

2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

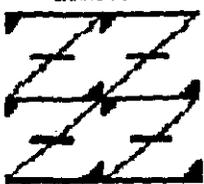
CULTIVO DE Oreochromis niloticus EN ESTANQUES DE CONCRETO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: BIÓLOGO

PRESENTA: OSCAR BERNAL ENRIQUEZ

UNAM FES ZARAGOZA



DIRECTOR: M EN C. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ
ASESOR: BIÓLOGA BERTHA PEÑA MENDOZA

LO HUMANO EJE DE NUESTRA REFLEXION

MEXICO, D. F.

DICIEMBRE DE

TESIS CON FOLIO DE ORIGEN

271033 1999



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

- Al M. en C José Luis Gómez Márquez por su amistad y atinados comentarios para la dirección del trabajo
- A la Biol. Bertha Peña Mendoza por su amistad y ayuda para la elaboración del trabajo
- Al Dr. Isaías H. Salgado Ugarte por su amistad y comentarios para la corrección del trabajo
- Al Biol. Ernesto Mendoza Vallejo por su amistad, la visión y atinados comentarios que hizo sobre el trabajo
- Al M. en C. Manuel Castillo Rivera por sus atinados comentarios para la realización final del trabajo
- A la F.E.S. ZARAGOZA y a todos los maestros que de alguna u otra manera participaron en mi formación académica
- Al laboratorio de Limnología

En Especial para:

- Al Biol. Oscar Flores Maldonado que sin su amistad y apoyo no hubiera sido posible la realización del trabajo.
- Al Biol. José Luis Guzmán Santiago por su amistad y respaldo para la elaboración del trabajo.
- Al pasante de Biol. Efrén Romero Martínez por su amistad y ayuda.
- A la QFB. Sandra Ortega Munguía por su amistad y cooperación.
- A los integrantes del laboratorio de limnología y a todas las personas que de una u otra manera colaboraron para la elaboración del mismo.
- A la pasante de Biol. Imelda Jiménez Santiago por la ayuda concedida.
- Al Biol. Octavio Ortiz Ortiz por la colaboración otorgada.

DEDICATORIAS

A mi mamá:

Josefina Enriquez Tápia a la que agradezco infinitamente los esfuerzos realizados y las penas que le hice pasar, espero que al fin vea fructificada la esperanza y confianza que siempre me depositó

A mis Hermanos:

Rosa María Bernal Enriquez

Jorge González Enriquez

Por el apoyo incondicional que siempre he recibido de ellos

A mis Sobrinos:

Ricardo Alan Ramírez Bernal

Itzel Ramírez Bernal

Jorge González Cárdenas

Espero que el trabajo sirva de motivación para que en su momento hagan lo propio

A la Cofradía:

Alejo, Baboscar, Benjamin, Cecilia, Chente, Dyana, Donato, Efren, Goyo, Jorge, Lijia, Marquéz, Meche, Miguel, Mimi, Myma, Nancy, Osio, Patty, Pilo, Raquel, Raúl, Rocio, Sandra, Topo

INDICE

	Pag.
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
ANTECEDENTES	5
OBJETIVOS	8
AREA DE ESTUDIO	9
MATERIAL Y METODO	10
PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS	10
PARAMETROS BIOLÓGICOS	11
RELACION PESO - LONGITUD	11
TASA DE CRECIMIENTO INSTANTANEO	12
INCREMENTO DIARIO EN PESO Y LONGITUD	12
FACTOR DE CONDICION DE FULTON	13
FACTOR DE CONDICION MULTIPLE	13
FACTOR DE CONVERSION DEL FERTILIZANTE	14
MORTALIDAD	15
PORCENTAJE DE GANANCIA EN PESO Y LONGITUD	15
RESULTADOS	16
FACTORES FISICOS Y QUIMICOS	16
TEMPERATURA AMBIENTE	16
TEMPERATURA DEL AGUA	17
OXIGENO DISUELTO	18
pH	19
VISIBILIDAD AL DISCO DE SECCHI	20
FOSFORO TOTAL Y ORTOFOSFATOS	21
NITROGENO	22
ALCALINIDAD	23
DUREZA TOTAL	23
PARAMETROS BIOLÓGICOS	24
RELACION PESO - LONGITUD	24
FACTOR DE CONDICION DE FULTON	25

FACTOR DE CONDICION MULTIPLE	26
TASA DE CRECIMIENTO	27
PORCENTAJE DE GANANCIA EN PESO Y LONGITUD	28
INCREMENTO DIARIO EN PESO Y LONGITUD	28
MORTALIDAD	29
FACTOR DE CONVERSION DEL FERTILIZANTE	30
REPRESENTACION DE CRECIMIENTO MEDIANTE DIAGRAMA DE CAJAS	30
FITOPLANCTON	33
DISCUSION	34
PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS	34
PARAMETROS BIOLOGICOS	37
CONCLUSIONES	43
SUGERENCIAS	45
REFERENCIAS	46

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el crecimiento de *Oreochromis niloticus*, sembrada a una densidad de carga de 6 org/m² en el periodo de mayo a noviembre de 1995, en estanques de concreto con tres divisiones cada uno y dimensiones de 10 m de largo 5 m de ancho y un m de profundidad. Un estanque se fertilizó de manera orgánica (E2) con vacaza a una dosis inicial de 2 ton/ha, que se redujo a 1 ton/ha y otro con fertilizante químico (E1) superfosfato triple a razón de 20 kg./ha y urea a 62 kg./ha con aplicación semanal.

El tipo de crecimiento que se presentó para la tilapia en la división uno (E1D1) y división dos (E1D2) fue de tipo alométrico negativo con ganancia mayor en longitud que en peso, mientras que para el resto de las divisiones, de los dos estanques, se presentó crecimiento alométrico positivo, esto es, mayor crecimiento en peso.

La tasa de crecimiento, el porcentaje de ganancia e incremento diario en peso y longitud tuvieron tendencia a disminuir con respecto al tiempo, el comportamiento del crecimiento de los peces de las divisiones del estanque uno (E1) fue D2>D3>D1 y para estanque dos (E2) D3>D2>D1, se registró la mayor mortalidad en el E1 y en el E2 solo se presentó mortalidad al inicio del cultivo debido a la adaptación de los peces y a factores externos.

Con respecto a la representación de crecimiento mediante diagramas de caja la tendencia tanto en longitud como en peso fue a incrementar, las medianas muestran que el comportamiento fue homogéneo conforme avanzó el cultivo, con casos extremos en algunas divisiones en ambos estanques. De acuerdo con los valores del factor de condición calculados se observó que los peces estuvieron en condiciones adecuadas en ambos estanques.

El factor de conversión del fertilizante mostró una mayor eficiencia en el estanque con fertilización orgánica debido a las tres vías de aprovechamiento del fertilizante, los autótrofos, heterótrofos y los peces en comparación con el que se fertilizó químicamente.

El fitoplancton para el estanque con fertilización química fue de 4.89×10^5 cél/l del cual el 89.17% correspondieron a las clorofíceas y el 10.83% a las cianofíceas, la fertilización orgánica con 7.58×10^6 cél/l, con 94.96% de clorofíceas y 5.03% de cianofíceas. Para los factores físicos y químicos como la temperatura se obtuvo un promedio de 22.4°C para el E1, 22.7°C para E2 mientras que el oxígeno presentó un promedio de 8.9 mg/l (E1) y de 7.0 mg/l (E2) ambos se encontraron dentro de los intervalos adecuados para la especie por lo que no fueron un factor que afectara el crecimiento de los peces.

INTRODUCCION

Debido a su ubicación geográfica México presenta cuatro de los cinco tipos de clima existentes de acuerdo a la temperatura; treinta tipos de vegetación en aproximadamente 100 zonas geoeconómicas y dos zonas biogeográficas (neártica y neotropical) que incluyen 15 provincias bióticas que contienen una gran biodiversidad. Además posee 11 500 km de línea de costa en sus litorales; 1.6 millones de hectáreas de lagunas costeras, 300 000 km² de plataforma continental; 3.3 millones km² de mar patrimonial que incluyen las 200 millas náuticas y 1.3 millones de hectáreas de aguas epicontinentales (Arredondo, 1996), habitados por numerosas especies acuáticas, de las cuales un nutrido número son comestibles y explotadas en forma irracional principalmente para la alimentación de su pueblo (Huet, 1978). Sin embargo, el uso desmedido de estos recursos y el crecimiento desproporcionado de la población humana ha traído como consecuencia la disminución de estas especies, por lo que una de las contribuciones más importantes de la acuicultura es el cultivo de peces que comprende particularmente el control del crecimiento y reproducción de los mismos y que recibe el nombre de piscicultura (Lagler, 1956). Esta se practica en estanques naturales o artificiales, donde se vigila y regula la multiplicación, alimentación y el crecimiento de los peces, así como la puesta en funcionamiento y mantenimiento de estos recintos acuosos, en lugar de dejar a la naturaleza encargarse de esas cuestiones (Huet, 1978).

El cultivo de organismos acuáticos puede ser una contribución importante para la nutrición en muchas partes del mundo, en virtud de su gran productividad, y de que las cosechas que se realizan son principalmente de proteínas. Este se ha convertido en una alternativa alimenticia, debido a que la cantidad de proteína obtenida de la agricultura y ganadería es insuficiente para satisfacer a la población humana, tiene como propósito fundamental elevar los rendimientos pesqueros que permitan mejorar significativamente la relación costo-beneficio para obtener mayor ganancia económica, por lo que recurre a diversos mecanismos que permiten mantener las condiciones óptimas del cultivo acuático: control de la calidad del agua (parámetros físicos y químicos), alimentación balanceada o suplementaria y fertilización en donde básicamente pueden reconocerse dos tipos: la orgánica caracterizada por compuestos de desechos animales (como las excretas de animales de granja) o vegetales y la química o mineral que se compone principalmente de nitrógeno, fósforo y potasio (Arredondo-Figueroa, 1993).

Se debe hacer notar que ciertos organismos acuáticos pueden ser mejores convertidores de alimentos básicos que los rumiantes, aves o incluso puercos, ya que algunos de ellos pueden

alimentarse directamente de plancton, el cual no puede ser utilizado directamente por el hombre (Bardach et al. 1982).

En cuanto a las técnicas de cultivo se conocen el método extensivo, en el cual todas las necesidades nutricionales son cubiertas por fuentes naturales sin intervención del hombre; semiintensivo cuando se incrementa la capacidad de carga del sistema mediante fertilización o alimentación suplementaria e intensivo cuando todas las necesidades nutricionales se atienden con elementos procedentes de fuentes externas (FAO, 1985).

En México se ha incrementado el interés por el cultivo semiintensivo con varias especies y es *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) la especie seleccionada por ser microfaga, aceptar con facilidad alimentos artificiales para dar un factor de conversión de 1.8 Kg de alimento balanceado para producir 1 Kg de pescado (Morales, 1991); además, presenta excelentes características adicionales en su cultivo como son: rápida ganancia en peso, capacidad de convertir eficientemente subproductos agrícolas en proteína de alta calidad (Mainardes- Pinto, et al. 1986), desarrollo rápido e ininterrumpido a temperatura no menor de 18 °C en período invernal, reproducción fácil y abundante (6 a 10 mil crías por año por pareja), resistencia a parásitos y enfermedades, su cultivo no requiere instalaciones costosas (Morales, 1991), amplio espectro adaptativo, aceptación por alimentos baratos (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

La tilapia es cultivada en zonas tropicales y subtropicales donde los intervalos óptimos de temperatura son de 20 a 35 °C (SEPESCA, 1995) a una altitud no mayor de 1 500 msnm. Sin embargo, bajo estas condiciones la especie presenta maduración sexual precoz, como consecuencia sobrepoblación, competencia por el espacio y alimento, lo que ocasiona poca ganancia en talla y peso, bajo crecimiento y se considera como una especie enana (Fryer and lies, 1972; Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986). Esto hace que económicamente no sea rentable provocando que se incremente el interés y trascendencia por cultivarla en temperaturas menores (12°C - 29°C: INEGI, 1993) con altitudes mayores, como el Distrito Federal (2240 msnm), para evitar la reproducción en etapas tempranas y emplear la energía que ocuparía para dicho proceso en el crecimiento y de este modo obtener mayor ganancia en talla y peso haciéndola atractiva para su cultivo

Debido a estas ventajas la F.E.S. Zaragoza ha implementado estanques de cultivo con ésta especie que tiene importancia tanto económica como biológica, puesto que con los estudios que se lleven a cabo se pueden establecer las condiciones para su cultivo en diversos lugares y obtener rendimientos significativos que puedan luego ser extrapolados para su explotación intensiva.

Sin embargo la acuacultura como todas las actividades de carácter agropecuario, es considerada como empresa de alto riesgo, que si bien en algunos sistemas específicos garantiza rentabilidades aceptables, en otros la relación beneficio-costos se encuentra alrededor de los puntos de equilibrio y en otros más nunca se alcanzan niveles de rentabilidad (Kuri Nivón, 1991) debido a la falta de tradición acuícola, la insuficiencia de programas estatales y algunos factores económicos adversos que pueden haber contribuido a trazar el desarrollo de la acuacultura en México (FAO, 1985).

ANTECEDENTES

En México el cultivo de la tilapia se inicia en la década de los 60's con la importación de los primeros ejemplares procedentes de la Universidad de Auburn, Alabama, EUA (Morales, 1991), confinándolos al centro de acuacultura tropical de Temascal, Oaxaca. Las primeras tilapias traídas correspondían a un género y tres especies, *Tilapia melanopleura*, *Tilapia nilotica* y *Tilapia mossambica*, pero debido a las serias dificultades para la identificación de las distintas especies se recurrió a la Doctora Trewavas del Museo Británico de Historia Natural, la que indicó que las especies presentes en México correspondían a *Tilapia rendalli*=*Tilapia melanopleura*; *Sarotherodon mossambicus*=*Tilapia mossambica*; *Sarotherodon aureus*=*Tilapia aurea* y *Sarotherodon niloticus*=*Tilapia nilotica*. Por otro lado Arredondo (1986) cita que: Salvadores (1980) con base a las descripciones de Trewavas (1966), Arredondo (1975) y Lee (1976) colocó a las especies *Sarotherodon* encontradas en la presa "Vicente Guerrero" en el Estado de Guerrero como *Oreochromis*, distribuidas ampliamente en sistemas acuáticos naturales y artificiales en las zonas tropicales, semitropicales y templadas del país, instiluyendo así las primeras acciones de fomento a su cultivo (Ceballos y Velázquez, 1988). Posteriormente en 1978 se importaron de Panamá, las crías de *Oreochromis niloticus*, al mismo centro piscícola (Juárez, 1978; citado por SEPESCA, 1988).

