

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

IZTACALA

"EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO DE TILAPIA ROJA
(Oreochromis mossambicus x Oreochromis urolepis hornorum)
EN JAULAS FLOTANTES EN LA LAGUNA DE METZTITLÁN,
EDO. DE HIDALGO".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGO

PRESENTA

JAVIER PIÑA ALTAMIRANO

ASESORA: DRA. NORMA A. NAVARRETE SALGADO
PROFESORA TITULAR C TIEMPO
COMPLETO DEFINITIVO

MÉXICO, D.F.

2006



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.

EL RETO DEL HOMBRE
ES EL ENFRENTARSE
ASI MISMO, A SUS
DESEOS, TEMORES,
IDEALES, PREJUICIOS,
DECISIONES, LIBERTAD, SOLEDAD,...
LA VIDA ES LA OPORTUNIDAD
DE ENFRENTARLO

¡ HAY QUE VIVIRLO Y DISFRUTARLO ¡

*A LA MEMORIA DE MI HERMANO RUBÉN,
QUIEN EFECTIVAMENTE NOS HA OTORGADO
UNA VERDADERA LECCIÓN DE VIDA,
LUCHA Y CONSTANCIA.*

JAVIER PINA ALTAMIRANO 2004

EL PRESENTE TRABAJO LO DEDICO A.....

*A mis padres
Cutberto Piña
Gutiérrez y María
del Refugio
Altamirano
Gastelum, gracias
por darme la
oportunidad de
vivir, saberme
querido y apoyado
siempre.*

*A mis hermanos
Armando, Iván, Noé,
Benjamín y
Primavera, que la
culminación de este
trabajo les recuerde
que si podemos,
cuenten conmigo
como siempre.*

*A mi esposa, María
Bertha Torres
Flores, por su gran
amor e
incondicional
apoyo, cómplice
para el logro de mis
sueños. Te amo.*

*A mis cuñadas,
cuñados, suegro,
sobrinos, sobrinas
y toda la familia,
perdón por no
nombrarlos a uno
por uno, pero es
muy pequeño este
espacio.*

*A mis hijos Javier,
Daniel y Alejandro
Gabriel, principales
estímulos y motores
de mi vida, hay que
echarle ganas y
nunca rendirse.*

*A mis amigos y
profesores, seguro
que de una u otra
forma han
contribuido a la
realización de este
trabajo y muchos
más.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco todo el apoyo a mis maestros de la ENEP Iztacala, en especial a la asignatura de Ecología y Biologías de Campo.

A la Dra. Norma Navarrete Salgado por aceptar la dirección de esta tesis y su indiscutible paciencia.

A la M. en C. Regina Sánchez M., M. en C. Mario A. Fernández, M. en C. Alba Márquez, M. en C. Gilberto Contreras y Biol. Guillermo Elías, por el tiempo dedicado al presente trabajo y valiosa contribución.

A los Biólogos Hugo Ramírez y Maria Luisa Ceballos de la Dirección de Pesca del Gobierno del Estado de Hidalgo, por permitirme trabajar en el módulo de jaulas de la Laguna de Metztlán, determinante para la realización del presente trabajo.

A la Sociedad de Solidaridad Social de San Cristóbal, Metztlán, en especial al grupo de jaulas y a mi buen amigo Chencho y Doña Tere.

Al M.V.Z. Feliciano Can, por su apoyo durante el desarrollo del trabajo en el campo, realmente fue grata su compañía.

A mis grandes amigos: Irma Murillo, Darío Ibarra, Poncho Delgadillo, Juan Rivera, en especial a Jorge Angulo Calderón, jamás dejaremos de ser la banda utópica.

A mis tías Rosa María, Rosa Linda, tío Pepe (q.d.e.) y mi abuelita Juanita, nunca olvidare su apoyo en el desarrollo de mi carrera y mi vida.

A mis primos José, Goyo, Gisela, Ricardo, Víctor, Araceli; a mis tíos Goyo(q.d.e.), Víctor, Felipe, Luz y Tere.

A las autoridades y compañeros del trabajo, Kenneth Peterson, Grace Romo, Rolando López, Rodrigo Tapia y Jutty Paterson sin su apoyo no hubiera sido posible.

Al Morris, aunque no lo creas fuiste parte importante de este trabajo.

A mis Padres por enseñarme a enfrentar la vida, valorar lo que represento y lo que soy.

Y finalmente a mi hermosa familia María Bertha, Javier, Daniel y Alejandro Gabriel, me apoyaron en todo momento, manteniendo el deseo de llegar hasta el final.

ÍNDICE

	Pag.
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN.....	5
OBJETIVOS	6
ANTECEDENTES.....	7
ÁREA DE ESTUDIO.....	11
MATERIAL Y MÉTODOS.....	12
ESPECIES UTILIZADAS	16
RESULTADOS	18
PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS	18
PARÁMETROS BIOLÓGICOS	20
DISCUSIÓN	23
CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	32
FIGURAS	40
TABLAS	41
IMÁGENES	49

RESUMEN

El presente trabajo, describe el crecimiento y el rendimiento biológico en el cultivo del híbrido de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis urolepis hornorum*) en jaulas flotantes en la Laguna de Metztlán, en el Estado de Hidalgo, de tres diferentes tallas (30 ± 15 gr, 60 ± 15 gr y 90 ± 15 gr), así como, el comportamiento fisicoquímico del agua.

La densidad que se utilizó fue de 95 org/m^3 , en jaulas flotantes con una capacidad de 72 m^3 .

El rendimiento biológico para la talla de 30 ± 15 gr fue de $22.24 \text{ Kg/m}^3/\text{año}$; para la talla de 60 ± 15 gr fue de $27.27 \text{ Kg/ m}^3/\text{año}$ y para la talla de 90 ± 15 gr fue de $36.02 \text{ Kg/ m}^3/\text{año}$

Los parámetros fisicoquímicos estudiados, temperatura, oxígeno disuelto, alcalinidad, dureza, pH, profundidad, transparencia, nitritos, amoníaco y CO_2 , no muestran diferencias con respecto a la talla de los organismos o ubicación dentro del módulo, lo que se atribuye al recambio constante del agua.

La laguna muestra un comportamiento alcalino, duro, con una temperatura promedio de $27.5 \text{ }^\circ\text{C}$, por lo que se considera tropical, con variación continua en su profundidad y transparencia; la ubicación de las jaulas es idónea ya que para este caso la profundidad media es de 6.5 m , se recomienda mayor a 5 m ., además de favorecer el recambio permanente del agua.

Es preciso incrementar el número de estudios para determinar con mayor precisión las condiciones óptimas del cultivo en las jaulas, también se sugiere realizar un análisis de costos, principalmente por el suministro de alimentos balanceados.

INTRODUCCIÓN

Es indudable la importancia que representa el hecho de que el crecimiento de la población humana no es proporcional al suministro alimenticio, enmarcando en forma alarmante una de las preocupaciones más importantes y urgentes que hay que resolver, condicionando la investigación hacia la búsqueda de fuentes alternativas (Marañón, 1985).

La piscicultura como fuente de alimentos ha sido conocida por milenios en los países orientales con excelentes resultados, sin embargo, en nuestro país es un recurso con enorme potencial que ha sido señalado solamente los últimos años (Shimada, 1983).

La posibilidad de desarrollar la piscicultura, tanto extensiva como intensiva, guarda particular interés, debido a que dentro de algunas ventajas se encuentran, los elevados rendimientos que proporciona el asegurar el tipo y calidad de pescado que se requiere, así como tenerlo en cualquier época del año, tener una fuente de proteínas relativamente barata y el atractivo de las poblaciones de escasos recursos (campesino) como una opción de ingreso extra (Marañón, 1985).

La tilapia posee gran importancia en la producción de proteína animal en las aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo. Las características que hacen de la tilapia uno de los organismos más apropiados para la piscicultura son su rápido crecimiento, resistencia a enfermedades, elevada productividad, tolerancia a desarrollarse en condiciones bajas de oxígeno y a diferentes salinidades, así como la habilidad de nutrirse a partir de una amplia gama de alimentos naturales y artificiales. Además, la calidad de la carne es excelente, puesto que su textura es firme, de

color blanco, lo cual hace que constituya un pescado altamente apetecible para el consumidor (Morales et al., 1988).

Desde su introducción a México en 1964, la tilapia ha representado una fuente de alimentos y empleos constituyendo una actividad económica importante en los cuerpos de aguas epicontinentales. Esto se refleja en las estadísticas pesqueras al registrarse una producción aproximada de 70 000 toneladas anuales, ocupando el primer lugar en las pesquerías de aguas dulces (Arredondo et al., 1994).

Las expectativas planteadas en el momento de su introducción hace 30 años, han sido sobrepasadas ya que, tan sólo en ese período, la tilapia ha adquirido un lugar preponderante en el gusto del consumidor y ahora es posible encontrarla en los principales mercados del país a un costo accesible, compitiendo con otros tipos de carne, tales como la de res y pollo (Arredondo *op.cit.*).

Con el aprovechamiento de poco más de 500 000 hectáreas de terrenos no aptos para la agricultura, la ganadería y otras actividades productivas y de poco más de 2.6 millones de hectáreas de aguas dulces y salobres que conforman el potencial de recursos hidrológicos de nuestro país, la acuicultura representa el 12.6 % del potencial pesquero del país, la cual puede aportar aproximadamente 185 000 toneladas de productos al finalizar 1988, cifra equivalente a la producción pesquera nacional de 1985 (Juárez, 1988).

El número de unidades de producción que manejan tilapia se han incrementado significativamente en los últimos años. En 1990, se reportaron la existencia de 322 unidades distribuidas en toda la República, siendo operadas tanto por la iniciativa privada como por el sector público. Esto ha sido factible

gracias a la gran demanda que mantiene en algunas zonas, donde existe un hábito arraigado de consumo de tilapia, generalmente en estado fresco (Arredondo et al., 1994).

Entre algunas de las alternativas planteadas para la obtención de una producción estable, que se están promoviendo por la Secretaría de Pesca, destaca una técnica de Piscicultura Intensiva: las jaulas flotantes para engorda (Marañón, 1985).

ANTECEDENTES

Al igual que la mayoría de los demás tipos de acuicultura, el cultivo en jaulas procede del Sudeste de Asia, aunque se cree que su origen es relativamente reciente según Ling, 1977 (en Beveridge, 1986). Al parecer, este método de cultivo se ha desarrollado independientemente en al menos dos países. Según Pantalu, 1979 (en Beveridge, *op. cit.*), las primeras noticias del cultivo en jaulas proceden de Kampuchea, donde los pescadores de la región del Gran Lago criaban bagres del género *Clarias* y otros peces comerciales en jaulas y cestas de bambú o junco, hasta que estaban listos para transportarlos al mercado. Durante su cautividad, los peces, a los que se les alimentaba con restos de las comidas, crecían satisfactoriamente. Este método tradicional de cultivo se ha venido practicando desde finales del siglo pasado y hoy día está extendido por toda la zona del bajo Mekong, desde donde los últimos años se ha extendido a VietNam, Tailandia y otros países de Indochina (Beveridge, *op.cit.*).

La modalidad de jaulas flotantes cobró auge después de la segunda guerra mundial en el mundo occidental, ante la necesidad de producir alimentos; evento que coincidió con la creación de nuevos productos sintéticos para implementarlas. Otro hecho importante lo constituye el conocimiento sobre el cultivo y la biología de los peces de interés comercial, destacando el de las necesidades nutricionales, que permite la elaboración de alimentos comerciales, principalmente: bagre, trucha, salmón, carpa y tilapia (Delgadillo, 1983).

Los antecedentes de los países que se han ocupado en esta actividad son extensos, Coche en 1976, en su revisión sobre la aparición del cultivo en jaulas flotantes, menciona que en Tailandia estas se utilizan desde hace 80 años, en Asia e Indonesia desde 1940, en Japón a nivel experimental en 1950, en 1954 se introdujo a los Estados Unidos (Alabama), en Canadá, Chile, Finlandia, Reino

Unido y en Unión Soviética, posteriormente se llevaron investigaciones en otros países, en los que destacan Irlanda, Hungría, Noruega, Alemania Federal, Alemania Democrática, Nueva Zelanda y Polonia (Marañón, 1985).

