

14  
2e1



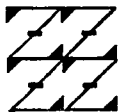
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

CRECIMIENTO DE *Oreochromis niloticus* EN  
ESTANQUES CON DIFERENTE FERTILIZACION.  
EN UN CLIMA TEMPLADO."

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**B I O L O G O**  
P R E S E N T A  
OSCAR FLORES MALDONADO

U N A M  
ZARAGOZA



LO NUMERO  
DE NUESTRA SELECCION

DIRECTOR: M. en C. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ

MEXICO, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1994



## **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 está 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

Quiero agradecer a la Facultad de Estudios Superiores "ZARAGOZA" las facilidades prestadas al presente trabajo. Así como a la Coordinación de Biología por la ayuda prestada para la impresión de la tesis.

Al M.en C. José Luis Gómez Márquez quien dirigió la tesis, por su apoyo incondicional y amistad invaluable. A la Biól. Bertha Peña Mendoza por su amistad y ayuda en la realización del trabajo. Y a todos aquellos que de alguna manera participaron y colaboraron con sus comentarios.

A todos las personas del Laboratorio de Limnología (amigos y compañeros) que me apoyaron y colaboraron con sus ideas y comentarios.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## INDICE

|   |    |
|---|----|
| RESUMEN.....                            | 1  |
| INTRODUCCION.....                       | 2  |
| ANTECEDENTES.....                       | 5  |
| OBJETIVOS.....                          | 9  |
| AREA DE ESTUDIO.....                    | 10 |
| MATERIAL Y METODO.....                  | 11 |
| RESULTADOS.....                         | 18 |
| CLASES DE EDAD.....                     | 18 |
| CRECIMIENTO.....                        | 19 |
| RELACION PESO-LONGITUD.....             | 19 |
| TASA INSTANTANEA.....                   | 19 |
| FACTOR DE CONDICION.....                | 20 |
| FITOPLANCTON.....                       | 21 |
| MORTALIDAD.....                         | 22 |
| FACTOR DE CONVERSION DEL FERTILIZANTE.. | 22 |
| PARAMETRO FISICOS Y QUIMICOS.....       | 23 |
| GRAFICOS.....                           | 24 |
| DISCUSION.....                          | 38 |
| CLASES DE EDAD.....                     | 38 |
| CRECIMIENTO.....                        | 38 |
| RELACION-PESO LONGITUD.....             | 41 |
| TASA INSTANTANEA.....                   | 42 |
| FACTOR DE CONDICION.....                | 43 |
| FITOPLANCTON.....                       | 43 |
| MORTALIDAD.....                         | 45 |
| FACTOR DE CONVERSION DEL FERTILIZANTE.. | 46 |
| PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS.....      | 46 |
| CONCLUSIONES.....                       | 50 |
| CONSIDERACIONES.....                    | 51 |
| BIBLIOGRAFIA.....                       | 52 |

## RESUMEN

Se evaluó el crecimiento de *Oreochromis niloticus* con fertilización inorgánica y orgánica, así como el factor de conversión del fertilizante y algunos parámetros físicos y químicos, en dos estanques de concreto de 50 m<sup>2</sup> con una densidad de 5 organismos/m<sup>2</sup> ubicados dentro de la FES-ZARAGOZA de la Delegación Iztapalapa en la Ciudad de México, durante el periodo de octubre de 1991 a agosto de 1992.

El tipo de crecimiento que describió la población al final del estudio fué alométrico negativo para los peces de ambos sistemas, que puede ser debido a que el alimento natural (fitopláncton) no reúne los requerimientos nutricionales suficientes para la especie.

El crecimiento se evaluó con la ecuación de von Bertalanffy y se obtuvieron valores para el tratamiento inorgánico de  $L_{\infty} = 20.17$  y  $L_{\infty} = 17.5$  para el tratamiento orgánico; sin embargo, no existieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). La tasa de crecimiento instantánea mostró que el tratamiento orgánico presentó mayor ganancia en peso que el inorgánico siendo estadísticamente diferentes debido a la materia orgánica como fuente de alimento adicional. La producción total de pescado al final fué de 2138 kg/ha/300 días para el orgánico y 1506 kg/ha/300 días para el inorgánico; y se obtuvo que el mayor factor de conversión fue el tratado con fertilizante orgánico.

El factor de condición que presentaron los peces del tratamiento inorgánico fué mayor con diferencias significativas, debidas a la estabilidad del sistema por la presencia de algas clorofitas que están directamente influenciadas por el tipo de fertilización. En el estanque fertilizado con vacaza se observó el florecimiento de algas cianofitas, mientras que en el inorgánico predominaron las clorofitas. Los parámetros que mayor influencia tuvieron en el crecimiento de los peces fueron la temperatura oxígeno.

## I N T R O D U C C I O N

La desmedida explotación de los recursos pesqueros para satisfacer las necesidades alimenticias de la población, ha propiciado que éstos sean cada vez más escasos y las complejas técnicas de explotación aumenten el costo del producto (Arredondo, 1986); además, el traslado y preservación conllevan al deterioro de la calidad nutritiva y eventual contaminación. Debido a esto se han desarrollado biotécnicas de explotación, como la piscicultura, que se realiza en regiones alejadas de las grandes ciudades, por lo que es conveniente llevarla a cabo en lugares más próximos a las mismas.

Una de las formas de realizarla es en estanques fertilizados artificialmente con el fin de obtener una productividad primaria elevada para desarrollar especies como la carpa herbívora, carpa común y tilapia entre otras (Arredondo, *op. cit.*). Estos sistemas se fundamentan en el hecho de que las algas son la fuente alimenticia de los peces (Schroeder, *et al.*, 1990), debido a que los fertilizantes inorgánicos (nitrógeno y fósforo) son asimilados directamente por el fitoplancton incrementando la productividad primaria (Boyd, 1976). A su vez, el uso de los fertilizantes orgánicos se basa en la suposición que la materia orgánica del estiércol es una fuente de carbono reducido para los herbívoros heterotróficos, mientras la fracción mineral del abono es usada por autótrofos y heterótrofos microbiales (Green, *et al.*, 1989), de tal manera que la materia orgánica y los minerales del estiércol contribuyen al crecimiento de los peces.

Existe controversia en cuanto a la forma de fertilización, ya que en zonas templadas los estanques con bajas densidades de peces sólo requieren de la adición de fósforo (Yamada, 1986). En contraste, los estanques situados en zonas tropicales y subtropicales con altas densidades de organismos alcanzan mayores producciones con la adición de fósforo y nitrógeno (Boyd, *op. cit.*). Los requerimientos de nitrógeno dependen del aumento de la fijación de éste por las comunidades acuáticas, por lo que los fertilizantes varían ampliamente y depende de las condiciones

locales (Diana, et al., 1991).

Por otra parte, existen diferencias en cuanto al uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos debido a que ambos presentan ventajas y desventajas. Los fertilizantes inorgánicos son más utilizados porque se agregan en pocas cantidades y la disponibilidad de nutrimentos es elevada, además de que la demanda de oxígeno es baja (Yamada, 1986; Colman y Edwards, 1987). Sin embargo, no igualan la producción de pescado obtenida por la fertilización con estiércol, debido a que el fósforo tiende a sedimentarse y no está disponible para el fitoplancton. En cambio, los fertilizantes orgánicos incrementan la producción por tres rutas diferentes: (1) es consumido directamente por el pez, (2) es utilizado por los organismos heterotróficos y, (3) provee de nitrógeno y fósforo al fitoplancton así como de otros nutrimentos necesarios (Kund-Hansen, et al., 1991).

Los programas de fertilización deben tener en cuenta los requerimientos algales, el sedimento de los estanques y la calidad del agua porque un exceso de nitrógeno puede causar altas concentraciones de amonio, reducir el crecimiento de los peces o causar mortalidad (Kund-Hansen, et al., op. cit.). En cuanto al fósforo, éste es considerado como limitante de la productividad primaria cuando se encuentra en exceso o en bajas concentraciones (Vallentyne, 1974).

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

Dentro de las características más favorables que poseen estas especies de cíclidos están: su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, gran producción en condiciones de alta densidad,

adaptabilidad a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, tolerancia a amplios intervalos de salinidad y una extensa gama de alimentos naturales y artificiales con los que puede nutrirse (Noriega y Aguilar, 1991).

La tilapia, se cultiva en zonas tropicales y subtropicales, en las cuales los intervalos óptimos de temperatura para su mejor crecimiento se ubican de 22 a 32 °C, además de no cultivarse por arriba de los 1500 m.s.n.m.. Sin embargo, a dichas condiciones presentan maduración sexual precoz, lo cual ocasiona sobrepoblación y por lo tanto, competencia por espacio y alimento. Quizá debido a estas características es que se obtiene bajo crecimiento y poca ganancia en talla-peso y se les considere como especies enanas (Arredondo y Guzman, 1985).

Las consideraciones importantes para la selección de fertilizantes es su aprovechamiento, costo y fácil transportación. Ya que los fertilizantes químicos por su elevado costo y difícil suministro pueden ser limitantes para su uso, el estiércol es una alternativa como residuo universal por lo que constituye una fuente de nutrimentos, además de que su costo es de bajo a intermedio (Green, et al., 1989). La tilapia es frecuentemente cultivada en estanques fertilizados artificialmente donde la productividad primaria y secundaria son elevadas (Almazan y Boyd, 1978), con el fin de aprovechar las características heterotróficas de la especie. Sin embargo, como ya se mencionó, éstos ciclidos cultivados en zonas tropicales, presentan problemas de precocidad sexual debido a las altas temperaturas, con lo que el crecimiento se detiene. Esta desventaja podría solucionarse si se cultivara en climas templados así el organismo al no encontrarse en las temperaturas óptimas para reproducirse, enfocaría su metabolismo hacia el crecimiento con el cual se daría mayor ganancia en talla-peso. Por consiguiente, los objetivos de éste estudio son evaluar el crecimiento de la tilapia considerando los costos de producción, así como seleccionar el mejor fertilizante en el clima templado de la Ciudad de México.



## ANTECEDENTES

Existe información de la explotación de la tilapia, la mayoría realizada en zonas tropicales y subtropicales de América Central y Asia, en las cuales se han obtenido buenas producciones por unidad de área, como la citada por Bardach et al. (1986), donde se observó la importancia del fósforo en la producción total, ya que los estanques que contenían más cantidad de superfosfato aumentaban significativamente la producción de *O. mossambicus*.

En Brasil se realizaron trabajos encaminados a evaluar las relaciones morfométricas y la variación del factor de condición de híbridos machos de *O. niloticus* (cruza de hembras de *O. niloticus* y machos de *O. hornorum*) y se estimó que éstos presentaron un mayor factor de condición que los híbridos y hembras de *O. niloticus* (Mainardes-Pinto, et al., 1986).