En julio de 1986 nuevamente se hace otra introducción de *Oreochromis niloticus* (ejemplares de color rojo,) procedentes de la Universidad de Sterling, Escocia, depositándose en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN, Unidad Mérida, Yucatán. Una parte de este lote se donó a la Secretaría de Pesca, la que se encargó de repartirla en varios centros, tales como Temascal, Oaxaca; Varejonal, Sinaloa y Zacatepec, Morelos, en donde se obtuvieron las primeras crías. (Anónimo, 1994).

En 1987, el Gobierno de Costa Rica donó 15 individuos de cada una de las siguientes especies; *Oreochromis urolepis homorum* y *Oreochromis mossambicus*, *Tilapia rendalli*, así como 15 híbridos provenientes de la cruce de estas dos últimas especies, las que a fines del mismo año fueron enviadas al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca (Anónimo, 1994).

Su adaptación en nuestro país ha sido amplia y esto hace que actualmente las tilapias se encuentren en la mayoría de los cuerpos de agua de México, que se localizan en las zonas tropicales como los estados de Oaxaca, Tabasco, Chiapas, Michoacán, Veracruz y Sinaloa (Ceballos, y Velazquez, 1988)

A partir de la introducción de los diferentes ejemplares se han llevado a cabo los siguientes estudios:

Soderberg (1990), realizó estudios del efecto de la temperatura sobre el crecimiento de la tilapia azul (*Oreochromis aureus*) obteniendo aumentos en talla entre 0.1 y 0.5 mm/día en rangos de temperatura entre 20 y 30 °C.

En cuanto a la fertilización química y orgánica se tiene que: Arredondo-Figueroa, (1993) cita a: Schroeder (1974, 1975), quien encontró que los organismos omnívoros bentónicos como las carpas crecen del 25 al 100% más rápido en estanques fertilizados comparándolos con los no fertilizados

Schroeder *et al.* (1980), citado en Arredondo-Figueroa (1993) demostraron que las excretas de vaca tienen niveles de proteína cruda (N x 6.25) que fluctúan entre el 10 y el 15% del peso seco, del cual menos del 1% es digerible por la pepsina, por lo que concluyó que generalmente todo el nitrógeno contenido en las excretas se encontraba en forma de fracción no digerible, como el ácido úrico.

Mainardes-Pinto, *et al.* (1986), realizaron un estudio comparativo del crecimiento de machos y hembras de *O. niloticus* y machos híbridos (*O. homorum* X *O. niloticus*) dirigido a evaluar las relaciones morfométricas y la variación del factor de condición. Los resultados mostraron que los híbridos machos presentaron un mayor factor de condición que los machos y hembras de *O. niloticus*; en cuanto a las relaciones morfométricas se tiene que el tamaño de la cabeza y la altura del cuerpo se encuentran lineal y directamente relacionados con el tamaño total del cuerpo.

Green (1989), utilizó fertilización química (Superfosfato triple, 62.6 Kg/ha/semana y urea 30.6 Kg/ha/semana) y orgánica (Gallinaza 500 Kg de sólidos totales/ha/semana) y cultivo *Oreochromis niloticus*. Encontró que el peso fue significativamente superior con el fertilizante orgánico, pero en cuanto al crecimiento aparentemente no hubo diferencias significativas.

Knud-Hansen y Balterson (1994), realizaron estudios sobre la frecuencia de fertilización en la producción de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*); utilizaron tratamientos con cinco frecuencias diferentes; diario, una vez por semana, dos veces por semana, cada dos semanas y cada tres semanas. Todos los estanques recibieron un promedio de 28 Kg/ha/semana de urea, nitrógeno 0.4 g N/m²/día, superfosfato triple 45 %, adicionados para dar una relación N:P de 4:1. Encontraron que no hubo relación entre la frecuencia de fertilización y el rendimiento de la producción de peces o la productividad primaria neta. Sin embargo, la correlación entre la productividad neta y el rendimiento de peces fue grande, por lo que se vio que las tazas de urea y superfosfato triple usadas (4:1) fueron las adecuadas, basadas en la productividad y rendimiento obtenido.

Diana *et al.* (1991), realizaron trabajos para incrementar la productividad en estanques, para lo que utilizaron tres diferentes dosis de fertilización; una baja con fertilizante inorgánico (0.12 Kg/ha de superfosfato triple), uno más con dosis altas de fertilizante orgánico (71.4 Kg/ha de gallinaza) y la última con dosis altas de fertilizante inorgánico (14.3 Kg/ha de superfosfato triple y urea). Se encontró que a dosis altas se elevó la productividad primaria y la producción de peces en comparación con las dosis bajas; sin embargo, el crecimiento de los peces fue mayor en el estanque con fertilizante orgánico debido a los hábitos alimenticios de los peces.

Flores (1994), realizó estudios en la F.E.S. ZARAGOZA para evaluar el crecimiento de *Oreochromis niloticus* con fertilización inorgánica y orgánica así como el factor de condición y algunos parámetros físicos y químicos en estanques de concreto. Encontró que el tipo de crecimiento para la población fue alométrico negativo para los peces de ambos sistemas, no encontró diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, la tasa de crecimiento instantáneo mostró que el tratamiento orgánico presentó mayor ganancia en peso que el inorgánico; en cuanto al factor de conversión del fertilizante fue mayor en el estanque fertilizado de forma orgánica y observó que el factor de condición en el tratamiento inorgánico fue mayor en comparación con el orgánico.

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el crecimiento de *Oreochromis niloticus* bajo dos sistemas de fertilización: orgánica (vacaza) y química (superfosfato triple + urea) y su relación con los factores ambientales.

OBJETIVOS PARTICULARES

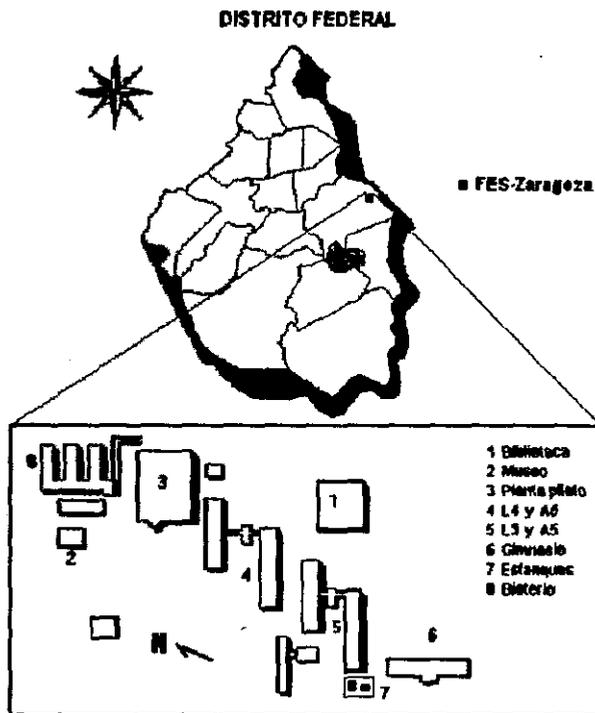
Determinar el crecimiento de *Oreochromis niloticus* con base al análisis de:

- Tasa de crecimiento instantáneo.
- Relación peso total - longitud patrón.
- Factor de condición de Fulton y múltiple.
- Incremento de talla y peso mediante diagramas de caja.
- Obtener el factor de conversión del fertilizante, para cada estanque.
- Estimar la tasa de mortalidad natural mensual y total para cada tipo de fertilización.
- Evaluar la composición y variación de fitoplancton presente en cada estanque de acuerdo al tipo de fertilizante y relacionarlo con el crecimiento de la especie.
- Analizar los parámetros físicos y químicos del agua y su influencia en el comportamiento del crecimiento en peso y talla para la especie en estudio.

AREA DE ESTUDIO

Este proyecto se realizó en las instalaciones de la F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M.

El clima presente en esta zona de acuerdo con la clasificación de Köppen modificado por García (1978) es C(Wo) (W) b(i); templado subhúmedo 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).



MATERIAL Y METODOS

El cultivo se inició en mayo de 1995 en dos estanques (concreto) de 50 m² y 1 m de profundidad, con tres divisiones en cada uno. Se encalaron a razón de 1 ton/ha; posteriormente se lavaron con agua para retirar el exceso e inmediatamente se inundaron a 0.20 m; se inició la fertilización de ambos, uno con vacaza (orgánico) con dosis inicial de 2 ton/ha, reduciéndola a 1 ton/ha con aplicación semanal y el otro con superfosfato triple a razón de 20 Kg/ha y urea 62 kg/ha. Después de la fertilización inicial se dejaron fermentar 15 días y se llenaron los estanques a 0.80 m de profundidad; a partir de éste momento se realizó un ciclo nictimeral para determinar oxígeno disuelto cada hora (por el método de Winkler modificado por la azida de sodio) y temperatura (con termómetro de $\pm 1^{\circ}\text{C}$), para conocer si las condiciones del agua eran las adecuadas para la introducción. Posteriormente se procedió a la siembra de los organismos con una densidad de carga de 6 org/m² más un excedente del 10 % para considerar la mortalidad a la que podría estar sujeta el cultivo. La longitud patrón y peso promedio de introducción fue: para la división 1 (D1) de 3.5 a 4.8 cm y 1.5 g; división 2 (D2) de 2.4 a 3.5 cm y 0.7 g y para la división 3 (D3) de 1.7 a 3.4 cm y 0.4 g, para ambos estanques. Se tomó la longitud total y longitud patrón con un ictiómetro de 0.001 m de precisión y el peso de los organismos con una balanza de 0.1 g de precisión antes de la siembra, posteriormente se tomaron los siguientes parámetros físicos, químicos y biológicos en horario matutino (10:00 h.) y vespertino (16:00 h.).

Parámetros físicos y químicos

Diariamente se evaluó:

- Temperatura: con un termómetro con una precisión de 0.1 °C
- Oxígeno disuelto: Método de Winkler modificado por la azida de sodio (Contreras, 1984)
- pH: Con un potenciómetro marca Coming
- Visibilidad al disco de Secchi

Semanalmente se estimó:

- Fósforo en forma de:

Fósforo total: Por el método colorimétrico del ácido vanadomolibdofosfórico (SARH, 1982)

Ortofosfatos: Por el método del cloruro estanoso como agente reductor (APHA, 1992)

- Nitrógeno en forma de amonio por el método del ácido fenoldisulfónico (APHA, 1992)

Quincenalmente se valoró:

- Alcalinidad a la fenoftaleína y al anaranjado de metilo por el método volumétrico (APHA, 1992).

- Dureza total y de calcio por el método complejométrico (APHA, 1992).

Parámetros Biológicos:

Fitoplácton:

Se tomó una muestra de agua de los estanques a nivel superficial (0.20 m) y fondo (0.60 m) con una botella Van Dom de dos litros de capacidad y se llenó una botella de polietileno de 100 ml a la que se le adicionó acetato de lugol; de ahí se obtuvo una porción de 1 ml que se colocó en una cámara de sedimentación para posteriormente observarla en el microscopio invertido para determinar composición y cantidad de fitoplancton presente en cada estanque (Schwoerbel, 1975). Los organismos se determinaron a nivel específico posible por medio de las referencias de Ortega (1984) y Needham y Needham (1972).

Peces:

Mensualmente se obtuvo una muestra del 20% de la población de peces de cada una de las divisiones de ambos estanques, con una red de 7 m de largo por 1.5 m de alto y luz de malla de 0.001m y a cada uno se les tomó la siguiente biometría: altura (A), longitud total (Lt) y longitud patrón (Lp) con un icliómetro convencional de 0.001 m de precisión y el peso total con una balanza de 0.1 g de precisión.

Con los datos obtenidos mensualmente se obtuvo la relación peso total-longitud patrón a partir de la siguiente ecuación:

$$P_t = a L_p^b$$

donde:

P_t = Peso total.

L_p = Longitud patrón.

a y b = Constantes.

A la ecuación anterior se le realizó una transformación logarítmica y por medio del método de mínimos cuadrados se obtuvieron las constantes a y b . A esta última se le aplicó la prueba de *t-student* ($p < 0.05$) para determinar si era igual (isometría) o diferente (alometría) de 3.

Mediante el empleo de la técnica de diagrama de cajas (Salgado-Ugarte, 1992) se observó el crecimiento de los peces en peso total y longitud patrón a través del tiempo para cada uno de los estanques.

Se determinó la tasa de crecimiento instantáneo definida como el crecimiento en peso o en longitud ganado por el organismo en un tiempo determinado, la cual se expresó de la siguiente manera (Ricker, 1968):

$$G = \frac{(\ln P_t - \ln P_0)}{(T_t - T_0)}$$

donde:

G = Tasa de crecimiento.

P_t = Peso del mes final.

P_0 = Peso del mes inicial.

T_t = Tiempo final.

T_0 = Tiempo inicial.

Se obtuvo posteriormente el incremento en peso y talla por día (gr/día) para lo que se utilizó la fórmula propuesta por Ricker (1968):

$$gr \text{ o } cm = \frac{Y_t - Y_i}{T_t - T_i}$$

donde:

gr = gramos

cm= centímetros

Y_i = Peso inicial en g.

Y_f = Peso final en g.

T_i = Tiempo inicial en días.

T_f = Tiempo final en días.

El factor de condición de Fulton (Nikolsky, 1976) está basado en la relación que guarda la longitud total o patrón del pez con su peso y explica fundamentalmente el grado de bienestar en relación con el cambio de corpulencia durante su vida en términos numéricos, ésta puede ser grande o pequeña, progresiva o cíclica relacionada directamente con su crecimiento y/o madurez sexual. Como las proporciones somáticas permanecen constantes durante su crecimiento, se ha propuesto la fórmula de Ricker (1958; citada por Weatherley and Gill, 1987) la cual propone utilizar L^b donde "b" es la pendiente de la regresión peso-longitud, por lo que la fórmula queda como sigue:

$$K = \frac{P}{Lp^b} * 100$$

donde:

K = factor de condición de Fulton.

