, no solo profesional, sino también personal, a mis abuelos y tíos por su constante interés en nuestras vidas, y a Andrea Hernandez H. por estar conmigo y apoyarme en todo momento.*

*A mi tía abuela Ignacia Acosta († 27 de nov. de 2004), por el amor y apoyo brindado por tantos años, y quererme como a un hijo.*

*Al Lic. Juan M. Medina V., Concepción Huerta, Raúl Osorio, Hernando Magallanes, Luis A. Villanueva, Diana E. V. T, Alondra P. M, por el apoyo y amistad brindados.*

*A Leonardo Garrido González, por su amistad brindada.*

## *Agradecimientos.*

*En primer lugar a la UNAM por la educación brindada a lo largo del bachillerato y de la carrera profesional, a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por ser la instancia de la UNAM que me abrió las puertas y muy particularmente a la Carrera de Biología de esta facultad, por el esmero y dedicación que empeñan en la formación de cada uno de sus estudiantes.*

*Al Centro de Producción Zacatepec, en el Estado de Morelos por la donación de las crías para la realización de este trabajo.*

*Al Dr. José Luis Gómez Márquez y a la Dra. Bertha Peña Mendoza por la dirección del presente trabajo, y por todo el apoyo brindado durante mi estancia en el Laboratorio de Limnología de la Facultad. Así también deseo reconocer su labor como docentes, por la gran dedicación a la formación académico-profesional de cada uno de sus alumnos.*

*A los revisores y sinodales del presente trabajo, que sin su valiosa colaboración en la revisión del escrito final no hubiese sido posible la conclusión del mismo.*

*A todos los profesores con quienes tuve el privilegio de cursar alguna asignatura y se esmeraron en transmitirme parte de sus conocimientos.*

*Y a los miembros de la Jefatura de Carrera de Biología de la Facultad, y muy especialmente a la Jefa de Carrera, la Biól. Maricela Arteaga, y al Coordinador del Ciclo Básico, el Biól. Joel Romero, por todo el empeño y dedicación que ponen en la formación académica, profesional y personal de cada uno de sus alumnos, no queda más que reconocer su labor diaria y agradecer nuevamente todo lo que me han brindado a lo largo de todos estos años.*

# ÍNDICE

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	<b>i</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>4</b>
<b>DIAGNOSIS DE LA ESPECIE</b>	<b>9</b>
<b>ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>12</b>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<b>13</b>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>14</b>
<b>OBJETIVOS PARTICULARES</b>	<b>14</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
<b>RESULTADOS</b>	
Relación Longitud total - Longitud patrón	<b>25</b>
Peso total	<b>28</b>
Relación peso total-longitud patrón (Pt-Lp)	<b>30</b>
Factor de condición de Fulton (K)	<b>32</b>
Factor de condición múltiple (KM)	<b>33</b>
Tipo de crecimiento.	<b>35</b>
Tasa de crecimiento instantáneo (G)	<b>36</b>
Incremento diario en Pt y Lp según Ricker (1968)	<b>37</b>
Mortandad y rendimiento promedio calculado	<b>38</b>
Fitoplancton	<b>38</b>
Condiciones Físico-Químicas del agua del estanque	<b>44</b>

<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>48</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>55</b>

## RESUMEN

En el presente trabajo se determinó el crecimiento de *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), en condiciones ambientales de la Ciudad de México (2 200 msnm), el cultivo se realizó en la Unidad Experimental de Producción Acuícola Zaragoza, en la FES zaragoza, UNAM, ubicada al Oriente de la Ciudad, en un estanque de concreto de 50 m<sup>2</sup>, con tres divisiones y 0.5 m de profundidad, fertilizado al inicio del cultivo con superfosfato triple y urea a razón de 20 Kg./ha y 62 Kg./ha respectivamente. El cultivo se realizó con densidad de 6 organismos/m<sup>2</sup>, más un excedente del 10%, el periodo de cultivo fue de junio de 2004 a junio de 2005. No se presentaron diferencias estadísticas significativas en el crecimiento de los organismos entre las divisiones (ANADEVA,  $p < 0.05$ ), el peso total promedio ( $Pt$ ) de introducción fue de 3.4 g y a la cosecha de 29.5 g, con organismos que obtuvieron los 65 g. La longitud patrón ( $Lp$ ) promedio a su introducción fue de 46 mm y en la cosecha de 94 mm con organismos que lograron 125 mm. En la relación  $Pt$ - $Lp$  la pendiente de la regresión lineal realizada fue de 2.92, por lo que el crecimiento fue de tipo alométrico negativo ( $p < 0.001$ ). El incremento diario promedio en  $Pt$  fue de 0.079 g/día, y en  $Lp$  de 0.141 mm/día.

El fitoplancton presentó densidades de 50 a 300 millones de cél/l con dominancia de la división Chlorophyta (98.62%) y las especies representativas fueron *Chlorella* sp., *Cosmarium* sp., y *Crucigenia quadrata*; la división Cyanophyta (1.29%) con los géneros *Microcystis* sp., *Anabaenopsis* sp., y *Oscillatoria* sp. y la división Chromophyta (0.09%) con los géneros *Fragilaria* sp. y *Navicula* sp.

La temperatura del agua del estanque varió de 12.2 hasta 29.0° C, la visibilidad al disco de Secchi osciló entre 0.13 a 0.41 m, la conductividad al inicio fue de 754  $\mu$ S y se mantuvo en aumento hasta 1738  $\mu$ S al final del cultivo, el pH fluctuó de 9.50 a 10.54, la dureza registró valores de 14.5 hasta 72.1 mg/l y la alcalinidad de 71.1 hasta 327 mg/l.

## INTRODUCCIÓN

La tilapia o mojarra africana es una especie de agua dulce de distribución natural en el continente Africano. Tolera temperaturas que oscilan entre los 10°C hasta los 40°C y salinidades de hasta 40 ppm sin presentar problemas para su cultivo, aunque sí de fecundidad debido a la presión osmótica ejercida sobre los huevecillos. Su baja demanda de oxígeno de hasta 0.5 mg/l le permite encontrarse en altitudes elevadas sin la implementación de sistemas de aireación, tal como sucedió en el cultivo con híbridos de *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* a altitud de 2 446 msnm en estanques rústicos de 2 000 m<sup>2</sup> y 3 000 m<sup>2</sup> (Hernández, 2002).

El cultivo de la tilapia en México se inició el 10 de julio de 1964, con la importación de ejemplares procedentes de Alabama, USA. Los organismos se confinaron en el Centro de Acuicultura de Temascal en Oaxaca (Morales, 1991). Las especies introducidas fueron *Tilapia rendalli*, *T. mossambicus* (= *Oreochromis mosambicus*) y *T. aureus* (= *O. aureus*) (Arredondo-Figueroa, 1983). Estas especies fueron distribuidas ampliamente en una gran cantidad de cuerpos de agua naturales y artificiales en las zonas tropicales, semitropicales y templadas del país. En 1978, se importaron de Panamá crías de *O. niloticus* y en 1981 las primeras crías de *O. hornorum* y de una línea albina de *O. mossambicus* (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). La última introducción fue efectuada en 1985 cuando el Instituto de Acuicultura de la Universidad de Stirling en Escocia, donó 500 ejemplares de una línea pura de *O. niloticus* (Ceballos y Velásquez, 1988; FAO, 1993).

México y Cuba son considerados como los principales productores de tilapia en el mundo. Las tendencias de producción de tilapia en América incluyen la intensificación de cultivos en ciudades; se estima que el 50% de la tilapia se obtendrá de la práctica de su cultivo en estanques, el 25% de jaulas y un 10% en sistemas de recirculación. El rendimiento estimado de tilapia para América en el

año 2010 y 2020 es de 500,000 y 1,000,000 de millones de toneladas respectivamente (Fitzsimmons, 2001).

La pesquería representa para México, no solo una fuente de bienestar social por la actividad económica que en algunas regiones del país se desempeña en torno a esta actividad, sino también por los recursos económicos que la práctica de ésta genera como divisas para el país. Para el año 2000 como producto de la exportación de 197,000 toneladas de productos pesqueros ingresaron al país 707 millones de dólares, si bien en ese mismo año se importaron 42,000 toneladas, esto representó un gasto de 161 millones de dólares, lo que colocó a México para ese año con un balance positivo, producto de dicha actividad de 546 millones de dólares (SAGARPA, 2000; SAGARPA, 2001).

Es muy común hablar de gran riqueza de recursos hídricos de nuestro país y del aprovechamiento que debiera hacerse de ellos, fundamentalmente para la producción de alimentos. Esta abundancia es real, sin embargo, no se encuentra distribuida equitativamente en el territorio nacional y no se hace una adecuada planificación de su uso, razón por la cual existen conflictos al respecto. De 1964 a 1989 el impulso que tuvo la práctica de cultivo de peces y en especial el de tilapia fue considerable (Olmos y Tejeda 1990).

En general todos los cuerpos de agua del país poseen organismos acuáticos susceptibles de ser explotados, pero ninguno está dedicado prioritaria, ni exclusivamente a la acuicultura o a las actividades de producción pesquera que se ha derivado de esta biotecnología, todos ellos tienen además de éste, otros usos, la cantidad y calidad de agua esta condicionada a estos (Olmos, 1988).

El cultivo de tilapia desde su introducción hasta 1996 presentó grandes avances; sin embargo, a partir de 1997 la producción de esta ha disminuido de 90,000 a 70,000 toneladas (SAGARPA, 2000; SAGARPA, 2001).

Para 2002 la producción pesquera de México por pesca y acuicultura fue de 1,554 452 toneladas, de esas 187 485 toneladas fueron producto de la acuicultura de las cuales el 35.11% (65,826 toneladas) correspondieron a la producción de tilapia, (SAGARPA, 2002), por lo tanto la producción de tilapia (por acuicultura) representó en ese año el 4.23% de la producción pesquera nacional y el 35% de la producción acuícola de agua dulce.

La producción pesquera es de seguridad nacional para muchos países, pues además de proporcionar proteínas de elevado valor nutrimental, es una fuente de divisas y por ello es importante mantener una producción que cumpla con la demanda del producto (FAO, 1993; Pérez, 1999). Para el caso particular de México, desde el punto de vista de producción la tilapia se ha vuelto el producto pesquero de mayor importancia, pues aunque su producción ha disminuido con respecto a la década de los 90's, en la actualidad es de la que mayor rendimiento se obtiene con una producción alrededor de las 75,000 ton/año, de las cuales cerca del 90% proviene de la acuicultura (SAGARPA, 2001; SAGARPA, 2002).

Las tendencias de producción de tilapia en América incluyen la intensificación de cultivos en zonas urbanas y conurbanas (Fitzsimmons, 2001), por lo cual el estudiar el crecimiento de esta especie (dada su alta capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales) en estanques de concreto permitirán implementar el cultivo de esta de manera exitosa.

## ANTECEDENTES

La acuicultura en México se remonta a la época prehispánica con culturas como la Zapoteca y la Azteca, entre otras posibles, pero no es hasta 1884 que Esteban Cházari publica el primer tratado de piscicultura intitulado “Piscicultura en agua dulce” (Anónimo, 1985).

El Gobierno de México promovió la acuicultura a partir de la formación de centros acuícolas en algunos estados de la República con el fin de cultivar diversas especies y sembrar las crías en presas, cuerpos de agua temporales y lagos. Gracias a este esfuerzo, actualmente en numerosas presas del país se tienen importantes pesquerías de especies tales como la tilapia, carpas, lobina, mojarra de agallas azules, bagre etc., que implican fuentes de trabajo a numerosos pescadores y alimentación a pobladores que no tenían acceso a productos de alto contenido de proteínas derivados del pescado (FAO, 1993).

Una de las especies más importante para la práctica de la hibridación es *O. aureus* por su alta capacidad de adaptación a diversos medios, la cual se corrobora con su presencia en los embalses más importantes del país (Ceballos y Velázquez, 1988).

En el mundo se han realizado diversos trabajos acerca del cultivo de tilapia, entre los cuales destacan los siguientes:

En un estudio realizado sobre selección de alimento de *O. aureus* en el Lago George, en Florida, USA, se mostró que esta especie en estado de alevín se alimenta de copépodos y cladóceros, pero que su dieta se basa en un 90% de fitoplancton y detritus (Zale y Gregory, 1990).

Abdel-Baky y El-Serafy (1990), mencionan que el crecimiento para *O. aureus* en el Lago Manzalah, Sudáfrica, se explica adecuadamente por el modelo de von Bertalanffy.

En un trabajo realizado en la Universidad de Mansfield Pensilvania, USA, en contenedores de 1.9 X 0.2 x 0.2 m con recirculación de agua (4 L/min) y densidad de 46 peces, alimentados dos veces por día con alimento para salmón (48% de proteína) obtuvieron que el incremento diario de longitud patrón ( $L_p$ ) de *Oreochromis aureus* a temperaturas de 20 a 30°C puede predecirse con la siguiente ecuación:  $L_p=0.048T^{0.853}$  (Soderberg, 1990).

En policultivos de tilapia azul (*Oreochromis aureus*) con densidad de 2500 y 7500 peces/ha con mezcla de sexos (1 macho: 4 hembras) y pez gato (*Ictalurus spp.*) en densidad de 10,000 peces/ha, realizados en Alabama, USA., con peso promedio de introducción de 0.5 g obtuvieron a la conclusión del cultivo (167 días) pesos promedio de 0.45 Kg. para el pez gato mientras que para *O. aureus* en el cultivo con densidad de 2500/ha alcanzaron peso promedio de 0.33 Kg con supervivencia para *O. aureus* de 50 a 90% (Morrison *et al.*, 1995).