Por su parte, Sánchez y Márquez (1982), trabajaron durante dos ciclos de reproducción con *Oreochromis aureus*, en la estación Dique, Cuba, en la que evaluaron la producción de crías al variar el tipo de alimentación. Consistió en emplear dos sistemas de fertilización y dos densidades de siembra de reproductores. Se observó que la producción de crías por hembras y el peso promedio era superior y significativamente diferente en la menor densidad de reproductores. No existió diferencia relevante entre los dos regímenes de fertilización empleados en la producción de crías y su peso promedio y la recomendación fue la aplicación de 25 kg/ha de superfosfato como el más económico al no existir diferencia entre los dos tratamientos.

En cuanto a la fertilización orgánica, Stickney y Hesby (1979), en la Universidad de Texas A & M, desarrollaron un experimento con *O. niloticus* en estanques que anteriormente habían sido fertilizados orgánicamente, los organismos recibieron para esta ocasión alimento complementaria. Se observó que el crecimiento de *O. niloticus* fué más rápido en aquellos estanques que tenían una historia de fertilización y concluyeron que las fertilizaciones anteriores en un estanque tienen influencia en los

resultados de subsecuentes experimentos.

En 1988, Mainardes-Pinto et al., desarrollaron un experimento donde demostraron que se obtiene un crecimiento 7 veces mayor en machos de *Oreochromis niloticus* que fueron alimentados con una dieta balanceada y abono orgánico, que los que se habían sometidos sólo a fertilizantes orgánicos.

Knud-Hansen, et al., (1991) experimentaron en estanques fertilizados con gallinaza bajo diferentes concentraciones (12.5, 25, 50 y 100 g de peso seco/m<sup>2</sup>) durante 149 días para evaluar la producción de *O. niloticus*. Observaron que la productividad primaria neta en los estanques fue de 0.54 a 2 g C/m<sup>2</sup> mientras la producción bruta de pescado fué de 4.9 a 15.7 kg de peso seco/ha/día, y encontraron correlación entre la gallinaza y la productividad neta en la producción de pescado. Los resultados sugieren que la tilapia del nilo obtiene carbono orgánico tanto de la productividad primaria como de los detritos derivados de la gallinaza. Asimismo, se encontró que el nitrógeno inorgánico disuelto, producto de la fertilización orgánica en dosis de 100 g peso seco/ha, limitó la producción de algas cuando la descomposición microbiana de la gallinaza produjo excesos de CO<sub>2</sub>. Concluyen que el uso proporcional de fertilizantes orgánicos ricos en fósforo, carbono y nitrógeno pueden mantener la productividad de las algas, y la eficiente utilización de nitrógeno inorgánico disuelto agregado racionalmente puede minimizar las concentraciones de amonio.

Diana, et al., (1991), desarrollaron un experimento para incrementar la productividad de estanques con fertilizantes, y se trabajó con machos de *Oreochromis niloticus* utilizando tres dosis semanales de fertilizantes que fueron: (1) baja concentración de fertilizante inorgánico (0.27 kg/ha de superfosfato triple); (2) altas dosis de gallinaza (71.4 kg/ha); y (3) altas dosis de fertilizante inorgánico (14.3 kg/ha de superfosfato triple y 4.3 kg/ha de urea). Los estanques que tenían elevadas dosis de fertilizantes presentaron altas concentraciones de nutrimentos en agua, gran productividad primaria y mayor producción de peces en comparación con los de bajas dosis. Se obtuvo alta producción de

clorofila "a" para todos los estanques, pero el crecimiento de los peces fué significativamente mayor en los estanques con fertilizantes orgánicos que los tratados con fertilizantes inorgánicos, debido a las características heterotróficas del pez.

Green et al., (1989), encontraron que las fertilizaciones orgánicas (vacaza) e inorgánicas (superfosfato y triple urea), tienen una eficacia similar en la producción de tilapia del nilo, pero son mucho mejor los desperdicios de pollo ya que se obtienen mayores ganancias en producción neta. Así, se tiene que el desperdicio de pollo produjo 1759 kg/ha, la vacaza 1295/kg /ha y el fertilizante químico 1194 kg/ha en 150 días.

Green et al., (1990), observó en dos países Centroamericanos que la producción esta relacionada con las diferencias estacionales (como son las lluvias y los períodos de secas) con el sitio donde se localizan los estanques (altitud), ya que son factores que influyen en la concentración de nutrimentos y su aprovechamiento.

Yussof M. B. y McNabb (1989), evaluaron si la adición de fósforo era suficiente para elevar la biomasa algal y la producción de pescado. Encontraron que dependía de la cantidad de fósforo adicionado y que si se agregaba solamente fósforo ocurría poca fijación de nitrógeno que repercutía en la producción de pescado (1034 kg/ha/año). La adición de N-P aumentaba la producción pero se limitaba la fijación de fósforo (1713 kg/ha/año), por lo que sugieren que la adición de N-P depende de la zona en donde se situen geográficamente los estanques por la temperatura, y que es conveniente realizar antes un pequeño estudio para evaluar la cantidad y el tipo de fertilizante a emplear en los estanques.

Zweig (1989), realizó un experimento en una región templada durante el verano por 96 días para evaluar la producción de carpa y tilapia además de estudiar la variación de la calidad de agua en un estanque de concreto de 376 m<sup>2</sup> en el que no hubo aereación ni cambios de agua. Encontró que ocurrían inversiones de oxígeno cuando aparecía el sol después de un período de nubosidad, propiciadas por la sedimentación del fitoplancton; en ésta

situación se presentaban muertes masivas de peces, principalmente de carpa. Además de que el pH, el CO<sub>2</sub>, y otras sales disueltas variaban en concentración. Y concluyen que la sedimentación del fitoplancton propiciaba la muerte masiva de peces. Finalmente la producción fue de 224 kg en 376 m<sup>2</sup>/96 días de carpa y 175 kg/376 m<sup>2</sup>/96 días de tilapia.

Schroeder et al. (1990), evaluaron la producción de pescado de un policultivo empleando dos sistemas de fertilización (química y orgánica más fertilizante inorgánico) en estanques rústicos. Observaron que la productividad primaria y la producción de pescado eran similares para ambos tratamientos. Por otro lado, a través de isótopos de carbono y de contenido estomacal e intestinal encontraron que más del 90% de la producción de pescado de los estanques fertilizados orgánicamente provenía del carbono algal por lo que la materia orgánica contribuía marginalmente al crecimiento de los peces. Concluyen que deberá hacer una reevaluación para conocer la contribución que tiene la materia orgánica de abonos y compostas a estanques rústicos.

#### OBJETIVO GENERAL.

Comparar el crecimiento de *O. niloticus* en dos sistemas con diferente fertilización, durante el período de Octubre de 1991 a Agosto de 1992.

#### OBJETIVOS PARTICULARES.

-Determinar el crecimiento y robustez de *O. niloticus* con base al análisis de:

- La frecuencia de tallas.
- La relación peso - longitud.
- El modelo de crecimiento de von Bertalanffy.
- El factor de condición de Fulton.
- La Tasa de crecimiento instantánea (G).

-Obtener el factor de conversión del fertilizante, para cada estanque.

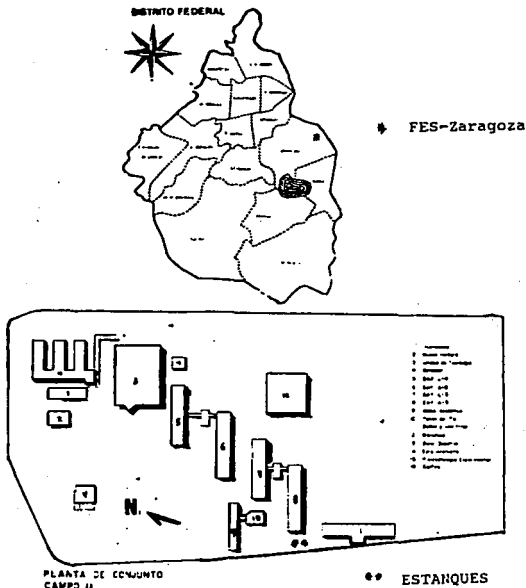
-Estimar la tasa de mortalidad natural para la especie en estudio.

-Evaluar la composición y variación del fitoplancton presente en cada estanque de acuerdo al tipo de fertilizante.

-Analizar los parámetros físicos y químicos del agua.

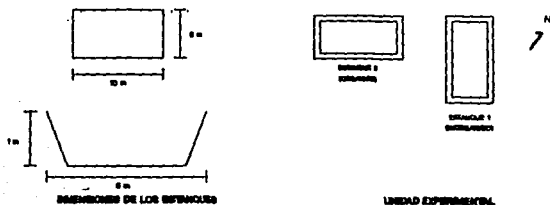
### UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El experimento se realizó en dos estanques de concreto de dimensiones 10m x 5m x 1m, ubicados en la PES-Zaragoza, Delegación Iztapalapa, D.F.: a 19° 25' N y 99° 3' O a una altitud de 2240 m.s.n.m. (INEGI, 1986). El clima presenta de acuerdo a la clasificación de Köppen es C(w)(w)b(i'); templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura mínima es de 12 °C en enero y la máxima (19 °C) en junio. La precipitación mínima es menor a 14 en febrero y mayor de 164 mm en junio (INEGI, 1993). El tipo de vegetación en los alrededores es halófila, pastizal, Acacias (INEGI, 1986) así como *Shinus* spp, *Crasulaceas*, *Eucaliptos* y *Cipreces* (INEGI, 1989), éstos últimos inducidos.



## MATERIAL Y METODO

Los estanques fueron lavados y encalados ( $2 \text{ kg}/50\text{m}^2$ ) y secados al sol por una semana. Después se inundaron a 20 cm y fertilizaron, uno con aporte orgánico (2 ton/ha de vacaza) y el otro con superfosfato y urea en proporción de 60 kg/ha y 20 kg/ha respectivamente (SEPESCA, 1979). Al cabo de 15 días se llenaron totalmente (a 0.8m de profundidad). Los niveles de agua fueron mantenidos por adiciones periódicas provenientes de las tomas de agua potable. En cada estanque se introdujeron bicultivos de *O. niloticus* y *Ciprinus carpio rubrofuscus*, en proporción de 1:1.5 respectivamente, con una densidad de carga de 5 organismos/ $\text{m}^2$  (Bardach, 1986). Las tallas promedio de los peces a la introducción fueron de 2 a 3 cm y peso promedio de 1 a 1.5g. Con dosis de fertilización semanal a razón de  $300 \text{ g}/50\text{m}^2$  de superfosfato triple más  $100 \text{ g}/50\text{m}^2$  de urea en el estanque 1 y  $10 \text{ kg}/50\text{m}^2$  de vacaza en el estanque 2. El experimento tuvo una duración de 300 días (Octubre de 1991 a Agosto de 1992).



## PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS

Se analizaron diariamente los siguientes parámetros:

Oxígeno disuelto: a 30 cm de la superficie de cada estanque se tomó la muestra de agua con botella DBO de 300 ml de capacidad y se analizó por el método de Winkler modificado con la azida de sodio (Contreras, 1985).

El pH se midió en ambos estanques con un potenciómetro de campo marca Corning modelo 30 con precisión de  $\pm 0.01$  unidades.