En México, la carta informativa de datos biotécnicos para el cultivo de híbridos machos de tilapia en jaulas 1981(en Marañón, 1985), indica que a partir de 1973 se trabaja con jaulas en Chapala, Jalisco; Pátzcuaro, Michoacán y Chinameca; Delgadillo (1978) informa que en el mismo año FIDEFA (Fideicomiso para el desarrollo de la fauna acuática) realizó trabajos con corrales y jaulas en Michoacán y Morelos, sin que se supieran los resultados por no hacerse extensivos; la información se encuentra dispersa hasta 1977 con el programa de cultivos pilotos (Departamento de Pesca, Dirección General de Acuacultura), donde el objetivo fue experimentar dentro de las presas tropicales, idea que posteriormente se extendió a otros cuerpos de agua con climas diferentes. Se realizaron cultivos experimentales en la Presa Presidente Miguel Alemán, con diversas especies, sin obtener los resultados deseados (Marañón, *op.cit.*).

En 1980 Jalisco destaca el caso de las jaulas flotantes, que maneja la cooperativa pesquera de la presa Cajón de las Peñas, la especie cultivada es Tilapia nilotica (García, 1982)

En Chiapas se implementó el programa de tilapia en jaulas flotantes, en la presa de La Angostura, El Portillo y Chicoasen; coordinados por la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado (Anónimo, 1981). En Morelos en la Laguna del Rodeo y Cuatetelco: En Michoacán en las presas del Infiernillo, La Villita y Zirahuen; en Veracruz en Valle de Azueta, cultivándose principalmente T. nilotica (Anónimo, 1982).

En 1985, Marañón, realizó una evaluación del cultivo comercial en jaulas flotantes de la tilapia O. aureus, en la presa Miguel Alemán. Describe diversos aspectos de crecimiento y las diferentes especies que participan en la hibridación para su cultivo.

En 1989, Flores-Nava, et al, realizaron estudios sobre la conversión alimenticia, relacionada con la densidad en el cultivo en jaulas de Cichlidae. Donde señalan que las tasas de crecimiento fueron independientes a la capacidad de carga hasta una densidad de 100 peces por m³.

En 1989, Arce Moreno, realizó un estudio sobre el efecto en el crecimiento de híbridos de Oreochromis mossambicus Peter 1852 x Oreochromis hornorum Trewevas 1983 del Ácido Nicotínico. Plantea los efectos negativos que provoca el Ác. Nicotínico en el crecimiento del híbrido estudiado.

En 1990, Mancera Moreno evaluó los efectos de alimentos en cultivo de Oreochromis niloticus en jaulas flotantes en los camellones chontales de Nacajuca, Tabasco. Encontró diferencias significativas entre las trazas y el alimento balanceado, sin embargo, sugiere revisar los costos para la implementación del cultivo.

En Tamaulipas en la Presa Vicente Guerrero se desarrolla un cultivo de tilapia en jaulas flotantes por la iniciativa privada. En el estado de Hidalgo, en 1986, se implementó un módulo de jaulas flotantes en la Laguna de Atezca del municipio de Molango (Can, 1995).

En 1994 se inicia el proyecto de dos módulos de jaulas flotantes en la Laguna de Metztlán, donde se introdujeron principalmente híbridos de tilapia roja y bagre de la especie Ictalurus punctatus, provenientes de los estados de Veracruz,

Colima, Tamaulipas y Morelos. Bajo la coordinación de la dirección de pesca, del Gobierno del Estado y la operación a cargo de dos Sociedades de Solidaridad Social (Can, *op.cit.*).

En los últimos años se han realizado una serie de trabajos en la UAM-Iztapalapa abarcando diferentes aspectos del Lago. Así se tiene una caracterización del lago del Metztitlán (Ibáñez, et al, 2001), un análisis de la pesquería de tilapia y carpa (Ibáñez, et al, 1999); un estudio para la identificación de las diferentes líneas de tilapia existentes en el lago (Torres, et al, 2001). Por otro lado, en la FES Zaragoza (UNAM) se realizó un estudio sobre el crecimiento de la tilapia en sistemas de cultivo en la Laguna de Metztitlán (Hernández, et al 2000). (Juárez, 2001).

En el año 2000 la SEMARNAP decretó a esta zona como Reserva de la Biósfera "Barranca de Metztitlán". (SEMARNAP, 2000).

ÁREA DE ESTUDIO

La laguna de Metztitlán se localiza en la parte central del Estado de Hidalgo, a 88 Km. de la capital del Estado y a 183 Km. de la ciudad de México (Rovirosa, 1974), posee una superficie de 3220 Km². Es muy particular, pues cambia su superficie de espejo de agua año con año. Esta fluctuación es debida al avance de la frontera agrícola que le ha venido robando terreno al espejo de agua, por lo que la superficie promedio del lago ha quedado reducido a menos de 640 Ha (Ibáñez, et al, 2001).

La llamada laguna de Metztitlán esta situada en los 20°42´de latitud Norte y a los 98° 52´de longitud Oeste, a 1264 m sobre el nivel del mar (Cantú, 1953). Se encuentra asentada sobre suelos calcáreos con grandes filtraciones o resumideros naturales en la periferia del mismo (Cantú, *op.cit.*). El clima predominante es semiseco templado con una temperatura y precipitación media anual de 20.2 °C y 437.1 mm, respectivamente, siendo los meses de mayor precipitación septiembre, junio y julio (Ibáñez, et al, 1999).

La Laguna de Metztitlán pertenece a la jurisdicción de los Municipios de Eloxochitlán (en un 80%) y de Metztitlán (un 20%), su uso primordial es la pesca, actividad que desarrollan cuatro Sociedades de Solidaridad Social; en su zona de influencia la actividad preponderante es la agricultura principalmente de maíz, frijol, papa y ejote.

La unidad del módulo de jaulas de San Cristóbal, se encuentra situada al poniente de la laguna, a una distancia aproximada de 3.5 Km del paraje denominado Cruz Verde, a 6 Km de la localidad de San Cristóbal y a 18 Km de la cabecera municipal.

JUSTIFICACIÓN

Ante la búsqueda de nuevas tecnologías en el cultivo de peces, para lograr producciones a corto y mediano plazo que cumplan con los requerimientos establecidos para la necesidad de alimentación en diferentes zonas de nuestro país, la explotación de los recursos naturales con mucha mayor eficiencia y menor inversión de tiempo para la obtención del producto, el cultivo de peces en jaula viene a ser una alternativa viable, sin embargo, su reciente implementación no permite el afirmar que dicha alternativa es la óptima.

Por lo anterior, el presente trabajo pretende contribuir a evaluar el cultivo en jaulas flotantes y poder establecer la conveniencia de la implementación de esta tecnología, y al mismo tiempo, generar alternativas de investigación para su adecuada explotación.

OBJETIVOS

- 1) DETERMINAR EL CRECIMIENTO PESO-LONGITUD DE LA TILAPIA ROJA EN JAULAS FLOTANTES EN LA LAGUNA DE METZTITLÁN, ESTADO DE HIDALGO.

- 2) EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO INTENSIVO DE TILAPIA ROJA EN JAULAS FLOTANTES EN LA LAGUNA DE METZTITLÁN, ESTADO DE HIDALGO.

- 3) DETERMINAR LOS PRINCIPALES PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DURANTE EL CULTIVO DE LA TILAPIA ROJA EN JAULAS FLOTANTES EN LA LAGUNA DE METZTITLÁN, ESTADO DE HIDALGO.

MATERIAL Y METODOS

El presente estudio se realizó en una unidad de producción que ocupa una superficie de 1334 m²; consta de 16 jaulas flotantes de 6m X 6m X 2m, con corrales de red alquitranada con una abertura de malla de una pulgada, el área productiva por jaula es de 72 m², colocadas en una estructura metálica de perfil de 2" y solera de 1.5", flotando sobre cubos de unicel de 1m X .80m , con pasillos cubiertos de madera de 1 m., cuenta con una bodega flotante de 4m x 4m, de madera de pino con flotadores de unicel y tambos de plástico de 200 lt, con techo cubierto con lamina de zinc. De la unidad de producción se tomaron 5 jaulas, para el desarrollo del presente trabajo, las cuales numeramos del 1 al 5.

Se cultivó un híbrido de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis urolepis hornorum*), procedentes del centro acuícola "Los Amates" del Estado de Veracruz.

Se colocaron los organismos previamente seleccionados por talla, con seleccionadores de metal con diversas aberturas, para tener una talla homogénea por jaula, los cuales fueron alimentados con balanceado para tilapia de la marca "Silver-cup".

Su distribución fue de la siguiente manera:

No. jaula	peso en gramos	densidad
1	90 ± 15	95 org/m ³
2	90 ± 15	95 org/m ³
3	60 ± 15	95 org/m ³
4	60 ± 15	95 org/m ³
5	30 ± 15	95 org/m ³

De acuerdo a la disponibilidad de organismos.

Se realizaron morfométricos con una periodicidad mensual; para obtener la longitud se utilizó un ictiometro de campo con una escala mínima de 1 mm, y el peso se obtuvo con una balanza granataria de triple barra marca OHAUS TBB con una mínima escala de 0.1 gr. Se utilizaron 2 ml. de quinaldina en 30 lt de agua, como calmante para manipular adecuadamente y sin stress a los organismos. Los organismos medidos y pesados fueron colocados en 30 lt de agua con cloruro de sodio con una concentración de 35 ppm, durante 10 min. como tratamiento preventivo, antes de regresarlos a la jaula.

Con la información obtenida se determinó el factor de condición empleando la ecuación propuesta por Le Cren (Gerking, 1978). Se determinó el crecimiento relativo y absoluto en longitud, peso y el rendimiento biológico de acuerdo a Phelps (1981) expresando el resultado en Kg/m³/año. (Elías, 1994)

Factor de Condición

$$W = aL^b$$

Donde:

W = peso de los organismos en gramos

L = longitud patrón

b = tasa de crecimiento

a = factor de condición

Se determinó de manera mensual, con los registros promedios de longitud y peso, el crecimiento relativo.

$$\text{CRL} = \frac{\text{Lf} - \text{Li}}{\text{Li}} \times 100 \quad \text{CRP} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{Pi}} \times 100$$

Donde:

CRL= crecimiento relativo en longitud.

CRP = crecimiento relativo en peso.

Lf = longitud promedio final.

Li = longitud inicial.

Pf = peso promedio final.

Pi = peso promedio inicial.

También se determinó de forma mensual el crecimiento absoluto en longitud y peso.

$$\text{CAL} = \frac{\text{Lf} - \text{Li}}{\text{\#DC}} \quad \text{CRP} = \frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{\text{\#DC}}$$

Donde:

CAL= crecimiento absoluto en longitud.

CAP = crecimiento relativo en peso.

Lf = longitud promedio final.

Li = longitud inicial.

Pf = peso promedio final.

Pi = peso promedio inicial.

#DC = número de días de cultivo

La estimación del rendimiento biológico se expreso de acuerdo a Phelps (1981), en Kg/m³/año.

$$RB = Bf - Bi$$

Donde:

Rb = rendimiento biológico

Bf = biomasa final.

Bi = biomasa inicial.

Se realizó la toma de parámetros fisicoquímicos con una periodicidad mensual. La temperatura del agua se tomó con un termómetro de mercurio marca Taylor con escala de -10 a 110 °C, a nivel superficial y a medio metro de la orilla hacia el centro de las jaulas.

La profundidad se determinó en dos extremos del módulo, con una sonda.

La transparencia se calculó mediante el empleo de un disco de Secchi

El oxígeno disuelto, dureza, alcalinidad, pH, nitritos, amonio, dióxido de carbono y cloruros se determinaron con un laboratorio portátil HACH modelo FF-2.

En cuanto a la sanidad se realizó la limpieza de las jaulas de manera mensual, la cual consiste en tallar con escobeta la red colocada en ganchos, previamente azotada con varas para sacudir. Se aplicó tratamientos preventivos con KMnO₄ con una concentración de 6 ppm, durante 45 min. y en caso de parásitos internos se aplicó Consumix plus o Nitrofurazona a razón de 10 gr por Kg de alimento (Can, 1995).