En un estudio comparativo realizado en la región de Cucurova, Turquía, donde se comparó el crecimiento de *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* y del híbrido *O. aureus X O. niloticus*, en estanques de concreto durante 120 días y en condiciones subtropicales, estos alcanzaron pesos de 90.62 g, 105.34 g y 135.5 g respectivamente (Dikel, 2001).

Alamilla (2002) señala que el mayor de crecimiento en *Tilapia spp* se obtiene en machos de 6 a 8 meses, en cultivos a pH de 6.5 a 7.5 y temperatura del agua próxima a los 30°C, el crecimiento en longitud patrón es de 18 a 25 cm, con peso de 150 a 250 g. Por otra parte, cuando la temperatura y el pH se encuentran fuera del intervalo adecuado actúan como inhibidores del crecimiento.

De cinco especies de tilapia de medios naturales en Egipto y zonas aledañas (Alexandria, región norte del Nilo, etc.), fueron introducidos alevines de cada especie azarosamente en estanques rústicos de 1000 m<sup>2</sup> y densidades de 2 alevines/m<sup>2</sup> (20,000 alevines/ha). El cultivo duro 19 semanas y fueron alimentadas cada hora a saciedad, las temperaturas registradas durante las primeras 17 semanas oscilaron entre 20 y 32.7° C y las dos últimas semanas de 15.9 hasta 20°C. De las cinco especies introducidas, *Oreochromis aureus* fue la que mayor incremento en peso obtuvo al final del estudio, éste fue de 0.21g en su introducción, a 70.9 g para machos y 56.1 g para hembras, seguida de *O. niloticus* de la región de Maryout y de *O. niloticus* de la región de Abbassa (Rezk *et al.*, 2002).

Ulloa y Verreth (2003) realizaron un estudio en peceras de 30 X 50 X 30 cm, en las cuales introdujeron 12 peces (*Oreochromis aureus*) con peso promedio inicial de 5.4 g por pecera. Fueron alimentados a saciedad tres veces al día (9:00, 13:00 y 17:00 hrs.) durante 8 semanas, en la preparación del alimento suministrado emplearon 130 g/Kg. de pulpa de café, al final del estudio el peso promedio por pez fue de 29.4 g.

Little y Edwards (2004) llevaron a cabo un estudio en el Instituto Asiático de Tecnología en Pathum Thani, Tailandia, en 16 estanques de 200 m<sup>2</sup> cada uno con densidad de 3 peces/m<sup>2</sup> de *Oreochromis aureus*, realizaron 2 tipos de cultivo, monosexado (machos) y con ambos sexos, con dos tipos de fertilización: orgánica (estiércol seco de vaca y búfalo) a razón de 50 Kg/ha/día y química (urea y superfosfato triple) a razón de 3 y 0.3 kg/ha respectivamente. En los estanques fertilizados orgánicamente en ambos cultivos (machos y con mezcla de sexos) los peces alcanzaron tallas de entre 5 y 15 cm de longitud total y el rendimiento promedio no sobrepasó los 10 Kg/estanque (500 Kg./ha/5meses). En el tratamiento con fertilización inorgánica se obtuvo una proporción mayor de tallas comprendidas entre 15 y 20 cm de longitud patrón, con rendimiento promedio en ambos casos de 40 Kg/estanque (2 ton/ha/5 meses) por estanque.

Cevallos y Velázquez (1988), reportan que el número de alevines y crías producidos anualmente de *O. aureus* en México superan sustancialmente la producción de alevines y crías de cualquier otra especie en el país.

En cultivos de *O. niloticus* realizados en estanques de concreto de 50 m<sup>2</sup> en la Ciudad de México, con densidad de 6 peces/m<sup>2</sup> con fertilización orgánica (estiércol de vaca) y química (urea y superfosfato triple), se obtuvo mayor rendimiento en aquellos fertilizados orgánicamente y los parámetros que influyeron en el crecimiento fueron la temperatura y la concentración de oxígeno. En dicho cultivo el crecimiento fue alométrico negativo con mayor ganancia en longitud que en peso, con longitud máxima calculada de 175 mm y producción final de 2.1 ton/ha/8meses (Flores, 1994).

Esquivias (1998), realizó un cultivo con duración de siete meses en el estado de Morelos con *O. mossambicus* (variedades roja y rayada) en estanques de concreto con volumen de 6.7 m<sup>3</sup>, con 14.8 m<sup>2</sup> en superficie y 6.7 m<sup>2</sup> de área basal, con densidad de 7 peces/m<sup>2</sup>. Los estanques fueron fertilizados orgánicamente (estiércol de vaca) a razón de 1.5 Kg/estanque, para la variedad roja se obtuvo las siguientes ecuaciones:  $P_t = (17.7 \{1 - \exp[-0.5476(t+0.8376)]\})^{2.90638}$ ,  $L_t = 8.0 \{1 - \exp[0.5476(t+0.8376)]\}$ ; y para la variedad rayada  $P_t = (22.1 \{1 - \exp[-0.8977(t-0.1535)]\})^{2.4776}$ ,  $L_t = 8.69 \{1 - \exp[-0.8977(t-0.1535)]\}$ .

Por su parte Bernal (1999), realizó un estudio con *O. niloticus*, en la Ciudad de México en 2 estanques de concreto con tres divisiones cada uno, uno fertilizado con 2 ton/ha de estiércol de vaca (orgánico) y el otro con urea y triple 17 (químico) a razón de 20 Kg/ha y 62 Kg/ha respectivamente por semana, ambos estanques con densidad de 6 organismos/m<sup>2</sup>. En la división 1 de ambos estanques, se reportó crecimiento alométrico negativo, al presentar mayor ganancia en longitud que en peso, mientras que en las otras dos divisiones de cada estanque se registró crecimiento alométrico positivo, esto es, mayor crecimiento en peso. En el estanque fertilizado con estiércol de vaca se obtuvo una ganancia promedio de

0.020 g/día y 0.0067 cm/día, mientras que el estanque tratado con y urea y triple 17 se registraron valores de 0.024 g/día y 0.008 cm/día.

Hernández (2002), efectuó un cultivo de tilapia híbrida (*O. niloticus* X *O. aureus*) en dos estanques rústicos, uno de 2000 m<sup>2</sup> y el otro de 3000 m<sup>2</sup>, ambos ubicados en el Estado de México a 2446 msnm, el cultivo duró 179 días y obtuvo tasa de crecimiento absoluto de 0.38 g/día.

En un estudio realizado con 153 ejemplares de *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), provenientes de la presa el “infiernillo” en Michoacán, México, a los cuales se les realizó un análisis estomacal, obtuvieron que su alimentación se basa principalmente de detritus y residuos de plantas vasculares, y en segundo término consiste de algas unicelulares; ocasionalmente se alimentan de remanentes de insectos y peces, gramíneas acuáticas, algas filamentosas, cladóceros, ostrácodos, rotíferos y copépodos. Su alimentación esta determinada por la abundancia de alimento, y en estado adulto ésta se basa principalmente en detritus (Jiménez-Badillo, y Nepita-Villanueva, 2000).

## DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

Clasificación taxonómica de la especie.

Phylum:	Chordata
Subphylum:	Vertebrata
Superclase:	Osteichthyes
Clase:	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
Infraclase:	Teleostei
Superorden:	Acanthopterygii
Orden:	Perciformes
Suborden:	Labroidei
<b>Familia:</b>	<b>Cichlidae</b>
<b>Género:</b>	<b><i>Oreochromis</i></b>
<b>Especie:</b>	<b><i>Oreochromis aureus</i></b> <b>(Steindachner, 1864).</b>

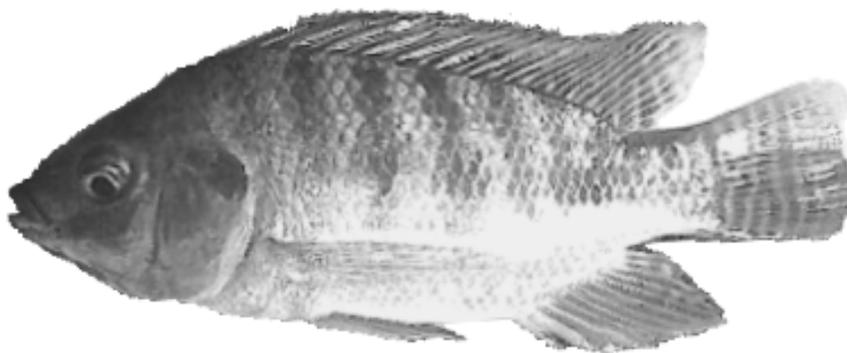


Figura 1. *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864).

*Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), es una especie nativa del Este de África de la parte de Senegal, de nombre local de karchebi, kashabi. Las características que presenta son: El número de vértebras oscilan de 28 a 31, presenta 15 o 16 espinas en la parte dorsal, aunque pueden ser de 14 a 17. La altura usual es de entre 39 a 49 mm, la longitud cefálica varía entre 33 a 37 mm y su proporción con respecto a la longitud patrón (Lp) es de 25.5-31%.

Posee de 3 a 5 líneas de dientes bicúspides en las mandíbulas y en organismos de talla muy grande algunos unicúspides en la parte posterior. Tiene de 18 a 22 braquiespinas en la rama inferior del primer arco. La longitud del hueso faríngeo es del 10 - 13% con respecto a la Lp. Posee de 2 a 3 series horizontales de escamas, con 30 a 33 escamas en la línea lateral; 4-5 entre el dorso y la línea lateral.

Presenta barras grisáceas que suelen ser dispares en organismos con Lp menor a 100 mm. En adultos el color es generalmente dorado-azulado, con barras verticales oscuras que suelen aparecer en ciertos estadios emocionales de los peces, algunos especímenes pueden llegar a presentar una barra lateral oscurecida permanentemente y los machos maduros presentan un contorno rojizo en su aleta caudal. Sus ojos con iris rojizo pueden llegar a estar cruzados por una línea oscura.

*Oreochromis aureus* tolera salinidades superiores a los 10 000 mg de Cl/l, y algunos híbridos de *O. aureus* X *O. niloticus* hasta 20 000 mg de Cl/l.

El intervalo de temperatura a la que puede estar expuesta es muy amplio; sin embargo, para individuos de tallas menores de 100 mm de Lp, la temperatura de 9°C pueden ser letales en ciertas circunstancias, temperaturas más bajas son toleradas por peces de mayores tallas por periodos cortos. Temperaturas de hasta 5°C por periodos prolongados pueden ser causantes de estrés. El periodo reproductivo de manera natural es generalmente entre finales de marzo, abril y

mayo, las temperaturas mínimas requeridas para su reproducción son de 20°C. La incubación se lleva a cabo en la boca y la duración de este periodo depende de la temperatura a la que son sometidos los animales (Trewavas, 1983).

## ÁREA DE ESTUDIO

La Unidad Acuícola Experimental Zaragoza, se encuentra dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza campus II, UNAM, ubicada en la delegación Iztapalapa, zona oriente del Distrito Federal, México, lugar donde se realizó el presente trabajo (Fig. 2).

El clima predominante en esta zona de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1973) es C(Wo) (W) b(i); templado sub-húmedo con lluvias en verano, temperatura mínima de 12°C en enero y máxima de 29°C en junio; con precipitación media anual de 770 mm (INEGI, 1993; García, 1973).



Figura 2. Ubicación de la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza en la FES Zaragoza.

## JUSTIFICACIÓN

Dada la tendencia en la disminución de la producción de tilapia en el país y a que es un producto altamente demandado en el mercado interno, es importante buscar alternativas en su cultivo que permitan obtener mayores rendimientos sin la necesidad de grandes inversiones.

Una de las especies de tilapia que mejor se adapta a la variación de condiciones ambientales es *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), por ello la finalidad de este trabajo es proporcionar datos sobre el cultivo de la especie en condiciones ambientales predominantes en la Ciudad de México en un período anual dentro de la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza, esperando que estos datos puedan servir de algún modo en la toma de decisiones de proyectos a mayor escala, como el que pretende llevar acabo el sector gubernamental del Estado de Morelos, que es el de introducir *O. aureus* en la mayoría de los cuerpos de agua de la entidad, desplazando a *O. niloticus* como especie que venía siendo explotada, esto debido a la baja producción observada en los últimos años de acuerdo a las estadísticas pesqueras del Estado (Arturo Castañeda, com. pers.).

## **OBJETIVO GENERAL**

Analizar el crecimiento de *O. aureus* (Steindachner, 1864) cultivada en estanque de concreto con alimentación suplementaria.

## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Obtener la relación peso-longitud patrón y con base a ésta determinar el factor de condición de Fulton (K) y el factor de condición múltiple (KM).
- Analizar la tasa de crecimiento instantáneo en peso y en longitud patrón.
- Conocer la composición y abundancia del fitoplancton que se presenta en el agua del estanque y analizar su variación temporal.
- Obtener el índice de diversidad del fitoplancton durante el cultivo.
- Analizar la variación de los parámetros físico-químicos del agua en el estanque durante el cultivo y vincular éstos con el crecimiento de los organismos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en tres fases: trabajo *in situ*, laboratorio y gabinete.

El cultivo se llevó a cabo en un estanque de concreto de 10 X 5 X 0.5 m, el cual cuenta con tres divisiones. Este se encaló a razón de 1 ton/ha como medida profiláctica; posteriormente se lavó con agua corriente para retirar el exceso e inmediatamente se inundó a 0.20 m; se fertilizó con superfosfato triple y urea a razón de 20 Kg./ha y 62 Kg./ha respectivamente. Se dejó fermentar 15 días y transcurrido este tiempo se determinó la concentración de oxígeno disuelto y temperatura, de este modo se analizó si las condiciones del agua del estanque eran adecuadas para la introducción de los peces. Posteriormente se procedió a la introducción de los peces a razón de 6 organismos/m<sup>2</sup> más un excedente del 10% por la posible mortandad a la que se encuentra sujeto todo cultivo.