P = peso.

Lp = longitud patrón.

b = valor de la pendiente de la relación peso-longitud.

Sin embargo, al quedar las poblaciones libres en cuerpos de agua con poco o sin control, los animales tienden a hacerse proporcionalmente más largos, se incrementa el tamaño de la cabeza, lo que trae como consecuencia un producto con menos carne por unidad de peso y un incremento en el esfuerzo para alcanzar mayor cantidad de carne, lo que hace inadecuada la estimación de K, ya que podemos tener diferentes combinaciones como peces largos gordos, peces cortos gordos, peces largos flacos, peces cortos flacos, y no se puede valorar si el animal esta gordo o alto por ejemplo (Kuri- Nivon, 1980). De aquí que también se propone calcular el factor de condición múltiple que considera la altura del organismo:

$$Km = \frac{P}{L^b A^c} * 100$$

donde:

Km = Factor de condición múltiple

P = Peso en gramos

L = Longitud en cm.

A = Altura en cm.

b y **c** = pendientes de la regresión múltiple peso-longitud-altura
en donde **b** es la pendiente de la longitud y **c** la de la altura

Para el empleo de éste factor primeramente se aplicó una regresión múltiple del peso total, contra la longitud patrón y altura mediante la siguiente expresión:

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

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 obtenidos éstos valores se estimó el factor de condición múltiple para cada uno de los peces por división y estanque, lo que nos dará una idea del grado de bienestar de los organismos en su ambiente.

Factor de conversión del fertilizante

Cuando se manejan fertilizantes orgánicos con una población omnívora, parte del fertilizante es aprovechado directamente por los organismos y el resto es utilizado en la producción primaria del medio que indirectamente contribuye a la alimentación de los omnívoros. Con lo anterior se puede considerar que el fertilizante químico en poblaciones omnívoras sólo constituirá una fuente alimenticia que sería enfocada hacia la producción primaria. Así el factor de conversión indica la eficiencia del fertilizante con respecto a éstas vías de alimentación, es decir, la cantidad de fertilizante que realmente es utilizado por el organismo y transformado finalmente en biomasa y su importancia radica principalmente en elegir una estrategia de alimentación conveniente al cultivo (Kuri-Nivon, 1980). El factor de conversión del fertilizante se tomó de acuerdo con la fórmula propuesta por Kuri-Nivon, (1980):

$$FCF = \frac{\text{Cantidad de fertilizante suministrado en Kg.}}{\text{Incremento en peso de la población}}$$

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 como los que desaparecen de la población. La tasa cruda de mortalidad esta dada por el cociente entre el número total de muertos durante una unidad de tiempo y el tamaño total de la población, por lo que se propone la siguiente fórmula (Rabinovich, 1980):

$$Mc = \frac{No - Nt}{No}$$

donde:

Mc = Tasa cruda de mortalidad.

No = Número total de la población al comienzo de la unidad de tiempo.

Nt = Número total de individuos todavía vivos al final de dicha unidad de tiempo.

Porcentaje de ganancia en peso y longitud patrón:

Se obtuvo el porcentaje de ganancia en peso mediante la fórmula propuesta por Teshima (1978; citado en Figueroa, 1991):

$$Pg\% = \frac{Pt - Po}{Po} * 100$$

Donde:

Po = Peso inicial en g.

Pt = Peso final en g.

Para el porcentaje de ganancia en longitud patrón se sustituye el peso por la longitud patrón y se emplea la misma formula.

A los datos obtenidos de los factores físicos, químicos y biológicos se les aplicó una prueba de normalidad (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$) y de homocedasticidad (Barlett, $p < 0.05$) y de acuerdo al resultado se aplicó el ANOVA de una vía de clasificación (comportamiento paramétrico) o la prueba de *t*-student o Kruskal-Wallis (no paramétrico) para analizar su variabilidad a través del tiempo.

RESULTADOS

Factores físicos y químicos

Temperatura ambiente

Este parámetro presentó una tendencia a la disminución conforme avanzó el cultivo (Figura 1), se registró un mínimo de 18.6 °C en noviembre, máximo de 23.8 °C en mayo y promedio de 22 °C para las 10:00 h. Cuando el muestreo se realizó a las 16:00 h, el máximo (28.3 °C) se registró en mayo, el mínimo (24.1 °C) en noviembre con promedio de 25.9 °C. Al aplicar una prueba Kruskal-Wallis se encontraron diferencias significativas entre las horas de muestreo ($p < 0.05$).

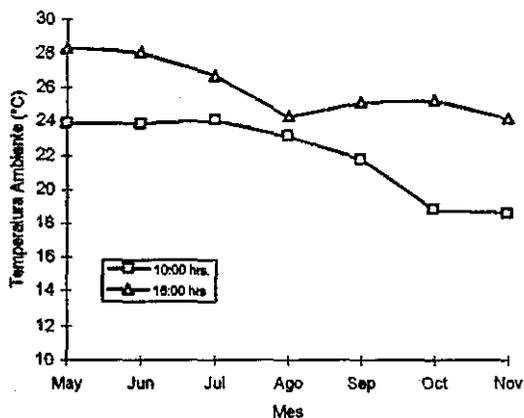


Figura 1 Comportamiento de la temperatura ambiental durante el periodo de cultivo

Temperatura del agua

En ambos estanques (E1 = estanque con fertilización química; E2 = estanque con fertilización orgánica) el valor mínimo de temperatura se registró en octubre (17 °C y 19 °C) y el máximo en mayo con 27.0 y 26.6 °C respectivamente. Asimismo, el promedio fue de 22.4 °C para E1 y 22.7 °C para E2. A pesar que las muestras de agua se tomaron a las 10:00 h, no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre superficie (0.20 m) y fondo (0.60 m) para los dos estanques (Kruskal-Wallis $p < 0.05$); en cambio a las 16:00 h se observaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre ambos niveles. La tendencia de este factor fue de disminuir conforme avanzó el estudio (Figura 2).

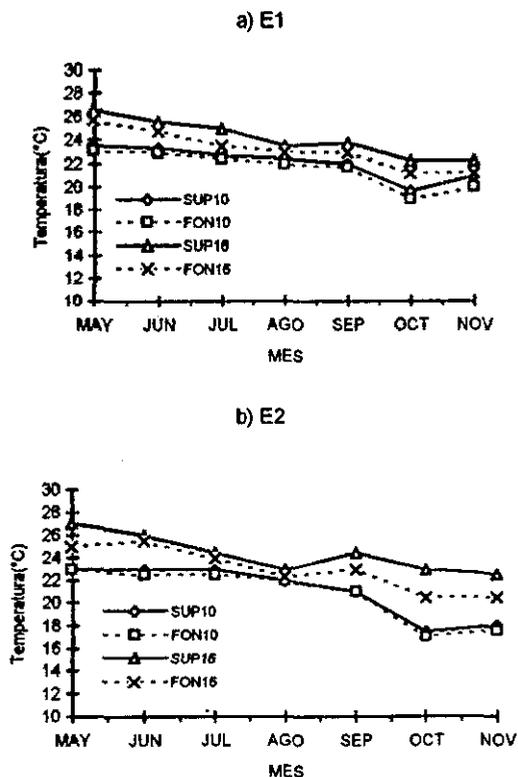


Figura 2. Comportamiento de la temperatura del agua: a) estanque con fertilización química (E1) y b) estanque con fertilización orgánica (E2)

Oxígeno disuelto.

La tendencia general de este factor en E1 fue de incrementar conforme avanzaba el estudio hasta el mes de septiembre y posteriormente disminuir; mientras que en E2 hubo incremento desde el inicio hasta el final del cultivo. El valor mínimo de oxígeno disuelto en E1 se registró en noviembre (3.45 mg/l) y para E2 en mayo (3.70 mg/l), con máximos de 14.11mg/l en septiembre (E1) y 15mg/l en noviembre (E2). Los promedios fueron de 8.9 mg/l (E1) y de 7.0 mg/l (E2); no se encontró diferencias estadísticas significativas entre niveles (Kruskal-Wallis $p < 0.05$), pero sí entre los diferentes tipos de fertilización ($p < 0.05$) (Figura 3).

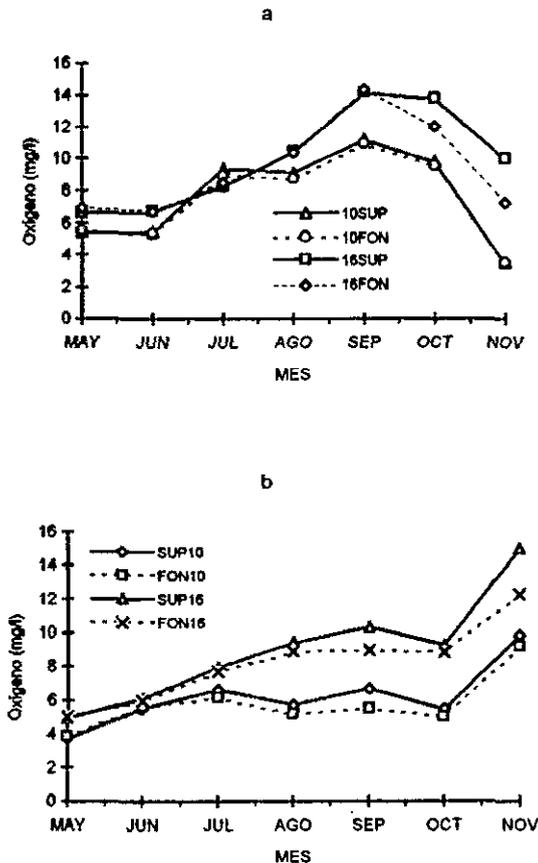


Figura 3. Comportamiento del Oxígeno disuelto para: a) estanque con fertilización química y b) estanque con fertilización orgánica

pH

Los valores de pH mostraron oscilaciones con tendencia hacia la basicidad entre julio (8.7) y septiembre (9.7) para E1, mientras que en E2, el mínimo se registró en agosto (8.4) y el máximo en mayo (9.4). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre la hora de muestreo y entre los niveles de cada estanque (Kruskal-Wallis $p < 0.05$). Asimismo, no se detectaron diferencias entre los tipos de fertilización ($p < 0.05$) (Figura 4)

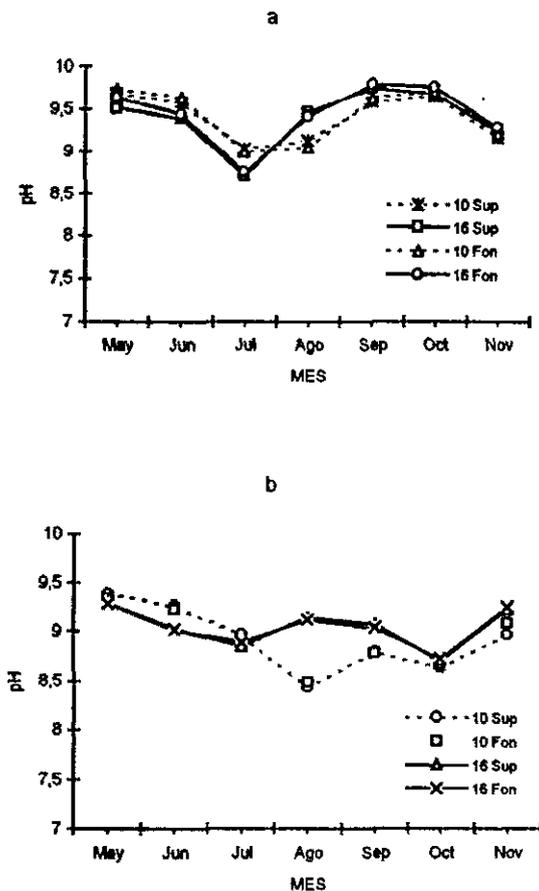


Figura 4. Comportamiento de pH: a) estanque con fertilización química y b) estanque con fertilización orgánica.

Visibilidad al disco de Secchi

Este factor presentó diferencias estadísticas entre ambos estanques (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) con un promedio de 51.6 cm para E1 y 44.1 cm para E2; el valor mínimo para ambos estanques se registró en noviembre (E1: 22 cm y E2: 20.2 cm) y el máximo en agosto para E1 (74.2 cm) y en Mayo para E2 (62.6 cm) (Figura. 5). En ambos estanques se inició el cultivo con valores elevados de visibilidad (en función de la máxima profundidad que era de 90 cm) con tendencia a la reducción a partir de Mayo (E2) y de Agosto (E1).

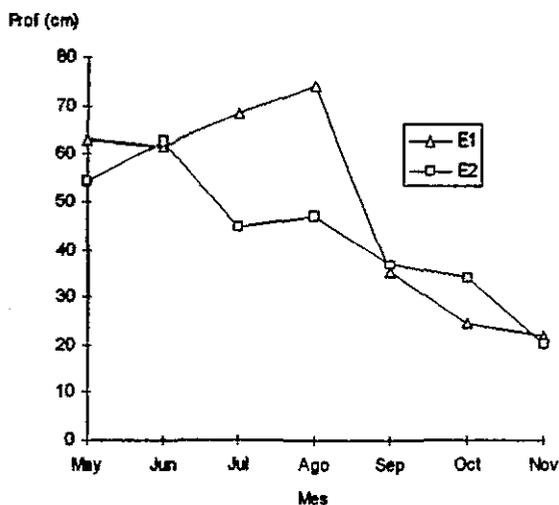


Figura 5. Variación de la visibilidad al disco de Secchi durante el período de cultivo

Fósforo Total y Ortofosfatos

De acuerdo con los datos de fósforo total no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los niveles de los estanques (Kruskal-Wallis $p < 0.05$). El valor mínimo para ambos estanques se registró en septiembre (E1: 0.21 mg/l y E2: 0.54 mg/l); el máximo en mayo (E1: 0.46 mg/l y E2: 0.84 mg/l) con un promedio de 0.32 mg/l en E1 y de 0.69 mg/l en E2. Sin embargo, entre los diferentes tipos de fertilización existieron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) (Figura 6). Ambos estanques presentaron el mismo comportamiento con tendencia a la reducción de mayo a septiembre y posteriormente aumentó hacia el final del estudio (Noviembre).