ESPECIES UTILIZADAS

En 1981 se inició una operación muy ambiciosa para cultivar tilapias en jaulas. La tilapia *Oreochromis urolupis hornorum* nativa de Zanzíbar y de la costa africana, introducida en Malasia y más recientemente a Costa Rica, llegó a México importada por la Secretaría de Pesca por conducto de la Dirección General de Acuicultura en el año de 1981, cuando el Gobierno mexicano estableció un contrato con la compañía Natural Systems, radicada en Palmeto, Florida E.E.U.U.; y fue depositada en la estación de reproducción piscícola “El Rodeo” en el Edo. de Morelos y los centros acuícolas de Temascal, Oaxaca; Teapa, Tabasco y Los amates, Veracruz. Después fue distribuida para el cultivo intensivo. (Meza, 1995)

La hibridación, con la cruce del macho de *Oreochromis urolupis hornorum* con la hembra de *Oreochromis mossambicus* da como resultado una descendencia de machos, solamente, o que contenga un alto porcentaje de macho. (Hickling, citado por Meza, 1995).

Oreochromis mossambicus (Peters, 1852)

SUPERCLASE: Pisces
CLASE: Actinopterygii
SUBCLASE: Neopterygii
DIVISIÓN: Teleostei
SUBDIVISIÓN: Euteleostei
SUPERORDEN: Acanthopterygii
SERIE: Percomorpha
ORDEN: Perciformes
SUBORDEN: Percoidei
FAMILIA: Cichlidae
GENERO: Oreochromis
ESPECIE: Oreochromis mossambicus (Peters, 1852)
(Nelson, J.S. 1994/Langler, et al 1991)

Oreochromis urolepis hornorum (Trewavas, 1966)

SUPERCLASE: Pisces
CLASE: Actinopterygii
SUBCLASE: Neopterygii
DIVISIÓN: Teleostei
SUBDIVISIÓN: Euteleostei
SUPERORDEN: Acanthopterygii
SERIE: Percomorpha
ORDEN: Perciformes
SUBORDEN: Percoidei
FAMILIA: Cichlidae
GENERO: Oreochromis
ESPECIE Oreochromis urolepis hornorum (Trewavas, 1966)
(Trewavas, 1983)

RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS.

Se realizó una prueba de “t” de las estaciones, se determinó que no existen diferencias significativas en la información obtenida.

Los resultados del promedio de los factores determinados se presentan en las tablas No. 1 y No.2 y se describen a continuación.

La temperatura promedio mensual (Fig. No.1) durante el muestreo fue de 24.13 °C, con una temperatura máxima de 29.5 °C, en el mes de septiembre; con un mínimo valor de 18°C en noviembre.

El oxígeno disuelto (Fig. No. 1) mantiene un promedio anual de 5.17 mg/l; con valor mínimo en el mes de julio, de 4.05 mg/l, y, un máximo de 6.5 mg/l, en los meses de noviembre y diciembre.

La alcalinidad (Fig. No. 2) presenta variación durante el período de cultivo, con un promedio de 169.56 mg CaCO₃/l, un máximo de 192.5 mg CaCO₃/l, en el mes de noviembre y un mínimo de 149.5 mg CaCO₃/l, en el mes de mayo.

La dureza (Fig. No. 2) presenta variación con un promedio de 165.31 mg CaCO₃/l; un máximo de 190.5 mg CaCO₃/l, en el mes de junio, y 131.5 mg CaCO₃/l, como mínimo, en el mes de septiembre.

El pH (Fig. No. 2) presenta un promedio de 8.0 con una medición mínima de 7.6 en agosto y una máxima de 8.5 en diciembre.

La profundidad (Fig. No. 3) del mes de mayo es de 6.53 m, disminuye en el mes de junio a 5.38 m, la cual es la mínima con un ascenso gradual hasta los 9.62 m, en el mes de octubre, la cual es la máxima. El promedio fue de 7.64 m.

La transparencia (Fig. No. 3) presenta su valor mas alto en el mes de mayo con 0.53 m y, el más bajo, en el mes de agosto, con un promedio de 0.1 m; durante la investigación se promedio 0.25 m.

Los nitritos (Fig. No. 4) no se detectaron durante cuatro meses; se tiene el valor más alto en los meses de junio y julio, con 0.02 ppm. y un promedio de 0.0075 ppm.

El amoniaco (Fig. No. 4) se detectó en el mes de julio el valor más bajo 0.01 ppm., su valor más alto corresponde al mes de diciembre con 0.11 ppm. y un promedio de 0.06 ppm.

El CO₂ (Fig. No. 5) presenta un promedio de 36.91 mg/l con un valor máximo en diciembre con 46.6 mg/l y un mínimo de 29.2 mg/l en julio.

PARÁMETROS BIOLÓGICOS.

CRECIMIENTO DE PECES.

En el caso de la jaula No 1. Observamos que la longitud promedio inicial es de 17.85 cm y la final de 25.47 cm, con un peso promedio inicial de 101.22 gr y final de 344.04 gr (Fig. No. 6 y Fig. No. 7); en cuanto al promedio del crecimiento relativo en longitud (CRL) es de 5.29 % y peso (CRP) de 17.24 %, con valores menores en los meses de noviembre-diciembre con 2.88 % y 5.52 %, respectivamente (Fig. No. 8 y Fig. No. 9), el mayor CRL es de 7.63 % en julio-agosto y presenta un CRP de 30.4% en junio-julio. Los crecimientos absolutos en longitud (CAL) y peso (CAP) presentan un comportamiento similar, con un valor máximo de 0.052 mm/día y 1.949 gr/día en los meses de agosto-septiembre; los valores mínimos de 0.024 mm/ día y 0.6 gr/día en los meses de noviembre-diciembre; con promedios de 0.04 mm/día y 1.02 gr/día respectivamente (Fig. No. 10 y Fig. No. 11).

En la jaula No. 2 Observamos que la longitud promedio inicial es de 17.53 cm y la final de 24.70 cm, con un peso promedio inicial de 93.82 gr y final de 321.60 gr (Fig. No. 6 y Fig. No. 7); en cuanto al promedio del CRL es de 6.12 % y CRP de 21.83 %, con valores menores en los meses de octubre-noviembre con 3.30 % y 5.50% respectivamente (Fig. No. 8 y Fig. No. 9); el mayor CRL es de 7.57% en julio-agosto y 31.91% en CRP en agosto-septiembre, los valores mínimos de CAL es de 0.025 mm/ día y de CAP de 0.525 gr/ día en los meses de septiembre-octubre-noviembre y octubre-noviembre respectivamente; con promedios en el CRL de 0.04 mm/ día y 1.04 gr/ día en el CAP (Fig. No. 10 y Fig. No. 11).

En el caso de la jaula No. 3 Observamos que la longitud promedio inicial es de 14.92 cm y la final de 22.48 cm, con un peso promedio inicial de 66.74 gr y final de 254.67 gr (Fig. No. 6 y Fig. No. 7); en cuanto al promedio del crecimiento relativo en longitud es de 6.27 % y un peso de 20.7 %, con valores menores en los meses de octubre-noviembre y noviembre-diciembre con 1.9 % y 9.87 % respectivamente (Fig. No. 8 y Fig. No. 9), el mayor CRL es de 8.64 % y de CRP de 44.44 % en julio-agosto. Los crecimientos absolutos presentan un valor máximo de 0.053 mm/ día y 1.679 gr/ día en los meses de agosto-septiembre-octubre y septiembre-octubre. Los valores mínimos de 0.014 mm/ día y 0.296 gr/ día en los meses de octubre-noviembre y junio-julio; con promedios de 0.04 mm/día y 0.82 gr/día respectivamente (Fig. No. 10 y Fig. No. 11).

En el caso de la jaula No. 4 Observamos que la longitud promedio inicial es de 14.60 cm y la final de 22.39 cm, con un peso promedio inicial de 64.80 gr y final de 250.08 gr (Fig. No. 6 y Fig. No. 7); en cuanto al promedio del CRL es de 6.5 % y del CRP es de 21.41 %, con valores menores en los meses de noviembre-diciembre con 2.57 % y 9.35 %, respectivamente (Fig. No. 8 y Fig. No. 9); el mayor CRL y CRP es de 12.75 % y 73.18 % en julio-agosto. Los crecimientos absolutos presentan un comportamiento similar con un valor máximo de 0.052 mm/ día y 9.949 gr/ día en los meses de agosto y septiembre, con valores mínimos de 0.024 mm/ día y 0.6 gr/día en los meses de noviembre y diciembre; con promedios de 0.04 mm/día y 1.02 gr/día respectivamente (Fig. No. 10 y Fig. No. 11).

En el caso de la jaula No. 5 Observamos que la longitud promedio inicial es de 11.62 cm y la de 20.60 cm, con un peso promedio inicial de 31.25 gr y final de 175.40 gr (Fig. No. 6 y Fig. No. 7); en cuanto al promedio del CRL es de 11.25 % y CRP de 39.11 %, con valores menores en los meses de mayo-junio y octubre-noviembre con 4.13 % y 7.67 % respectivamente (Fig. No. 8 y Fig. No. 9); el

mayor CRL es de 18.26 % y presenta un CRP de 50.32 % en junio-julio. Los crecimientos absolutos presentan un máximo de 0.074 mm/día y 1.772 gr/día en los meses de junio-julio y septiembre-octubre, con valores mínimos de 0.016 mm/día y 0.172 gr/día en los meses de mayo-junio; con promedios de 0.05 mm/día y 0.67 gr/día respectivamente (Fig. No.10 y Fig. No. 11).

En cuanto a los rendimientos biológicos tenemos el mayor para las Jaulas No.1 y No.2 con 36.67 y 35.37 Kg/m³/año, el valor menor es de la Jaula No.5 con 22.24 Kg/m³/año; para las Jaulas No.3 y No.4 tenemos 28.84 y 26.22 Kg/m³/año, respectivamente (Fig. No. 12).

DISCUSIÓN

En el intervalo de los meses de julio-agosto, se registró el mayor incremento en el CRL y CAL, en las Jaulas No. 1 a la No. 4, esto quizá se deba al incremento de la temperatura promedio, la cual fue de 26.5 °C, la segunda más alta durante el desarrollo del presente trabajo; a diferencia de la jaula No. 5 cuyo registro mayor en CRL y CAL fue en el intervalo de Junio-Julio. También entre los meses de agosto-septiembre se registra un alto incremento en el CRL y CAL, en esta ocasión en las 5 jaulas (Fig. 8 y Fig. 10). En cuanto al CRP y CAP se mantienen los registros más altos entre los meses de junio y septiembre (Fig. 9 y Fig. 11), este comportamiento lo podemos relacionar con respecto a la temperatura ya que los registros más altos durante el estudio se encuentran en los meses de julio y septiembre con 26.5 °C y 29.5 °C respectivamente, si tomamos en cuenta que el resto de los parámetros se encontraron dentro de los límites aceptables para el cultivo de la tilapia, podríamos decir que la temperatura tiene un efecto importante en el crecimiento de la tilapia roja, con respecto a este hecho Sodergerg (1990), menciona que por encima de 17.8 °C y bajo condiciones máximas de alimentación; el crecimiento de estos peces es proporcional a la temperatura.

En contraste a la información anterior los registros mínimos de CRL, CRP, CAL y CAP, se registraron durante los meses de noviembre y diciembre (Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10 y Fig. 11), donde encontramos los registros más bajos de temperatura con 18 °C y 21°C respectivamente.

Con respecto a la temperatura mínima registrada de 18°C en el mes de noviembre y la máxima de 29.5 °C en el mes de septiembre, encontramos que todos los registros se encuentran dentro de los valores de tolerancia para la tilapia como lo señala Aguilera, et al (1985). Hopher y Pruginin (1991), mencionan que la temperatura mínima letal para el híbrido *O. niloticus* x *O. aureus*, es a los 10 °C.