A los peces se les realizó la siguiente biometría: longitud total (Lt), longitud patrón (Lp) y altura con un ictiómetro convencional de 1 mm de precisión y el peso total con una balanza de 0.1 g de precisión. Estos datos fueron registrados en la introducción y posteriormente cada 30 días en promedio.

La alimentación suplementaria consistió en promedio de 10 g por día por división durante cinco días las primeras 35 semanas (correspondiente al 5% de la biomasa), las últimas 14 semanas de 20 g por día por división por cinco días a la semana (correspondiente al 3% de biomasa).

## Trabajo *in situ*.

Cada semana a las 11:00 hrs. se registró:

- La temperatura ambiente con un termómetro de  $\pm 1^\circ$  C de precisión.
- La visibilidad al disco de Secchi.
- Se tomó una muestra de agua a 0.30 m de profundidad, con una botella Van Dorn horizontal de 2 l de capacidad.
- Se obtuvo una muestra de agua en una botella DBO de 300 ml de capacidad, a la que se le determinó la concentración de oxígeno disuelto por el método de Winkler modificado por la azida de sodio (Arredondo, 1986).
- Se tomó una muestra de 1 l de agua en una botella de polietileno. A esta muestra de agua se le determinaron los siguientes parámetros físico-químicos.
  - Temperatura con un termómetro con precisión de  $\pm 1^\circ$  C.
  - pH con potenciómetro marca Coming.
  - Conductividad con un conductímetro marca Conductronic.

Quincenalmente se determinaron los siguientes parámetros químicos, a la misma muestra de agua de 1 l;

- Alcalinidad a la fenoftaleína y al anaranjado de metilo por el método volumétrico (Arredondo, 1986).
- Dureza total y de calcio por el método complejométrico (Arredondo, 1986).

## **Parámetros biológicos.**

- Fitoplancton. Semanalmente se colectó una muestra de 100 ml de agua del estanque a 0.30 m de profundidad en una botella de polietileno y se le adicionó cinco gotas de acetato de lugol para su conservación y tinción de las células.
- Peces. Se tomó una muestra mensual de 30 individuos por división (que fueron devueltos a sus respectivas divisiones), con una red tipo chinchorro de 7 m de largo por 1.5 m de altura y luz de malla de 0.01 m. A cada uno de los organismos se registró la Lt, Lp y altura en cm con un ictiómetro convencional y el peso en g con balanza de 0.1 g de precisión.

## **Fase de Laboratorio.**

De las muestras colectadas de fitoplancton se vertió una alícuota de 1 ml a una cámara de sedimentación, a la cual se le adicionaron 3 gotas de acetato de lugol para su observación al microscopio invertido (método de Uthermöhl) ulterior a las 24 hrs. (Schwoërbel, 1975). Con objetivo de 40X se realizó la determinación de los grupos fitoplanctónicos al nivel taxonómico posible apoyados en las claves propuestas por Edmonson (1959); Needham y Needham (1972) y Ortega (1984).

## **Fase de Gabinete.**

Con los datos obtenidos mensualmente de la biometría de peces se obtuvo:

### **Relación Peso – Longitud.**

El crecimiento de todo ser vivo, se entiende como el incremento de tamaño, ya sea en longitud o en peso con respecto al tiempo, para medir éste se obtuvo la relación Peso total (Pt) – Longitud patrón (Lp) a partir de la siguiente ecuación:

$$Pt = a Lp^b$$

Donde:

$Pt$  = peso total (g)

$Lp$  = Longitud patrón (cm)

$a$  y  $b$  = constantes

Fue necesario realizar una transformación logarítmica y por medio del método de mínimos cuadrados se obtuvieron las constantes  $a$  y  $b$ . A la constante  $b$  se le aplicó la prueba t-Student ( $p < 0.05$ ) para determinar el tipo de crecimiento; si  $b$  es igual a tres el crecimiento es isométrico, con igual crecimiento en  $Lp$  y en peso; si  $b$  es  $< 3$  el crecimiento es alométrico negativo, con mayor crecimiento en  $Lp$ ; y si  $b$  es  $> 3$  el crecimiento es alométrico positivo, con mayor crecimiento en peso.

Mediante la representación gráfica del diagrama de cajas (Salgado-Ugarte, 1992), se muestra el crecimiento en  $Pt$  y  $Lp$  de los organismos a través del tiempo de manera general y por división.

### **Tasa de crecimiento instantáneo.**

La tasa de crecimiento instantáneo es definida como el incremento de peso o longitud en un tiempo determinado, esta se obtuvo de acuerdo a la siguiente ecuación (Hepher, 1993).

$$G = (\ln Y_f - \ln Y_0) / (T_1 - T_0)$$

Donde:

$G$  = Tasa de crecimiento instantáneo

$Y_f$  = Talla o peso promedio final

$Y_0$  = Talla o peso promedio inicial

$T_1$  = Tiempo final

$T_0$  = Tiempo inicial

### **Incremento (IC) en peso y talla (g/día y cm/día).**

Para calcular el IC se empleó la fórmula propuesta por Ricker (1968):

$$IC = (Y_f - Y_i) / (T_f - T_i)$$

Donde:

$IC$  = Incremento en peso o longitud

$Y_i$  = Peso o longitud inicial

$Y_f$  = Peso o longitud final

$T_i$  = Tiempo inicial

$T_f$  = Tiempo final

### **Factor de condición.**

Para valorar el estado de bienestar de los peces se calculó el factor de condición de Fulton ( $K$ ), ya que este guarda relación con la longitud total o patrón del pez con respecto al peso, la variación de éste se analizó mensualmente.

$$K = (P) / (Lp^b) * 100$$

Donde:

$K$  = Factor de condición de Fulton

$P$  = Peso en gramos

$Lp$  = Longitud patrón en centímetros

$b$  = Valor de la pendiente de la relación peso-longitud

### **Factor de Condición Múltiple ( $KM$ ).**

Se calculó el factor de condición múltiple, donde para obtener las constantes  $a$ ,  $b$  y  $c$ , se aplicó una transformación logarítmica a los datos registrados de la biometría tomada a los peces, posteriormente se realizó una regresión múltiple del  $Pt$  contra la  $Lp$  y altura mediante la siguiente expresión (Medina-García, 1980).

$$P = a Lp^b A^c$$

Donde:

$P$  = Peso teórico del organismo

$Lp$  = longitud patrón en cm

$A$  = altura en cm

$a$ ,  $b$  y  $c$  = constantes de la regresión múltiple ( $a$ =intercepto,  $b$  y  $c$ = pendientes)

Una vez obtenidas las constantes  $a$ ,  $b$  y  $c$  se calculó  $KM$  de la siguiente manera:

$$KM = ((P) / (Lp^b * A^c)) * 100$$

Donde:

$KM$  = Factor de condición múltiple

$P$  = Peso en g

$Lp$  = Longitud patrón en cm

$A$  = Altura en cm

$b$  = Pendiente de la Longitud patrón y

$c$  = Pendiente de la Altura

### **Producción.**

La producción total de peces fue estimada en Kg de acuerdo a la siguiente ecuación (Hepher, 1993).

$$Pe = (P_f * N_f) - (P_i * N_i)$$

Donde:

$Pe$  = Producción estimada en Kg

$P_i$  = Peso promedio inicial en Kg

$P_f$  = Peso promedio final en Kg

$N_i$  = Número de organismos introducidos

$N_f$  = Número de organismos finales

### **Fitoplancton.**

El índice de diversidad es la medida del carácter de una comunidad que toma en consideración tanto los esquemas de abundancia como la riqueza en especies. De los datos obtenidos del conteo e identificación del fitoplancton se obtuvo el índice de diversidad de Shannon y Weaner ( $H$ ) (Begon *et. al.*, 1995; Krebs, 1978), con periodicidad mensual, con la siguiente ecuación:

$$H = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

Donde:

$H$  = Índice de diversidad de Shannon y Weaner

$P_i$  = Proporción de individuos por especie

$S$  = Número total de especies

$\log_2$  = Logaritmo base 2

El índice de diversidad máxima ( $H'$  o  $H_{max}$ ), indica el índice de diversidad que el sistema puede alcanzar de acuerdo a la abundancia y riqueza de especies presentes en el sistema, este fue calculado para la comunidad fitoplanctónica del agua del estanque con la siguiente ecuación:

$$H' = \log_2 S$$

Donde:

$H'$  = Índice de diversidad máxima

$\log_2$  = Logaritmo base 2

$S$  = Número total de especies en la comunidad

La equitatividad o regularidad ( $J$ ) adopta un valor entre 0 y 1, y es el máxima proporción que podría asumir el índice de diversidad ( $H$ ) con respecto al índice de diversidad máxima ( $H'$ ) si los individuos estuvieran distribuidos uniformemente

entre las especies dentro del sistema, por consiguiente su cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$J = H/H'$$

Donde:

$J$  = Equitatividad o regularidad

$H$  = Índice de diversidad de Shannon y Weaver

$H'$  = Índice de diversidad máxima

La uniformidad ( $U$ ), señala la proporción en que el total de individuos se encuentran distribuidos entre las especies presentes, se calcula con la siguiente ecuación (Begon M., *et. al.*, 1995; Krebs, 1978):

$$U = 1 - J$$

Donde:

$U$  = Uniformidad

$1$  = El valor máximo de proporción del total de individuos con el total de especies

$J$  = Equitatividad

Así mismo se analizó la variación mensual de la composición y abundancia del fitoplancton presente en las muestras de agua colectadas del estanque.

### **Parámetros físicos y químicos del agua.**

Se graficaron los datos obtenidos de los parámetros físico-químicos con respecto al tiempo; además, se les aplicó el análisis exploratorio de datos, para analizar su comportamiento.

A cada variable se le determinaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, que se establecen para el análisis estadístico paramétrico y de este modo poder entonces realizar un análisis de varianza (ANADEVA). En caso de que no se cumplieran estos supuestos se utilizaría la prueba de Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ) del análisis no paramétrico (Marques, 1991).

## RESULTADOS

La tabla 1 muestra los promedios de la longitud total ( $Lt$ ), longitud patrón ( $Lp$ ), altura ( $A$ ) y peso total ( $Pt$ ) de los organismos al inicio y conclusión del cultivo.

Tabla 1. Biometría promedio para *Oreochromis aureus*.

	INTRODUCCIÓN	COSECHA
$Lt$ (mm)	59.0	123.0
$Lp$ (mm)	46.0	94.0
$A$ (mm)	18.0	38.0
$Pt$ (g)	3.4	29.5

### Relación Longitud total - Longitud patrón.

De acuerdo al análisis de correlación entre  $Lp$  y  $Lt$  contra peso, la  $Lp$  se relacionó en mayor grado con el peso ( $r = 0.956$ ,  $p < 0.05$ ), que la  $Lt$  ( $r = 0.934$ ,  $p < 0.05$ ), por ello los resultados del crecimiento de los peces de este trabajo se reportan en base a la  $Lp$ . Por otro lado la relación que guarda la  $Lp$  con respecto a la  $Lt$  se define con la siguiente ecuación.

$$Lt = [(Lp)(1.316)] - 0.22 - 0.3; (r^2 = 0.914 ; p < 0.05)$$

Con el análisis de varianza (ANADEVA), el cual se muestra en la tabla 2, se determinó que estadísticamente no existen diferencias significativas de la  $Lp$  de los peces entre las diferentes divisiones ( $F = 0.0851$ ,  $p < 0.05$ ).

Tabla 2: Análisis de varianza entre de la longitud patrón entre las divisiones.

## RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Lp (cm) Div. 1	353	2611.1	7.39688385	3.74445049
Lp (cm) Div. 2	351	2613.8	7.44672365	3.97941066
Lp (cm) Div. 3	380	2809.1	7.39236842	3.73353

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.64998213	2	0.324991	0.085149	0.918380	3.004046
Dentro de los grupos	4125.84817	1081	3.816695			
Total	4126.49815	1083				

En la figura 3 se presenta el comportamiento de la Lp de los peces del cultivo en general, sin considerar la división.

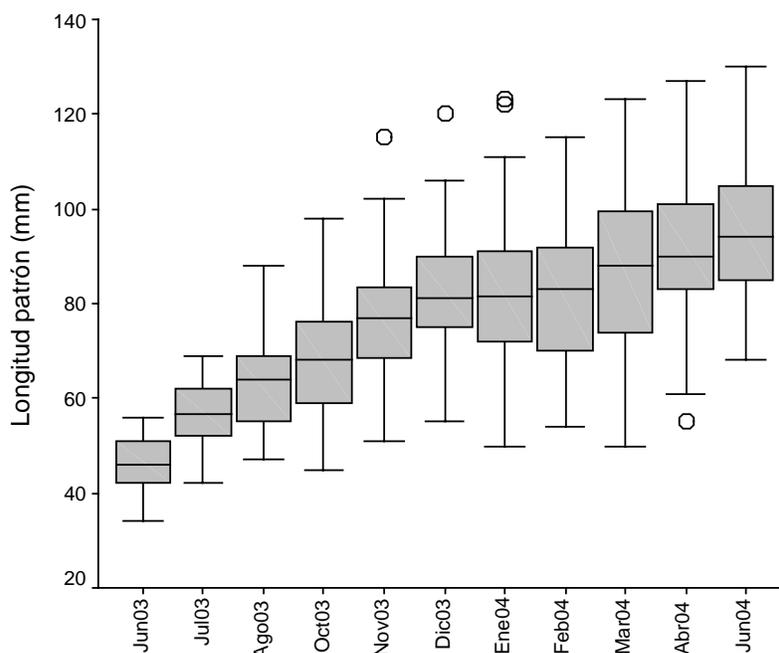


Figura 3: Variación mensual de la longitud patrón de *O. aureus*.

En la figura 4 muestra el comportamiento de la *Lp* de los peces del cultivo por división del estanque.