La temperatura se midió con un termómetro de  $-20$  a  $120$  °C. con una precisión de  $\pm 1$  °C.

Semanalmente se determinaron:

La Alcalinidad a la fenoftaleína y al anaranjado de metilo por el método volumétrico (Contreras, *op. cit.*).

La Dureza total y de Calcio, por el método complejométrico (Contreras, *op. cit.*).

El bióxido de carbono ( $CO_2$ ), por el método volumétrico (Contreras *op. cit.*).

El Amonio se analizó mediante un equipo Kitt modelo Aquamerk 1117 amonium test, método colorimétrico.

En el caso del Fósforo éste se determinó utilizando un equipo Kitt modelo Aquamerk 1119 Phosphat/Silicat, método de determinación colorimétrico con heptamolíbdate amónico.

La visibilidad al disco de Secchi de 20 cm de diámetro.

## PARAMETROS BIOLÓGICOS

### FITOPLANCTON

Semanalmente se obtuvo una muestra de agua de la capa superficial de los estanques con una botella de polietileno con capacidad de 100 ml y se fijó con acetato de lugol, de ésta se obtuvo una submuestra de 1 ml que se observó en una cámara de sedimentación al microscopio invertido para determinar la cantidad y composición de fitoplancton presente en cada estanque por el método de Uthermöl (Schwoerbel, 1975).



## PARAMETROS FISICOS Y QUINICOS

Los datos obtenidos de los parámetros cuantificados se sometieron al análisis exploratorio de datos (Salgado-Ugarte, 1991) y posteriormente se realizó un análisis de varianza de un factor para poder estimar si se observaron diferencias durante el periodo de experimentación. También se graficaron las temperaturas en una serie de tiempo para observar el comportamiento a lo largo del periodo experimental.

## PARAMETROS BIOLÓGICOS

Con los datos de distribución de frecuencias de la longitud patrón, se determinaron las clases de edad mediante el método de Battacharya (1967), apoyados del paquete ELEFAN (Pauly, 1981).

Asimismo, con el empleo de la técnica de diagrama de cajas se observó el comportamiento del aumento de crecimiento de la longitud patrón y peso de los peces para cada uno de los estanques.

Los datos aportados por la biometría fueron utilizados para evaluar la relación existente entre el peso total de los organismos y la longitud patrón para cada estanque a través de la siguiente expresión:

$$W = a L^b$$

donde: .

w = peso de los individuos (g).

L = longitud patrón de los organismos (cm).

a y b = constantes.

Esta ecuación se linealizó aplicando logaritmos para obtener el valor de las constantes a y b.

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

por medio del método de mínimos cuadrados, donde  $a$  es el valor del intercepto y  $b$  la pendiente. El valor de  $b$  obtenido de esta ecuación se sometió a una prueba de "t de Student" para determinar si el crecimiento de la población fué isométrico ( $b = 3$ ) o alométrico (cuando  $b \neq 3$ ).

El Factor de Condición de Fulton ( $K$ ), el cual indica el grado de bienestar del pez, se registró mensualmente a través de la siguiente relación (Pauly, 1983).

$$K = W / L^b$$

$W$  = peso total promedio (dg).

$L$  = longitud patron promedio (mm).

$b$  = cte obtenida de la relación peso - longitud

$K$  = factor de condición

Se estimó el ritmo de crecimiento en longitud de la población de ambos estanques mediante el modelo de crecimiento de von Bertalanffy (Pauly, 1983), a partir de esta misma ecuación se obtiene una función que relaciona la edad con el peso. Asimismo, se realizaron diagramas de cajas con los datos observados.

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

$$W_t = W_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})^3$$

$L_\infty$  = longitud asintótica.

$W_\infty$  = peso asintótico.

$L_t$  = longitud al tiempo  $t$ .

$W_t$  = peso al tiempo  $t$ .

$b$  = cte de la relación  
peso/longitud.

$k$  = coeficiente de crecimiento.

$t_0$  = edad hipotética cuando  $L=0$ .

$t$  = tiempo final.

Para obtener la longitud máxima ( $L_\infty$ ) y  $k$  se utilizó el método de Ford Walford (1949) citado en Pauly, 1981.

El ajuste de K y  $t_0$  se realizó por medio del método de Beverton y Holt (1957) de Pauly op. cit..

#### TASA DE CRECIMIENTO INSTANTANEA

Se define como el crecimiento en peso o en longitud ganado por el organismo en un tiempo determinado, expresada de la siguiente manera (Pauly, 1983):

$$G = (\ln W_t - \ln W_0) / (T_1 - T_0)$$

G = tasa de crecimiento instantanea.

$W_t$  = peso del mes final.

$W_0$  = peso del mes inicial.

$T_1$  = tiempo final.

$T_0$  = tiempo inicial

Esta tasa se obtuvo de manera mensual para observar el comportamiento del pez en función del tiempo.

#### FITOPLACTON.

La composición de fitoplancton presente en cada estanque se determinó a través de muestreos mensuales, para establecer los géneros más abundantes, así como obtener la cantidad en unidades biológicas por litro (UB/L) utilizando para esto el método propuesto por Uthermöhl.

#### FACTOR DE CONVERSION DE FERTILIZANTE

El Factor de Conversion del Fertilizante (FCF), se evaluó con el propósito de conocer cual de los dos tipos de fertilización (orgánica e inorgánica), tenía la mejor eficiencia de producción de tilapia.

Para determinarlos se empleó la fórmula propuesta por Kuri-Nivón (1980).

$$FCF = \frac{\text{CANTIDAD DE FERTILIZANTE SUMINISTRADO (Kg)}}{\text{INCREMENTO EN PESO DE LA POBLACION (Kg)}}$$

#### TASA DE MORTALIDAD

Debido a que sólo hubo muerte natural y no por predación o por pesca, ésta se estimó como los organismos totales menos los faltantes de la población, de manera mensual y global (Sutton y Harmon, 1985), para obtener el porcentaje de mortalidad.

$$M = (Nt / No) 100$$

M = tasa bruta de mortalidad.

No = organismos muertos.

Nt = organismos totales.

## CRECIMIENTO.

Una vez calculadas las constantes de la ecuación de von Bertalanffy para la población de los dos estanques, se observó que el crecimiento de los organismos en el estanque 1 fué superior al del estanque 2 durante el mismo periodo, al presentar mejor crecimiento en longitud y peso (tablas III y IV., figura 1 y 2), lo cual también se observa en los diagramas de cajas de los datos observados (fig. 3 y 3', 4 y 4').

|            |   |
|------------|---|
| Estanque 1 | $L_t = 20.1760 ( 1 - e^{-0.2038(t - 0.1194)} )$ |
| Estanque 2 | $L_t = 17.5056 ( 1 - e^{-0.2139(t + 0.5913)} )$ |

Tabla II. Ecuación de crecimiento en longitud de acuerdo a la expresión de von Bertalanffy.

|            |   |
|------------|---|
| Estanque 1 | $W_t = 203.59 ( 1 - e^{-0.2038(t - 0.1194)} )^{2.842}$  |
| Estanque 2 | $W_t = 161.14 ( 1 - e^{-0.2139(t + 0.5913)} )^{2.9828}$ |

Tabla IV. Ecuación de crecimiento ponderal en función del modelo de von Bertalanffy.

## RELACION PESO-LONGITUD

El tipo de crecimiento generado por los peces de los dos estanques fué alométrico negativo ya que el valor de la pendiente (b) es estadísticamente diferente de 3 ( $P < 0.05$ ).

## TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO.

De acuerdo a éste parámetro, el comportamiento que se observa

en el tabla V de manera general, es que de Noviembre a Marzo (invierno) se detecta una disminución de la tasa y a partir de éste período y hasta Junio un incremento, el cual tiende a decrecer posteriormente. El hecho de que en el mes de Mayo se tenga un valor negativo es debido al ajuste de densidad para mantener la población de los estanques constante (re poblamiento). Asimismo, en la figura 8, se denota que los valores más altos registrados para éste factor corresponden a la población del estanque 2.

| MES | Nov  | Dic  | Ene | Feb  | Mar | Abr  | May  | Jun | Jul  | Ago  |
|-----|------|------|-----|------|-----|------|------|-----|------|------|
| E-1 | .55  | .008 | .04 | -.24 | —   | —    | -.07 | .75 | .72  | .28  |
| E-2 | 1.32 | —    | —   | .15  | .15 | .189 | -.77 | .30 | .009 | 1.17 |

tabla V. Tasa Instantánea de Crecimiento en Peso para los organismos de ambos estanques.

#### FACTOR DE CONDICION DE FULTON.

La condición que presentaron los organismos del estanque 1 y 2, es semejante, aun cuando para las tilapias del estanque 1 se registró un promedio ligeramente superior a las del estanque 2 ( $\bar{X}_1 = 4.23$  y  $\bar{X}_2 = 3.71$  respectivamente). Por lo que existen diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ), en el grado de bienestar mostrado durante el período de experimentación (figura 9, tabla VI).

| MES | EST 1 | EST 2 |
|-----|-------|-------|
| OCT | 4.48  | 4.02  |
| NOV | 4.58  | 3.73  |
| DIC | 4.35  | ----  |
| ENE | 4.60  | 3.67  |
| FEB | 3.78  | 3.62  |
| MAR | ----  | 3.81  |
| ABR | 4.83  | 3.55  |
| MAY | 4.18  | 4.12  |
| JUN | 4.46  | 3.54  |
| JUL | 4.56  | 3.42  |
| AGO | 4.22  | 3.62  |

$$K = ( W / L^b ) \times 100$$

Tabla VI. FACTOR DE CONDICION

#### FITOPLANCTON.

En las figuras 10 y 10' se presentan los comportamientos del fitoplancton y del oxígeno en ambos estanques. Se observó desde el inicio la gran abundancia de fitoplancton que aumentó considerablemente durante la época más cálida, y disminuyó en el periodo invernal y nuevamente se incrementó progresivamente a partir de Febrero. La diversidad y cantidad fitoplanctónica en el estanque inorgánico no es igual al del estanque orgánico a lo largo del experimento puesto que los géneros más abundantes en la primavera y principalmente en verano, en el tratamiento orgánico son: *Anabaenopsis*, *Chlorella* y *Closterium*. Y para el estanque inorgánico los géneros dominantes fueron: *Phacus*, *Kirchneriela*, *Chlorella* (tabla VII).

| GENEROS PRESENTES EN AMBOS ESTANQUES |                     |
|--------------------------------------|---------------------|
| <i>CHLORELLA</i>                     | <i>COSMARIUM</i>    |
| <i>SCENEDESMUS</i>                   | <i>CLOSTERIUM</i>   |
| <i>EUGLENA</i>                       | <i>NYCROSYSTIS</i>  |
| <i>CHROCOCCUS</i>                    | <i>ANABAENOPSIS</i> |
| <i>GONIUM</i>                        | <i>MERISHOPEDIA</i> |
| <i>NAVICULA</i>                      | <i>PHACUS</i>       |
| <i>PEDIASTRUM</i>                    | <i>COELASTRUM</i>   |
| <i>KIRCHNERIELLA</i>                 | <i>ANABAENA</i>     |

Tabla VII. Géneros Fitoplanctónicos presentes en ambos estanques.