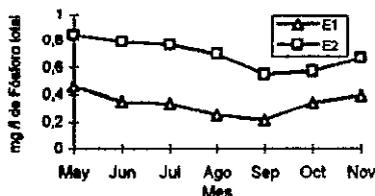


Figura 6. Comportamiento del fósforo total para ambos tipos de fertilización.

Para el fósforo en forma de ortofosfatos no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre superficie y fondo para ambos tipos de fertilización (Kruskal-Wallis $p < 0.05$), la concentración mínima para E1 se presentó en noviembre (0.038 mg/l) y la máxima en julio (0.26 mg/l) con promedio de (0.14 mg/l). Con respecto al E2 se registró el mínimo en noviembre (0.014 mg/l) con un máximo en junio (0.6803 mg/l) y promedio de (0.40 mg/l). Entre los tipos de fertilización no hubo diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) (Figura 7). En E1 se observó un aumento desde el inicio del cultivo hasta julio para posteriormente disminuir conforme avanzó el estudio. En cambio el E2, presentó un comportamiento diferente al inicio del estudio para posteriormente decrecer a partir de agosto.

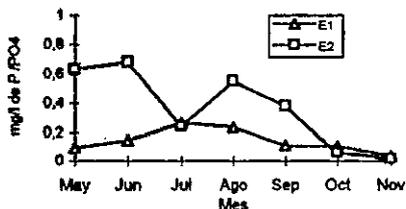


Figura 7. Comportamiento de ortofosfatos para ambos tipos de fertilización

Nitrógeno

Para el nitrógeno en forma de nitratos no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre niveles y tipos de fertilización (Kruskal-Wallis $p < 0.05$). Se registró un máximo en julio E1 (0.077 mg/l), E2 (0.16 mg/l), y un mínimo en septiembre (0.02 mg/l) para ambos estanques, con promedios de 0.036 mg/l para el estanque con fertilización química y 0.055 mg/l para la fertilización orgánica (Figura 8). Este factor no se registró en mayo debido a que en ese mes se inició la fertilización de ambos estanques.

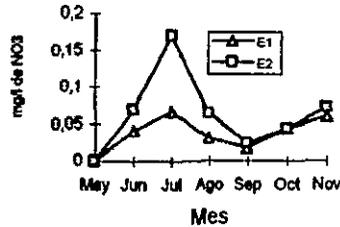


Figura 8. Concentración de Nitratos para ambos tipos de fertilización

El nitrógeno en forma de nitritos no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre niveles de ambos estanques (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) y tampoco para tipos de fertilización ($p < 0.05$). Se registró un mínimo en noviembre para E2 (0.0007 mg/l) y en junio para E1 (0.001 mg/l), con un máximo (0.002 mg/l) en agosto para los dos estanques, con promedio para el E1 de 0.0012 mg/l y 0.0011 mg/l para E2.

Al analizar el nitrógeno en forma de amonio no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre niveles de ambos estanques (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) y tampoco entre tipos de fertilización ($p < 0.05$). Este factor no se detectó en mayo, junio y septiembre, el máximo se registró en julio para E1 (0.09 mg/l) y en noviembre para E2 (0.065 mg/l). Se obtuvo un promedio de 0.032 mg/l para E1 y de 0.018 mg/l para E2 (Figura 9).

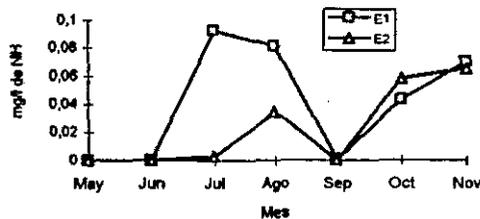


Figura 9. Concentración de amonio para ambos tipos de fertilización

Alcalinidad

La alcalinidad total permaneció constante durante el estudio aunque con ligeras fluctuaciones, no se detectaron diferencias estadísticas significativas para cada uno de los estanques (Kruskal-Wallis $p < 0.05$). El valor mínimo para E1 fue de 192 mg/l en octubre y para E2 de 244 mg/l en noviembre. El valor máximo en E1 fue de 216.7 mg/l en mayo y de 289.5 mg/l para E2 en octubre (Figura 10). El E2 siempre presentó mayores valores que E1, posiblemente debido al tipo de fertilización.

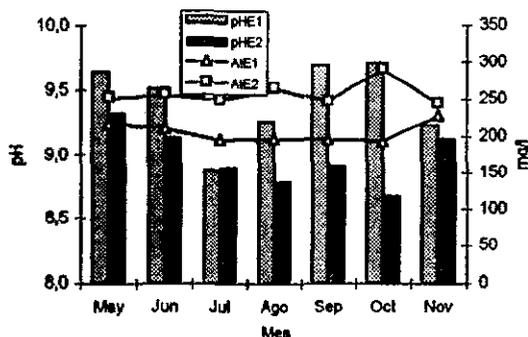


Figura 10. Variación de la alcalinidad total y pH para ambos tipos de fertilización

Dureza Total

La tendencia general del parámetro es de aumentar conforme transcurre el estudio; se presentó el mínimo en julio para ambos tipos de fertilización (64.86 mg/l para E1 y 173.87 mg/l para E2) con un máximo en octubre para E1 (165.76 mg/l) y en noviembre para E2 (288.28 mg/l). No se presentaron diferencias estadísticas significativas entre niveles de ambos estanques (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$); sin embargo, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tipos de fertilizantes ($p < 0.05$), esto apoyado en los valores promedios de E1 (118.01 mg/l) y E2 (227.92 mg/l) (Figura 11). Al igual que la alcalinidad, este parámetro fue más alto para E2 que para E1.

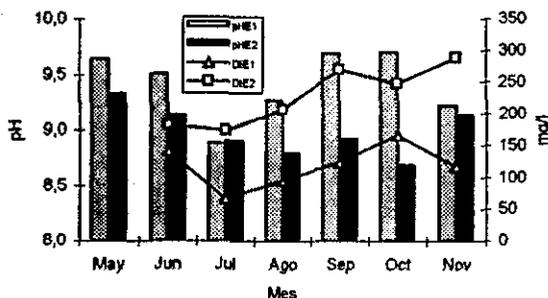
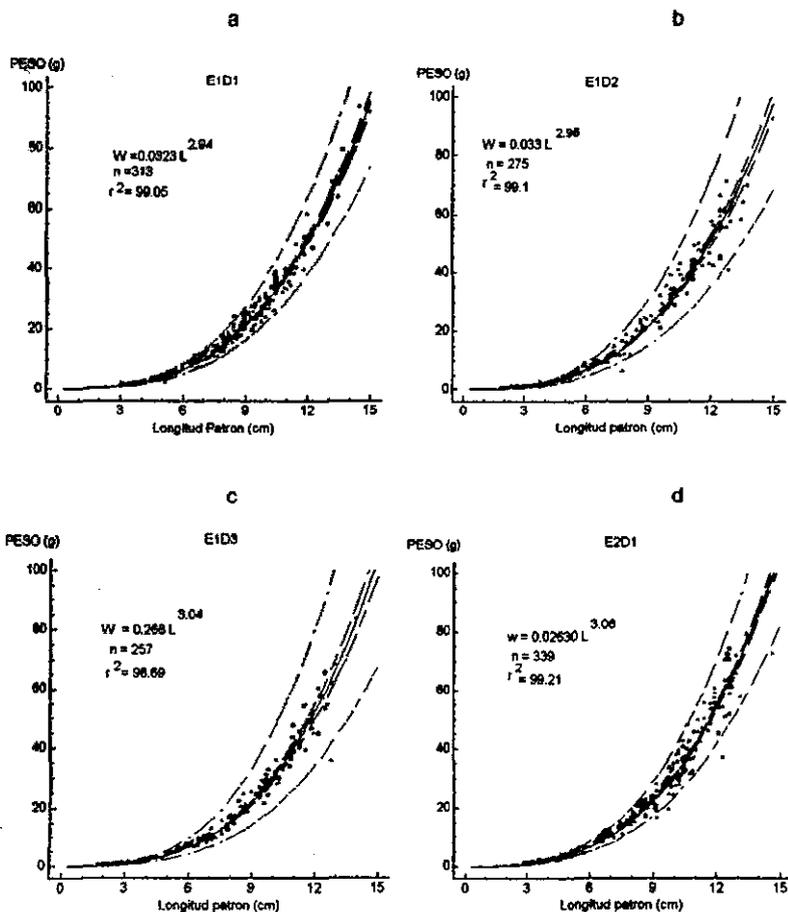


Figura 11. Variación de la dureza total y pH para ambos tipos de fertilización

Parámetros Biológicos

Relación peso-Longitud patrón

El tipo de crecimiento que se registró para E1D1(división uno) y E1D2 (división dos) fue de tipo alométrico negativo (*t*-student, $p < 0.05$), esto es, el crecimiento de los peces es mayor en longitud que en peso; mientras que E1D3 y las tres divisiones del estanque 2 (D1, D2 y D3) se observó un crecimiento alométrico positivo (*t*-student, $p < 0.05$) que se manifestó por un incremento mayor en peso que en longitud. Se aplicó una prueba *t*-student y no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los valores de pendiente de las divisiones ($p < 0.05$) y los estanques ($p < 0.12$). El gráfico de la relación peso-longitud de cada división se representa en la figura 12.



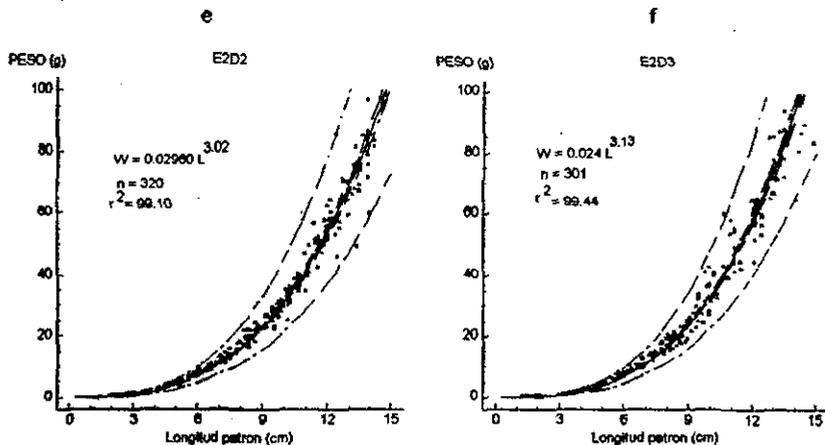
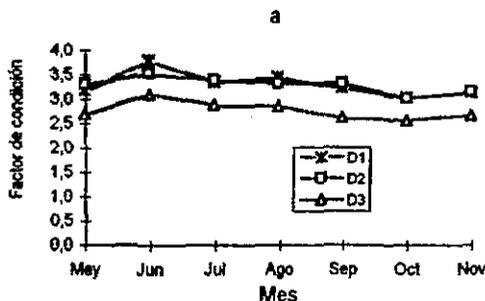


Figura 12. Relación peso total-longitud patrón para: a,b y c estanque con fertilización química; d,e y f estanque con fertilización orgánica

Factor de Condición de Fulton

Este factor presentó tendencias similares en ambos tipos de fertilización; sin embargo, se observaron diferencias significativas de la condición entre los tipos de fertilización (Kruskal-Wallis; $p < 0.05$), así como entre las divisiones del E1 ($p < 0.05$) y del E2 ($p < 0.05$). El máximo para ambos estanques se presentó en junio y el mínimo en octubre (Figura 13) en función de la temperatura del agua y por lo tanto del ambiente. La tendencia general en ambos estanques fue de disminuir paulatinamente (aunque se mantuvo casi en el mismo intervalo) conforme avanzaba el cultivo y los peces seguían creciendo. De manera general la D3 siempre presentó valores menores a las otras dos divisiones debido posiblemente a la talla de introducción de los peces.



b)

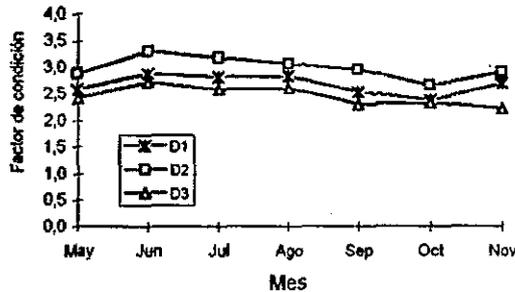
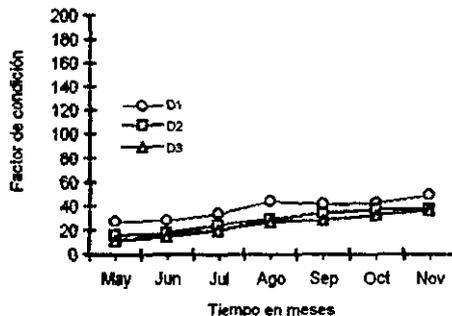


Figura. 13 Factor de condición de Fulton: a) estanque con fertilización química, b) estanque con fertilización orgánica.

Factor de condición múltiple (Km)

Para este factor se tiene que los valores representan una buena condición en general de los animales para los dos tipos de fertilización, en E1D1 se presentó el valor máximo de condición (50.3) en noviembre y en E1D3 se registró el valor mínimo (11.29) en mayo, con promedio de 30.45 para todo el estanque; contrario a este comportamiento en E2D3 se encontró un valor máximo (189.59) en octubre y un mínimo (13.90) en mayo, con un promedio de 57.66 para dicho estanque. Se encontraron diferencias estadísticas significativas al comparar las divisiones (E1D1-E1D3, Kruskal-Wallis $p < 0.05$; E2D1-E2D2, E2D1-E2D3 $p < 0.05$), pero no entre E1D1-E1D2 ($p < 0.05$); E1D2-E1D3 ($p < 0.05$) y E2D2-E2D3 ($p < 0.05$) (Figura 14). En esta misma figura se denota mayor variabilidad del factor de condición para el estanque 2 en comparación al estanque 1. Asimismo, la tendencia de este factor fue de incrementar a través del periodo de estudio.

a)



b)

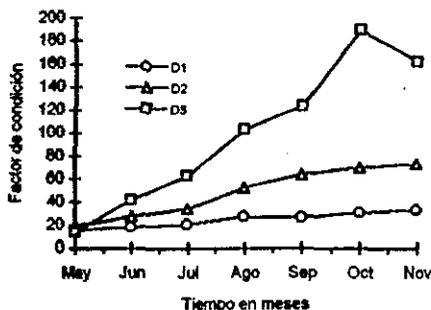


Fig. 14 Factor de condición múltiple: a) estanque con fertilización química, b) estanque con fertilización orgánica.

Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento en peso y longitud presentó tendencia a disminuir con respecto al tiempo, se observaron los valores mínimos en octubre y sus máximos en mayo para ambos estanques.

Con respecto a la tasa de crecimiento en peso total se encontró en octubre un mínimo de 0.16 g/día para E1 y de 0.0001 g/día en E2; en mayo se registró un máximo de 1.82 g/día para E1 y de 2.65 g/día en E2. Se obtuvo un promedio de 0.63 g/día para E1 y 0.76 g/día en E2 (Figura 15). No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las divisiones de ambos estanques (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) y entre tipos de fertilización ($p < 0.05$).

Para la tasa de crecimiento en longitud patrón se registró en octubre el mínimo para ambos estanques (0.045 cm/día E1 y 0.0 cm/día E2), y máximo en mayo de 0.517 cm/día E1 y de 0.821 cm/día E2; con promedio de 0.20 cm/día en E1 y 0.24 cm/día en E2 (Figura 15). No se registraron diferencias estadísticas significativas entre la tasa de crecimiento de los peces de las divisiones de ambos estanques ($p < 0.05$). Asimismo, no se detectaron diferencias de las tasas entre los tipos de fertilización (Kruskal-Wallis $p < 0.05$).

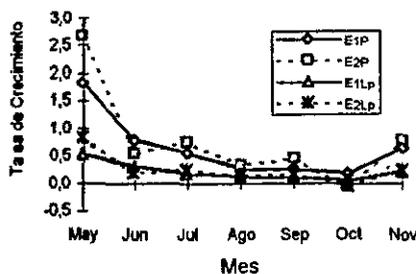


Figura 15. Tasa de crecimiento en longitud y peso para los peces sometidos a dos tipos de fertilización

Porcentaje de ganancia

El porcentaje de ganancia en peso para los peces del E1 incrementó de la siguiente manera: $D2 < D3 < D1$ y para E2 $D3 < D2 < D1$, con mínimos en octubre y máximos en mayo. Se observó un mínimo para E1 de 18.57% y nada de ganancia para E2, la ganancia máxima para E1 fue de 535.17% y 1971.02% en E2; el promedio para E1 fue de 135.16% y 373.53% en E2. No hubo diferencias estadísticas significativas entre divisiones (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) y tampoco entre tipos de fertilización ($p < 0.74$) (Figura 16).

El porcentaje de ganancia en longitud patrón tuvo un comportamiento similar al peso total en los dos estanques con un mínimo de 4.65% para E1, sin ganancia para E2; con un máximo de 68.11% en E1 y 136.84% en E2; promedio de 25.01% en E1 y 35.25% en E2. No hubo diferencias estadísticas significativas entre divisiones, ni entre tipos de fertilización ($p < 0.05$).

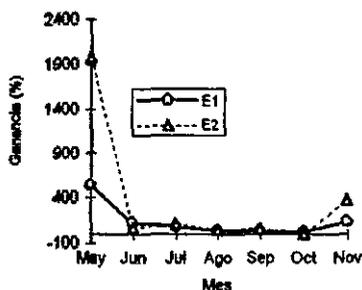


Figura 16. Porcentaje de ganancia en peso para las tilapias mantenidas en dos tipos de fertilización

Incremento diario

Para el crecimiento diario en peso (g/día) y longitud (cm/día) se observó un comportamiento similar a la tasa de crecimiento y al porcentaje de ganancia en peso y longitud, con un mínimo para E1 de 0.005 (g/día) y 0.001 (cm/día), nulo incremento en E2 durante octubre, un máximo en E1 de 0.059 (g/día) y 0.017 (cm/día), E2 de 0.017 (g/día) y 0.026 (cm/día) en mayo, con un promedio de 0.020 (g/día), 0.0067 (cm/día) para E1 y 0.024 (g/día), 0.008 (cm/día) en E2. No hubo diferencias estadísticas significativas entre las divisiones por estanque y entre los tipos de fertilización (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) (Figura 17).

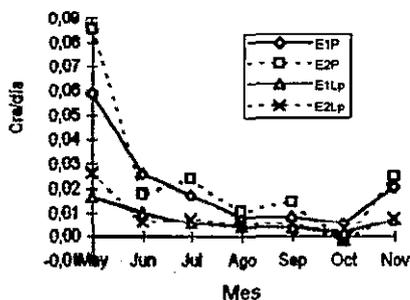


Figura. 17 Crecimiento por día en peso y en longitud patrón para *O. niloticus* sometidos a dos tipos de fertilización

Mortalidad

Se registró mayor mortalidad en E1 que en E2; la división uno (D1) de E1 presentó la mayor tasa durante septiembre debido a la aparición de un hongo (posiblemente *Saprolegnia* sp). E2 sólo se registró mortalidad al inicio del cultivo, posiblemente por la adaptación de los animales a las condiciones ambientales del estanque (Tabla 1), aunque ésta no fue del más del 10% para cada división.

	% Mortalidad para el estanque con fertilización química			% Mortalidad para el estanque con fertilización orgánica		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Mayo	1.8	0.9	0.0	7.2	4.5	0.0
Junio	3.6	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
Septiembre	20	8.1	10	0.0	0.0	0.0
Octubre	6.3	1.8	4.5	0.0	0.0	0.0
Noviembre	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total/División	31.7	15.3	15.4	7.2	4.5	0.0
Total/Estanque	22.2			3.9		

Tabla 1. Variación de la mortalidad total para ambos tipos de fertilización

Factor de conversión del fertilizante

El mínimo para E1 fue de 0.409 en septiembre y para E2 de 1.2 en octubre; el valor máximo en E1 fue de 2.76 en octubre y de 18.35 en mayo en E2 con un promedio para E1 de 1.13 y para E2 de 11.28. con diferencias estadísticas significativas (Kruskal-Wallis $p < 0.05$) entre los tipos de fertilizante (Figura 18). La tendencia del factor de conversión del fertilizante fue que la fertilización orgánica durante casi todo el estudio fue siempre mayor que la química a excepción de octubre. El factor de conversión total para este factor en el tiempo de muestreo para E1 fue de 2.92 y para E2 de 2.39

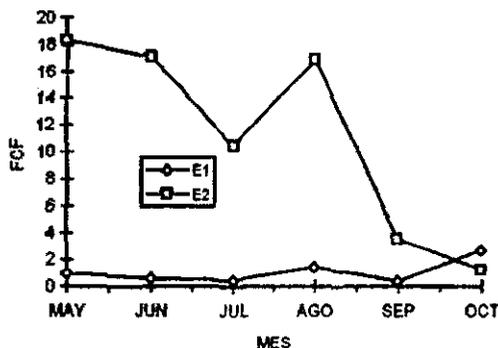


Figura 18 Factor de conversión del fertilizante para ambos estanques E1= fertilización química y E2= fertilización orgánica

Representación del crecimiento mediante diagramas de caja

De acuerdo con el crecimiento en longitud patrón y conforme a la información que proporcionan las medianas, se observó un comportamiento homogéneo tendiente a incrementar la talla en las tres divisiones en los dos estanques. Sin importar la talla de introducción, se presentaron casos extremos en E1D1 y en E2D1, con un máximo de longitud patrón de 15.0 cm en E1D2 y 15.5 cm en E2D1 (Figura 19).

El crecimiento en peso total incrementó en las tres divisiones de los dos estanques. Con base en los valores de las medianas se presentó un caso extremo en E1D3 y un máximo de 105 g en E1D2 y en todas las divisiones de E2 con un aumento considerable en E2D3 de 125 g (Figura 20). A partir de septiembre se observa alta dispersión de los datos por la variabilidad que se presenta en el peso para esta especie, debido posiblemente a la jerarquización intraespecífica así como a las condiciones ambientales prevalecientes.

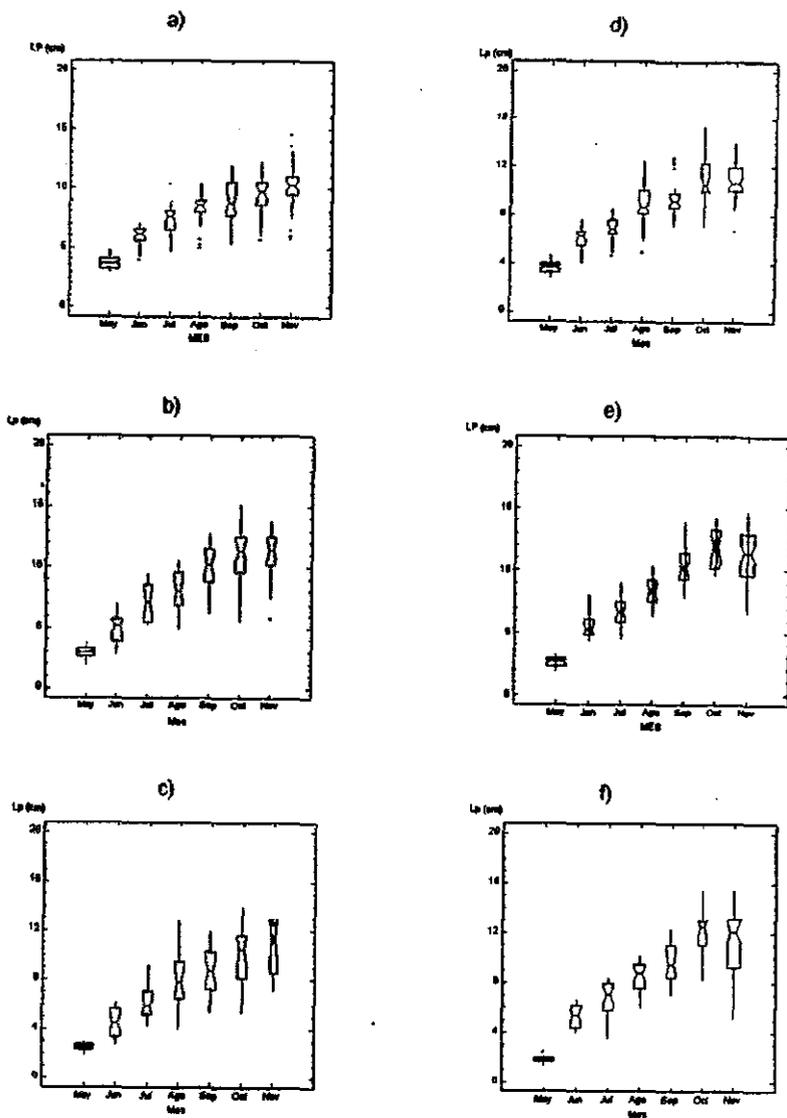


Fig 19. Representación gráfica del crecimiento en longitud patrón (cm) para el estanque con fertilización química (a: E1D1, b: E1D2, c: E1D3) y fertilización orgánica (d:E2D1, e: E2D2, f: E2D3)

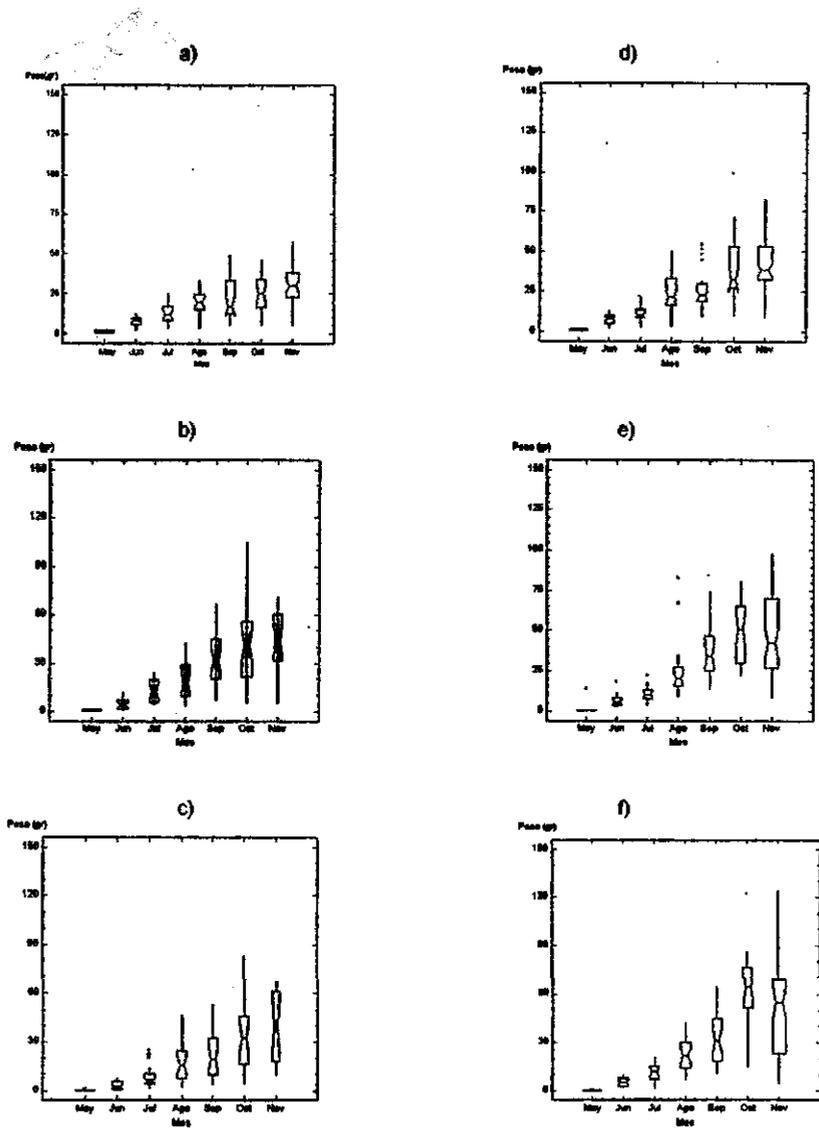


Figura 20. Representación de crecimiento en peso total (g) para el estanque con fertilización química (a: E1D1, b: E1D2, c: E1D3) y fertilización orgánica (d: E2D1, e: E2D2, f: E2D3)

Fitoplancton

Para ambos estanques se determinaron 10 especies incluidas en dos divisiones: Chlorophyta con ocho especies (*Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus dimorphus*, *Desmococcus viridis*, *Franceia droescheri*, *Ankistrodesmus sp*, *Chlorella miniata*, *Chlorococcum infusorium*, *Pediastrum duplex*) la cual fue mas abundante, en comparación a Cyanophyta (*Chroococcus minutus*, *Anabaena sp*).