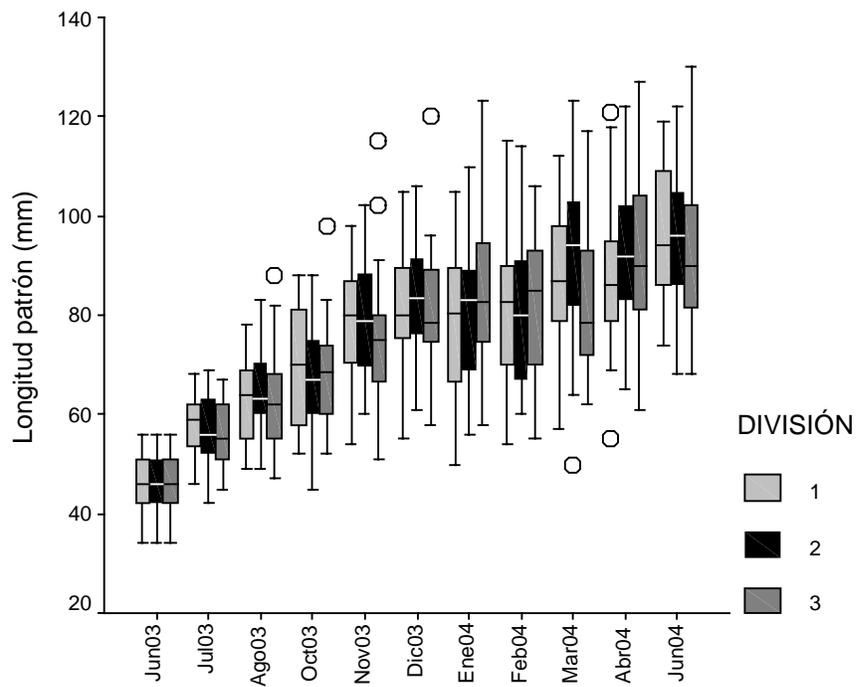


Figura 4. Variación mensual de la longitud patrón de *O. aureus* por división.

## Peso total.

Mediante el análisis de varianza aplicado al *Pt* de los peces en las diferentes divisiones del estanque se encontró que no existen diferencias significativas ( $F=0.2282$ ,  $p < 0.05$ ) (tabla 3).

Tabla 3: Análisis de varianza del peso total de los peces entre las divisiones.

## RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
<i>P</i> (g) Div. 1	353	5761.51	16.3215581	138.193273
<i>P</i> (g) Div. 2	351	5686.3	16.2002849	140.625686
<i>P</i> (g) Div. 3	380	5988.7	15.7597368	145.634918

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	64.6211855	2	32.3105927	0.22819847	0.7960046	3.00404679
Dentro de los grupos	153058.656	1081	141.589876			
Total	153123.277	1083				

La figura 5 muestra el comportamiento general del *Pt* de los peces durante el cultivo, y la figura 6 por división.

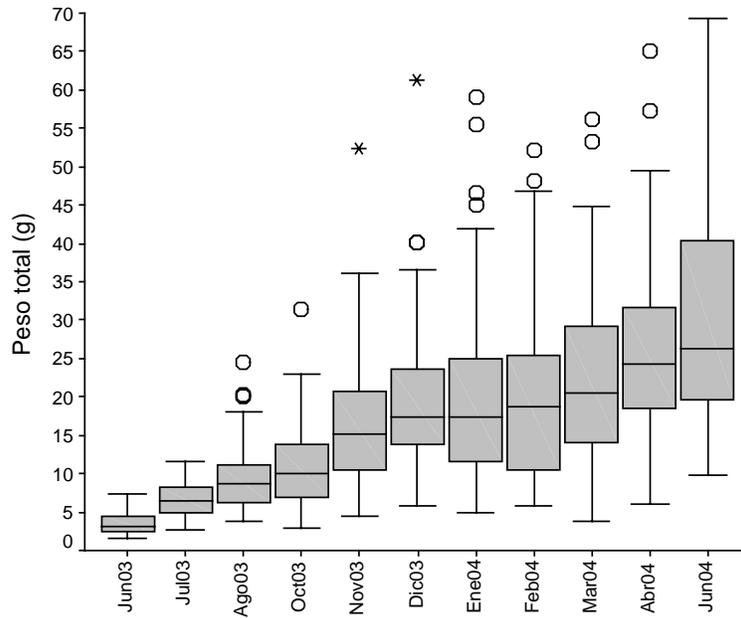


Figura 5: Peso total de *O. aureus* durante el estudio.

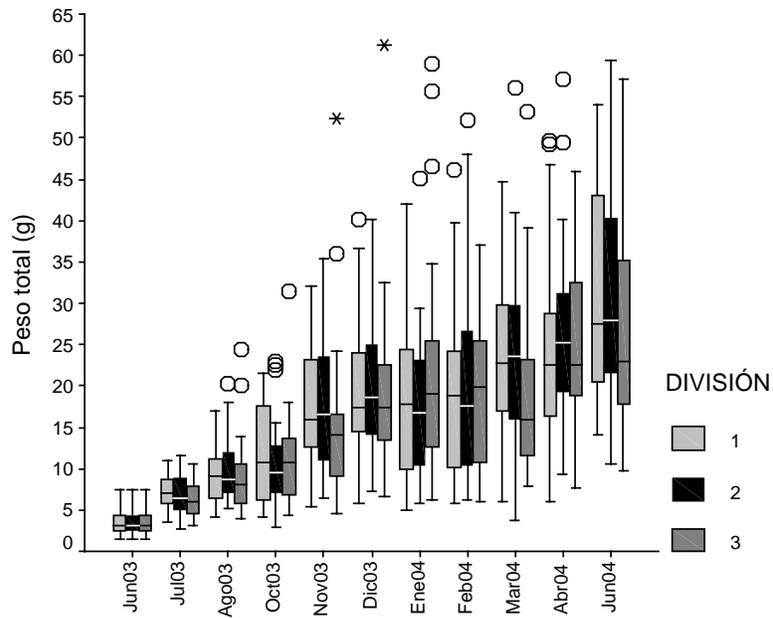


Figura 6: Comportamiento del peso total de los peces por división.

### Relación peso total-longitud patrón (*Pt-Lp*).

Se aplicó un análisis de varianza (ANADEVA) a los datos de la relación *Pt-Lp* para determinar si había diferencias significativas en el crecimiento de los peces por división (tabla 4). El resultado de este ANADEVA se interpreta que no existen diferencias significativas en el crecimiento de los peces de las distintas divisiones del estanque.

Tabla 4: Análisis de varianza la relación *Pt-Lp* de los peces de las distintas divisiones del el estanque.

#### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
División 1	353	5599.13341	15.8615677	128.675063
División 2	351	5726.04928	16.3135307	144.232481
División 3	380	6027.66198	15.8622684	142.213302

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Grados			F	Probabilidad	Valor crítico para F
	Suma de cuadrados	de libertad	Promedio de los cuadrados			
Entre grupos	48.404978	2	24.202489	0.17479936	0.83964919	3.00404679
Dentro de los grupos	149673.8321081		138.458679			
Total	149722.2371083					

Al no presentarse diferencias estadísticas significativas en el *Pt*, la *Lp*, ni en la relación *Pt-Lp*, el análisis se realizó considerando los datos en su conjunto.

La relación  $Pt-Lp$  de los peces en el cultivo fue de tipo potencial ( $N= 1084$ ;  $r^2= 0.9854$ ), y el valor de la pendiente ( $b$ ) resultante fue de 2.9292 (figura 7).

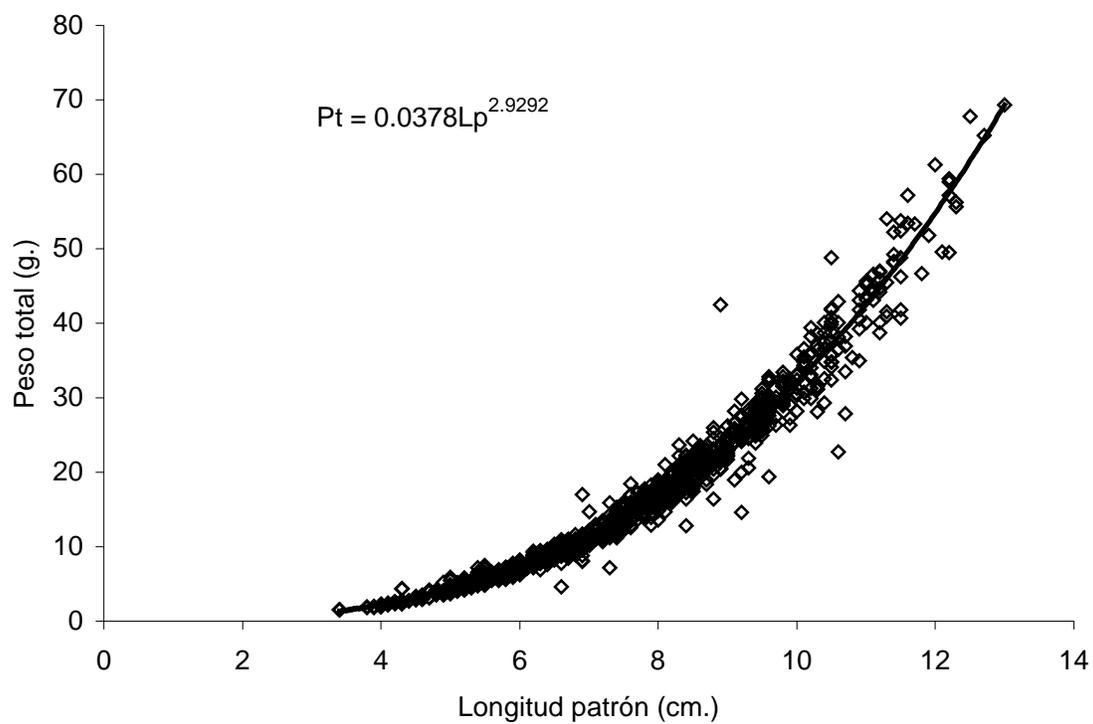


Figura 7. Relación Peso total-Longitud patrón para *O. aureus* en el cultivo.

### Factor de condición de Fulton ( $K$ ).

El factor de condición de Fulton ( $K$ ), es un reflejo del estado de bienestar expresado en corpulencia del pez y de su comportamiento en el transcurso de su crecimiento, para la obtención de este factor se emplean los valores de  $Pt$  y  $Lp$  de los peces. El valor de  $K$  se mantuvo en valores cercanos a cuatro durante el periodo de cultivo; en las figuras 8 y 9 se muestra la variación del valor de  $K$  de los peces del cultivo en forma general, y de cada una de las divisiones respectivamente, en estas figuras se observa que los valores mayores se registraron en Julio-03 y los menores en Marzo-04.

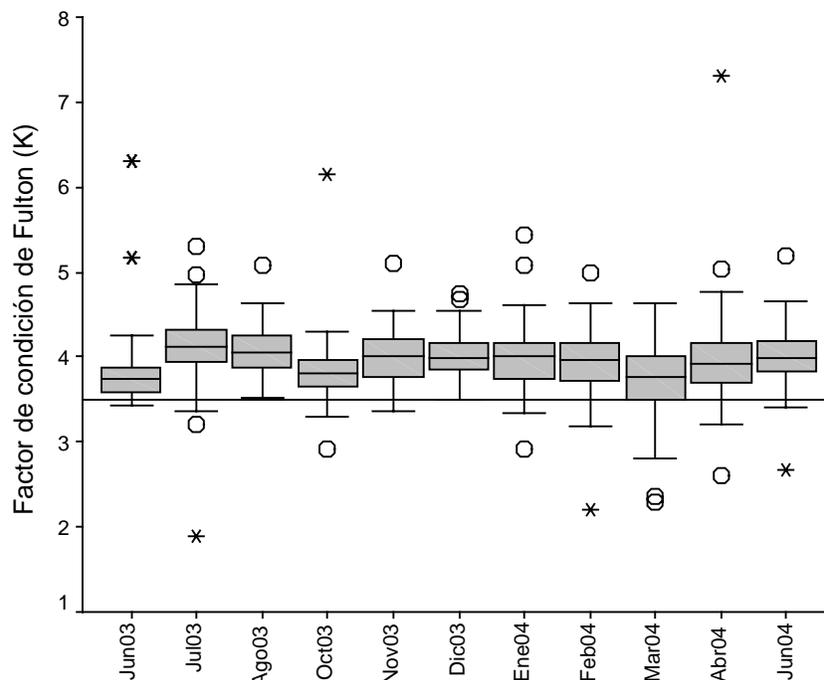


Figura 8: Comportamiento del Factor de condición de Fulton ( $K$ ) de los peces en el cultivo.

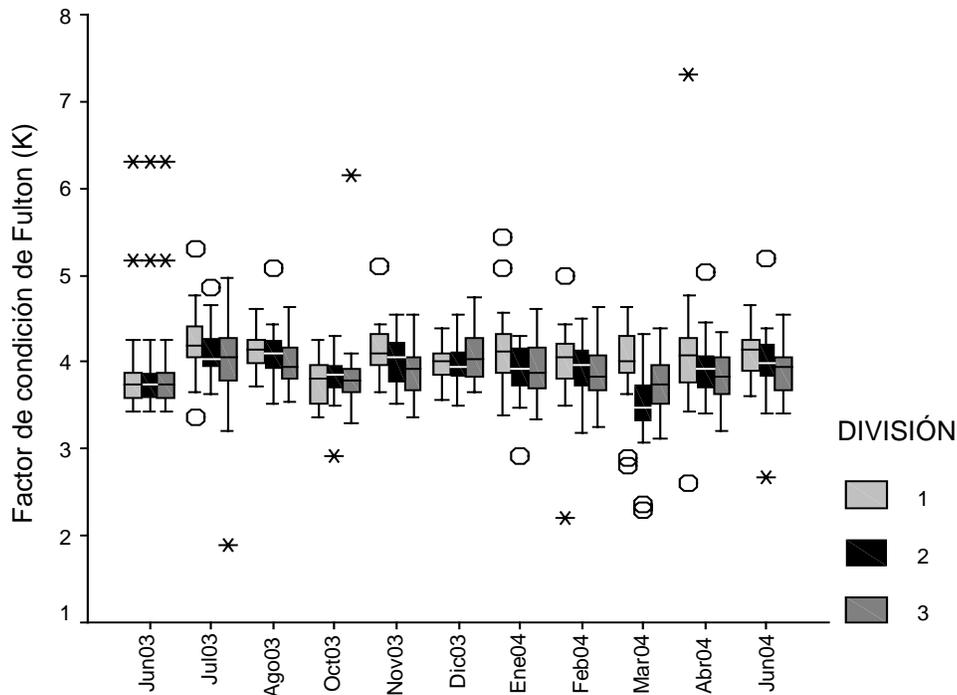


Figura 9. Variación del Factor de condición de Fulton ( $K$ ) para *O. aureus* por división.