#### MORTALIDAD.

Los porcentajes más altos de mortalidad en ambos estanques se registraron en los días posteriores a la introducción, para el caso del estanque 1 (inorgánico), fué de 28% y para el estanque 2 (orgánico) fue de 13%. Para diciembre, al realizarse el muestreo mensual, se observó en el estanque 1 la falta de tilapias por lo que se presume que murieron por el frío o fué saqueado el estanque ya que no se encontraron peces muertos. En el estanque 2, la mayor mortalidad se produjo en junio de 92, cuando el oxígeno disminuyó drásticamente provocando condiciones anóxicas en el estanque siendo la mortalidad del 40%. En forma general la mortalidad fué de 15% en el tratamiento inorgánico y 33% en el orgánico (fig. 11).

#### FACTOR DE CONVERSION DEL FERTILIZANTE

El tratamiento orgánico generó mejor producción de pescado (11 kg) que el inorgánico (7.5 kg), con una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ). Además hay que considerar



que el costo de transportación de la vacaza fué mínimo ya que la fuente de donde provenía el estiércol se encuentra aproximadamente a 1 km de distancia, resultando finalmente el que la producción de tilapia bajo estas condiciones resulte redituable. En cuanto al fertilizante inorgánico, éste presentó ventajas como la fácil disponibilidad de nutrimentos y la no proliferación de algas nocivas pero no igualó la producción de pescado obtenida en el estanque fertilizado orgánicamente, además de que su costo es elevado, así como el de su traslado (Tabla VIII).

|   | ESTANQUE INORGANICO | ESTANQUE ORGANICO |
|---|---------------------|-------------------|
| CANTIDAD DE<br>PESCADO OBTENIDA<br>(KG/HA). | 3300                | 62800             |
| PRODUCCION<br>(KG/HA)                       | 1506                | 2138              |
| F.C.F.                                      | 2.19                | 31.3              |

TABLA VIII. Producción por fertilizante y F.C.F..

#### PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS.

La temperatura ambiente presentó un promedio de 19.35 °C a lo largo del periodo experimental, el valor mínimo se presentó en Enero (12 °C) y el máximo en abril (26 °C).

En el estanque con fertilización orgánica se registró una diferencia de temperatura del agua de 1°C mayor que en el estanque de inorgánico. Así, se observó para el inorgánico un promedio de 19.55 °C, que disminuyó en Enero hasta los 12°C, y aumentó gradualmente hasta registrarse el máximo (24°C) en abril. En el estanque 2, el promedio fué de 21°C, el máximo en abril de 25°C y el mínimo en Enero con 13°C (figuras 12 y 12').

El oxígeno disuelto para el estanque 1 disminuyó drásticamente en diciembre (menos de 1 mg/l), y aumentó gradualmente al aumentar la temperatura, hasta que en el mes de

junio registró condiciones de saturación (19 mg/l). En el estanque orgánico se presentó la mínima en noviembre con menos de 1 mg/l y en mayo la máxima saturación con 32 mg/l (figs. 12 y 12'), en junio se presentaron condiciones anóxicas que a mediados del mismo mes desaparecieron.

El pH tuvo variaciones poco significativas en ambos estanques. Para el inorgánico un promedio de 9.34 con valores mínimos en febrero (9.00) y máximo en junio (10.66). Para el estanque 2, el promedio fue de 9.27 con máximos en mayo (10.28) y a fines de agosto el mínimo con 8.65 (figura 13 y 13').

La Alcalinidad total, en el estanque 1 presentó en mayo el máximo con 113 mg/l, y el mínimo en Agosto con 56.2 mg/l. Para el estanque orgánico, se presentó el máximo durante marzo con 134.1 mg/l y el mínimo en Agosto con 80.9 mg/l (figura 13 y 13').

La Dureza total, en el estanque 1 presentó un máximo en Octubre de 104 mg/l, y el mínimo en Marzo con 48.7 mg/l. Para el estanque 2, el máximo se presentó en febrero con 210.16 mg/l, y el mínimo en Noviembre con 57.5 mg/l (figuras 14 y 14').

La concentraciones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) en el agua para el estanque 1, se mantuvieron por encima de los límites tolerables de 0.4 mg / l de  $\text{NH}_4^+$  (Hepher y Pruygin, 1981). Se determinaron concentraciones de cero en junio (la mínima) y la máxima de 5 mg/l en abril. Para el estanque orgánico, se registraron valores superiores a 5 mg/l de amonio en los meses de junio y julio.

El fósforo, para el estanque 1, durante los meses de noviembre a febrero se encontró en una concentración de 4 mg/l y aumentó progresivamente a partir de marzo hasta el fin del experimento superando los 90 mg/l. En el estanque orgánico (2), las concentraciones de fósforo inicialmente fueron de 5mg/l, incrementándose sucesivamente con el tiempo, hasta que en julio se registró el máximo con 70 mg/l.

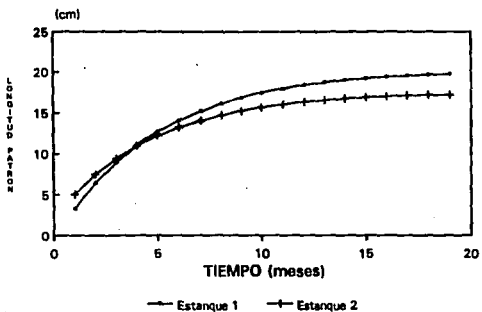


Fig. 1. CRECIMIENTO LONGITUDINAL PARA AMBOS ESTANQUES

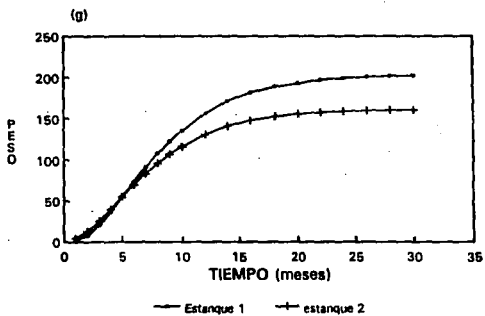


Fig. 2. CRECIMIENTO EN PESO CON LA EC DE VON BERTALANFFY. PARA AMBOS ESTANQUES

FIG. 3. COMPORTAMIENTO DE LA LONGITUD PATRON EN EL ESTANQUE 1

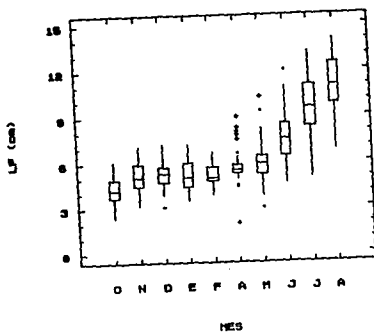


Fig. 3'. COMPORTAMIENTO DE LA LONGITUD PATRON EN EL ESTANQUE 2

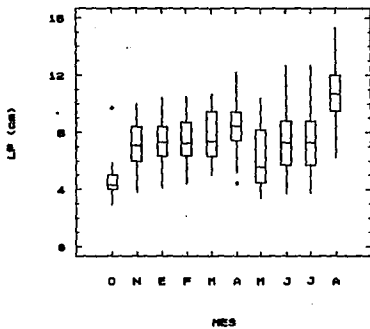


Fig. 4. COMPORTAMIENTO DEL PESO  
ESTANQUE 1

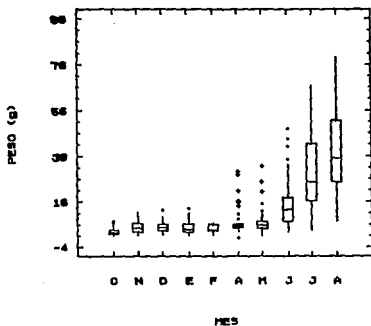


Fig. 4'. COMPORTAMIENTO DEL PESO  
ESTANQUE 2

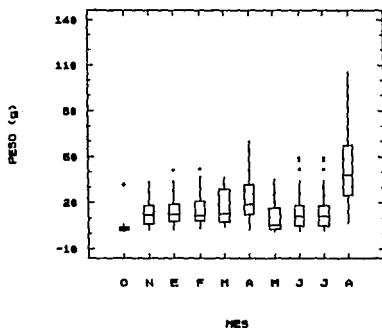
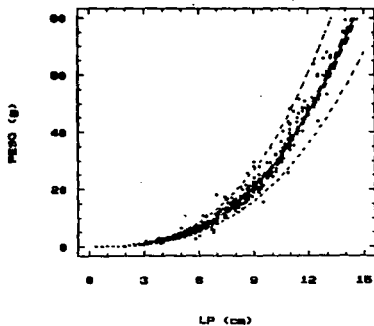


Fig. 5. REGRESION PESO vs. LONGITUD PAT.  
ESTANQUE 1



RESIDUALES  
ESTANQUE 1

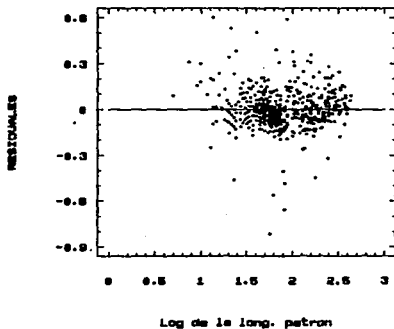
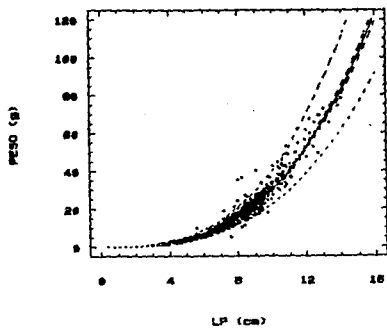
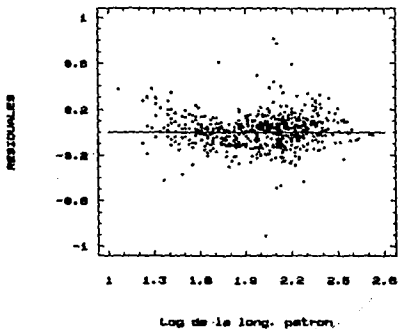


Fig. 6'. REGRESION PESO vs LONGITUD PAT.  
ESTANQUE 2



RESIDUALES  
ESTANQUE 2



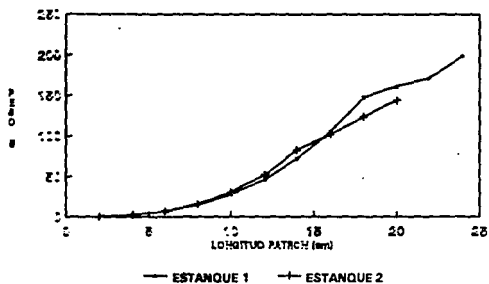


Fig. 7. COMPARACION DE LA RELACION PERCEPS-  
LONG PARA LA TRAMPA EN AJES DE ESTANQUES



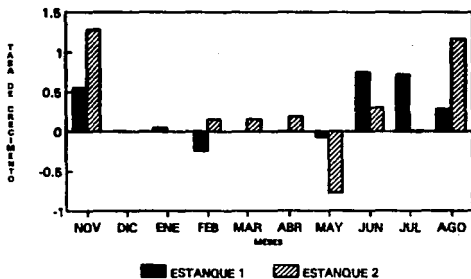


Fig. 8. COMPARACION DE LA TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO EN PESO. ESTANQUE 1 Y 2.