Los valores en oxígeno disuelto oscilan entre los 4.05 mg/l y 6.5 mg/l, se observa que se encuentra dentro de los parámetros que recomienda Aguilera, et al (1985) donde señalan como valores recomendables de 5 a 7 mg/ l de oxígeno. Podemos relacionar el registro más bajo en oxígeno disuelto con respecto al incremento de temperatura ya que es sabido que en la medida en que se incrementa la temperatura disminuye la concentración de oxígeno, también podemos mencionar la actividad metabólica por el crecimiento de peso y longitud elevados, como lo menciona Wootton (1992).

La profundidad oscila entre los 5.38 m y 9.62 m la cual se considera adecuada para el cultivo de tilapia en jaulas al impedir que arrastre la jaula y el espacio entre el suelo y ésta permita la circulación del agua como lo señala Beveridge (1986).

La transparencia puede ser determinante a la hora en la que los peces realizan el consumo de su alimento ya que éste es peletizado por lo que flota, los registros mínimos fueron de 0.10 m y 0.17 m en los meses de agosto y julio respectivamente, lo podemos relacionar con el resultado de una mayor actividad fotosintética y por lo tanto una mayor producción primaria, al haber mayor cantidad de nutrientes posibles, lo cual se traduce en una reducción en la transparencia (Sánchez y Navarrete, 1988), así esperaríamos encontrar mayor producción de oxígeno debido a los procesos fotosintéticos como lo señala Pillay (1990), sin embargo, existe también el consumo de ese gas de parte de los mismos productores, además del consumo que realizan los demás integrantes de la comunidad biótica (zooplancton, zoobentos, protozoos y bacterias) incluidas las propias tilapias las cuales en su conjunto propician una caída en la concentración de este gas (Zur, 1980).

Los valores de alcalinidad oscilan entre los 149.5 mg CaCO₃ mg/l y los 192.5 mg CaCO₃ mg/l (Tabla No. 1), con respecto a este parámetro se señalan que valores entre los 20 y 150 mg/l, tienen elevados contenidos de CO₂ que permite la producción de fitoplancton; de tal modo que la disponibilidad de CO₂ para la asimilación fitoplanctónica esta relacionada con la alcalinidad (Boyd y Linckoppler, 1979); y por tanto de cierto modo con el crecimiento de peces. (Hernández, 2001).

En cuanto a la dureza encontramos valores entre los 131.5 mg CaCO₃ mg/l y los 190.5 mg CaCO₃ mg/l, Hernández (2001), señala que los niveles adecuados de dureza y alcalinidad total para cultivo de peces, están por lo general dentro del intervalo de 20 a 300 mg/l, si ambas concentraciones son bajas pueden ser limitantes, y las aguas más productivas son aquellas que tienen aproximadamente las mismas concentraciones de alcalinidad y dureza (Martínez, 1998). Se puede decir que la dureza se encuentra dentro de los intervalos recomendado para el cultivo de peces, además de presentar una similitud de comportamiento con respecto a la alcalinidad. Para el cultivo de Tilapia Wicki (1997) menciona un intervalo de dureza de 20 a 350 mg CaCO₃ mg/l, como parte de las características del agua de abastecimiento.

El pH vario de 7.6 a 8.5 estos cambios ligeros se pueden deber a la variación de la alcalinidad junto con el CO₂ los cuales están muy relacionados (Diana, et al, 1997). Las mayor variación de pH se presentó en el mes de diciembre y en el resto del estudio se mantuvo estable alrededor de 8.0, esto se puede deber al aumento de la reserva alcalina, ya que se menciona, que ésta funciona como amortiguador contra cambios en el pH Swingle,(1961) citado en Hernández, 2002. El pH es un factor que llega a ser adverso sólo en concentraciones por debajo de 6 y por arriba de 9, para la mayoría de los peces (Martínez, 1998). Arredondo (1986b) señala que un intervalo óptimo para el

crecimiento de tilapia, está entre 6.5 a 9. De tal forma que se puede afirmar que el pH de la laguna durante este estudio se encuentra dentro del intervalo óptimo para el cultivo de tilapia roja.

Finalmente en cuanto al amoníaco (NH_3) no existe una acumulación o incremento en la concentración elevadas lo que se esperaría ocasionados por los desechos, productos de excreción y de sustancias producto de los procesos diagenéticos de los sedimentos, por descomposición de la materia orgánica (Zur, 1980). Este efecto se puede deber al constante intercambio del agua, lo cual es una ventaja del cultivo en jaulas flotantes (Mancera, 1989).

La mayoría de los trabajos presentan con mayor frecuencia sus resultados de crecimiento, con una tasa CAP, a continuación muestro una tabla de los datos de cultivos de híbridos de *Oreochromis* elaborada por Hernández (2002),

Espece	CAP (gr / día)	Peso inicial- Final (gr)	Autor
<u>O. niloticus</u> x <u>O. aureus</u>	0.9 a 1.1	4.5-146.3	Cabrera, 2001
<u>O. niloticus</u> x <u>O. aureus</u>	0.7-1.0	7.3-?	Hulata, 1993
<u>O. niloticus</u> x <u>O. aureus</u>	0.94 a 1.64	8.1-?	Hulata, 1993
<u>O. niloticus</u> x <u>O. aureus</u>	0.32	2.26-59.6	Hernández, 2002
<u>O. niloticus</u> x <u>O. aureus</u>	0.43	3.46-80.53	Hernández, 2002
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	0.6 a 1.9	101.22-344.04	Jaula No. 1
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	0.525 a 2.07	93.82-321.60	Jaula No.2
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	0.3 a 1.68	66.74-254.67	Jaula No. 3
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	0.27 a 1.78	64.80-250.08	Jaula No. 4
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	0.172 a 1.77	31.25-175.40	Jaula No. 5

Si consideramos los datos reportados en la tabla anterior, el CAP, supera ampliamente los reportes mencionados, esto se puede deber al tamaño inicial de los organismos de los estudios, ya que los pesos del módulo de jaulas son superiores a los registros encontrados.

Lo anterior aunado a la etapa de desarrollo, provoca que los peces presenten una mayor velocidad de crecimiento en la Jaula No.1 y No. 2, que se destaca al comparar con los organismos más pequeños de la Jaula No. 5, tanto en longitud como en peso. Los peces de la Jaula No. 5 tuvieron el menor CAP,

comparándolo con los peces de mayor tamaño, como lo mencionan Hephher y Pruginin (1991), quienes señalan que, mientras más grande es el pez, más alta es su capacidad potencial de crecimiento absoluto y la tasa de crecimiento relativo (es decir, tasa de crecimiento por unidad de peso) es más grande en peces más pequeños.

A continuación muestro los datos de rendimiento biológico obtenidos por Cabañas (1995), en las jaulas flotantes de la comunidad de Hualula, en las tallas similares a las del presente estudio.

Especie	Rb/m ³ /año	Peso inicial- Final gr	Autor
Híbridos <u>O. spp</u>	30.75	99.58-321.6	Cabañas, 1995
Híbridos <u>O. spp</u>	35.26	99.17-425.77	Cabañas, 1995
Híbridos <u>O. spp</u>	25.77	68.67-250.05	Cabañas, 1995
Híbridos <u>O. spp</u>	16.33	38.6-58.7	Cabañas, 1995
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	36.67	101.22-344.04	Jaula No. 1
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	35.37	93.82-321.60	Jaula No.2
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	28.84	66.74-254.67	Jaula No. 3
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	26.22	64.80-250.08	Jaula No. 4
<u>O. urolepis hornorum</u> x <u>O. mossambicus</u>	22.24	31.25-175.40	Jaula No. 5

Los rendimientos biológicos registrados en el presente trabajo superan los reportados por Cabañas, esto se puede deber a diferentes aspectos, entre otros el alimento balanceado que se utilizó, ya que los periodos de registro para los estudios son similares, aunque en diferente año.

En cuanto a las jaulas flotantes del presente estudio se registra mayor rendimiento en las Jaulas No.1 y No.2 con respecto a las otras tres, el menor rendimiento se observa en la jaula No. 5, nuevamente podemos mencionar la importancia de la talla, tal como ya se destacó de parte de Hopher y Pruginin (1991).

Lo anterior nos permite explicar las diferencias en los rendimientos biológicos, donde los organismos de mayor talla de siembra (90 ± 15 gr) lograron hasta un 62% mayor al de la talla más pequeña (30 ± 15 gr) y un 32 % con respecto a la talla mediana (60 ± 15 gr), el factor de condición para todas las tallas osciló entre los 0.085 como mínimo y 0.0232 como máximo, representando una paridad en todas las tallas, los factores fisicoquímicos no presentaron una variedad considerable entre las jaulas por lo que en este caso comparativamente no representan gran diferencia entre sí.

Para los meses de octubre y noviembre tenemos los menores valores en los CRL y CRP, en mayo el menor CRP, factor que influyó para que en este mes se presentara el menor valor en el factor de condición. En estos momentos la disminución considerable de la temperatura ($18\text{ }^{\circ}\text{C}$) se reduce de forma considerable alejándose del punto óptimo requerido para las tilapias (Bardach, 1986), también hay un considerable incremento en la dureza, alcalinidad, CO_2 y en la profundidad, esto pudo ser provocado por el arrastre de nutrientes y sustancias químicas utilizadas en las partes altas de la laguna, donde debemos considerar se encuentra la vega de Metztitlán, lugar de cultivos agrícolas intensivos.

CONCLUSIONES

El sitio de investigación es apto para el cultivo de tilapias, ya que su comportamiento fisicoquímico cumple en general con las condiciones óptimas para el establecimiento de dicho cultivo.

El cultivo de tilapia en jaulas flotantes representa una alternativa viable para las comunidades que cuenta con cuerpos de agua con una profundidad mínima de 5 m, con un flujo que permita el recambio del agua, con temperaturas que superen los 18 °C. El fondo de la jaula al no ser sólido evita el depósito de huevos en el caso de las tilapias por lo que fomenta el crecimiento o engorda de los organismos. Es pertinente considerar las diferentes especies e híbridos, recomendamos por su mayor facilidad de venta en el mercado la variedad roja.

El comportamiento fisicoquímico del agua de la laguna durante el período de investigación es alcalina y dura, con una temperatura cálida, manteniéndose dentro de los parámetros óptimos para el crecimiento del híbrido en estudio; los demás aspectos no muestran una variación notable, lo que nos indica que la ubicación del módulo es adecuada para la producción de peces, destacando un permanente reflujo o intercambio de agua, favorecido por la profundidad la cual supera los 5 m y la cercanía al desagüe natural de la laguna.

La producción primaria natural de la laguna no es determinante en este tipo de cultivos ya que se debe administrar alimentos balanceados. Es notable durante la época de lluvias el incremento en los valores de oxígeno disuelto, dureza y alcalinidad, que pudo ser ocasionado por el arribo de sustancias provenientes de la zona de cultivo, donde particularmente se tiene una gran actividad agrícola durante todo el año.

El rendimiento biológico para la talla inicial de 30 ± 15 gr fue de 22.24 Kg/m³/año; para la talla inicial de 60 ± 15 gr fue de 27.27 Kg/m³/año; para la talla inicial de 90 ± 15 gr fue de 36.02 Kg/m³/año, en general se puede considerar satisfactorio, con respecto a los reportes técnicos realizados en años anteriores, sin embargo, será muy importante realizar un análisis de costo-beneficio, tomando en cuenta la administración de alimentos balanceados para los peces.

En cuanto al crecimiento relativo en longitud y peso se observa que incrementan en mayor cantidad a medida que sea menor el tamaño de siembra, es decir a menor tamaño de siembra es mayor el crecimiento relativo en peso y longitud.

Podemos considerar adecuado la densidad en el cultivo (95 org/m³) y la cantidad de alimento de acuerdo a las tablas del productor (2-3% de la masa), a partir del factor de condición promedio obtenido 0.021

Sería muy importante la inclusión de policultivos para la mayor explotación de la infraestructura presente en el módulo de jaulas. También se debe considerar la creación de dispositivos para la reproducción, ya que el transporte de los alevines representa una gran inversión, o bien, la implementación de estanques en la zona para estos fines.