Para el estanque con fertilización química el total de células fue de 4.89×10^6 cél/l, del cual el 89.17% corresponde a clorofíceas y el 10.83% a cianofíceas. Para el estanque con fertilización orgánica se presentó un total de 7.58×10^6 cél/l con 94.96% de clorofíceas y 5.03% cianofíceas. A la densidad total de las clorofíceas y cianofíceas presentes en superficie (0.2 m) y fondo (0.6 m), se le aplicó la prueba de t-student ($p < 0.05$) y se obtuvo que no existe diferencias significativa entre los valores promedio, por lo que los datos se manejan por tipos de fertilización. Como se observa en la figura 21 la cantidad de oxígeno se incrementó al aumentar la densidad de las clorofíceas, cuyo máximo se presentó en octubre y noviembre en E1 y E2 respectivamente mientras que para las cianofíceas su tendencia fue de disminuir conforme avanza el estudio en ambos estanques.

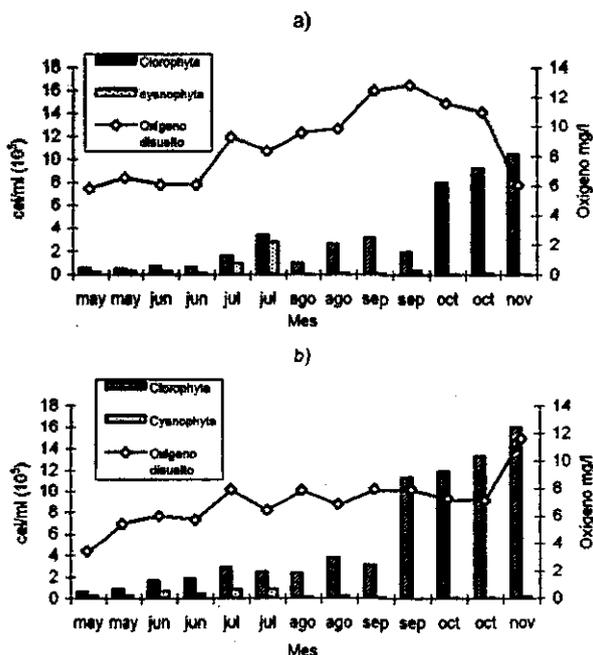


Figura 21. Comportamiento estacional de la densidad del fitoplancton para el estanque con a) fertilización química y b) fertilización orgánica.

DISCUSIÓN

Parámetros físicos y químicos

La temperatura ambiental presenta relación directa con la temperatura del agua debido a la capacidad de absorción de calor del agua (Hawkins, 1981). Durante el periodo de muestreo la temperatura promedio del agua se encontró dentro de los intervalos óptimos (20 a 35 °C) para el cultivo de la tilapia, (Anónimo, 1995) y aunque se presentaron fluctuaciones mensuales de temperatura, éstas fueron mínimas. Cuando se presentó el incremento de este factor se debió probablemente a la tasa de evaporación que se incrementa principalmente durante la época de secas, la cual está en función del grado de humedad del aire así como de la velocidad del viento.

La temperatura del agua es una de las variables que más influye sobre factores como tasa de crecimiento, factor de condición y metabolismo de los peces (Arredondo, 1986; Weatherley y Gill, 1987; Wootton, 1992), además, de que al aumentar la temperatura del agua la solubilidad del oxígeno disuelto disminuye (Swingle, 1969) tal como se obtuvo en el presente estudio e influye en el nivel de la degradación de la materia orgánica (Anónimo, 1986), en las tasas fotosintéticas y en el crecimiento y reproducción de las especies ícticas.

Se sabe que a una temperatura constante el pez crece en forma lineal hasta que se aproxima a la madurez sexual; por lo tanto, la tasa de crecimiento en longitud es proporcional a la temperatura del agua y si la tasa de conversión del fertilizante es conocida, se puede conocer la temperatura y predecir el incremento diario, lo que facilitaría estudios posteriores (Soderberg, 1990).

El oxígeno disuelto es el factor mas importante para el cultivo de organismos acuáticos debido a que su exceso o carencia provoca la mortalidad masiva de peces en estanques (Krom y Neori, 1989). Los niveles promedio de oxígeno bajo los cuales se realizó el cultivo (Fig. 3) fueron los adecuados para la especie (Anónimo, 1995). Anónimo (1994) menciona que las cantidades de oxígeno disuelto no deben ser menores de 3 mg/l y de acuerdo a Abdelghany (1996) la especie sobrevive con 2 mg/l. Debido a que en el cultivo realizado el oxígeno presentó niveles mayores de 5 mg/l, este parámetro no representó una limitante para que los peces crezcan normalmente. Las fluctuaciones que se registraron de manera mensual en ambos estanques durante el estudio, se deben principalmente a la cantidad de materia orgánica total presente (disuelta y particulada), la tasa de respiración de los peces, la temperatura del agua, el pH y el fitoplancton.

Los valores de pH que se registraron en el presente estudio, se encontraron por debajo de los reportados por Flores (1994) en condiciones similares de fertilización y por encima a los mencionados por Garduño y Avelar (1996) en sistemas naturales. Estos exhiben una tendencia casi constante a excepción de los meses de julio y agosto donde se presenta una disminución, debida a la temporada de lluvias que en la ciudad de México se ha reportado son ácidas (Bravo, et al 1991), así como al depósito de contaminantes provenientes de la atmósfera (Carrie, et al 1994).

Sin embargo, el intervalo observado para los dos estanques es adecuado para el buen crecimiento de la ictiofauna presente (Arredondo, 1986), además se menciona que a valores medios por encima de 8.6 y hasta 9.5 se producen altos rendimientos de peces (Anónimo, 1994). En los meses de septiembre y octubre en el estanque con fertilización química los niveles sobrepasan el intervalo mencionado anteriormente, por lo que probablemente se justifique una menor tasa de crecimiento, que se encuentra por debajo de la que obtuvo Flores (1994) en condiciones similares de fertilización debido a que éste se vuelve mas lento y se refleja en la talla de los individuos (Arredondo, 1986).

La turbiedad del agua es causada por partículas en suspensión (seston) y por arcillas que determinan la sobrevivencia de los peces por lo que aguas transparentes indican ausencia de plancton, mientras que aguas turbias significan presencia de plancton o partículas disueltas. Asimismo, la turbiedad resulta de la presencia del seston y de la resuspensión de sedimentos, ya que modifica la penetración de los rayos luminosos (Delincé, 1992). La visibilidad al disco de Secchi para el estanque con fertilización orgánica se encuentra dentro de los intervalos recomendados por Anónimo (1995), mientras que para el estanque con fertilización química se registraron valores por encima del intervalo, lo que indica la disminución del fitoplancton en el estanque, debido a que se relacionan de manera inversa (Almazan y Boyd, 1978). En determinado momento del cultivo, altos niveles de sólidos suspendidos (no cuantificados) pudieron afectar directamente a los peces reduciendo su tasa de crecimiento o impidiendo su reproducción. También pudo afectarlos indirectamente reduciendo el alimento natural disponible para ellos ya que afecta directamente la fotosíntesis y la productividad primaria y, su principal efecto mecánico es el daño a la estructura de las branquias, el cual dependerá de su resistencia, naturaleza de las partículas suspendidas, dureza, angularidad y de la especie en cultivo (Hepher y Pruginin, 1985).

La alcalinidad puede ocurrir naturalmente en los estanques por la lluvia, por la acidificación de los suelos con sulfato ácido (Knud-Hansen y Batterson, 1994). A valores bajos de pH, se presenta baja alcalinidad y por lo tanto baja capacidad amortiguadora (Hepher y Pruginin, 1985), por lo que no existe una relación directa entre la alcalinidad propiamente dicha y la producción del estanque, sino que un incremento en la alcalinidad, corresponde a aumentos en la disponibilidad de fósforo y otros nutrimentos (Arredondo, 1986) como se muestra en el estanque con fertilización orgánica, que aunque sobrepasa el nivel superior recomendado de alcalinidad (175 mg/l), el pH de este es mas bajo y esto lo hizo mas productivo con respecto al de fertilización química como lo menciona Morales (1991). De hecho, las aguas que contienen 40 mg/l o más de alcalinidad total, son considerados más productivas que las de menor alcalinidad (Arredondo, 1986).

Por otro lado, la variación de la alcalinidad y del pH influyen sobre la cantidad de alimento disponible para la tilapia, por lo que no se recomienda una alcalinidad superior a 175 mg/l de

carbonato de calcio, pues afecta la productividad del estanque y las branquias de los peces (Anónimo, 1994); *sin embargo, se ha observado que en estanques con 200 y 300 mg/l de alcalinidad total se han obtenido excelentes cosechas.*

La dureza de las aguas epicontinentales es debido a la concentración de metales alcalino-térreos originados en depósitos calcáreos (Contreras, 1984) y esta relacionada con la alcalinidad total y normalmente sus valores son similares. *Sin embargo, en algunas aguas la alcalinidad total puede exceder a la dureza total o viceversa. En general las aguas con valores de dureza total y alcalinidad de la misma magnitud, son las mejores para el cultivo de peces (Anónimo, 1995).*

En el cultivo la alcalinidad total es ligeramente superior a la dureza total, lo que significa que parte de los carbonatos y bicarbonatos están asociados con el sodio y potasio, mas que con el calcio y magnesio. *El agua para propósitos de piscicultura, requiere de pequeñas cantidades de calcio y magnesio, las que se presentan en aguas con una dureza total de 20 mg/l (Arredondo, 1986), debido a que éste nivel se sobrepasa en ambos tipos de fertilización durante el estudio, la productividad posiblemente se vio afectada por la dureza. Es necesario aclarar que desde que se inició el cultivo, la dureza del agua potable era elevada y por lo tanto el rango de valores que se registraron durante el estudio.*

De acuerdo con los valores promedio de dureza obtenidos el agua del estanque con fertilización química se considera moderadamente dura, mientras que la del estanque con fertilización orgánica como agua dura, aunque esta clasificación se considera poco práctica para la piscicultura (Arredondo, 1986).

Nutrimientos

El fósforo es el nutrimento más importante debido a que es parte activa para el metabolismo y su disponibilidad regula la productividad de las aguas, ya que éstas responden favorablemente al agregar fósforo para elevar la producción de fitoplancton y en consecuencia la de los peces (Arredondo, 1986); *sin embargo, el fósforo es comúnmente un nutrimento limitante en aguas templadas por lo que se reduce su concentración y disminuye la abundancia de fitoplancton (Farmer, et al 1994).*

Debido a que el fitoplancton satisface sus requerimientos de fósforo por asimilación directa de los ortofosfatos, en ambos estanques se observó una disminución de éstos al aumentar el fitoplancton (Figura 7) esto se ve reflejado en la tasa de conversión del fertilizante, además a concentraciones mayores de 0.32 mg/l de P total la tasa de crecimiento de algunas especies de fitoplancton es independiente a la cantidad de fósforo como sucedió en el estanque con fertilización química (Contreras, 1984).

El nitrógeno y fósforo en los estanques son asimilados directamente por el fitoplancton, lo cual induce al incremento en la densidad y éste es utilizado por la tilapia para su crecimiento y

metabolismo. Como las excretas de los animales tienen un alto contenido de éstos nutrimentos, el incremento de la producción de peces en los estanques fertilizados de forma orgánica es superior a los fertilizados de manera química (Green et al, 1989).

El nitrógeno en forma de amonio se registró por debajo de los rangos letales para la especie (1.1 a 4.1 mg/l; Abdelmoez et al., 1996) y la presencia de este factor esta determinada por la aplicación de fertilizantes de nitrógeno que producen su aumento, pero se reduce rápidamente debido a sus tres formas de consumo; como nutrimento por la microflora, se absorbe por los sedimentos y se volatiliza hacia la atmósfera (Abdelmoez et al., 1996); además, Abdelghany (1996) menciona que *O. niloticus* puede tolerar altos niveles de amonio en comparación con otras especies.

Los niveles de nitratos y nitritos que se presentaron son bajos en comparación con los reportados por Arredondo (1986) ya que menciona que un estanque puede tener de 0.5 a 5.0 mg/l de N/NO_2 y sólo bajo condiciones especiales, las concentraciones pueden ser elevadas en la columna de agua debido a la ausencia de fitoplancton por un tiempo prolongado y por lo tanto, el amonio se oxidará transformándose en nitritos (Krom y Neori, 1989).

La asimilación de nitrógeno es el proceso de fijación de las tres formas en que se presenta mas frecuentemente. El amonio es preferido sobre las otras formas y llega a ser el nutrimento principal, ya que los nitratos deben ser reducidos a amonio después de ser asimilados (Contreras, 1984).

Parámetros biológicos

La relación peso total-longitud patrón para E1D1 y E1D2 presentó crecimiento alométrico negativo (mayor crecimiento en longitud que en peso), mientras que en el E1D3 y las tres divisiones del estanque 2, el crecimiento fue alométrico positivo (mayor crecimiento en peso que en longitud), lo que se debió posiblemente a la talla de introducción de la especie en estudio la cual fue en orden decreciente (E1D1, E2 D1>E1D2, E2 D2>E1D3, E2 D3), ya que como lo mencionan Weatherley y Gill (1987), el valor de pendiente de la relación peso-longitud puede diferir considerablemente entre especies, poblaciones o estacionalmente para la misma especie. Estos diferentes tipos o formas de crecimiento bajo condiciones naturales, parece ser que se lleva a cabo para evitar altas tasas de mortalidad por factores denso-dependientes al obtener mayor talla que peso, y cuando las condiciones no son adversas y se tiene alimento disponible en abundancia, es probable que se presente un mayor crecimiento en peso (Wootton, 1992).