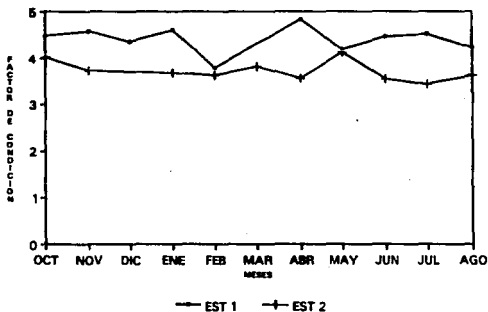


Fig. 9. COMPARACION DEL FACTOR DE CONDICION EN AMBOS ESTANQUES.

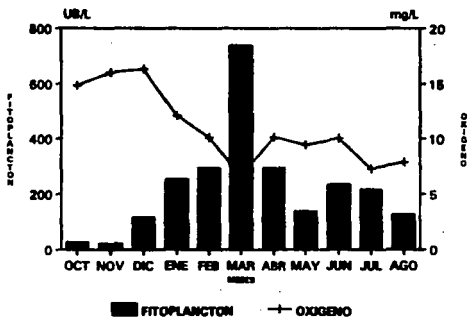


Fig. 10. RELACION FITOPLANKTON-OXIGENO EN EL ESTANQUE 1 (INORGANICO).

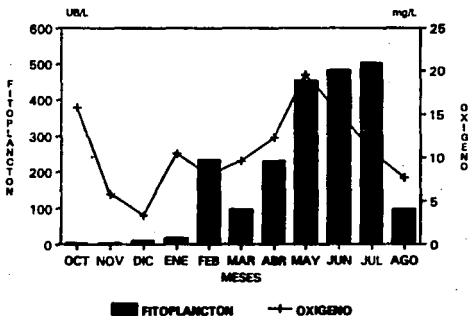


FIG 10'. RELACION FITOPLANKTON-OXIGENO EN EL ESTANQUE 2 (ORGANICO).

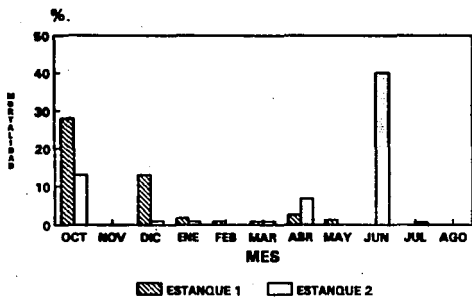


Fig. 11. PORCENTAJE DE MORTALIDAD PARA AMBOS ESTANQUES.

Figura 12. SERIE DE TIEMPO PARA  
EL ESTANQUE 1

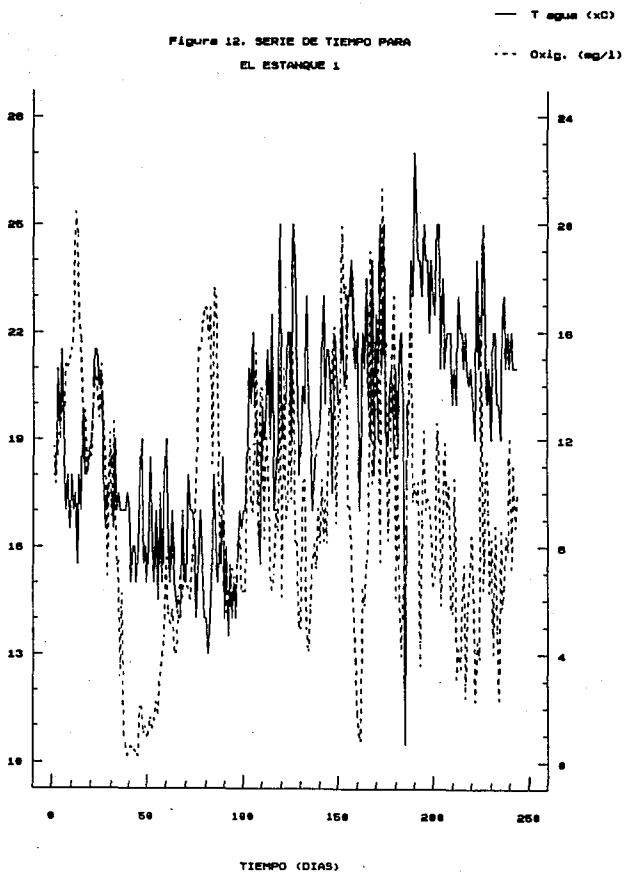
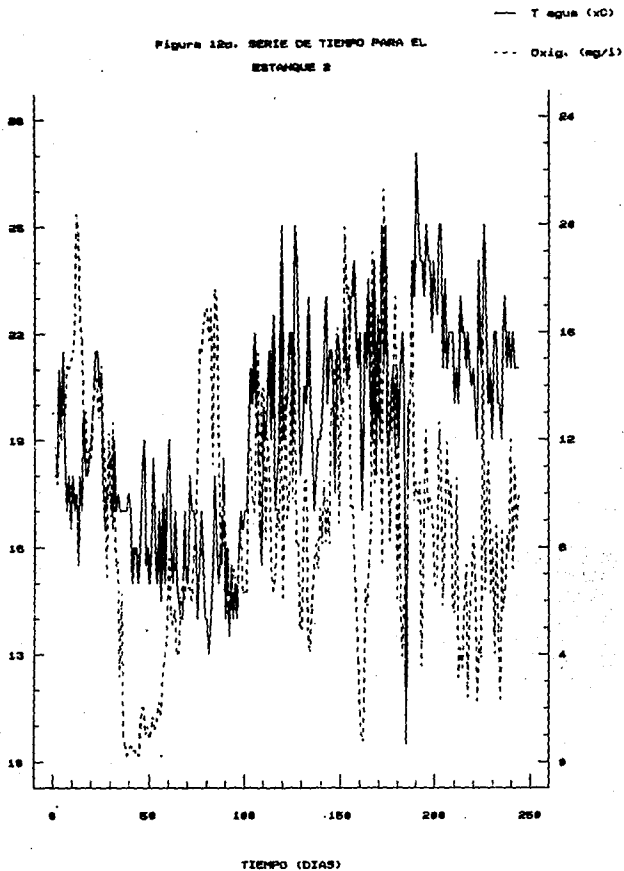


Figura 12a. SERIE DE TIEMPO PARA EL  
ESTANQUE 2



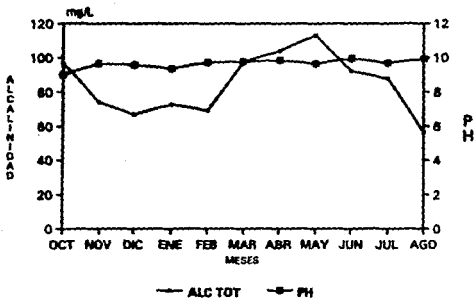


Fig. 13. ALCALINIDAD Y PH ESTANQUE 1

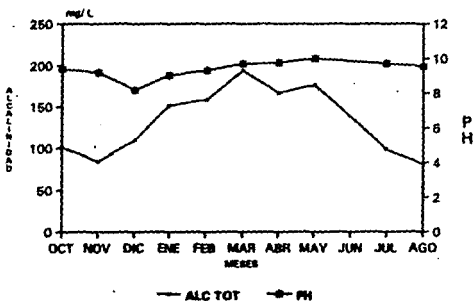


Fig. 13'. ALCALINIDAD Y PH ESTANQUE 2

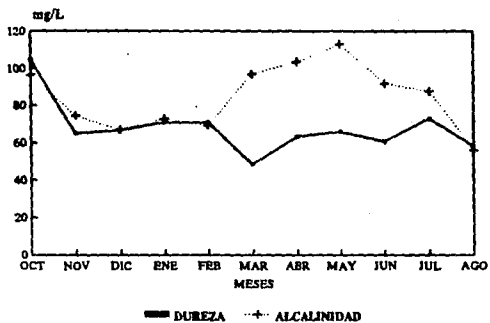


Fig. 14. RELACION DE LA DUREZA Y LA ALCALINIDAD EN EL ESTANQUE 1.

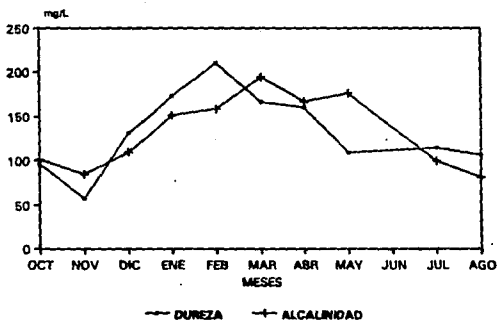


Fig. 14'. RELACION DE LA DUREZA Y ALCALINIDAD EN EL ESTANQUE 2.

## DISCUSION

### CLASES DE EDAD.

Se determinaron cinco clases de edad para los animales de cada estanque (tabla I) y se observó una semejanza en las tres primeras clases que posteriormente fueron superiores en el estanque inorgánico (E-1). La razón de la similitud es debido a que las tilapias se introdujeron con el mismo intervalo de talla (2-3 cm) en ambos sistemas. Por otra parte, el repoblamiento realizado en abril aumentó el número de clases de edad y las condiciones más estables en el estanque inorgánico, propiciaron el mejor desarrollo de las tilapias. Aún cuando los valores que se reportan de longitud para cada edad son bajos hay que considerar que representan la media (como medida de tendencia central) de cada componente gaussiano que se registró para cada grupo de edad.

### CRECIMIENTO.

En los diagramas de cajas de las longitudes observadas en el estanque inorgánico y en el estanque orgánico (figuras 3 y 3'), se aprecia claramente que durante el período invernal el crecimiento se redujo notablemente, debido principalmente a las bajas temperaturas registradas en enero de 92 (figs. 12), ya que se reducen los procesos fisiológicos (tasa metabólica) y se modifica la actividad motora del pez, como consecuencia el crecimiento y la alimentación se ven afectadas (Laevastu y Hayes, et al., 1985). Hepher y Pruginin (op cit.), reportan que la tilapia mantenida por debajo de los 15 °C deja de comer, lo que posiblemente ocurrió a estos animales, puesto que el alimento (fitoplancton) se encontró disponible (figs. 10 y 10'), y es a partir de marzo, cuando la temperatura aumentó que favoreció su desarrollo.