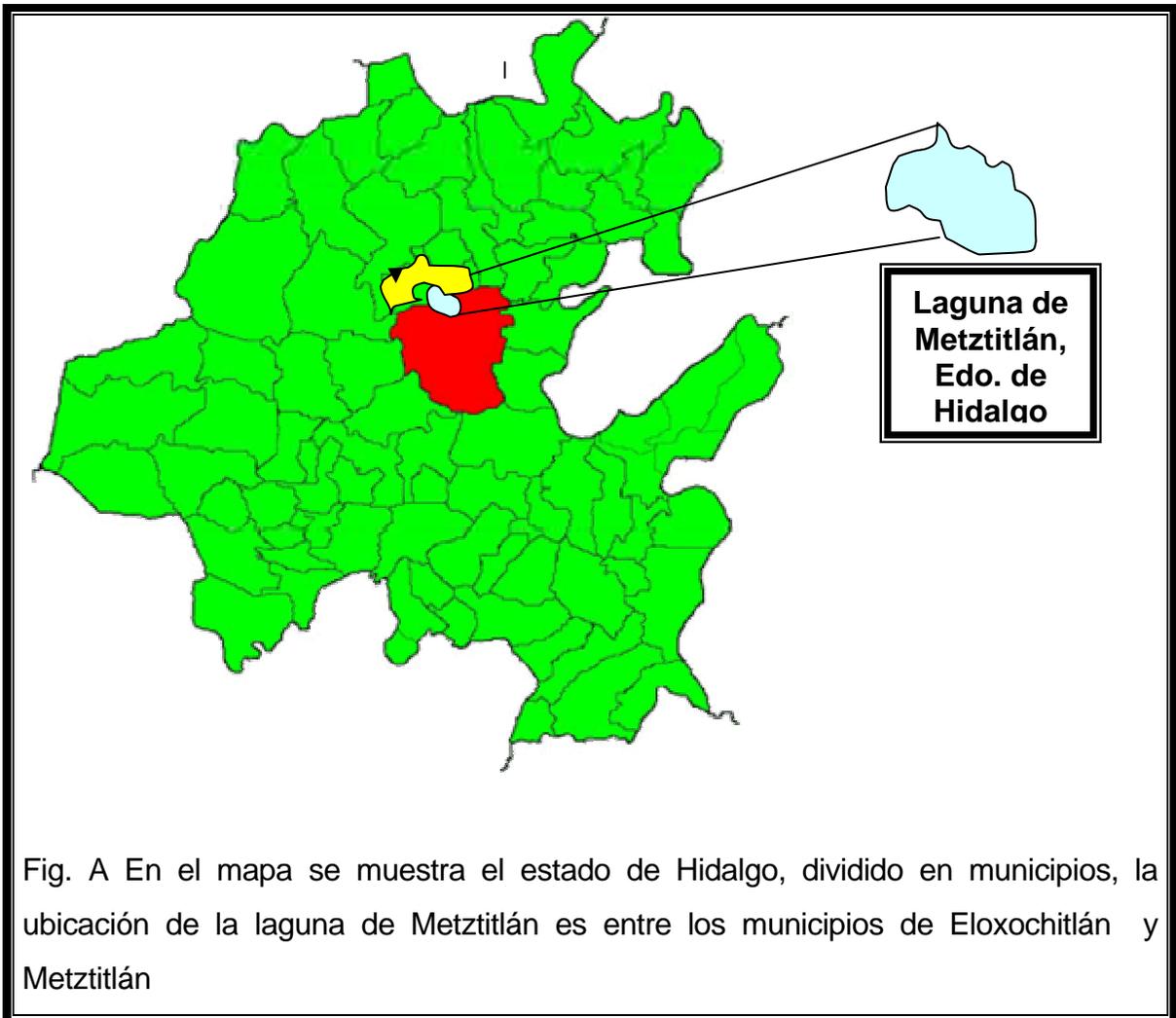


Fig. A En el mapa se muestra el estado de Hidalgo, dividido en municipios, la ubicación de la laguna de Metztitlán es entre los municipios de Eloxochitlán y Metztitlán

Factor Mes	OXIGENO mg/l	TEMPERATURA °C	DUREZA mg CaCO3/l	ALCALINIDA mg CaCO3/l	pH	PROFUNDIDAD m
Mayo	4.95	26.0	168.0	159.0	8.0	6.53
Junio	5.00	26.0	190.5	159.5	8.0	5.38
Julio	4.05	26.5	175.0	160.5	8.0	5.98
Agosto	4.25	22.5	147.5	173.0	7.6	6.74
Septiembre	5.10	29.5	131.5	149.5	8.0	8.65
Octubre	5.05	23.5	148.5	174.5	8.0	9.62
Noviembre	6.50	18.0	186.0	192.5	8.2	9.24
Diciembre	6.50	21.0	175.5	188.0	8.5	9.03

Tabla No. 1 Muestran los registros promedios mensuales de Oxígeno Disuelto, Temperatura, Dureza, Alcalinidad, pH y profundidad en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

Factor Mes	TRANSPARENCIA m	NITRITOS mg/l	AMONIACO mg/l	CO ₂ mg/l
Mayo	0.53	0.00	0.08	34.0
Junio	0.41	0.02	0.08	34.3
Julio	0.17	0.02	0.01	29.2
Agosto	0.10	0.01	0.03	35.5
Septiembre	0.21	0.01	0.09	33.3
Octubre	0.20	0.00	0.04	41.7
Noviembre	0.24	0.00	0.06	40.7
Diciembre	0.21	0.00	0.11	46.6

Tabla No. 2 Muestra los registro promedio mensual de Transparencia, Nitritos, Amoniaco y CO₂ en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

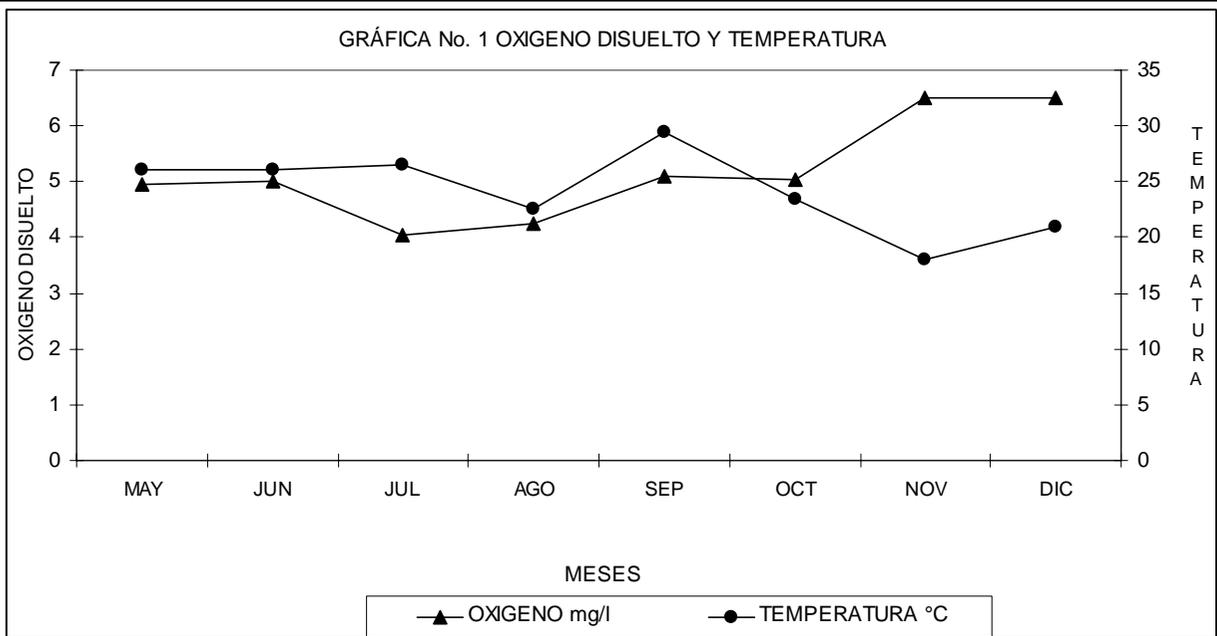


Fig. No. 1 Muestra el comportamiento mensual de la temperatura y el oxígeno disuelto en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

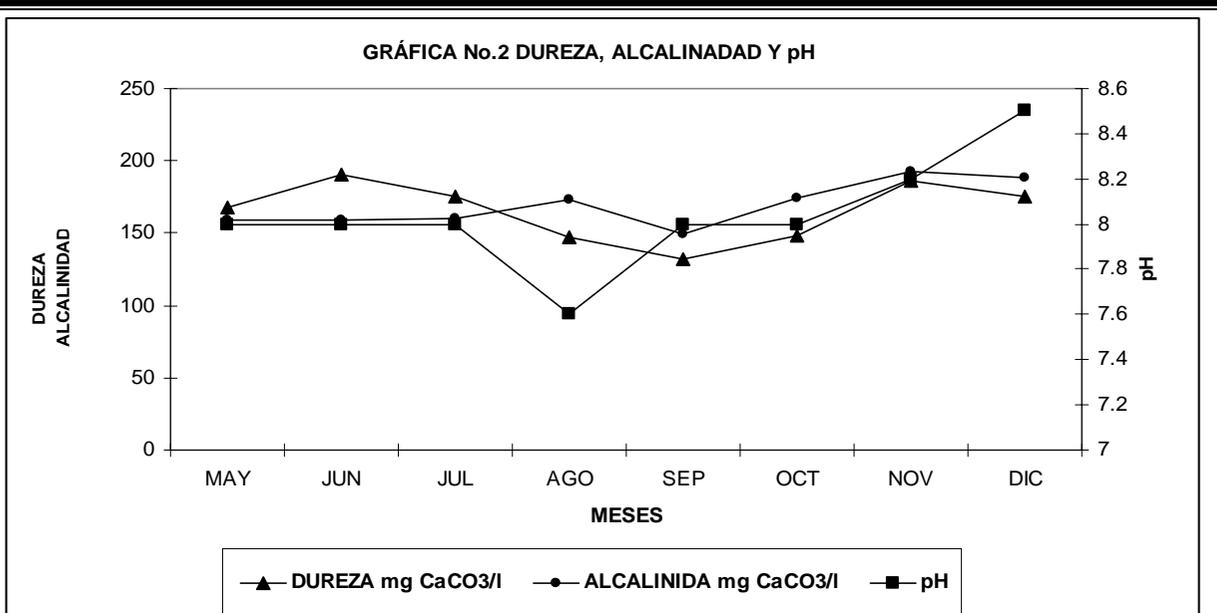


Fig. No. 2 Muestra el comportamiento mensual de la Dureza mg CaCO₃ / l , la Alcalinidad mg CaCO₃ / l y el pH en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

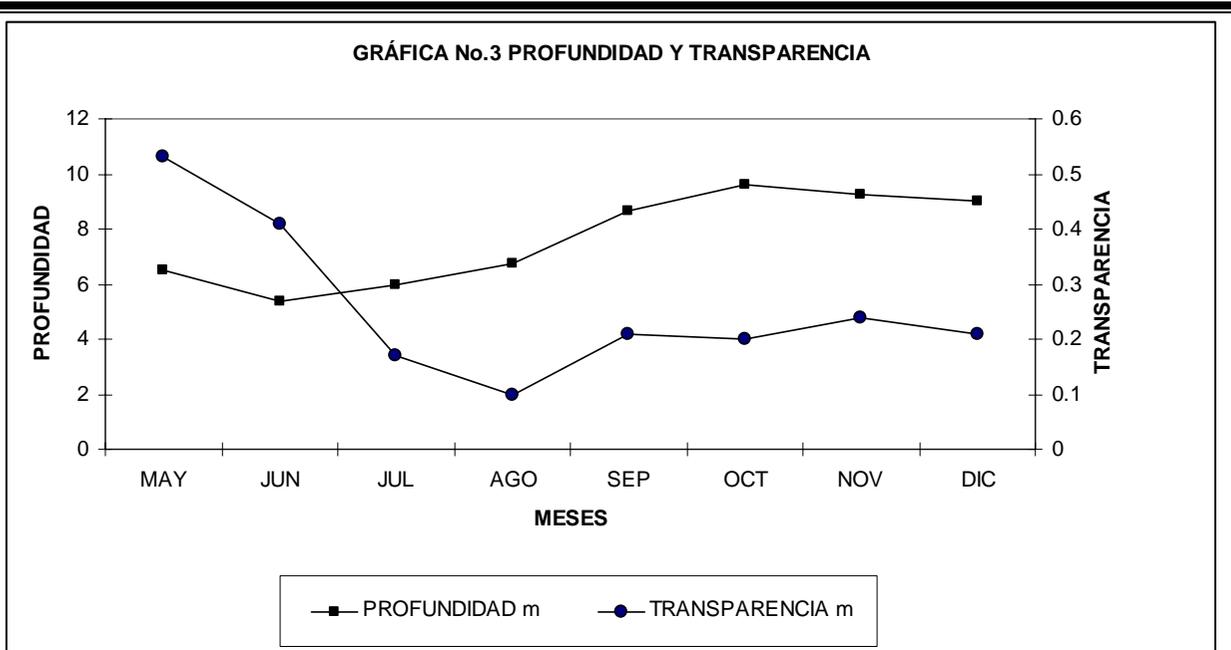


Fig. No. 3 Muestra el comportamiento mensual de la profundidad en metros y la transparencia en metros en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