Flores (1994) reporta que el tipo de crecimiento obtenido para la especie en estudio fue alométrico negativo bajo las mismas condiciones de fertilización intensiva en estanques de concreto. Asimismo, Garduño y Avelar (1996) quienes trabajaron con *O. niloticus*, Alejo et al., (1989) con *O. mossambicus* ambos en condiciones naturales y Cabrera y Torres (1995) con híbridos de Tilapia (*O. urolepis homorum* machos en cruce con *O. mossambicus* hembras), reportaron el mismo tipo de crecimiento en condiciones de cultivo intensivo.

Aunque la pendiente y forma característica de la curva son sensitivas a la variabilidad altamente relativas en peso a cualquier longitud, esta simple forma de representación del peso contra la longitud no son usualmente consideradas como buenos indicadores biométricos, sin embargo se puede utilizar para resolver problemas taxonómicos y puede ser bastante útil en la obtención del peso de un pez cuando sólo se conoce la longitud y viceversa (Lagler, 1956).

De acuerdo al factor de condición múltiple que evalúa la condición de los peces, se presentó buena alimentación para las tilapias en ambos estanques, así como oxígeno disuelto, niveles de temperatura adecuados para la especie y abundancia de fitoplancton. De igual manera, la edad y el tipo de crecimiento influyen de manera directa en el bienestar de los organismos (Kuri-Nivon, 1980).

Por otra parte, el factor de condición es una medida del bienestar de los peces en una población, y puede ser considerado como una medida del estado del pez, si está sano ó no, bien alimentado o desnutrido y si se encuentra en proceso de desove ó no. Además, se ha observado que existe un efecto significativo de la temperatura sobre la condición de los peces, este asociada ó no a cambios estacionales (Patterson, 1992) y como ésta se encontró dentro de los intervalos adecuados para el cultivo de la tilapia, no representó un factor adverso para el bienestar de los peces.

Se ha reportado que es necesario realizar un análisis integrado de las variables que afectan la condición, separar la variación en peso en el conjunto de datos de las diferentes fuentes debido a la longitud del pez, a los cambios estacionales e interanuales y a los efectos de la temperatura. Este tipo de modelos más completos explicarían con mejor detalle la variación de la condición que sería útil para intentar reproducirlas en favor del crecimiento, además de reportarla con datos de distribución normal de residuos y de la homocedasticidad de los mismos (Patterson, 1992). Se observó que los datos obtenidos fueron superiores a los reportados para condiciones naturales por Alejo, et al., (1989) y Garduño y Avelar (1996) y comparativamente inferiores a los reportados por Flores (1994) bajo las mismas condiciones de fertilización.

Por otra parte, los estudios de crecimiento son importantes particularmente para las especies que son utilizadas como alimento del hombre porque determinan la tasa de explotación de la especie, debido a que el crecimiento es el proceso por el cual, nuevo tejido es sintetizado por el individuo y es una consecuencia del balance entre el anabolismo y el catabolismo (Oduleye, 1982).

La tasa de crecimiento, porcentaje de ganancia e incremento diario registraron comportamiento similar tanto en peso total como en longitud patrón; sin embargo, se denotan diferencias entre los estanques ya que al igual que Flores (1994) y Green et al (1989), en el estanque con fertilizante orgánico se obtuvo una mayor tasa de crecimiento. La tasa de crecimiento en peso como en longitud patrón en el estanque con fertilizante orgánico supero aproximadamente en un 50% en

longitud patrón y 30% en peso al estanque con fertilizante químico, que es indicativo de la mayor eficiencia del fertilizante orgánico. Jones (1976) menciona que hay agentes internos y externos que pueden modificar las tasas de crecimiento y dentro de estos se encuentran factores genéticos, geográficos, fisiológicos, de madurez, densidad, etc. entre especies y razas, pero, dentro de una especie el factor mas importante que determina la tasa de crecimiento es el medio ambiente. Diana *et al.*, (1991) mencionan que los fertilizantes orgánicos incrementan el rendimiento y que esto depende de tres procesos; a) consumo directo de los peces, b) utilización por otros organismos heterotróficos, c) aumenta el nitrógeno y el fósforo disponible para el fitoplancton y sólo el tercer proceso ocurre con la fertilización química, además coincide parcialmente con lo observado por Green *et al* (1989), el cual encontró que el peso fue significativamente superior con el fertilizante orgánico, pero en cuanto al crecimiento en longitud aparentemente no hubo diferencias significativas.

Jones (1976) menciona que la tasa de crecimiento es mas rápida cuando el pez es joven y disminuye progresivamente cuando es viejo, por lo que los peces pequeños presentaron una tasa mayor tanto en longitud como en peso como sucedió en el E2D3 y en E1D3 los cuales presentaron la mayor tasa de crecimiento promedio, ya que en estas divisiones se encontraban los peces mas jóvenes, la temperatura era adecuada en los dos sistemas. Por lo tanto el crecimiento de peces cultivados puede alcanzar un máximo por medio de la manipulación de la calidad del agua y la densidad de peces.

En los diagramas de caja (Figuras 19 y 20) se muestra que los peces presentaron un incremento acelerado tanto en longitud como en peso durante los meses iniciales con una disminución hacia el final del estudio y Jones (1976) cita que el crecimiento corporal en peso y longitud se incrementa conforme aumenta la vida del pez y presenta una tendencia a ser asintótico. Huet (1978) menciona que para cierta especie bien alimentada, la velocidad de crecimiento es relativamente mayor cuanto más pequeño es el pez y bajo esta circunstancia la edad pasa a ser secundaria, por lo que un pez que permanece pequeño por falta de alimento podrá crecer de manera acelerada y repentina como uno más joven, si dispone de suficiente alimento. Por lo tanto, los patrones de crecimiento son el resultado de la interacción entre un potencial de crecimiento definido por el genotipo del pez y las condiciones del medio ambiente experimentadas por el pez, disponibilidad de alimento así como la temperatura (Wootton, 1992), ya que se sabe que la tilapia no come, crece y no se reproduce a temperaturas por abajo de 15 °C (Anónimo, 1995). Esta condición se hubiera presentado de haber proseguido con el cultivo, ya que durante el invierno (diciembre a marzo) en el D.F. las temperaturas llegan a registrarse por debajo de los 12 °C.

Las causas de mortalidad pueden ser intrínsecas y dentro de ellas se consideran a la muerte genética (presencia de alelos letales en el genotipo), a la fisiológica y a las enfermedades, o extrínsecas como efecto de los factores abióticos (temperatura, salinidad, turbulencia, etc) y

factores bióticos como depredación, parasitismo, infecciones y mala alimentación (Wooton, 1990) y otros (piedras, basura, plásticos arrojados a los estanques) ajenos al sistema de cultivo. Durante el estudio se observó que la mortalidad la mayoría de las veces, se presentaba al siguiente día de haber realizado la introducción o el muestreo de los peces, debido posiblemente a la inadecuada manipulación de los organismos durante la toma de la biometría o a la aclimatación en los estanques de cultivo. Por otra parte, en el mes de septiembre en E1 se registró la mayor mortalidad debido a la presencia de un hongo (*Saprolegnia* sp.) que se caracteriza por la aparición de manchas algodonosas de color blanco en el cuerpo y aletas del pez (el hongo se eliminó por la adición de verde de malaquita y azul de metileno), el cual atacó a los individuos de mayor talla lo que se reflejó en el crecimiento del mes siguiente (se observó una disminución en la tasa de crecimiento de dicho estanque) y posteriormente se incrementó la talla debido a que esta mortalidad produjo una menor competencia por el alimento y consecuentemente un aumento en talla y peso (Weatherley y Gill, 1987).

El factor de conversión del fertilizante muestra una mayor eficiencia en E2 debido a que cuando se manejan fertilizantes orgánicos con una población omnívora, parte del fertilizante es aprovechado directamente por los peces, mientras que el resto es utilizado para la producción primaria. Esta relación proporciona la eficiencia del fertilizante orgánico mientras que el fertilizante químico constituye una sola fuente alimenticia originada por la producción primaria (Kuri-Nivon, 1980; Diana *et al.*, 1991; Arredondo, 1993; Green *et al.*, 1989) por lo que la densidad de fitoplancton en el estanque con fertilización orgánica fue mayor, debido a que en este estanque se presenta un buen desarrollo y abundancia de fitoplancton (Arredondo, 1993; Yusoff y Mc Nab 1989).

De acuerdo con un punto de vista práctico el fertilizante orgánico tuvo un costo menor debido a que la fuente de obtención se encontraba a corta distancia, además de que contiene las sustancias nutritivas necesarias para mantener la productividad del estanque (N, P, K, materia orgánica y otros compuestos); estimula la cadena alimenticia basada en la descomposición generada por la materia orgánica, además de estimular la producción de alimento adicional en forma de zooplancton y la ingestión de la propia materia orgánica, por lo que los peces obtienen mayor ganancia de peso, aunque la longitud sea similar en comparación con lo que sucede en un estanque fertilizado de manera química (Tice, *et al.* 1996).

Sin embargo, presenta desventajas ya que al descomponerse consume grandes cantidades de oxígeno, estimula el crecimiento y desarrollo de algas filamentosas, que al proliferar limitan el efecto de los fertilizantes, además de que es difícil conocer con exactitud la proporción de N:P:K que se necesita adicionar al estanque. Con el fertilizante inorgánico los nutrientes se liberan directamente al medio por lo que son aprovechados inmediatamente por el fitoplancton y por lo

tanto se requieren en menor cantidad; sin embargo, los costos son altos y requieren de un espacio físico seco y frío para almacenar grandes volúmenes por cierto tiempo (Arredondo, 1993).

La presencia de fitoplancton es un factor importante en la disponibilidad del oxígeno disuelto para los peces, lo cual se observó en el estudio, ya que al aumentar la densidad de fitoplancton se presentó aumento de la concentración de oxígeno disuelto, a excepción de septiembre y octubre en el estanque con fertilización orgánica. Arredondo (1993) menciona que una alta abundancia de fitoplancton puede reducir las concentraciones de oxígeno debido a la formación de una capa de organismos filamentosos en la superficie. Flores (1994) lo corrobora y menciona la relación que existe entre el alimentar a los organismos con fitoplancton y proporcionarle alimentación suplementaria, con lo que se logra un mayor crecimiento debido a que la eficiencia depende de la transformación del alimento dentro del pez, el valor cualitativo del alimento y la cantidad proporcionada. Moav (1977; citado en Delincé, 1992) demostró que el crecimiento se incrementó significativamente en un policultivo al agregar comida suplementaria con alto contenido de proteína y que estos alimentos provocan que los animales tengan un aumento en sus excreciones que sirven como fertilizante al estanque.

Se ha observado que las fluctuaciones en abundancia de fitoplancton pueden ser atribuidas a diversos factores como el pH, temperatura, concentración de nutrientes, luz, clima, salinidad, consumo de peces y zooplancton, toxinas naturales de algunas algas y competencia intraespecífica (Yusoff y Mc Nab, 1989; Arredondo, 1993).

Las especies representativas en orden decreciente de acuerdo con la densidad fueron *Ankistrodesmus sp.*, *Chlorella miniata*, *Chlorococcum infosorium* para los dos estanques, pertenecientes a las Clorofíceas; las restantes especies de clorofíceas (*Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus dimorphus*, *Desmococcus viridis*, *Fraceia droescheri*, *Pediastrum duplex*) y cianofíceas (*Chroococcus minutus*, *Anabaena sp.*) presentaron variaciones durante el estudio pero con menores densidades. En el estanque con fertilización química se mantuvieron el resto de las especies durante todo el muestreo a diferencia del estanque con fertilización orgánica donde sólo se conservaron las clorofíceas (*Fraceia droescheri*, *Desmococcus viridis*, y *Scenedesmus quadricauda*). Arredondo (1993) menciona que los diferentes componentes que integran la comunidad fitoplanctónica de los estanques experimentan cambios en la densidad a lo largo del tiempo, de tal forma que las clorofíceas presentan mayor densidad en los meses más fríos para después disminuir sensiblemente en los meses cálidos.

Un estanque sometido a fertilización presenta una elevada densidad fitoplanctónica, donde los grupos dominantes en un 90 % corresponden a las clorofíceas, cianofíceas posteriormente las crisofíceas, bacillariofíceas; al final las euglenofíceas y pirrofíceas que son raras y poco frecuentes (Arredondo, 1993). Flores (1994) y Gómez-Marquez *et al.*, (1996) encontraron que en estanques fertilizados de forma química y orgánica las clorofíceas son las más abundantes y posteriormente

las cianofíceas, resultados similares a los obtenidos en el presente estudio. Jaramillo y Sánchez (1991), Ceja y Gazano (1994), Galindo y Loera (1994), González y López (1997) también observaron una mayor presencia de clorofíceas en condiciones naturales.

Las Chlorococales plantónicas, *Ankistrodesmus sp*, *Scenedesmus sp*, *Pediastrum sp*, son comunes en aguas quietas y con cierta acidez, forman parte del plancton estival en aguas eutróficas, ricas en calcio y con una relación N-P muy alta (Lara et al., 1996).

La presencia de fósforo proveniente de los fertilizantes empleados, promovió la abundancia de las clorofíceas, ya que los sistemas acuáticos que contienen fósforo incrementan la población de fitoplancton que a la vez se refleja en un aumento en las concentraciones de oxígeno disuelto y por lo regular es usado eficientemente a bajas tasas de crecimiento y baja irradiación de luz; debido a que el cambio de la biomasa del fitoplancton es el resultado del crecimiento de las diferentes especies que lo componen y cambia de manera espacial y temporal adaptándose al estado trófico del cuerpo de agua y de los factores ambientales que lo modifican, incluyendo las características de la calidad del agua (Delincé, 1992).

CONCLUSIONES

El tipo de crecimiento que se obtuvo fue alométrico positivo para los peces del E1D3, E2D1, D2 y D3 como negativo E1D1 y D2.

Se registró mayor eficiencia en el estanque con fertilización orgánica debido a las características heterotróficas de los peces.

El factor de condición múltiple indicó una buena alimentación y robustez para los peces de ambos tipos de fertilización.

El mejor grado de bienestar de los peces de acuerdo con el factor de condición de Fulton se presentó en los últimos meses del estanque con fertilización química.