### Factor de condición múltiple ( $KM$ ).

El factor de condición múltiple ( $KM$ ) además de considerar la  $Lp$  y el  $Pt$  de los peces toma en cuenta la altura ( $A$ ) de éstos, es por ello que permite conocer de mejor manera el estado de bienestar de los organismos al relacionar estas tres variables. El valor de  $KM$  se mantuvo alrededor de cinco durante el cultivo; la figura 10 muestra el comportamiento de  $KM$  para el total de peces del cultivo, y la figura 11 por divisiones. El comportamiento de los valores máximos y mínimos es similar al obtenido con  $K$ .

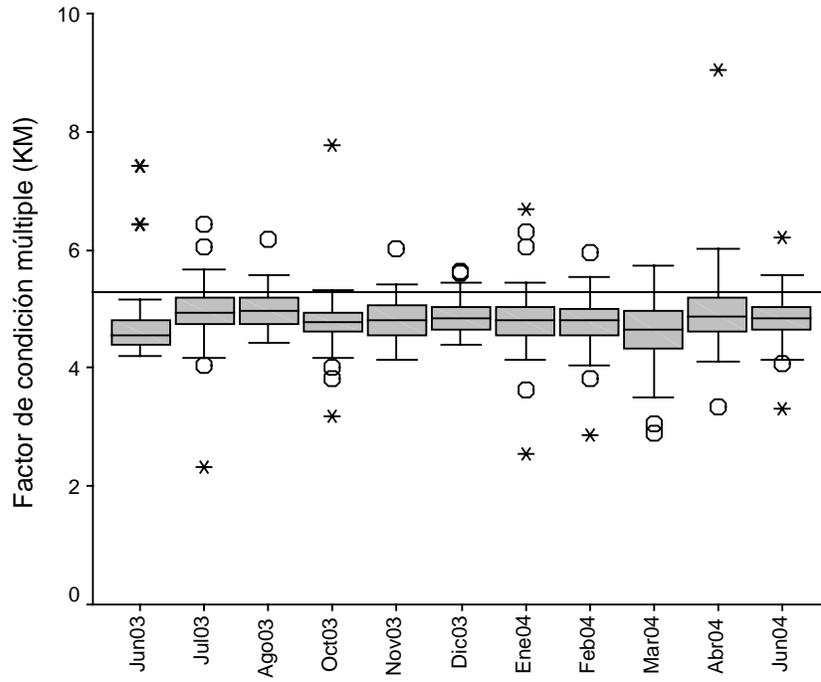


Figura 10. Variación del Factor de condición múltiple (KM) de los peces en el cultivo.

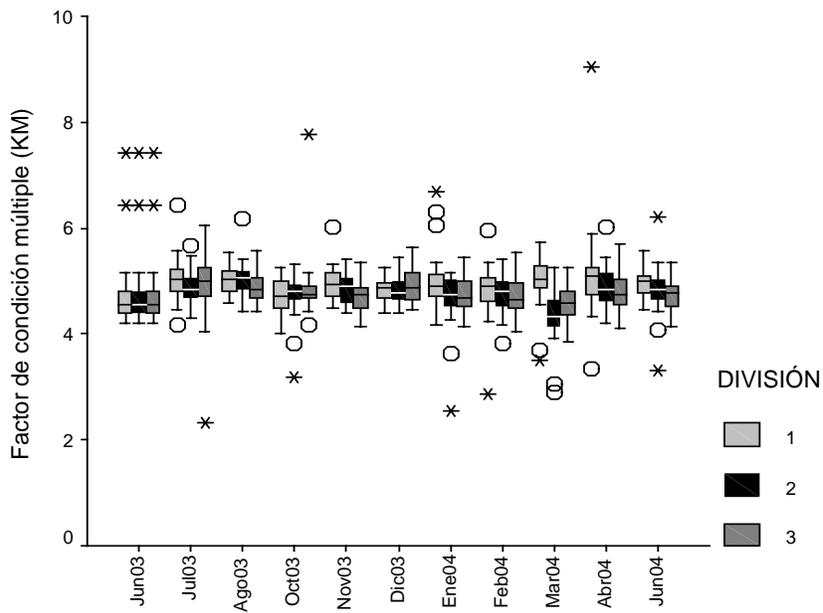


Figura 11. Comportamiento del Factor de condición múltiple (KM) de los peces por división.

### Tipo de crecimiento.

Al aplicar la prueba t-student ( $p < 0.05$ ) al valor de la pendiente obtenida de la regresión lineal de la relación  $Pt-Lp$  de los peces del cultivo que fue de 2.9292, se determinó que el tipo de crecimiento fue alométrico negativo, con mayor crecimiento en longitud que en peso, esta prueba se encuentra resumida en la tabla 5.

Tabla 5: Resultado de la prueba t-Student para definir el tipo de crecimiento de los peces en el cultivo.

Media	0.854119	1.07987
Varianza	0.014190	0.12356
Observaciones	1084	1084
Estadístico t	-20.026210	
Valor crítico de t (una cola)	-2.5758	
$p < 0.001$		

## Tasa de crecimiento instantáneo (G).

La tasa de crecimiento instantáneo (G) en peso total de los peces registró valor promedio de 0.0060 unidades, con valor máximo de 0.016 y valor mínimo registrado de -0.0002. Con respecto a la longitud patrón el valor promedio de G que se registró para los peces del cultivo fue de 0.0020 unidades, con valor máximo registrado de 0.0049 y valor mínimo registrado 0.00 (figura 12).

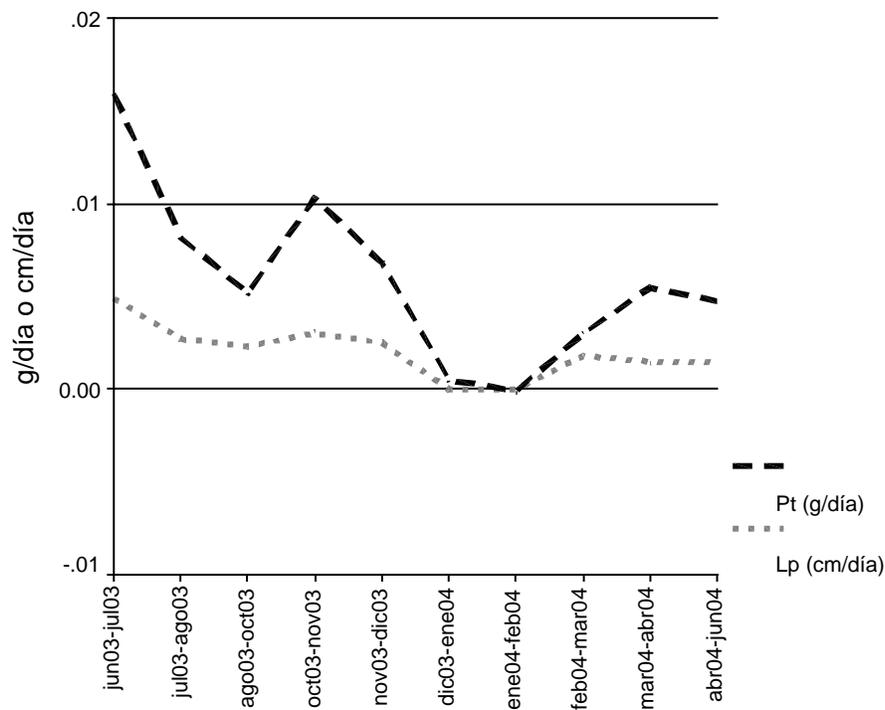


Figura 12: Tasa de crecimiento instantáneo (G) (Hepher, 1993).

### Incremento diario en *Pt* y *Lp* según Ricker (1968).

El incremento diario en peso de los peces según Ricker (1968, citado por Bernal, 1999) registró un valor promedio de 0.079 g/día, con valores máximos de 0.1421 g/día y valores mínimos de -0.0033. Con respecto a la *Lp* el incremento promedio registrado para los peces fue de 0.141 mm/día, con valores máximos de 0.025 mm/día y sin incrementos por día. La figura 13 muestra el incremento diario en *Lp* y *Pt* de los peces.

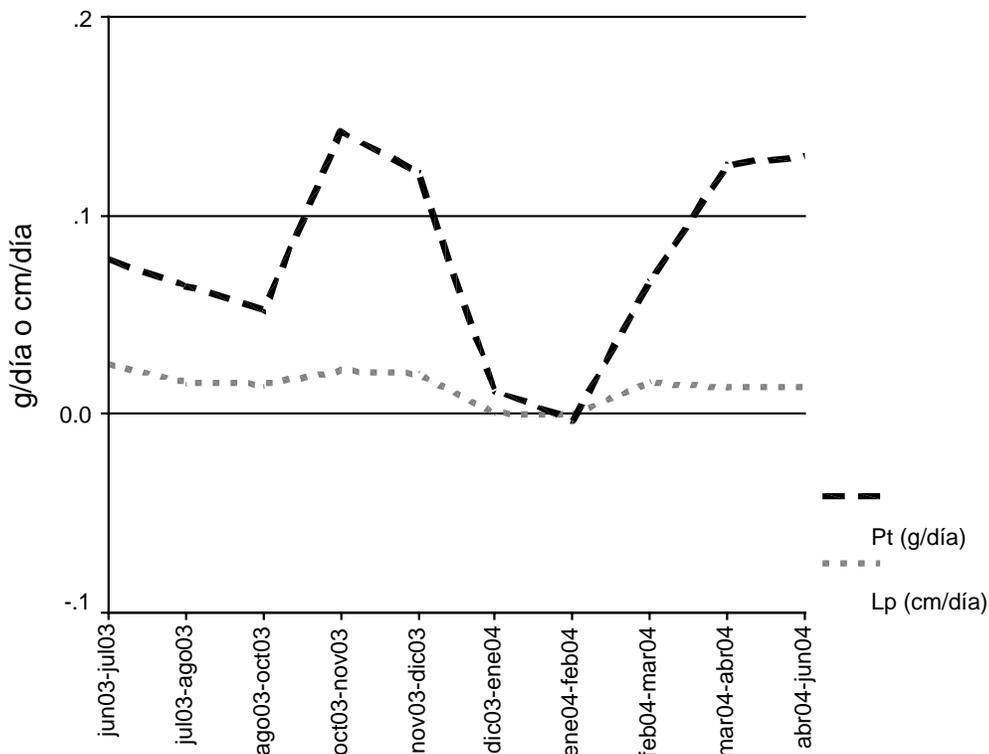


Figura 13: Incremento diario en *Pt* y *Lp*

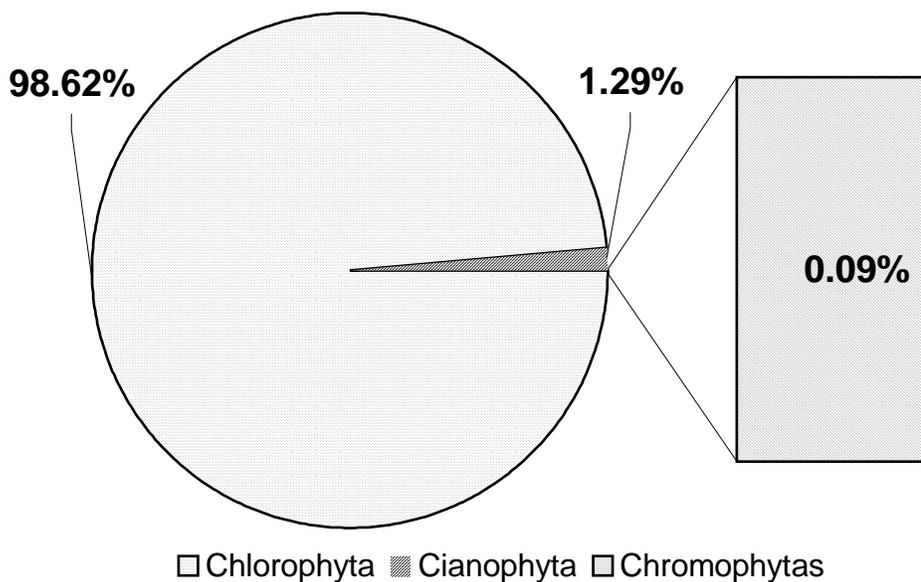
### Mortandad y rendimiento promedio calculado.

La mortandad se presentó principalmente en el mes de marzo y ésta fue del 4.5%. El peso promedio de introducción por pez fue de 3.4 g y el peso promedio al finalizar el cultivo por individuo fue de 29.5 g (Cuadro 1), el rendimiento calculado bajo estas condiciones es de 1.86 ton/ha año, con un gasto promedio de alimento de 1.9 ton/año.