La tasa metabólica menor en el estanque orgánico (tabla II), hace sugerir que hubo otros factores que afectaron el crecimiento no debidas a insuficiencia de alimento puesto que el fitoplancton



siempre se encontró en abundancia (fig. 10'), ni a la temperatura ya que dicho estanque presenta mayor exposición a los rayos solares y por lo tanto mayor temperatura. La causa más probable fué la baja concentración de oxígeno disuelto, el cual es indispensable para procesos anabólicos y su deficiencia afecta al crecimineto (Weaterley, 1989). Ya que en el estanque fertilizado orgánicamente se registraron menores concentraciones de oxígeno disuelto (fig. 12') a causa de que era requerido para la oxidación de la materia orgánica y además de los problemas de cianofitas, por lo que fué el factor que determinó se diera poco crecimineto en el estanque orgánico.

Es necesario aclarar que la vacaza no se agregó directamente al agua, sino que se colocó en bolsas de malla, de donde se liberaron los nutrimentos por solubilidad, de ésta manera, el pez sólo se alimentaba de fitoplancton y en menor grado de la materia orgánica que pasaba a través de la malla de dicha bolsa. Posiblemente, si la vacaza hubiese sido vertida al agua, se hubiera generado mejor crecimiento ya que los peces podrían alimentarse también de la materia orgánica disponible (Diana, et al., 1991), sin embargo, no ocurrió así, por lo que sería conveniente evaluar el crecimiento al agregar la vacaza directamente al estanque; debiendo considerar que la degradación de la materia orgánica requiere de oxígeno y la constante acumulación en el fondo del estanque, que es de concreto, retardaría la degradación de ésta y utilizaría aún más oxígeno que provocaría condiciones indeseables de anóxia, así como el deterioro gradual de la calidad del agua al diluirse la materia orgánica.

Para el tratamiento inorgánico, se observó la misma situación en el período invernal (disminución del crecimiento), acelerándose el ritmo a partir de mayo y hasta finalizar el experimento; éste sistema no presentó las mismas variaciones de oxígeno disuelto que el estanque 2, quizá por ésta razón generó mayor ganancia en longitud no así en peso y se confirmó que la fertilización inorgánica no supera a la producción con fertilización orgánica (Green, et al., 1990).

Al contrastarse el crecimiento entre los dos tipos de fertilización, no se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, éstos resultados no pueden ser concluyentes puesto que el tratamiento orgánico fué inestable y el que no hubiese diferencias es debido posiblemente a la fertilización que eutrofizó el agua y desencadenó, junto con las condiciones ambientales, el establecimiento de cianofitas (Servin-Reyssac y Pletikovic, 1990), que ocasionó estrés en los peces reflejándose en la tasa de crecimiento y el factor de condición inferiores al del estanque inorgánico (tablas VI y VII).

De acuerdo a las figuras 1 y 2, (crecimiento en longitud y en peso), se observó que el crecimiento de los peces de ambos tratamientos se mantiene casi constante a partir de los 10 meses por lo que es conveniente "cosechar" a esta edad. Asimismo, se debe iniciar el cultivo a principios de marzo y finalizar en el mes de octubre para evitar la temporada de frios (invierno) con lo que se podría esperar un mejor incremento en peso y talla.

En términos de rendimiento, se obtuvo una producción total de 2138 kg/ha/300 días en el sistema orgánico y 1506 kg/ha/en 300 días en el inorgánico, que representan una buena producción para regiones templadas; comparando éstos resultados con los de climas tropicales (Green, *op. cit.*; Yussof, *op. cit.*), quienes obtuvieron con fertilización inorgánica similares producciones que la aquí reportada, es posible obtener mejores rendimientos ya que la temperatura si retardó la maduración precoz de la tilapia que se presenta de los 5-8 meses (Morales, 1991), y es característico de cultivos tropicales intensivos exceptuando aquellos monosexo. Sin embargo, es indispensable realizar un pequeño estudio para encontrar la dosis adecuada de fertilizante a emplear (Teichert-Coddington, *et al.*, 1990).

## RELACION PESO - LONGITUD.

El tipo de crecimiento que presentaron las poblaciones de ambos tratamientos fué alométrico negativo (mayor incremento en longitud que en peso), al ser el valor de la constante "b" significativamente diferente de 3 ( $P < 0.05$ ), ésta condición pudo ser debida a que el alimento disponible (fitoplancton), no reuniera los requerimientos nutricionales necesarios para el pez, ya que el alimento natural no necesariamente suministra los diversos componentes como carbohidratos, proteínas o vitaminas, en la misma proporción que lo requieren los peces (Hepher, et al., op cit.) y a su vez, también dependen de la edad de los organismos, por lo que sería una alternativa complementar su dieta con alimento balanceado. Sin embargo, es también posible que factores ambientales (temperatura) y químicos (oxígeno), influyeran sensiblemente.

El peso obtenido por los organismos denota una diferencia entre el estanque orgánico e inorgánico, puesto que en el tratamiento orgánico se produjo la mayor ganancia en peso debida en parte, a la mayor diversidad de alimento disponible en el estanque (detritus) como fuente adicional (Diana, op. cit.). para el tratamiento inorgánico se presentó un mayor incremento de longitud pero con menor peso, lo que se debe a la alimentación basada en únicamente en algas ya que los fertilizantes químicos no generan buenas producciones (Knud-Hansen, et al., op. cit.); Green et al., op. cit., y Diana et al., op. cit.). Los resultados aquí generados son superiores a los reportados en sistemas naturales (Alejo, et al., 1989), y en algunos sistemas de producción en climas tropicales (Green, 1989, 1990; Schroeder, 1990; Knud-Hansen, et al., 1991), por lo que se pone de manifiesto que la poca cantidad de materia orgánica formaba parte de la dieta de los peces del estanque 2 y repercutió en una mayor ganancia descartandose el planteamiento de Schroeder (1989), el cual menciona que la materia orgánica de los abonos contribuyen marginalmente al crecimiento de la tilapia, porque si esto hubiese ocurrido, la ganancia en peso y producción final en ambos

tratamientos serían igual.

#### TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO.

Quando se evaluó la tasa de crecimiento, la cual involucra la ganancia de peso en un tiempo determinado, se observó una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) siendo más grande este parámetro en el estanque 2 (orgánico). El repoblamiento llevado a cabo en abril y junio dió como consecuencia la disminución de la tasa registrada en los meses de mayo y julio, reflejada también en el factor de condición. Para los siguientes meses la tasa permaneció baja debido a las condiciones generadas por las cianofitas. Cuando el sistema orgánico se estabilizó, al aumentar en número las clorofitas, la tasa de crecimiento se elevó significativamente y fué superior a la tasa de los organismos del tratamiento inorgánico (tabla V, fig 8). La introducción de organismos en abril a los sistemas también provocó la disminución de la tasa debido a que eran de menor peso, y en el mes de junio, en el estanque orgánico, la menor tasa se debió a las condiciones de inestabilidad de  $O_2$ , provocada por las altas densidades de cianofitas; en agosto, en cuanto el estanque se encontró estable se generaron los mayores incrementos y se observa, que la tasa de crecimiento fué significativamente superior a la de los organismos del estanque inorgánico (E-1).

Aún cuando se presentaron problemas de estrés en los peces del estanque orgánico por causas difíciles de predecir, se han obtenido resultados aceptables para el cultivo de la tilapia en zonas templadas ya que, en algunas ocasiones, los resultados aquí aportados son mejores a los obtenidos en regiones tropicales y subtropicales. Sin embargo, la época de cultivo se ve restringida a los períodos de primavera a otoño, puesto que en invierno las bajas temperaturas retardan el crecimiento. Por otra parte, si se complementara la dieta de los organismos es posible esperar mayores incrementos, ya que éstos ayudarían a obtener mejores producciones en menor tiempo.

## FACTOR DE CONDICION.

Al contrastar la condición de los peces de ambos estanques, se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0.05$ ), de mejor bienestar en el estanque inorgánico (E-1) (tabla VI, fig. 9). La menor condición mostrada en el estanque orgánico al inicio del experimento no se debe a la carencia de alimento (fitoplancton) (fig. 10'), sino a la menor eficiencia de conversión de alimento por deficiencias de oxígeno debido al tipo de fertilización (orgánica) y al aumento en la densidad de la población fitoplanctónica. Por otra parte, las cianofitas son un alimento pobre en nutrimentos para los peces (Servin-Reissac, et al., op. cit.), por lo que tal condición influyó y si se encontraba en abundancia éste no fué de buena calidad. Finalmente, el repoblamiento realizado en abril y junio en el estanque orgánico con organismos de menor talla ocasionó también la baja de la condición.

Estos resultados muestran que la tilapia presentó un factor de condición mayor en comparación al obtenido bajo condiciones naturales (Alejo, et al., op. cit.) y ligeramente superior en cultivos monosexuales (Minardes-Pinto, op. cit.).

## FITOPLANCTON.

En los estanques de cultivo se ha observado que en primavera se producen florecimientos masivos de fitoplancton que provocan saturación de oxígeno en la capa superficial de la columna de agua, la gran abundancia de esta comunidad agota los nutrimentos de dicha capa con lo que al inicio del verano el nitrógeno inorgánico disminuye, las concentraciones de amonio aumentan y el oxígeno se agota por muerte de las algas, junto con otros factores éstas condiciones favorecen al grupo de las cianofitas las cuales poseen ventajas adaptativas a tales circunstancias sobre otras algas eucarióticas. Una de estas es que pueden desplazarse (mecanismo viajero) hacia la interfase sedimento-agua donde existe

nitrógeno inorgánico o bien pueden fijarlo de la atmósfera (Fogg, et al., 1973), al cabo de varias semanas llegan a encontrarse en cantidades de hasta varios miles/ml. Boyd (1979) reportó que en estanques fertilizados constituyen más del 90% de la biomasa fitoplanctónica.

Lo mencionado anteriormente es posible que también ocurriera en el estanque fertilizado orgánicamente pues se ha encontrado relación entre los compuestos orgánicos disueltos en altas concentraciones y el desarrollo de las algas verde-azules (Fogg, et al., 1973), ya que en el estanque se presentó esta situación con la aparición de la cianofita *Anabaenopsis* spp antes de marzo y fué aumentando en cantidades considerables al transcurrir el tiempo e inhibió el crecimiento de otras algas (mecanismo antagónico). La temperatura, a su vez fué otro factor desencadenante del florecimiento masivo de la cianofita. Reynolds (1984) reportó que 20 °C es la temperatura óptima para el crecimiento de especies conocidas en regiones templadas y 25 °C o más para *Anabaena*, *Microcystis* y otro géneros. Se observó que en días soleados y sin viento se estableció una capa de algas que provocaron sobresaturación de oxígeno en la capa superficial y disminuía conforme aumentaba la profundidad. Se ha reportado que estas algas desechan metabolitos que al encontrarse en altas cantidades provocan fuertes efectos que pueden ocurrir de varias maneras; (1) los peces son contaminados por las sustancias secretadas por las células; (2) el pez es intoxicado por bacterias asociadas con las cianofitas y (3) los peces mueren como producto de la desoxigenación del agua debida a la descomposición del fitoplancton después del colapso de la población (Carmichael, 1981). En junio se presentó la muerte masiva de fitoplancton que ocasionó muerte de peces, la causa exacta de esta se desconoce, sin embargo, se registraron condiciones anóxicas en la columna de agua por lo que se atribuye a estas la muerte de los organismos.