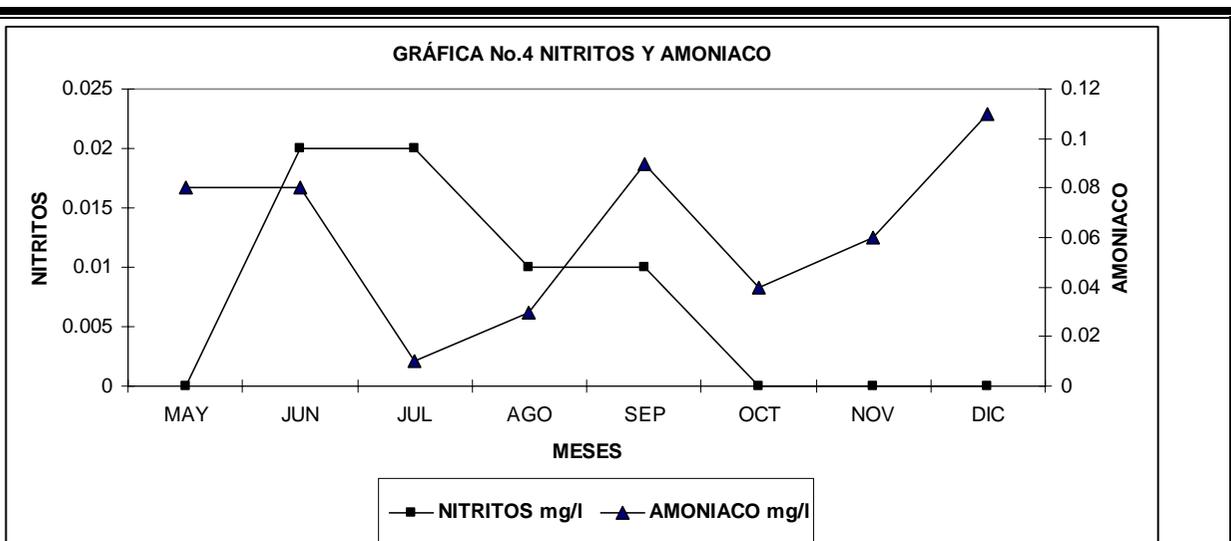


Fig. No. 4 Muestra el comportamiento mensual de los Nitritos mg/ l y el Amoniacó mg/ l en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

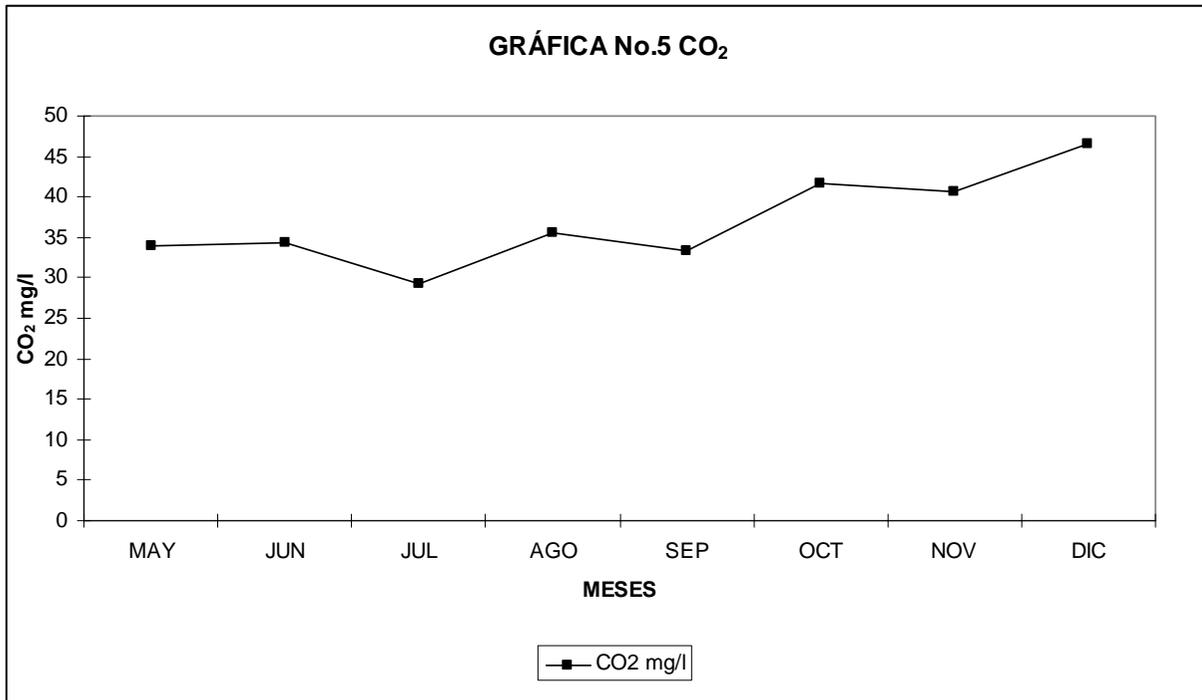


Fig. No. 5 Muestra el comportamiento mensual del CO₂ mg/ l en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

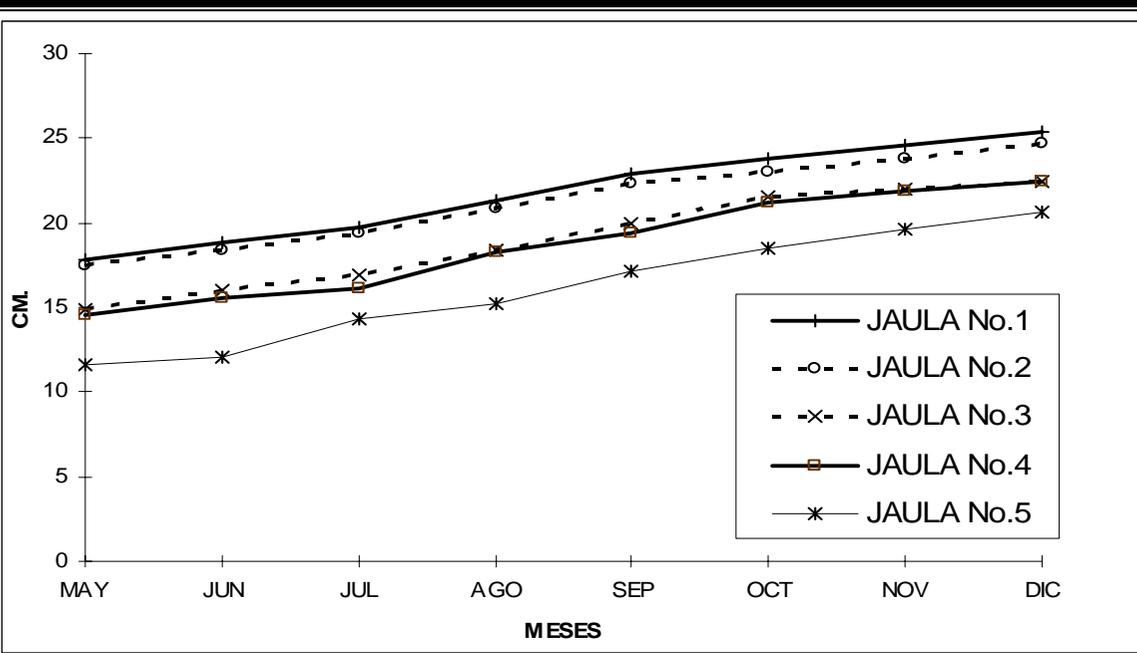


Fig. No. 6.- Muestra el crecimiento promedio mensual en longitud (cm) de los organismos, en el módulo de jaulas de la laguna de Metztitlán, Edo. de Hidalgo.

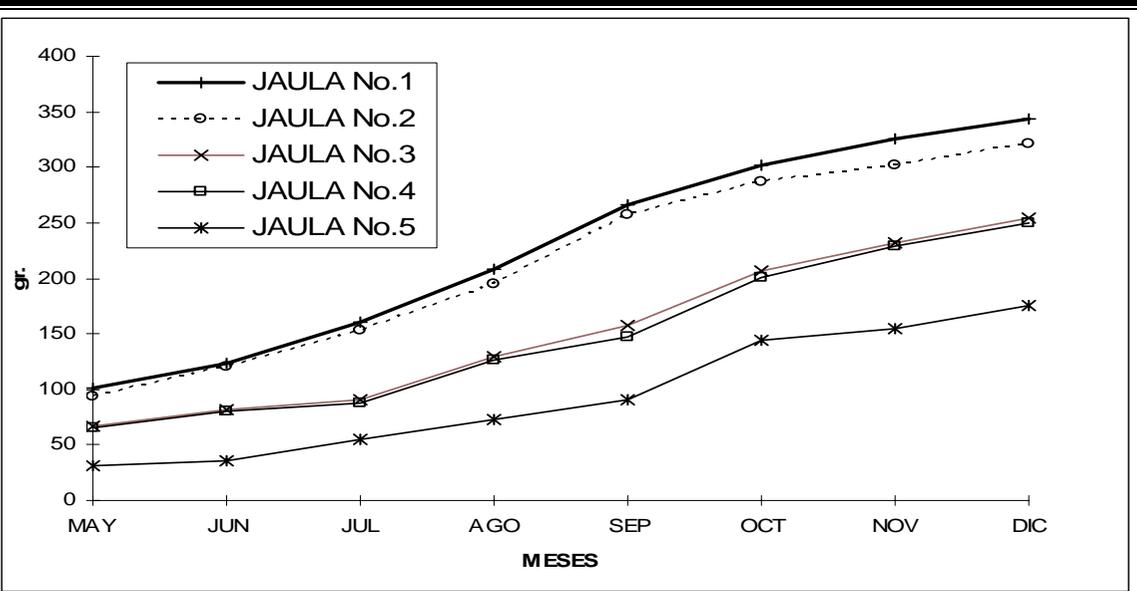


Fig. No. 7.- Muestra el crecimiento promedio, en peso (gr) de los organismos, en el módulo de jaulas de la laguna de Metztitlán, Edo. de Hidalgo.