### Fitoplancton.

Se colectaron muestras de fitoplancton de Septiembre a junio, para contar con un total de 10 meses muestreados, en estas muestras se determinaron tres divisiones (figura 14), Chlorophyta (98.62%), Cianophyta (1.29%) y Chromophytas (0.09%).

Figura 14: Divisiones de fitoplancton presentes en el cultivo de *O. aureus*



El conteo semanal de fitoplancton osciló desde las 50 000 cél/ml hasta cerca de las 300 000 cél/ml para la división Chlorophyta; para la Cianophyta fue de las 500 hasta las 4 500 cél/ml, con la particularidad que cuando la Cianophyta aumentaban en el sistema, la Chlorophyta disminuían y viceversa. La división Chromophytas no fue constante en el sistema, cuando éstas estuvieron presentes su número varió de 250 a 750 cél/ml (figura 15).

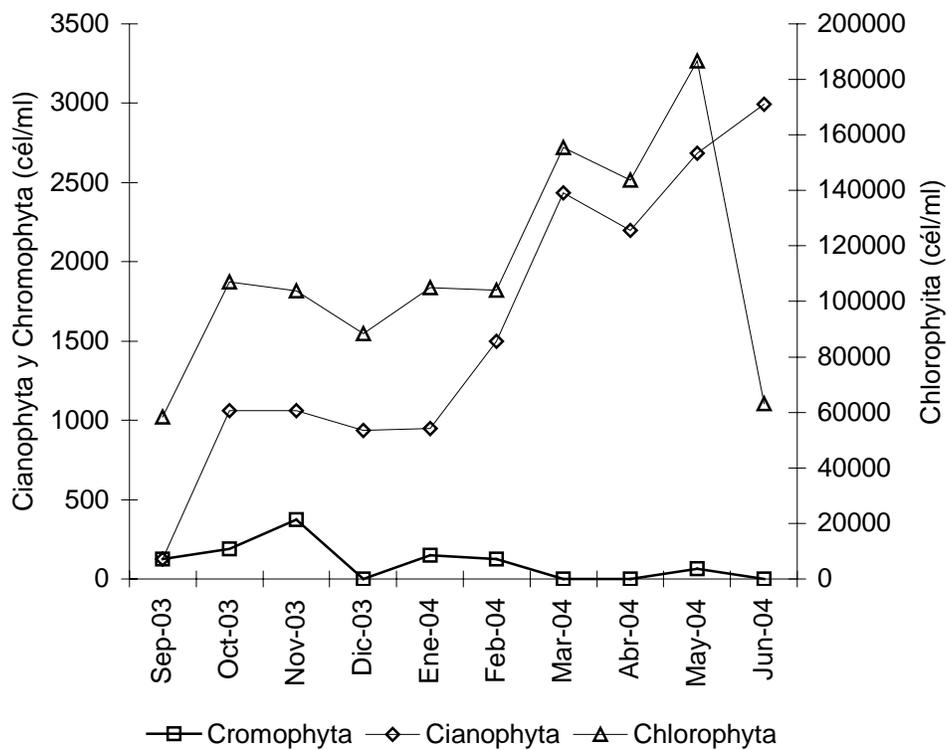


Figura 15. Variación mensual de las divisiones del fitoplancton

En la división Chlorophyta se determinaron los siguientes especies: *Crucigenia quadrata*, *Cosmarium* sp, *Chlorella* sp, *Desmococcus viridis*, *Coelastrum* sp, *Ankistrodesmus* sp., *Kirchneriella* sp., *Pediastrum duplex*, *Scenedesmus quadricauda*, *Ulotrix* sp y *Closterium* sp. De las especies presentes *Crucigenia quadrata* fue la que mayor abundancia registró, así como una de las más frecuentes (Tabla 6).

En la Cianophyta los géneros registrados fueron: *Anabaenopsis sp*, *Microcystis sp* y *Oscillatoria sp.*, el más abundante y con mayor frecuencia fue *Anabaenopsis sp* (Tabla 6).

Por último, los géneros presentes en la división Chromophyta fueron: *Navicula sp* y *Fragilaria sp.*, siendo éste última el más abundante (Tabla 6).

En la tabla 6 se muestran las especies de células fitoplanctónicas presentes, la frecuencia y abundancia con que estas se presentaron en el agua del estanque durante el cultivo.

Tabla 6: Frecuencia mensual y número de células fitoplanctónicas por especie.

<b>Divisió/Especie</b>	<b>% de frecuencia de aparición mensual</b>	<b>Abundancia total Células totales/ml</b>
<b>Chlorophyta</b>		
<i>Chlorella sp.</i>	100	91369
<i>Cosmarium sp.</i>	100	335103
<i>Crucigenia quadrata</i>	100	518387
<i>Desmococcus viridis</i>	80	23662
<i>Pediastrum duplex.</i>	80	3035
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	80	23175
<i>Kirchneriella sp.</i>	50	2998
<i>Closterium sp.</i>	20	749
<i>Coelastrum sp.</i>	20	1500
<i>Ulotrix sp.</i>	10	998

Continúa tabla 6...

...Continuación tabla 6

<i>Ankistrodesmus</i> sp.	80	149749
<b>Cianophyta</b>		
<i>Microcystis</i> sp.	100	7326
<i>Anabaenopsis</i> sp.	90	8283
<i>Oscillatoria</i> sp.	40	3745
<b>Chromophyta</b>		
<i>Fragilaria</i> sp.	60	1519
<i>Navicula</i> sp.	40	1166

El promedio mensual de células fitoplanctónicas osciló entre las 58 656 y 189 447 cél/ml. El índices de diversidad de Shanon y Wiener (H) promedio de éstas células fitoplanctónicas en el agua del estanque durante el cultivo fue de 1.2584, la diversidad máxima posible (H') de 2.1485, la equitatividad (J) de 0.5915, la uniformidad (U) de 0.4085 y el número de especies determinadas fue de 16 (figura 16).

De acuerdo a la figura 16, el índice de diversidad de Shanon-Wiener tuvo el siguiente comportamiento. Del inicio del estudio a fines del otoño se registró un incremento en el índice para disminuir durante la etapa fría del cultivo (invierno) y nuevamente incrementar en la primavera, periodo en el cual se registraron los máximos valores.

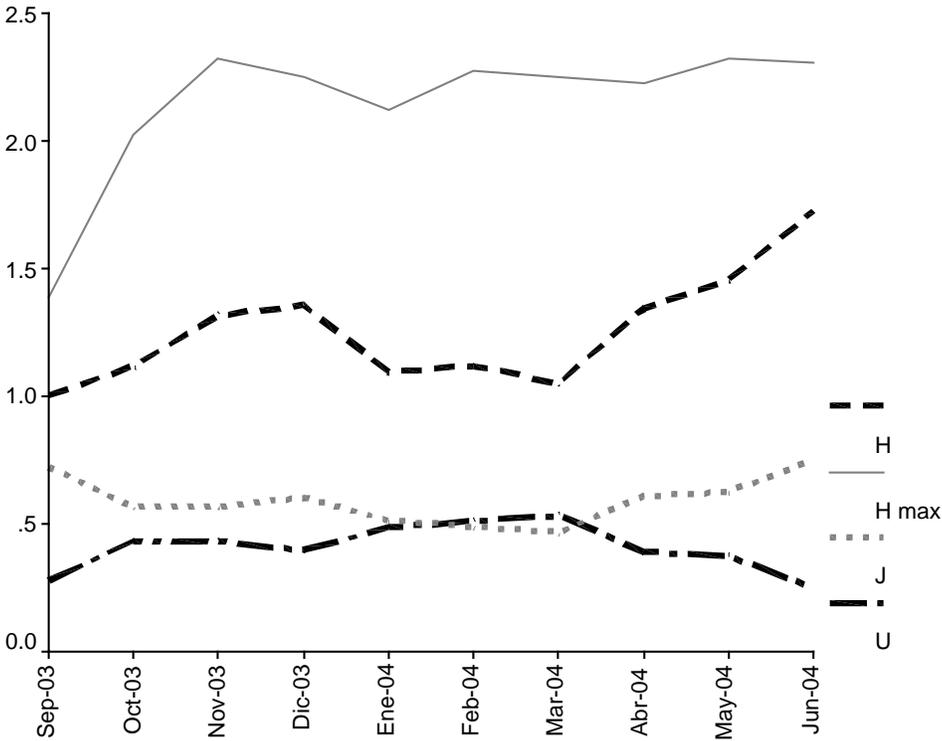


Figura 16: Variación de los indicadores de diversidad en el estanque de cultivo



## **Condiciones Físico-Químicas del agua del estanque.**

Los parámetros físico-químicos fueron determinados del 23 de junio de 2003 al 03 de junio de 2004.

### **Temperatura.**

La temperatura ambiente varió entre los 12.2° C en diciembre de 2003 hasta los 29° C en el mes de julio del mismo año. La temperatura del agua alcanzo los 28° C en julio de 2003 y la temperatura mínima registrada fue de 12° C en diciembre de 2003 (Figura 20).

### **Concentración de oxígeno disuelto.**

El oxígeno disuelto presentó el valor máximo de 13.1 mg/l en julio de 2003 y el valor mínimo (3.8 mg/l) en mayo de 2004, manteniéndose en lo general en concentraciones mayores a los 5 mg/l (Figura 18).

### **Visibilidad al disco de Secchi.**

La visibilidad al disco de Secchi registró valores de 0.13 m hasta 0.41 m, con tendencia a disminuir durante el tiempo de experimentación (Figura 18).

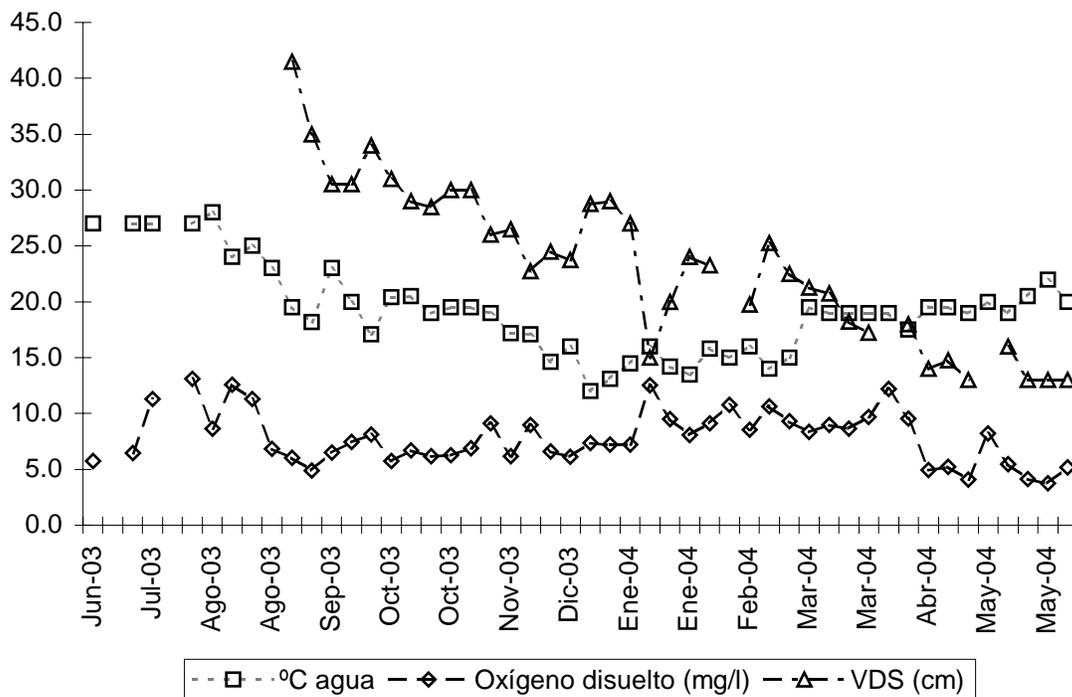


Figura 18: Temperatura de agua, oxígeno disuelto y VDS, en el tiempo

### Conductividad.

La conductividad presentó valores de 754 a 1738  $\mu\text{S}/\text{cm}$  registrándose el mayor valor en junio de 2004 y el valor mínimo en octubre de 2003, con tendencia general a incrementar conforme transcurrió el tiempo (Figura 19).

### pH.

El pH fluctuó de 9.50 a 10.54 registrándose el valor máximo en septiembre de 2003 y el valor mínimo en julio de 2003, el día 20 de abril se le vertieron 200 g de sulfato ferroso con la finalidad de reducir el efecto negativo de este factor, para concluir con valores de 8.66 a 9.09 para las últimas 7 semanas del trabajo (Figura 19).

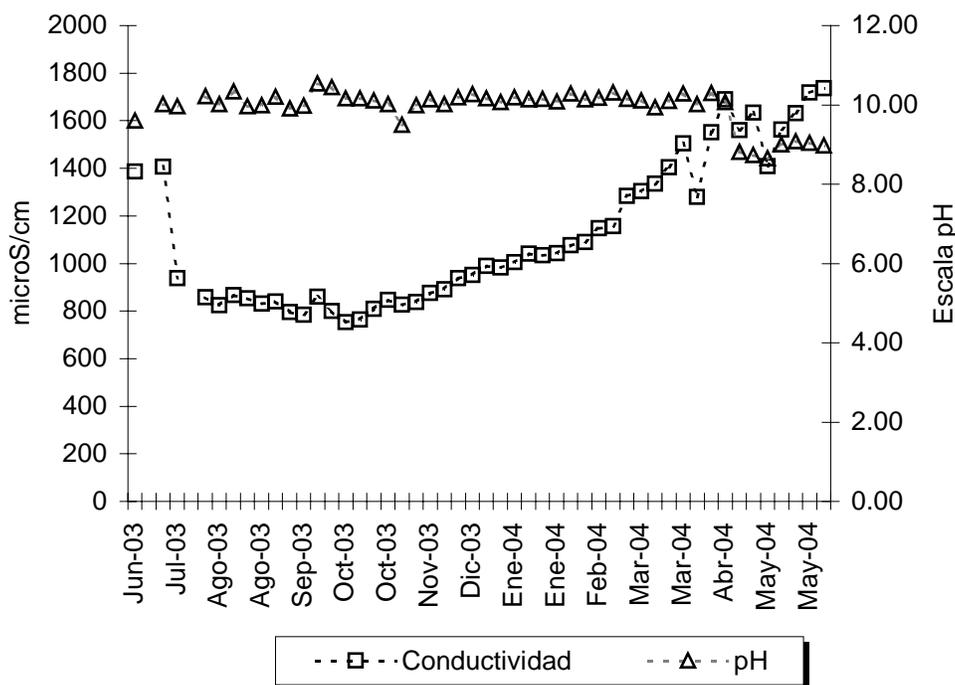


Figura 19: Conductividad y pH en el tiempo.