Desde el punto de vista nutricional estas algas se han caracterizado como un pobre alimento (Lampert, 1987) por lo que a pesar de encontrarse en grandes cantidades no reunían los requerimientos nutricionales necesarios para los peces, y junto

con los efectos causados al sistema disminuyeron el apetito de los organismos, por lo que se generó un factor de condición bajo, y los animales no crecieron como se esperaba.

En el estanque fertilizado inorgánicamente las clorofitas fueron el grupo predominante, ésta diferencia es debida a que el nitrógeno inorgánico actúa como inhibidor de la proliferación de algas verde-azules (Rhee y Gotham, 1980), siendo el factor determinante para que los peces de ese estanque presentaran mejor condición que los del estanque orgánico.

#### MORTALIDAD.

Las causas de la mortalidad pueden ser diversas: depredación, falta de alimento, enfermedades y cambios en el ambiente (Cirske, 1980) o una combinación de algunas de éstas. Durante el experimento se observó que la mortalidad se presentaba en los días siguientes a la introducción de los organismos a los estanques (Octubre y Abril, fig. 11). Un porcentaje significativo de muertes ocurrió en el estanque orgánico en el mes de junio debido al colapso de la población de fitoplancton que ocasionó problemas de anoxia y que provocó el 40% de la mortalidad. Por lo consiguiente sería conveniente adicionar una cantidad de nitrógeno inorgánico con el fin de prevenir el colapso de la comunidad fitoplanctonica durante los meses de mayor abundancia de éstas, con lo que se evitaría también el crecimiento de cianofitas y consecuentemente la posible muerte de peces. En términos generales la mortalidad fué mayor en el estanque orgánico (33%) que en el inorgánico (16%).

#### FACTOR DE CONVERSION DEL FERTILIZANTE.

La mejor producción de pescado se obtuvo con la fertilización orgánica (tabla 12), que puede ser debida a que la materia orgánica fué una fuente adicional de alimento, mientras que en el tratamiento inorgánico los peces sólo se alimentaron de la producción primaria (Green, et al., y Knud-Hansen, et al., op cit.). La causa de que no se haya obtenido una mayor producción es debido a las condiciones generadas por las cianofitas por lo que sería conveniente adicionar una cantidad de nitrógeno inorgánico durante los períodos de mayor concentración de algas para que no se agote éste nutrimento y se mantenga una condición estable a los organismos.

En cuanto a costos de producción, el gasto de transportación de la vacaza fué la única inversión que se hizo además de mínima ya que existe un establo cercano a los estanques, mientras que para los fertilizantes inorgánicos (urea y Superfosfato) los costos son mayores porque se tiene que invertir en transporte más el costo del fertilizante, con lo que se eleva el precio del producto final (pescado). Por lo tanto, se recomienda el uso de fertilizantes orgánicos debido a su bajo costo de transportación, fácil disponibilidad y principalmente por generar mayores producciones.

#### PARAMETROS FISICOS Y QUIMICOS.

En los sistemas utilizados en la piscicultura, la producción se incrementa a través del uso de fertilizantes orgánicos y/o inorgánicos, el alimento suplementario o su combinación, e inciden en la disponibilidad de nutrimentos y se aprecia en la producción de pescado, por lo que deben tomarse en cuenta factores abióticos que influyen de manera importante en el cultivo de peces, y pueden ser determinantes para la sobrevivencia y el crecimiento de los



organismos (Arredondo *op cit.*). Dentro de estos factores se encuentran: oxígeno disuelto (O.D.), amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), alcalinidad, dureza, temperatura, sulfatos y los nitratos, etc.

Al comparar la temperatura de los dos estanques, se observó que en el estanque con tratamiento inorgánico la temperatura del agua era siempre menor en 2 °C que la del estanque orgánico. Esto se debe a que el estanque inorgánico lo cubre la sombra de un edificio durante las mañanas, recibiendo la luz solar directa a partir de las 11 a.m., mientras que el estanque orgánico recibe radiación durante todo el día. La baja temperatura en el invierno retardó el crecimiento por la reducción de la tasa metabólica de los organismos.

Por otra parte, la mejor exposición solar del estanque orgánico favoreció la mayor oxigenación del sistema por la activación de la fotosíntesis. En las figs 12 y 12', se observa que el oxígeno presentó un comportamiento similar a la temperatura. Tal vez la radiación solar junto con otros factores químicos por el tipo de fertilización, contribuyó al florecimiento masivo de las algas ocasionando condiciones anóxicas en junio. Cuando hubo muerte masiva de fitoplancton, se registraron aumentos de amonio, por lo que esto pudo estresar a los peces y reflejarse en el crecimiento. Los problemas de oxígeno se solventaron mediante la aereación por chorro de agua con una bomba para reciclar el agua y fertilización inorgánica para proveer de nutrimentos a las algas. Es posible también emplear el método de Chang (1988), que consiste en reciclar el agua de la superficie de la columna de agua, a capas donde haya poco oxígeno, sin romper la tensión superficial.

En cuanto al pH, el valor en los dos estanques es similar, ligeramente alcalino, posiblemente debido al encalamiento como medida profiláctica y a la alta cantidad de fitoplancton que estuvo presente, lo cual favoreció la disponibilidad de nutrimento como fósforo. El estanque 2 presentó un promedio menor de pH

debido a la materia orgánica y procesos de respiración. Considerándose que el rango óptimo para el crecimiento de la tilapia esta entre los 6.5 a 9 (Arredondo, 1986), y comparando los resultados observados en el experimento (pH = a 9.5 a 10), éste parámetro pudo ser un factor limitante del desarrollo de la tilapia.

Por otra parte el pH elevado es consecuencia de la presencia de carbonatos, se analizó el comportamiento de la alcalinidad, y se encontró que en el tratamiento inorgánico la alcalinidad fué menor que en el orgánico, lo cual sugiere la presencia de carbonatos debido, por un lado, al encalamiento y por otro a procesos de fotosíntesis y respiración (Arredondo, 1986), y la disminución debida al aumento del CO<sub>2</sub> que al disolverse forma bicarbonatos, producto de la respiración de la comunidad acuática y la descomposición de la materia orgánica. Como la alcalinidad tiene una relación directa con la disponibilidad del fósforo (Arredondo, *op cit*), se consideran aceptables las concentraciones registradas.

Para el caso de la Dureza total, se encontró que en el estanque tratado inorgánicamente existía una relación Alcalinidad - Dureza ligeramente similar con discrepancias en abril y mayo, considerándose como un sistema de buena productividad (Arredondo, *op cit.*). En el tratamiento orgánico, la relación fué de mayor Alcalinidad que la Dureza total, sin embargo, no sobrepasa la relación 1 : 2, con lo que es posible que parte de los carbonatos y bicarbonatos esten asociados con otros aniones más que con el Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>. No obstante, satisface la condición para obtener una productividad moderada (Arredondo, *op cit.*), ya que éstos aniones, son parte importante dentro del metabolismo fotosintético de las algas y su presencia puede tener influencia en la disponibilidad de alimento para la tilapia e influir en su desarrollo.

Al determinarse el fósforo y el nitrógeno , nutrimentos que son indispensables para el fitoplancton, se encontró que el fósforo existía en elevadas concentraciones en el estanque inorgánico debido a la dosis semanal a que fue sometido. El pH ligeramente alcalino en ambos estanques favoreció la disponibilidad del fósforo (Arredondo, op cit.), pero por otra parte, los aumentos del valor de pH y la temperatura también provocan la precipitación del fósforo como sal (Wetzel y Likens, 1985), ésto pudo ocurrir posiblemente en el estanque orgánico que junto con la gran cantidad de fitoplancton en mayo y junio, agotaron el fósforo y provocaron la muerte de éstas generándose los problemas de oxígeno.

Asimismo, el amonio se encontró en dosis elevadas, superiores a las óptimas para la tilapia 0.4 mg/l (Hepher, op cit.), durante los meses de junio a agosto en el estanque orgánico, debido al aporte de la vacaza y a los metabolitos de las comunidades fitoplanctónica y de peces. La descomposición del fitoplancton al morir libera amonio al sistema. Por lo que éste compuesto al encontrarse en cantidades elevadas afectó al desarrollo de los peces.

Finalmente, la contaminación atmosférica es un problema grave en el Valle de México. Esta situación genera las lluvias ácidas que caen durante el verano y repercuten gravemente en la naturaleza. Estas lluvias pudieron tener un impacto adverso en la comunidad fitoplanctónica, al cambiar las condiciones químicas del agua y contribuir a la muerte de éste ocasionando problemas graves. Por lo tanto, sería importante evaluar el impacto que tiene la contaminación en estanquerías aledañas a ciudades con problemas de contaminación y su posible efecto en el crecimiento de los organismos, mediante un estudio en el que se observara el comportamiento del pH en el agua del estanque después de un período de lluvias, así como de los principales elementos que son arrastrados con la posible acumulación y magnificación en la cadena alimenticia.

## CONCLUSIONES

Se obtuvo mejor crecimiento de *Oreochromis niloticus* en los meses cálidos del período experimental para ambos tipos de fertilización.

El tipo de crecimiento poblacional fué alométrico negativo.

La condición de los organismos fué mejor con el fertilizante inorgánico debido a la estabilidad del sistema.

El crecimiento fué superior en el sistema fertilizado orgánicamente ya que la poca materia orgánica formó parte de la dieta de los peces.

El fertilizante orgánico tuvo el mejor factor de conversión; sin embargo, no es recomendable utilizar esa dosis por más de seis meses ya que empobrece la calidad del agua al ser sistema cerrado.

La mayor producción se obtuvo en el sistema fertilizado con vacaza, 2250 kg/ha/300 días, en comparación a los 1756 kg/ha/ en 300 días del fertilizante inorgánico.

El fitoplancton como alimento disponible no fué un factor limitante del crecimiento ya que siempre se mantuvo en alta densidad. Asimismo, su composición esta influenciada por el tipo de fertilización.

La mortalidad fué causada por las condiciones anóxicas en el estanque orgánico.

Los parámetros físicos y químicos que presentaron mayor variación fueron la temperatura y el oxígeno y fueron de gran influencia en el crecimiento de los peces.

La temperatura no óptima para la reproducción de la especie retardó su maduración precoz.

### CONSIDERACIONES

Es conveniente estudiar el desarrollo de la tilapia con fertilizantes orgánicos y alimentación suplementaria, con el fin de evaluar si se puede obtener mayor producción en menor tiempo.

Es posible obtener mejores producciones si se adiciona la vacaza directamente al estanque.

Podría evitarse el establecimiento de cianofitas si se agregase una pequeña dosis de nitrógeno inorgánico (urea) eventualmente al estanque fertilizado orgánicamente.