La mortalidad que se presentó fue baja E1(22.1 %), E2(3.9 %) y ocasionada por factores externos principalmente.

Los parámetros físicos y químicos (T °C, O₂, pH, alcalinidad, dureza) presentes para ambos estanques están dentro de los intervalos aceptados para el buen crecimiento de los peces.

La tasa de crecimiento, porcentaje de ganancia en peso, e incremento diario en peso y longitud tuvieron un comportamiento similar, pero con mayor eficiencia en el estanque con fertilización orgánica.

El fitoplancton que se registró para E1 fue de 4.89×10^6 cel/l y 7.58×10^6 cel/l en E2. No se considero como un factor limitante para el crecimiento de los peces.

La visibilidad al disco de Secchi se presentó en el estudio es adecuada para el cultivo, principalmente la del estanque con fertilización orgánica.

Los nutrientes se encuentran dentro de los intervalos adecuados para el cultivo de la tilapia.

El factor de conversión del fertilizante nos muestra que cuando se aplicó fertilizante orgánico presentó una mayor eficiencia que con el fertilizante químico.

De acuerdo con los diagramas de caja se obtuvo un mayor crecimiento en el estanque con fertilización orgánica.

La longitud total y peso máximo obtenido por los peces fue de 17.5 cm. con 93.2 g. para E1 y de 18.7 cm. con 98.3 g. en E2, que no se acercan a la talla (25-30 cm.) y peso (600 g.) comercial que marca Morales (1991) sin embargo, son superiores a los obtenidos por Flores (1994) bajo condiciones similares de fertilización.

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.

SUGERENCIAS

Si se desea realizar el cultivo bajo las mismas condiciones con fines de producción se les debe proporcionar alimento adicional para acelerar su crecimiento y obtener la talla y peso comercial

Si se desea continuar con los estudios en la F.E.S. Zaragoza, la ubicación de los estanques debe ser modificada ya que con el tiempo se volvió inadecuada debido a la urbanización de la colonia vecina, por lo que la barda contigua quedó muy baja con lo que se provoca que las personas arrojen objetos a los estanques que producen un aumento de la mortalidad, o por lo menos techar los estanques con una malla para protegerlos.

REFERENCIAS

- Abdelghany, A.E. (1996). Effect of Winter Feeding on the Growth Rate, Food Conversion and Survival of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) in Egypt. *The Israeli Journal of Aquaculture* 48(2): 69-77.
- Abdelmoez, A.F., C.D. Mc Nabb y T.R. Batterson. (1996). Ammonia Dynamics in Fertilized Fish Ponds Stocked with Nile Tilapia. *The Progressive Fish-Culturist* 58: 117-123.
- Alejo, P.M., M.E. Laguna y T.P. Ramírez. (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* en la laguna El Rodeo, Estado de Morelos. Tesis Profesional. ENEP Zaragoza, UNAM, México. 130 p.
- Almazan, G. y C.E. Boyd. (1978) An Evaluation of Secchi Disk Visibility for Estimating Plankton Density in Fish Ponds. *Hidrobiología* 61: 205-208.
- American Public Wealth Association (A.P.H.A.), American Water Works Association (A.W.W.A.) y Water Pollution Control Federation (W.P.C.F.). (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*, Ediciones Díaz Santos, S.A. Madrid España: 2-199.
- Anónimo. (1986). *Piscicultura de agua dulce. Manual-Recetario*. México: 13-100; 214-236.
- Anónimo. (1988). *Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la Secretaría de Pesca*. México: 17-133.
- Anónimo (1994). *Desarrollo científico y tecnológico del banco de genoma de tilapia*, Secretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura, Convenio SEPESCA/UAM-I: 1-9
- Anónimo. (1995). *Cultivo de Tilapia*. Secretaría de Pesca. México. 45 p.
- Arredondo, F.J.L. (1993) *Fertilización y fertilizantes su uso y manejo en la acuicultura*. UAM-I, 202 p.
- Arredondo, F.J.L. (1986). *Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva*. SEPESCA, México 182
- Arredondo, F.J.L. (1996) *Estado actual y perspectivas de la acuicultura en México*. *Contactos* 14: 28-38.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y M. Guzmán-Arroyo. (1986) Actual situación taxonómica de la tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. *Anal. Inst. de Biol. UNAM*, 56 serie Zoología (2): 555-572.
- Arredondo-Figueroa, J.L. y S.D. Lozano-Gracia. (1994). Wather quality and yield in polyculture of nonnative cyprinids in Mexico. *Hidrobiológica*. 4: 1-8.
- Bardach, J.E., W.O. McLaren y H.J. Ryther. (1982). *Acuicultura: crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. A.G.T. editor S.A. México: 288-315.

- Bravo, A.H., E.R. Sosa y J.R. Torres. (1991). Ozono y lluvia ácida en la ciudad de México. *Ciencias*. 22: 33-40.
- Cabrera M.E. y D.E. Torres. (1995). Evaluación de la producción y engorda de híbridos de *Tilapia (Oreochromis urolepis homorum* machos cruza con *Oreochromis mossambicus* hembras) como especie comercial en el Estado de Morelos, México. Tesis Profesional ENEP Zaragoza, UNAM México 76 p.
- Carrie A.R., M.F. Andrew y D. Howell. (1994). A survey of the threat of surface water acidification to the nature conservation interest of fresh waters on sites of special scientific interest in Britain aquatic conservation. *Marine and Freshwater Ecosystems* 4: 31-44.
- Ceballos, O.M.L. y E.M.A. Velázquez. (1988). *Perfiles de la alimentación de peces y crustáceos en los centros y unidades de reproducción acuícola en México*. Secretaría de Pesca, México: 33-36.
- Ceja M.S. y M. M. de J. Gazano. (1994). Estudio de las características hidrobiológicas con fines de producción piscícola en los embalses temporales Cantarranas y Cuauhtepic del municipio de Acatlán en el estado de Hidalgo. Tesis de Licenciatura, FES. Zaragoza, UNAM México, 106 p.
- Contreras, E.F. (1984). *Manual de técnicas hidrobiológicas*. UAM-I, México. 147 p.
- Delincé, G. (1992). *The ecology of the fish pond ecosystem with special reference to Africa* Kluwer Academic Publishers Netherlands, 230 p.
- Diana, S.J., C.K. Lin y P.J. Schneeberger. (1991). Relationships among nutrient inputs, water nutrient concentrations, primary production, and yield of *Oreochromis niloticus* in ponds. *Aquaculture* 92: 323-341.
- FAO. (1985). *Servicio de recursos acuáticos continentales y acuicultura. Dirección de Ambientes y Recursos Pesqueros, Estudio de metodologías para pronosticar el desarrollo de la acuicultura*. FAO Doc. Tec. Pesca. (248). 50 p
- Farmer, J.G., A.E. Bailey-Watts, A. Kirika y C. Scott. (1994). Phosphorus fraction and mobility in loch leven sediments aquatic conservation: *Marine and Freshwater Ecosystems* 4:45-56.
- Figuroa, T.J. (1991). Evaluación del crecimiento de tres ciprinidos carpa plateada (*Hypophthalmichthys molitrix*), carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*), carpa común (*Ciprinus carpio rubrofuscus*) y un ciclido (*Oreochromis homorum*) en cultivo extensivo, realizado en el bordo temporal El Arco Jantetelco, Morelos, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México. 43 p.
- Flores, M.O. (1994). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización en un clima templado. Tesis de Licenciatura, F.E.S. Zaragoza, UNAM, México, 52 p.

- Fryer, G. y T.D. Iles. (1972). *The cichlid fishes of the great lakes of Africa*. Oliver y Boyd Edinburgh Great Britain. 641 p.
- Galindo, de S.M. del C. y J.P. Loera. (1994). *Evaluación de un policultivo piscícola en dos bordos permanentes de estado de Tlaxcala*. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM México. 116 p.
- García, M.E. (1978). *Apuntes de climatología*. UNAM, México. 153 p.
- Garduño, P.M. y J.E. Avelar. (1996). *Edad y crecimiento de la mojarra (*Oreochromis niloticus*) en la laguna de Coatetelco, Morelos* Tesis profesional F.E.S. Zaragoza, UNAM, México. 71 p.
- Gómez-Marquez, J.L., M.B. Peña y V.F. García. (1996). Variación del fitoplancton en un cultivo de Tilapia en estanques de concreto. *Boletín de investigación, educación y sus nexos III (1)*: 37-42.
- González R. J. M. y G. A. López (1997) *Aspectos hidrobiológicos de la presa "Emiliano Zapata", Morelos, México*. Tesis profesional F.E.S. Zaragoza, UNAM, México. 81 p.
- Green, B.W. (1989). The effect of manures and chemical fertilizers on the production of *Oreochromis niloticus* in earthen ponds. *Aquaculture* 76: 37-42.
- Hawkins, A.D. (1981). *Aquarium system*. Academic Press, London. 452 p.
- Hepher B. e Y. Pruginin. (1981). *Cultivo de peces comerciales basados en las experiencias de las granjas piscícolas en Israel*. Wiley Interscience Pub. New Jersey, USA: 41-68.
- Huet, M. (1978). *Tratado de piscicultura*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid: 309-323.
- INEGI, (1986). *Carta de uso de suelos y vegetación*. México: 14-2.
- INEGI, (1989). *Guía para la interpretación de cartografía de uso de suelo*. México: 16-18.
- INEGI, (1993). *Anuario estadístico del Distrito Federal*. México: 272 p.
- Jaramillo S.G. y V.A. Sánchez. (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 de Licenciatura, ENEP Zaragoza, UNAM, México. 87 p.
- Jones R. (1976). Growth of Fishes: 251-281. In: Cushing D.H. y J.J. Walsh (ed). *The Ecology of The Seas*. W. B. Saunders Company.
- Krom M.D. y A. Neori. (1989). Importance of water flow rate in controlling water quality processes in marine and freshwater fish ponds. *The Israeli Journal of Aquaculture* 41(1): 23-33.
- Kund-Hansen, F.C. y T.R. Batterson. (1994). Effect of fertilization frequency on the production of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 123: 271-280.

- Kuñi Nivón E. (1991). Consideraciones generales del proceso de alimentación enfocadas al empleo de alimentos balanceados en acuicultura intensiva. *Hidrobiológica* 1: 56-64.
- Kuñi-Nivón, E. (1980). **Instructivo para la determinación del factor de conversión alimenticio (F.C.A).** Manuales técnicos de acuicultura departamento de pesca. Sepesca, México: 22-34.
- Lagler, F. K. (1956) **Fresh water fishery Biology** WM. C. Brown Company Publishers, USA: 421 p.
- Lara, V.M.A. , J.L.M. Ruiz y E.J.A. Mauricio (1996) **Fitoplancton conceptos básicos y técnicas de laboratorio UAM-I**, México 225 p.
- Mainardes-Pinto, S., R.C.P. de Paiva y J.R. Verani. (1986). Estudio comparativo do crescimento de *Oreochromis* (Osteichthyes, Cichlidae) em cultivos monossexo. I relações morfométricas e fator de condicao. **Boletín Instituto de Pesca de Brasil** 13 (2): 21-27.
- Morales D.A. (1991). **La Tilapia en México Biología, cultivo y pesquerías** A.G.T. Editor, México: 190 p.
- Needham G.J. y R.P. Needham. (1972). **Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces**. Reverté México. 131 p.
- Nikolsky G.V. (1976). **The ecology of fishes**, Academic press, London. 187-225.
- Oduleye S.O. (1982). Growth and growth regulation in the cichlids. **Aquaculture** 27: 301-306.
- Ortega M.M. (1984). **Catálogo de algas continentales recientes de México**. UNAM. México. 562 p.
- Paterson, K.R. (1992). An improved method for studying the condition of fish with an example using pacific sardine *Sardinops sagax* (Jenyns). *Journal of Fish Biology* 40: 821-831.
- Pauly D. (1983). **Fish populations dynamics in tropical waters. A manual for use with programable calculators**. International Center for Living Aquaculture Resources Management. ICLARM Studies and Reviews, Manila Philippines: 163-240.
- Quiroz, C.H., F.J. Luna y S.P. Delgado. (1992). Aspectos sobre la composición y abundancia del fitoplancton y sobre la productividad primaria en estanques fertilizados con estiércol y fertilizante mineral. **Universidad Ciencia y Tecnología**. Morelos 2: 103-112.
- Rabinovich, J.E. (1980). **Introducción a la ecología de poblaciones animales**. C.E.C.S.A. México: 105-106.
- Ricker, W. E. (1968) **Methods for assessment of fish production in fresh waters**. Blackwell Scientific Publications. London pp. 187
- Salgado-Ugarte, I.H. (1992). **El análisis exploratorio de datos biológicos: fundamentos y aplicaciones**. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM, México. 243 p.
- SARH. (1982). **Manual de técnicas de análisis físicoquímicos para aguas**. Dirección General de Uso del Agua y Prevención de la Contaminación. Subdirección de Investigación y Entrenamiento. Departamento de Entrenamiento. 5a. edición, México: 1-254.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

- Schwoerbel, J. (1975). **Métodos de Hidrobiología**. Blume ediciones, Madrid. 262 p.
- Soderberg, W.R. (1990). Temperature effects on the growth of blue tilapia in intensive Aquaculture. **The Progressive Fish-Culturist** 52: 155-157.
- Swingle, H.S. (1969). **Methods of analysis for waters organic matter and ponds botton soils used in fisheries research**. Auburn University. 117 p.
- Tice, B.J., W. Soderberg y J.M. Kirby. (1996). Growth and survival of walleyes reared in ponds fertilized with organic or inorganic materials. **The Progressive Fish-Culturist** 58: 135-139.
- Weatherley, A.H. y H.S. Gill. (1987). **The biology of fish growth**. Second Edition, Academic Press, London. 443 p.
- Wootton, R.J. (1990). **Ecology of teleost fishes**. Chapman y Hall. New York. 404 p.
- Wootton, R.J. (1992). **Fish Ecology**. Blackie Glasgow y London: 98-131.
- Yusoff, F.M. y C.D. McNabb. (1989). Effects of nutrients availability on primary productivity and fish production and fertilized tropical ponds. **Aquaculture** 78: 303-319.