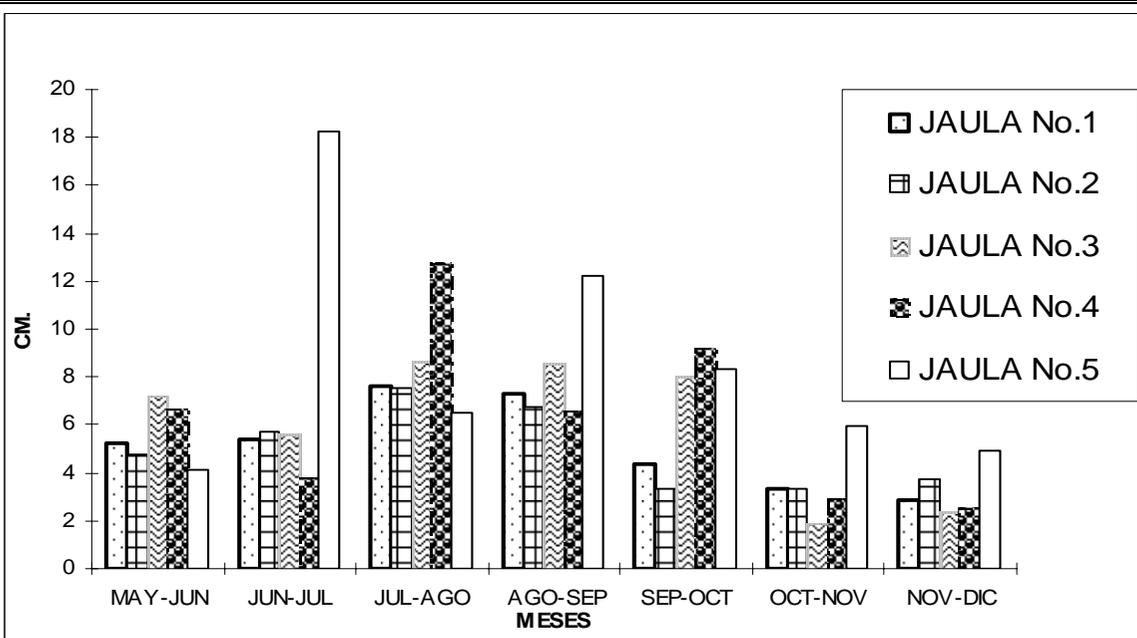


Fig. No. 8.- Muestra el crecimiento relativo en longitud (%) de los organismos,, en el módulo de jaulas de la laguna de Metztitlán, Edo. de Hidalgo.

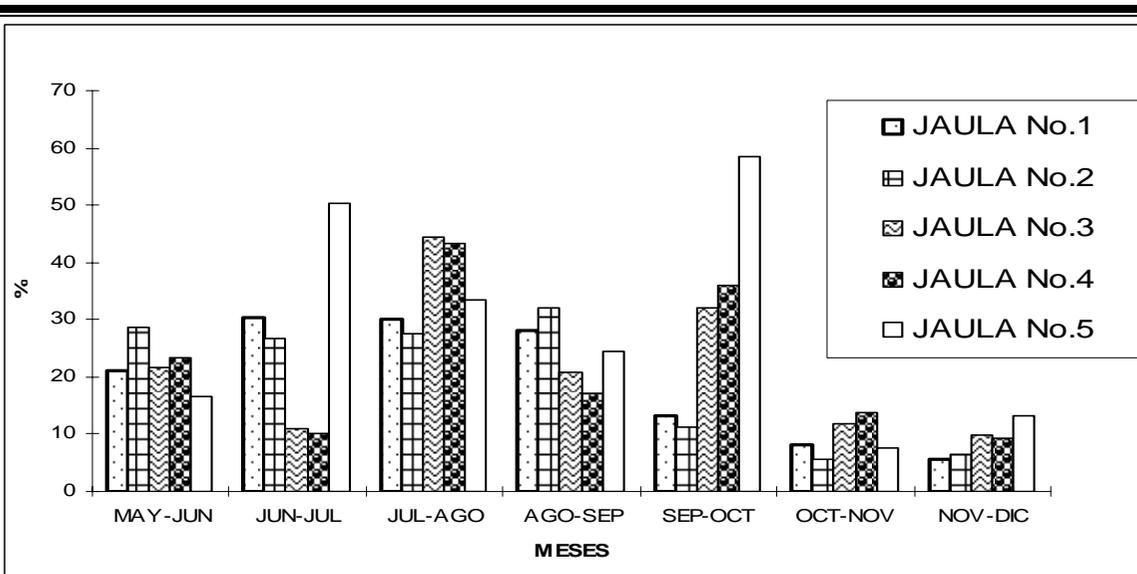


Fig. No. 9.- Muestra el crecimiento relativo en peso (%) de los organismos,, en el módulo de jaulas de la laguna de Metztitlán, Edo. de Hidalgo.

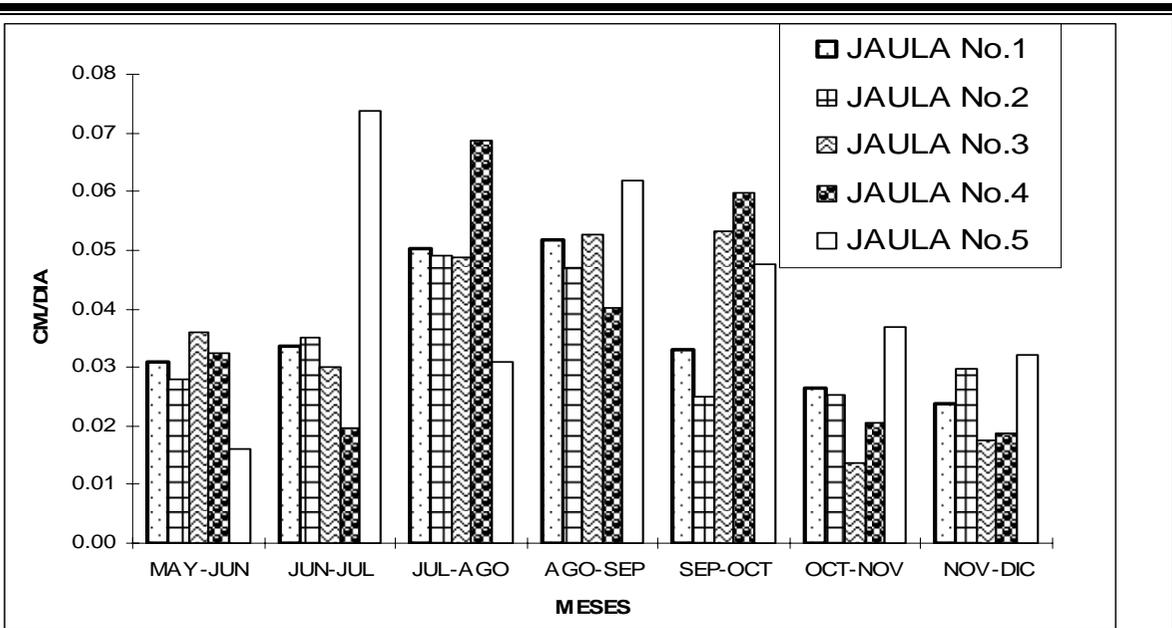


Fig. No. 10.- Muestra el crecimiento absoluto en longitud (cm/día) de los organismos, en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

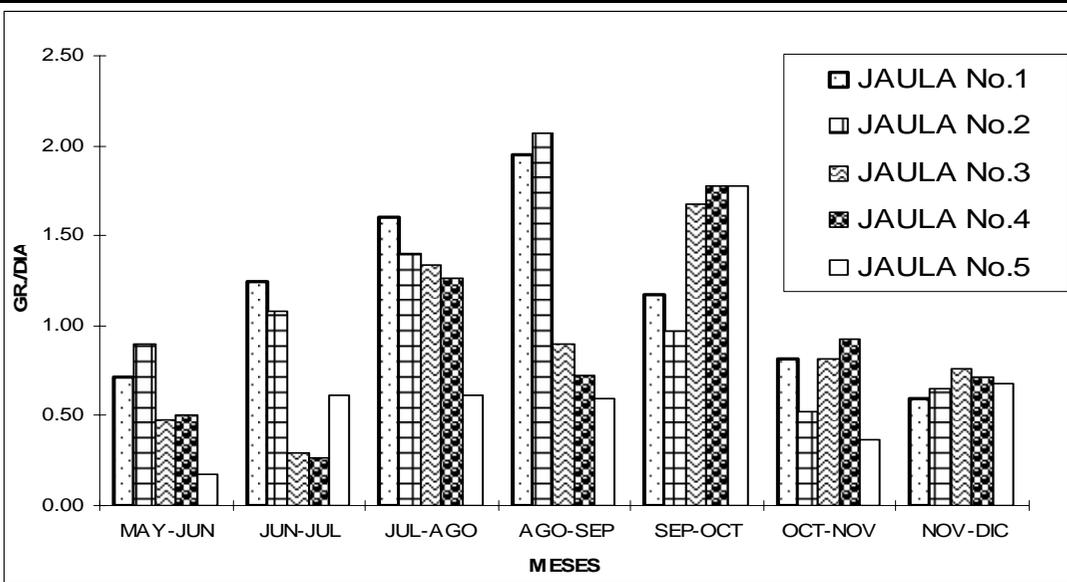


Fig. No. 11.- Muestra el crecimiento absoluto en peso (gr/día) de los organismos, en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.

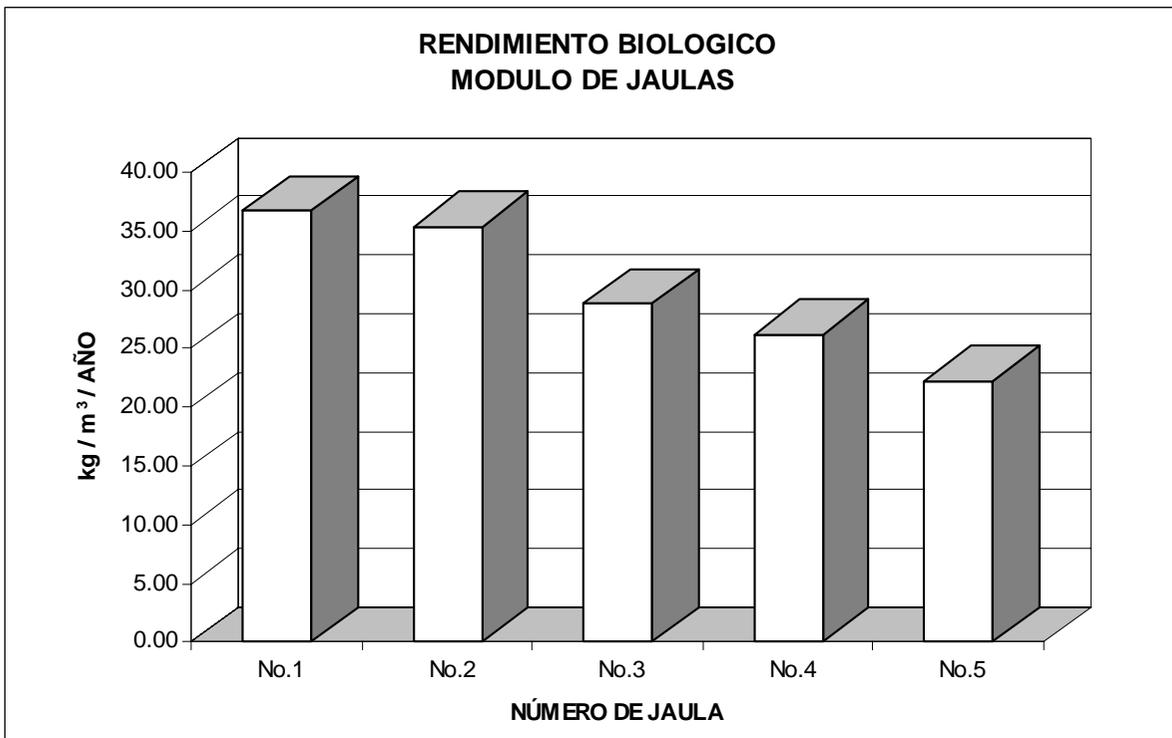


Fig. No. 12.- Muestra el rendimiento biológico (Kg/m³/año) de cada una de las jaulas. en el módulo de jaulas de la laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo.



Imagen A.- Muestra La distribución de las jaulas en el módulo.



Imagen B.- Muestra la ubicación del módulo en la Laguna de Metztitlán



Imagen C.- Muestra el momento cuando se de tratamiento con KMnO_4 .



Imagen D.- Muestra el momento en el que son alimentados con balanceado pelletizado para peces, en el Módulo de jaulas de la laguna de Metztitlán



Imagen E.- Muestra el momento en el que se recogen las redes para realizar morfométricos, en el Módulo de jaulas de la laguna de Metztitlán



Imágenes F y G.- Se muestra el ictiometro de madera y la balanza granataria con la que se realizaron los morfométricos



Imágenes de la Tilapia roja, tomadas de la página de internet
<http://www.caul.com.ar/pisci.html>

BIBLIOGRAFIA

Aguilera, H.P. y Noriega, C.P., 1985. La Tilapia y su Cultivo. Secretaría de Pesca. FONDEPESCA. México. 59 pp.