**Dureza.**

La dureza total registró valores que oscilaron entre 14.5 mg/l en septiembre de 2003, hasta 72.1 mg/l en mayo de 2004, con fluctuaciones mayores entre los 20 a 40 mg/l hasta febrero de 2004, a partir de esa fecha a la conclusión del trabajo los valores fueron de los 52 hasta los 72 mg/l (Figura 20).

La dureza por calcio presentó su valor mínimo de 8.3 mg/l en septiembre de 2003, y registró 32.0 mg/l en diciembre de 2003 como concentración máxima, con fluctuaciones mayormente comprendidas entre los 10 y 20 mg/l.

La dureza por magnesio se deduce de la resta de la dureza por calcio a la dureza total y esta tuvo su menor concentración de 0.2 mg/l en septiembre de 2003, y registró su mayor concentración de 54.6 mg/l en mayo de 2005, con una tendencia creciente en el transcurso del tiempo.

## Alcalinidad.

La alcalinidad al anaranjado de metilo, también conocida como alcalinidad de bicarbonatos, registró su valor máximo de 327.3 mg/l en mayo de 2004 y la mínima de 71.1 mg/l el 10 de septiembre de 2003.

La alcalinidad a la fenoftaleína también conocida como alcalinidad de carbonatos, presento valores mínimos de 63.8 mg/l en septiembre de 2003, y valores máximos de 164.1 mg/l en marzo de 2004.

La alcalinidad total resultados de ambas alcalinidades registró valores de 140.4 mg/l en septiembre de 2003, hasta 446.8 mg/l en abril de 2004 (Figura 20).

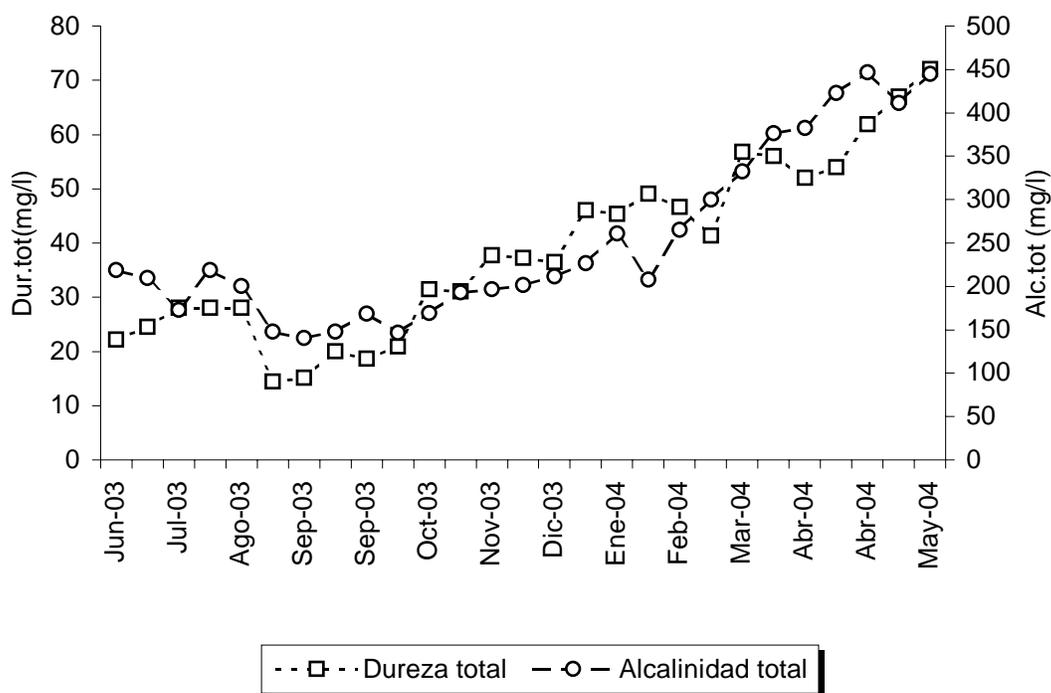


Figura 20: Dureza total, y alcalinidad total en el tiempo.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El agua del estanque durante el cultivo presentó problemas de pH elevado, dureza baja y alcalinidad elevada; sin embargo, la especie (*Oreochromis aureus*) se adaptó a estas condiciones y durante el cultivo se registró crecimiento aceptable y una mortandad del 6%.

De diciembre a marzo que comprendió el período frío bajo el cual se realizó el cultivo, la tasa de crecimiento e incremento diario registrado fue el más bajo, casi nulo. Al final, el Pt de la mayor parte de los organismos se ubicó entre 7.5 y 27.5 g.

Morales (1992) y Palacios (1995), reportan crecimiento alométrico negativo para esta misma especie en las presas Vicente Guerrero en Tamaulipas y en la presa Adolfo López Mateos en Michoacán respectivamente, con pendientes de la relación peso-Lp menores a la registrada en este trabajo. Bernal (1999) para *Oreochromis niloticus*, reporta crecimiento alométrico negativo para dos de tres divisiones de un estanque con fertilización química y crecimiento alométrico positivo para la tercera división de ese estanque debido a la talla de introducción que se realizó, y alométrico negativo para las tres divisiones de un estanque fertilizado orgánicamente. Reporta una tasa de crecimiento promedio de 0.63 g/día para los organismos del estanque fertilizado químicamente (superfosfato triple). Alceste (2000) menciona buenas expectativas de peso final para cultivos en sistemas extensivos e intensivos con duración de 24 semanas de organismos con peso de introducción de 30, 60 y 100 g y rendimientos de 420, 550 y 690 g respectivamente. Hernández (2002) en dos estanques rurales de 2000 m<sup>2</sup> y 3000 m<sup>2</sup> a 2 446 msnm en un periodo de 179 días (26 semanas) reporta rendimientos para híbridos de *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* de 59.6 y 80.53 g para organismos con pesos de introducción de 2.26 y 3.46 g respectivamente; con longitud total final de 115.0 y 135.0 mm para organismos con talla de introducción de 32.9 y 37.1 mm respectivamente.

Podría considerarse que la producción total estimada de 1.86 ton/ha/año para el cultivo realizado en el presente estudio es baja, pero la calidad del agua del estanque con pH elevado, alcalinidad elevada y dureza por debajo de los niveles recomendados es de consideración, pues la especie respondió adaptándose a todas esas condiciones, obteniendo una respuesta favorable a lo adverso que parecían estos parámetros, con una mortandad estimada por debajo de la esperada para la especie, aunada a la talla y peso de introducción que fueron proporcionados por la piscifactoría de Zacatepec, Morelos.

La temperatura en el agua del estanque osciló entre 12.0 y 28.0 °C, influenciada por las condiciones ambientales, ya que las mayores temperaturas se registraron de junio a agosto (verano) de 2003 y de marzo a junio (primavera) de 2004, mientras que para el periodo comprendido de septiembre de 2003 a febrero de 2004 (otoño e invierno), las temperaturas se mantuvieron entre los 14.0 y los 19.0 °C, ya que como lo mencionan Morales (1974), Anónimo (1995), Lawson (1995) y Alamilla (2002), el intervalo de tolerancia para la especie fluctúa entre 15 a 38 °C y las temperaturas bajas limitan los índices de filtración de la especie. Turker, *et al.* (2003) indican que a temperaturas entre 17 y 32 °C la filtración fitoplanctónica se incrementa linealmente.

Las condiciones climatológicas que se registraron entre los meses de marzo y agosto, donde la temperatura para el agua del estanque osciló entre 23 y 27 °C, llegando a registrar la temperatura ambiental los 29 °C, favorecen el consumo de fitoplancton por parte de la tilapia (Turker, *et al.* 2003<sup>a</sup>; Turker, *et al.* 2003<sup>b</sup>), que complementada con alimentación suplementaria aporta los requerimientos nutricionales necesarios de la especie.

El oxígeno disuelto en el estanque se mantuvo entre 5 y 10 mg/l, alcanzando concentraciones máximas de 13.1 mg/l y mínimas de 3.8 mg/l. La concentración de oxígeno disuelto se mantuvo en condiciones de sobresaturación en días soleados y con temperaturas por arriba de los 20 °C.

Las temperaturas registradas y la producción primaria sostenida en el estanque, que en un 99% estuvo conformada por clorofitas, permitieron que el oxígeno no fuera un factor limitante. Lawson (1995) y Sevilla (1981) señalan que este no debe encontrarse por debajo de 5 mg/l. Teichert-Coddington y Green (1993) reportaron que *O. niloticus* puede estar en condiciones de concentración de oxígeno disuelto variables, inclusive menores a los 5 mg/l y presentar crecimiento, siempre y cuando la exposición a estas concentraciones no fueran prolongadas

La cantidad registrada de células fitoplanctónicas osciló entre 48 y 277 millones de cél/l, lo cual para estanques fertilizados es normal, pues según Boyd (1982), en estanques fertilizados pueden encontrarse densidades de células fitoplanctónicas mayores de 10 millones/l. Asimismo, en estanques fertilizados es común encontrar dominancia de clorofitas y para que las cianofitas puedan llegar a presentar un incremento importante se requieren condiciones anóxicas, presencia de fósforo y empobrecimiento en la concentración de nitrógeno.

Jana (1979), señala la influencia estacional en la producción de cianofitas, Pearl y Tucker (1995) menciona la persistencia de géneros como: *Anabaena*, *Aphanizomenon*, *Microcystis* y *Oscillatoria* en estanques de cultivo con agua salobre de los cuales solo dos, *Anabaena* y *Microcystis*, estuvieron presentes en el estanque y *Oscillatoria* solo fue identificada en dos ocasiones (muestreos semanales). La dominancia de clorofitas (*Cosmarium sp.*, *Chlorella sp.*, y *Crucigenia quadrata*) como ya se ha señalado anteriormente fue del 98.62%, concordando con lo que indica Boyd (1982). Al no ser la principal fuente de alimento para el cultivo y de no haberse presentado en abundancia, el bienestar de los peces se hubiera visto afectado; sin embargo, el estado de salud de los peces fue bueno, lo que se corroboró al calcular el factor de condición de Fulton (K) y el factor de condición múltiple, que se mantuvieron estables a lo largo del cultivo.

El analizar la variación semanal del pH, alcalinidad y dureza total permitió determinar la calidad del agua y tomar las decisiones pertinentes en cuanto al procedimiento para su control, el cual consistió en tratamientos químicos del agua para regular ciertos factores (como pH por ejemplo), así como la recirculación o cambio total del agua de considerarse necesario, dependiendo de lo agresivo que pueda resultar el tratamiento, pues lo recomendable es una regulación paulatina de las condiciones del agua que requiera la especie, pues de no ser así podría producirse una descompensación fisiológica y generar una mortandad elevada en el cultivo, e inclusive la pérdida total del mismo. El mantener niveles óptimos de fertilización ayudó a mantener una producción primaria adecuada constituida principalmente por algas verdes, que mantiene una oxigenación constante (producto de la actividad fotosintética de dichas algas) y evita concentraciones elevadas de cianofitas, las cuales pueden ocasionar intoxicaciones o enfermedades a plantas y animales acuáticos causadas por sustancias tóxicas producto del desecho de su metabolismo (Sevrin-Reyssac y Pletikovic, 1990; Pearl y Tucker, 1995).

El pH del agua del estanque se mantuvo por arriba de los valores recomendados que van de 7.0 a 8.5 (Anónimo, 1995; Alamilla, 2002; Morales, 1974), estos valores fueron de 9.5 a 10.5 hasta abril de 2004. Bernal (1999), registró valores de 8.7 a 9.7 en un cultivo de *O. niloticus* para el mismo estanque con resultados favorables. Estos valores de pH de acuerdo a Boyd (1990; citado por Hernández, 2000), es una condición causante de estrés para los peces, ya que valores de pH ácidos o muy alcalinos afectan la natación, las branquias y dificulta el transporte de oxígeno en la sangre, por esta razón en el mes de abril se tomó la decisión de verter al estanque 20 g de sulfato ferroso con la finalidad de abatir los niveles de pH, en una semana el pH disminuyó a 8.82. De la fecha en que se vertió el sulfato ferroso a la conclusión del trabajo transcurrieron 7 semanas, lapso en el cual el pH se mantuvo en intervalos de 8.66 a 9.05 unidades.

Los elementos responsables de la dureza del agua se consideran de importancia para el crecimiento de los peces, en el agua del estanque ésta registró valores que fluctuaron entre 29.0 y 72.1 mg/l, esta dureza se encuentra por debajo de la dureza reportada por Hernández (2002) y Anónimo (1994) (Citado por Pérez y Patlani, 2002), siendo clasificada de acuerdo a Lawson (1995), como blanda.

James (1994) señala que la adición de suplemento alimenticio en los cultivos de tilapia en estanques fertilizados, resulta en una producción significativamente más elevada comparada con cultivos donde solo se fertiliza y que de no suministrarse alimento suplementario, el exceso de fertilización puede ocasionar alcalinidades bajas por el empleo de carbono en la fotosíntesis y en otros procesos fisiológicos.