Se debe encontrar una dosis de fertilizante en la cual se estimule el crecimiento de los productores primarios en el inicio y después moderarla o disminuirla; con lo que se ganaría proveer a los productores de los nutrimentos necesarios y a la tilapia de los productos de la descomposición de la vacaza como son detritus y compuestos orgánicos solubles; al mismo tiempo, se evitaría el florecimiento masivo de algas y las consecuencias que acarrear como son los bajos niveles de oxígeno y el colapso de la población fitoplanctónica.

## BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, H.P. y Noriega, C., (1985). La tilapia y su cultivo. Secretaría de pesca. México: 10-60.
- Alejo, P.M.C., Laguna, M.M., y Tlalpan, P., (1989). Estudio de Algunos Aspectos Biológicos de *O. mossambicus*. (Osteichthyes) en la Laguna " El Rodeo " Estado de Morelos. Tesis de Licenciatura E.N.E.P. Zaragoza, U.N.A.M. 130 p.
- Almazan, G and Boyd, C.E., 1978. Plankton Production and Tilapia yields in Ponds. *Aquaculture*, 15: 75-77.
- American Public Health Association, (A.P.H.A.) American Water Works Association (A.W.W.A.) And Water Pollution Control Federation (W.P.C.F.), (1986). *Standard Methods for the Examination of Water and Wast Water*. 14 th ed. joint Editorial Board U.S.A..
- Arredondo , F.J.L. y Guzmán A.M., (1985). Actual situación taxonómica de las especies de la Tribu tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. *An. Instituto de Biol. U.N.A.M.* 56 , Serie Zool.(2): 555-572.
- Arredondo, F.J.L., (1986). Piscicultura. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca, México: 182 pp.
- Bardach, J.E., McLaren, W.O., y Ryther, H.J., (1986). *Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. A.G.T. Editor S.A. México: 741.
- Bhattacharya, C.G., 1967. A Simple Method of Resolution of a Distribution Into Gaussian Components. *Central Inland Fisheries Research Institute, Barrackpore, India*. 115-135 p.
- Boyd, C.E., ( 1976). Nitrogen fertilizer effects of Tilapia in ponds fertilized with phosphorus and potassium. *Aquaculture*, 7: 385-390.
- Boyd, C.E., (1979). *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn University Press. 2a. New York 344 p.
- Carmichael, W.W., (1981). Freshwater blue-green alge (Cyanobacteria) toxins. A review. In: W.W. Carmichael (Editor). *The Water Environment: Algal Toxins and Health*. Plenum Press. New York, NY,: 1-13.

- Chang, W.Y.B., and Hai Ouyang., (1988). Dynamics of dissolved Oxygen and Vertical Circulation in Fish Ponds. *Aquaculture*, 74: 263-276.
- Cirzke, J.B. (1980). Introducción a la dinámica de poblaciones de peces. F.A.O. Doc. Tes. de Pesca. 192: 82.
- Coldman and Edwards, P., (1987). Feeding pathways and enviromental in wastefed aquaculture: balance and optimization. In: P. J.W. Monarity and R.S.V. Pullin (Editors), *Detritus and Microbial Ecology in Aquaculture*. International Center of Living Acuatic Resuoreces Management, Manila, Philippinas: 240-280.
- Contreras E. F., (1985). *Manual de Técnicas Hidrobiológicas*. U.A.M. Iztapalapa. México: 1-79.
- Curts, B.J., (1984). *Introducción al Análisis de Residuos. Biótica*, Vol 9, No 3.
- Diana J.S., Lin, C.K. and Schneeberger, P.J., (1991). Relationships among nutrient inputs, water nutrient concentrations, primary production, and yield of *Oreochromis niloticus* in ponds. *Aquaculture*. 92 : 323-342.
- Everhart, W.H. and Young. C., (1981). *Principies of fishery Science*. Cornell University Press. 2a edition New York: 349.
- Gallardo Caballero, M., (1986). Análisis de frecuencias de Tallas por medio de los Métodos de Petersen, Cassie y Bhattacharya, para la determinación de la Edad de la Brótola *Phycis biennoides* (Brunnich, 1768) en el Mediterráneo Occidental (Phices: Gadidae). *An. Inst. Cien. del Mar y Limnol. U.N.A.M.*. México, 13(2): 187-196.
- Green, B.W., Phelps, R.P. and Alvaranga, H.R., (1989). The effect of manures and chemical fertilizers on the production of *Oreochromis niloticus* in earthen ponds. *Aquaculture*, 76: 37-42.
- Green, B.W., Teichert-Coddington, and Phelp, R.P., (1990). Response of tilapia yield and economics to varying rates of organic fertilization and season in two Central American Countries. *Aquaculture*, 90: 279-290.
- Hepher, B., Prugin, Y., (1981). *Commercial Fish Farming*. Wiley Interscience Publication. New Jersey, U.S.A.: 69-71.
- INEGI, 1986. "Carta de uso de suelos y vegetación Ciudad de México". E14-2.

- INEGI, 1989. "Guía para la interpretación de cartografía. Uso de suelo". p 16-18.
- INEGI, 1993. Anuario Estadístico del Distrito Federal. 272p.
- Kanasawa, A.G., Ojeda, G. y Toshima, S., (1978). Nutritional Requirements of Tilapia. Utilization of Dietary Protein by *Tilapia zilli*, Menn. Facc., Fish Kagoshima Univ., 27: 40-50.
- Kund-Hansen, C.F. Batterson, R.T., McNabb, C.D., Harabat, I.S., Sumantadinata, K. and Eidman, H.M., (1991). Nitrogen input, primary productivity and fish yield in fertilized fresh water ponds in Indonesia. *Aquaculture*, 94: 49-63.
- Kuri-Nivón, E., (1980). Instructivo para la determinación del Factor de Conversión Alimenticio (F.C.A.). Manuales Técnicos de Acuicultura. Depto de Pesca, México.(1): 22-34.
- Laevastu, T., Hayes, M.L. (1985). *Fisheries Oceanography and Ecology*. Fishing News Book Ltd. USA. 5-9 pp.
- Lampert, W., (1987). Laboratory Studies on zooplankton - cyanobacteria interactions. *M.Z.J. Mar Freshwater Res.*, 21:443-490.
- Mainardes - Pinto, C.S., P. De Pavia y J.R. Verani (1986) Estudio comparativo do crescimento do (*Osteichthyes cichlidae*) em cultivos monossexo. *Boletim do Instituto de Pesca, Brasil*. 13 (2): 21-27.
- Mainardes - Pinto, C.S., P.de Pavia y J.R. Verani,(1986). Influencia da vacaza balanceada no crescimento do machos de *O. niloticus* em tanques adubados. *Boletim do Instituto de Pesca, Brasil*. 15(1): 25-30.
- Morales, D. A. (1974). El Cultivo de la Tilapia en México. Datos Biológicos. Instituto Nacional de Pesca. INP / SI: 24-25.
- Morales, D.A., (1991). La Tilapia en México, cultivo y pesquerías. A.G.T. Editor, S.A., México, D.F. 3-84 pp.
- Noriega-Curtis, P., (1979). Primary Productivity and Related fish Yield in Intesely Manured Fishponds. *Aquaculture*, 17: 335-344 pp.
- Pauly D. (1981). Algunos métodos simples para la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Documentos Técnicos Pesca. F.A.O. Roma: 20-70.



- Pauly, D., (1983). Fish populations dynamics in Tropical waters. A manual for use with programable calculators. Internatinal Center for Living Aquaculture Resurces Management ICLARM. Estudios and Reviews. Manila, Philippinas: 163-240.
- Potts, G.W., and Wostton, I.J., (1984). Fish Reproduction, Strategies and Tactics. 2nd ed., Edit. Academic Press, U.S.A.: 180-200.
- Reynolds, C.S., (1984). The Ecology od Freshwaters Phytoplankton. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge Univ. Press. Cambridge, 384 pp.
- Riker, W.E. (1975). Methods for assement of fish production in freshwater. L. P. B. Handbook Blakwell S.C. Publics. U.S.A.: 348.
- Rhee, G.Y., and Gothan, I.J., (1980). Optimum N:P ration and co-existence of planktonic alge. J. Phycol., 16: 468-489.
- Salgado-Ugarte, I.H., (1991). EL Análisis Exploratorio de Datos en las Poblaciones de Peces. Fundamentos y Aplicaciones. Manual Didáctico. E.N.E.P. Zaragoza. U.N.A.M.: 112.
- Sánchez, T. Vazquez J. (1982). Efecto de dos sistemas de fertilización y dos densidades de reproductores sobre la producción de larvas de tilapia (*O. aureus*) Empresa Nacional de Acuicultura. Rev. Cub. Inv. Pesquera 1(2): 38-48.
- Schroeder, G.L., Wohlfarth, G., Alkon, A., Halery, A. and Krueger, H., (1990). The Dominance of algal-based food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures. Aquaculture, 86: 219-229.
- Schwöerbel J., 1987. Métodos de Hidrobiología. ED BLume. España.
- Servin-Reissac, J. and Pletikosic, M., (1990). Cyanobacteria in Fish Ponds. Aquaculture, 88: 1-20.
- Stickney, R.R., Hesby J.H. (1979). Growth of tilapia nilotica in ponds with differing histories of organic fertilization. Aquaculture. 17. 189-191.
- Suresh, A.V. and Lin, C.K., (1992). Tilapia culture in saline waters. Aquaculture, 106:201-226.

- Sutton, D.B., and Harmon, N.P. (1985). *Fundamentos de Ecología*. Ed. limusa. México: 171p.
- Tang, Y.A., (1970). Evaluation of balance between fishes and available fish in multispecies fish culture ponds in Taiwan. *Trans. Am. Fish Soc.* 99: 708-718.
- Teicherth-Coddington, D.R., Behrends, L.L. and Smitherman, R.O., 1990. Effects of manuring regime and stocking rate on primary production and yield of tilapia using liquid swine manure. *Aquaculture*, 88: 61-68.
- Vallentyne, R. Jr., (1974). The Algal Bowl. *mics. Spec. Publ.* 22 Dep. Environ, fish Mar Ser. Ottawa Out.: 186 p.
- Weatherley, A.H. and Gill, H.S., 1989. *The Biology of Fish Growth*. Academic Press. London and Canada. 3-87 pp.
- Wetzel, G.R. and Likens, E.G., 1985. *Limnological Analysis*. W.B. Saunders Company. Philadelphia London. 112-319 pp.
- Yamada, R., (1976). Pond production systems: fertilization practices in warmwater fish ponds. In: J.E. Lannan, R.O. Smitherman and G. Tchobanagious (Editors), *Principles and practices of Pond Aquaculture*. Oregon State University Press, Corvallis, OR.: 97-100.
- Yussof, F.M. and McNabb, C.D., 1989. Effects of nutrient availability on primary productivity and fish production in fertilized tropical ponds. *Aquaculture*, 78: 303-319.
- Zweig, D.R., 1989. Evolving water quality in common carp and blue tilapia high production pond. *Hydrobiologia*, 171: 11-21.