Anónimo, 1981. Datos Técnicos para el Cultivo de Híbridos Machos de Tilapia en Jaulas, Oficina SAM COPLAMAR. Subdirección Regional, Área Sur.

Anónimo, 1982. Manual Técnico para el Cultivo de Tilapia. Secretaría de Pesca. Dirección General de Acuicultura y Dirección General de Planeación. 122 pp.

Anónimo, 1988. Anuario Estadístico de Pesca. Dir. Gral. de Programación e Informática. SEPESCA. 350 pp.

Arredondo, F.J.L.; García, C.J.L., 1982. La Conducta Fisicoquímica y el Rendimiento Pesquero de un Estanque Temporal Tropical, Utilizado para la Piscicultura Extensiva en es Estado de Morelos, México. Rev. Lat. Acui. 12:1-18.

Arredondo, F.J.L. y Guzmán, A.M., 1986. Actual Situación Taxonómica de las Especies de la Tribu Tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. An. Instituto de Biol. UNAM. 56, Serie Zool. (2): 555-572.

Arredondo, F.J.L., 1986a. Acuicultura Extensiva en Estanques y Pequeños Embalses. Secretaria de Pesca. Dirección General de Acuicultura. México. 240 pp.

- Arredondo, F.J.L., 1986b. Piscicultura. Breve Descripción de los Criterios y Técnicas para el Manejo de Calidad de Agua en Estanques. Dirección General de Acuacultura. Pachuca, Hidalgo.
- Arredondo, F.J.L. y Juárez, P., 1994. Desarrollo Científico y Tecnológico del Banco de Genoma de Tilapia. Convenio SEPESCA/UAM-I. 89 pp.
- Arce, M.B.L., 1989. Efecto del Ácido Nicótico sobre crecimiento en el híbrido *O. mossambicus* (Peter, 1852) x *O. hornorum* (Trewavas, 1983), (Pisces: Cichlidae). Tesis UNAM. 80 pp.
- Bardach J.E. et al., 1972. Aquaculture. The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. Copyright, John Wiley and Sons. New York and London. 868 pp.
- Beveridge, M.C.M., 1986. Piscicultura en Jaulas y Corrales. Modelos para Calcular la Capacidad de Carga y las Repercusiones en el Medio Ambiente. FAO Doc. Téc. Pesca. (255), 100 pp.
- Boyd, C.E., 1979. Water Quality in Warm Water Fish Pond. Auburn University Alabama. 359 pp.
- Boyd, C.E., 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University Alabama. 482 pp.
- Breine, J.J., D. Nguenga, G.G. Teugels and F. Ollevier, 1996. A comparative study on effect of stocking density and feeding regime on the growth rate of *Tilapia camaronensis* and *Oreochromis niloticus* (Ciclidae) in fish culture in Cameroon. Aqua Living Resour., 9: 51-56.

- Cabañas, L.P., 1994. Informe de Autoevaluación de Asistencia Técnica. S.S.S. "Los peces de Hualula", Grupo Jaulas Flotantes. Laguna de Metztlán, Edo. de Hidalgo. Secretaría de Agricultura. Dirección de Pesca. 23 pp.
- Can, A.F., 1995. Informe Técnico del cultivo en Jaulas Flotantes en la Laguna de Metztlán. Secretaría de Agricultura, Dirección de Pesca. Pachuca Hidalgo. 35 pp.
- Cantú, T.S. 1953. La Vega de Metztlán en el Estado de Hidalgo. Tesis de maestría en Geografía. UNAM, México, D.F. 279 pp.
- Castrejón, O.L. y Porras, D.D., 1990. Algunos Aspectos del Cultivo de Peces en Jaulas. U.A.E.M. Laboratorio de Hidrobiología y Acuicultura. 20 pp.
- Chang, W.B., 1989. Fish production: data synthesis and model development, in Egna, H. S. and Horton, H.F. Eds., Sixth Annual administrative report, pond Dynamics/ Aquaculture CRSP, 1988. Oregon State University, Corvallis Oregon.41-49 pp.
- Coche, A.G., 1976. A Review of Cage Fish Culture and its Application in Africa. IN: Pillay, T. & W.A. Dill (Eds) Advances in Aquaculture, FAO. Tech. Conf. Aquaculture. Kyoto, Japan. 26 May- 2 Jun, 1976. FAO, Rome: 428-441 pp.
- Delgadillo, T.S., 1978. Resultados de la Experiencia en Cultivos Pilotos. II Simposium de Acuicultura en Aguas Continentales. Departamento de Pesca: 1-12.
- Delgadillo, T.S., 1983. Guía Práctica para el Cultivo de peces en Jaulas. Secretaría de Pesca. 12 pp.

Diana, J.S., et al.1997. Water Quality in Ponds. In Dinamic of Pond Acuaculture; Hillary, S.E. and Boyd, C.E. (1997). CRC Press. Boca Raton New York. 325-375 pp.

Elías, F.G., 1994. Cultivo de la Carpa Común (Cyprinus carpio) en un Bordo del Estado de México Considerando la Composición y Algunos Aspectos Sobre la Variación Temporal de los Grupos Zooplanctónicos y del Macrobentos, Durante Dos Períodos de Cultivo. Tesis UNAM. 85 pp.

Flores-Nava, A., Olvera, N.M.A. y García, C.M., 1989. Growth and Feed conversion of cage reared *C. synspilum* H. at three different stocking densities . Aquaculture and fisheries Management. pp 173-178.

García, M.H., 1982. La Acuacultura en Jalisco. Revista Técnico Pesquera. No. 177: 10-13 pp.

Gerking, S.D., 1978. Ecology of Fresh Water Fish Production. Blackwell Scientific Publication, London. pp. 57-71, 424-443.

Gulland, J.A., 1971. Manual de Métodos para la Evaluación de las Poblaciones de Peces. FAO. España. 161 pp.

Hepher, B. y Pruginin, Y. 1991. Cultivo de Peces Comerciales. Basado en experiencias de las granjas piscícolas en Israel. LIMUSA. México. 57-255 pp.

Hernández A. J.S., Navarro C. J.G. y Badillo H. B. 2000. Comparación del crecimiento de la mojarra *Oreochromis niloticus* bajo el régimen de cultivo

- en jaulas flotantes de la laguna de Metztitlán, Edo. De Hidalgo. VII Congreso Nacional de Ictiología del 21-24 de noviembre. México, D.F.
- Hernández, O.F., 1993. Evaluación de Algunos Aspectos de Alimentación y Reproducción del Charal Chirostoma jordani (Woolman) en el Embalse "MACUA" Estado de México. Tesis UNAM. 69 pp.
- Hernández, O.F., 2002. Crecimiento de la tilapia híbrida *Oreochromis niloticus* (L.) x *O. aureus* (Steindachner), en estanques rurales del Edo. de México (2446 m.s.n.m.). Tesis de Maestría. UNAM. 67 pp.
- Ibáñez, A.A.L., García C.J.L.; 1999. Metztitlán: Limnología y análisis de una pesquería derivada de la acuicultura. Memorias de la IV Reunión Nacional de Redes de Investigación en Acuicultura. Cuernavaca, Morelos. 19-21 octubre.
- Ibáñez, A.A.L., García C.J.L.; Pérez R.A., Álvarez H.S. y Núñez P.E., 2001. El Lago de Metztitlán, Hidalgo, En: De La Lanza G. Y García C. J.L. "Lagos y Presas de México". 2ª Edición. Ed. AGT, México, D.F.
- Javier, G.J. y Lepetra, B., 1980. Granjas Acuáticas. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 168 pp.
- Juárez, F.J.; 2001 Identificación y cuantificación de los macroinvertebrados del Lago de Metztitlán, Hidalgo; tesis para obtener el título de Licenciado en Hidrobiología; UAM-Iztapalapa, México, 40 pp.
- Juárez, P.J.R., 1988. La Acuicultura en México; Retrospectivas y Perspectivas. Secretaría de Pesca. Desarrollo Pesquero Mexicano Tomo IV. pp 99-143.

- Lagler, P.K., et al. 1989. Ictiología. AGT. Editores. México. 506 pp.
- Luna, F.J. y Porras, D.D., 1990; Módulos Integrales de Producción de Tilapia. U.A.E.M. Laboratorio de Hidrobiología y Acuicultura. 16 pp.
- Mancera, M.B., 1989. Uso de Levadura Forrajera (*Candida utilis*) como sustituto de la proteína animal en la dieta de tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Tesis para obtener el título de Biólogo, UNAM. 71 pp.
- Marañón, H.S., 1985. Evaluación del Cultivo Comercial en Jaulas de Engorda de Tilapia Oreochromis aureus (Steindachner, 1864) en la Presa Presidente Miguel Alemán. Tesis UNAM. 102 pp.
- Martínez, C.L.R. 1998. Ecología de los Sistemas Acuícolas. AGT.S.A. México. 227 pp.
- Meza, G.G..., 1995. Reversión Sexual en Tilapia *Oreochromis urolepis hornorum*, Tesis para obtener el título de Biólogo, UNAM. 71 pp.
- Morales, D.A, et al., 1988. Manual Técnico para el Cultivo de la Tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. Secretaría de Pesca. México. 202 pp.
- Nelson, J.S., 1984. Fishes of the Worl. 2a. Ed. A. Wiley-Inters Cience Publication. New York. USA. 123-125 pp.
- Payne, A.Y. and Collinson, R.I., 1983. A Comparison of the Biological Characteristics of Sarotherodon niloticus (L.) With Those of S. aureus (Steindachner) and Other Tilapia the Delta and Lower Nile. Aquaculture, 30: 335-351.

- Phelps, R., 1981. Nutrición de Peces. Auburn University. U.S.A. 100 PP.
- Pillay, T.V.R., 1990. Aquaculture Principles and Practices. Fishing News Books. Gran Britain, 360-377 pp
- Rosas, M.M., 1987. Elementos de Biología Acuática y Piscicultura para la Educación Media. Ciencia y Tecnología del Mar. 163 pp.
- Rovirosa, W. L. 1974 La Comisión para el Desarrollo de la Cuenca del Río Metztitlán. Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, D.F. 58 pp.
- Sánchez, M.R. y Navarrete S.R., 1986. Crecimiento y Rendimiento de la Carpa Común (*Cyprinus carpio specularis*), en dos Bordos del Esdo. De México. 1er. Simposium Nacional de acuacultura, Pachuca, Hidalgo.
- SEMARNAP. 2000. Documento Técnico Justificativo para la Creación de la Reserva de la Biosfera Barranca de Metztitlán, Hidalgo. 230 pp.
- Shimada, S.A., 1983. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa. Inst. Nac. de Inv. Pecuarias. Distribuido por Consultores en Producción Animal. S.C. México. 12-32 pp.
- Sodergerg, R. W. 1990. Temperature effects on growth of blue tilapia in intensive aquaculture, Prog. Fish Cult., 52: 155-157.
- Trewavas, E., 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*., British Mus. Nat. Hist., London, UK. 583 p.

Wetzel, R.G., 1984. Limnología. Omega. España. pp. 39-221.

Weatherley, A. H. And Gill H.J., 1978., The Bology of Fish Growth, Auburn University.
U.S.A. 439 p.

Wicki, G.A., 1997. Estudio y desarrollo y Producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). S.A.P.A. Buenos aires, Argentina. 212 pp.

Wotton, R. J. 1992. Fish Ecology. Blakie and Son Ltd. Chapman and Hall USA. New York. 212 pp.

Zendejas, H.J., 1995. Técnicas de Alimentación en Piscicultura. Manual de Purina S.A. 26 pp.

Zur, O. 1980. The importance of Chironomid Larvae as Natural Feed and as a Biological Indicator of soil Condition in Ponds Containing Common Carp (*Cyprinus carpio*) and Tilapia (*Serotherodon aureus*). Bamidgeh 32(3): 66-77 pp.