En este trabajo la alcalinidad fue muy similar hasta octubre de 2003, pero a partir de noviembre la alcalinidad por bicarbonatos aumentó hasta la conclusión del cultivo, ésta sobrepasó en intervalos del 30% a más del 100% la alcalinidad recomendada con valores de 146 a 446 mg/l, lo cual tiene repercusión negativa en el crecimiento de los peces según Hernández (2002); los valores ideales de este parámetro reportados por Anónimo (1994) (Citado por Pérez y Patlani 2002) fluctúan entre 20 y 150 mg/l. La dureza y alcalinidad repercutieron en los valores de conductividad la cual registró valores de 796 microsiems ( $\mu\text{S}$ ) hasta 1738  $\mu\text{S}$ , esta conductividad tan elevada repercute negativamente en el crecimiento de la tilapia (Hernández, 2002). Reigh *et al.* (1991) señalan que 500 mg de Magnesio (Mg)/ Kg de alimento deshidratado es suficiente para un crecimiento adecuado y la mineralización de los tejidos, mientras que McClain y Gatlin (1988) señalan que de 50 a 200 mg de calcio (Ca)/ Kg de alimento seco son los requerimientos mínimos de este elemento en la dieta de *Oreochromis aureus*. Recordemos que el calcio es indispensable tanto para la formación y reforzamiento de estructuras óseas, como para ciertos procesos fisiológicos, por ello la importancia del suplemento alimenticio como medio para suministrar este elemento y otros necesarios.

Turker *et al.* (2003<sup>a</sup>) señalan que en *O. niloticus* la filtración de algas verdes y cianobacterias se incrementa linealmente a temperaturas de 17 a 32°C, y es significativamente elevada en intervalos de 26 a 32°C; es posible que la producción fitoplanctónica y las temperaturas registradas hayan sustentado el crecimiento en el cultivo, así como el bienestar del mismo. Se sabe que la función del alimento suplementario es suministrar ciertos compuestos que de no ser por este medio no los podría adquirir el cultivo. De acuerdo a James (1994), en cultivos realizados en estanques con alimento suplementario, además de la fertilización del estanque para la generación fitoplanctónica este permite obtener mayores rendimientos que en aquellos en que la alimentación solo esta basada en el suministro de alimento balanceado o en la producción primaria producto de la fertilización.

A pesar de que *Oreochromis aureus* es la especie de tilapia que se reporta con mayor adaptabilidad y rendimiento en sistemas naturales, los resultados obtenidos en este trabajo no fueron los esperados, ya que el rendimiento para aspectos productivos es muy bajo, y los ejemplares no alcanzaron la talla (aproximadamente 25 cm.) y el peso comercial (de 200 a 250 g por individuo). Sin embargo, sería conveniente realizar una nueva valoración de su crecimiento durante la temporada de marzo-octubre, debido a que durante este periodo se presentan las condiciones ambientales (principalmente temperatura) adecuadas en la Ciudad de México, para así obtener un mejor rendimiento en masa y talla.

## CONCLUSIONES

-  El crecimiento de la especie fue alométrico negativo, es decir mayor crecimiento en longitud que en peso.
-  El rendimiento estimado de 1.86 ton/ha/año de un cultivo sometido a estas condiciones es aceptable.
-  La mortandad de la especie en estas condiciones es menor del 10% estimado para cualquier cultivo.
-  La especie se adaptó a condiciones adversas de pH, alcalinidad y dureza.
-  La salud de los organismos bajo condiciones ambientales de la Ciudad de México es óptima y estable.
-  En lo general, se registraron 16 especies de fitoplancton en el estanque.
-  La producción primaria se mantiene por arriba de los 40 millones de células fitoplanctónicas/ l.
-  La división Chlorophyta fue el grupo dominante.
-  El oxígeno disuelto se mantiene en concentraciones óptimas, llegando a la sobresaturación.
-  Las condiciones ambientales óptimas para el cultivo de la especie en el Distrito Federal, México, se presentan de marzo a agosto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Abdel-Baky, T.E. y El-Serafy, S.S. 1990. On the growth of *Oreochromis aureus* (Stein.) in Lake Manzalah, Egypt. Natl. Inst. Oceanogr. Fish. (Egypt) 16 (1): 171-189.
2. Alamilla, T.H.A. 2002. Cultivo de tilapia. <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tilapia/tilapia.html>, Última revisión. 19 de Marzo de 2002.
3. Alceste C.C, 2000. An over view of tilapia production system. AQUACULTURE MAGAZINE, junuary/february, 26 (1): 47-50.
4. Anónimo. 1985. La acuacultura en México. Acuavision, Revista Mexicana de Acuacultura 1:4-9.
5. Anónimo. 1985. La acuacultura en México. Acuavision, Revista Mexicana de Acuacultura 2:4-9.
6. Anónimo. 1995. Cultivo de tilapia. Secretaría de Pesca. México. 46 p.
7. Arredondo-Figueroa J.L. 1983. Especies animales acuáticas de importancia nutricional Introducidas en México. Biótica. 8(2):175-199.
8. Arredondo F. J. L. 1986. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de calidad del agua, en estanques de piscicultura extensiva. Secretaria de Pesca, México. 182 p.
9. Arredondo-Figueroa, .J.L. y Guzmán-Arroyo, M. 1986. Actual Situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. Anales del Instituto de Biología de la UNAM. 56(2): 555-572.
10. Begon M., Harper J.L., y Colin R.T. 1995. Ecología. Omega. Barcelona. 886 p.
11. Bernal, E.O. 1999. Cultivo de *Oreochromis niloticus* en estanques de concreto con fertilización. Tesis de Licenciatura, UNAM, FES-Zaragoza, México. 52 p.

12. Boyd, C.E. 1982. Water quality management for pond fish culture. Elsevier. Amsterdam. 586 p.
13. Ceballos, O.M.A. y Velásquez, E.M.A. 1988. Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de producción acuícola en México. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO-AQUILA GCP/RLA/075/ITA.
14. Dikel, S. 2001. A comparison of growth performance, carcass and body composition of *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* and their hybrids in concrete ponds in Çukurova region, Türkiye. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 18 (3-4): 445-457.
15. Edmonson, T.W. 1959. Fresh-Water Biology. 2<sup>a</sup> ed. John Wiley & Sons, Inc. New York. 1248 p.
16. Esquivias, A.P. 1998, Cultivo de mojarra-tilapia (*O. mossambicus*) (Peters, 1852), variedades rayada y roja, en estanques con fertilizante orgánico. Tesis de licenciatura, UNAM, FES-Zaragoza, México. 49 p.
17. FAO. 1993. La nutrición y alimentación en la acuicultura en América Latina y el Caribe. Documento de campo No.9. Programa Cooperativo Gubernamental FAO-Italia. Proyecto AQUILA II GCP/RLA/102/ITA. FAO. México. 176 p.
18. Fitzsimmons, K. 2001. Tilapia: production, marketing and technological developments: Proceedings of the tilapia 2001. International Technical and Trade Conference on tilapia. 28-30 May 2001. Kuala Lumpur, Malasia. 7-16.
19. Flores, M.O. 1994. Crecimiento de *O. niloticus* con diferente fertilización en un clima templado. Tesis de Licenciatura, UNAM, FES-Zaragoza, México. 56 p.
20. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2<sup>a</sup> edición. Dirección General de Publicaciones de la UNAM. México. 246 p.
21. Hopher, B. 1993. Nutrición de peces comerciales en estanques. LIMUSA. México. 406 p.

22. Hernández, O.E. 2002. Crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), en estanques rurales del Estado de México (2446 msnm.). Tesis de Maestría. Ciencias del Mar y Limnología, UNAM, México. 60 p.
23. INEGI. 1993. Anuario Estadístico del Distrito Federal. Editado por INEGI. 272 p.
24. James, S.D., Kwei L.C. y Kitjar J. 1994. Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. *Journal of the world aquaculture society*. 25(4): 497-506.
25. Jana, B.B. 1979. Primary production and bacterioplankton in fish ponds with mono and polyculture. *Hidrobiología*, 62: 81-87.
26. Jiménez-Badillo, M.L. y Nepita-Villanueva, M.R. 2000. Trophic range of tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) in Infiernillo dam, Michoacán-Guerrero, Mexico. *Rev. Biología Tropical* 48 (2-3): 487-494.
27. Krebs C.J. 1978. *Ecology*. 2ª edición. Harper International Edition. USA. 678 p.
28. Lawson, S.T.B., 1995. *Fundamentals of aquacultural engineering*. Chapman & Hall, New York. USA. 354 pp.
29. Little, D.C. y Edwards, P. 2004. Impact of nutrition and season on pond culture performance of mono-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 232: 279-292.
30. Marques de C.M.J. 1991. *Probabilidad y estadística para ciencias químico-biológicas*. McGraw-Hill. México. 657 p.
31. McClain, W.R. y Gatlin, D.M. 1988. Dietary zinc requirement of *Oreochromis aureus* and effects of dietary calcium and phytate on zinc bioavailability. *Journal of the World Aquaculture Society* 19(3): 103-108.
32. Medina-García M. 1980. El factor de condición múltiple y el factor de conversión de alimento. Departamento de pesca. México. 34 p.
33. Morales, A. 1974, *El cultivo de la tilapia en México*, Instituto Nacional de Pesca, México. 125 p.
34. Morales, A. 1991. *La tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías*. AGT Editor. México. 190 p.

35. Morales B.E. 1992. Evaluación de algunos aspectos Biológico-pesqueros de la Tilapia *Oreochromis aureus* en la presa Vicente Guerrero, Las Adjuntas, Tamaulipas. Tesis de Licenciatura, UNAM. FES-Iztacala. 28 p.
36. Morrison, J. R., W.L. Deavours, J.C. Jones y M.A. Tabb. 1995. Maximizing first-year growth of mixed-sex blue tilapia *Oreochromis aureus* in polyculture with catfish *Ictalurus* spp. *Journal of the World Aquaculture Society* 26(4): 447-452.
37. Needham, G. J. y Needham, R. P. 1972. Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces. Reverte. México. 131 p.
38. Olmos T.E. 1988. Situación actual y perspectivas de las pesquerías derivadas de la acuicultura. Secretaria de Pesca. México. 53 p.
39. Olmos, T.E. y Tejeda, S.M. 1990. Inventario nacional de unidades de producción acuícola. 1990. Secretaria de Pesca. México. 76 p.
40. Ortega, M.M. 1984. Catálogo de las algas continentales recientes de México. UNAM. México. 562 p.
41. Palacios, S.S.E. 1995. Estudio Biológico-pesquero de *Oreochromis aureus* en la presa Adolfo López Mateos (El infiernillo) Mich. Gro. Méx. Tesis de Licenciatura, UNAM. Facultad de Ciencias. 81 p.
42. Pearl, H.W. y Tucker C.S. 1995. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. *World Aquaculture Society*, 26(2): 109-131.
43. Pérez, A.H. 1999. Estado de la acuicultura rural en pequeña escala en Centroamérica. Panamá. 11p.
44. Pérez, O.G. y Patlani, S.J. 2002. Edad y crecimiento de la Tilapia de la Presa Emiliano Zapata. Tesis de Licenciatura. UNAM. FES-Zaragoza. México. 87 p.
45. Reigh, R.C. Robinson E.H. y Brown P.B. 1991. Effects of dietary Magnesium on grown and tissue magnesium content of blue tilapia *Oreochromis aureus*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 22(3): 192-197.

46. Rezk M.A., Kamel E.A., Ramadan A.A., y Dunham R.A. 2002. Comparative growth of Egyptian tilapias in response to declining water temperature. *Aquaculture* 207: 239-247.
47. SAGARPA/CONAPESCA. Anuario Estadístico de Pesca 2000. México.
48. SAGARPA/CONAPESCA. Anuario Estadístico de Pesca 2001. México.
49. SAGARPA/CONAPESCA. Anuario Estadístico de Pesca 2002. México.
50. Salgado-Ugarte I.H. 1992. Análisis exploratorio de datos biológicos. Marc Ediciones y FES-Zaragoza, UNAM. México. 243 p.
51. Schwoërbel J., 1975, Métodos de hidrobiología. H. Blume, España, 262 p.
52. Sevilla H.M.L. 1981. Introducción a la acuicultura. CECSA. México. 111 p.
53. Sevrin-Reyssac, J. y Pletikotic, M. 1990. Cianobacteria in fish ponds. *Aquaculture*, 88: 1-20.
54. Soderberg, R. W. 1990. Temperature effects on the growth of blue tilapia in intensive aquaculture. *Progressive Fish-Culturist*, 52 (3): 155-157.
55. Teichert-Coddington, D. y Green, W. 1993. Tilapia yield improvement through maintenance of minimal oxygen concentration in experimental grow-out ponds in Honduras. *Aquaculture*. 118: 63-71.
56. Trewavas, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. Cornell University Press. England. 583 p.
57. Turker, H., Eversole A.G., y Brune D.E. 2003<sup>a</sup>. Effect of temperature and phytoplankton concentration on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) filtration rate. *Aquaculture* 215: 93-101.
58. Turker, H., Eversole A.G., y Brune D.E. 2003<sup>b</sup>. Filtration of green algae and cyanobacteria by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in the Partitioned Aquaculture System. *Aquaculture Research* 34: 453-459.
59. Ulloa, R. J. B. y Verreth, J. A. J. 2003. Growth of *Oreochromis aureus* fed with diets containing graded levels of coffee pulp and reared in two culture systems. *Aquaculture* 217: 275–283.
60. Zale, A. V. y Grerory, R. W. 1990. Food selection by early life stages of blue tilapia, *Oreochromis aureus* , in Lake George, Florida: Overlap with sympatric shad larvae. *Florida Scientist*, 53 (2): 123-129.