

200  
29



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ciencias

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA TASA DE CRECIMIENTO EN  
TILAPIAS (*Oreochromis niloticus* linneo. 1757) MANTENIDAS EN  
CULTIVOS INTENSIVOS MONO Y HETEROSEXUALES EN EL  
CENTRO ACUICOLA DE ZACATEPEC, MOR.**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**B I O L O G O**

**P R E S E N T A :**

Rogelio de Jesús Serrano Garza

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F.

1990



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# CONTENIDO.

	página
<b>DEDICATORIA.</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS.</b>	ii
<b>RESUMEN.</b>	iii
<b>I. INTRODUCCION.</b>	1
1. Objetivos.	7
2. Biología de la especie.	9
2.1. Posición taxonómica de <i>Oreochromis niloticus</i> .	9
2.2. Descripción de la especie.	11
2.3. Distribucion	14
2.4. Aspectos ecológicos.	16
2.5. Hábitos reproductivos.	19
2.6. Crecimiento.	22
<b>II. ANTECEDENTES.</b>	25
<b>III. MATERIAL Y METODOS.</b>	28
1. Area de estudio.	28
2. Trabajo de campo.	32
3. Trabajo de gabinete.	34
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSION.</b>	38
1. Valores morfométricos.	38
2. Mortalidad.	41
3. Relación peso-longitud.	41
4. Crecimiento.	42
4.1. Tasa instantánea de crecimiento (T.I.C.) e incremento de peso en gramos por día (R.C.).	42
4.1.1. Cultivo monosexo.	46
4.1.2. Cultivo heterosexual.	48
4.2. Modelo de crecimiento.	53
5. Análisis estadístico.	55
5.1. Análisis de varianza.	55
5.2. Prueba de Wilcoxon.	59

**V. CONCLUSIONES.**

**63**

**VI. LITERATURA.**

**65**

**VII. ANEXOS.**

**72**

## RESUMEN.

En el presente trabajo se describe el ritmo de crecimiento de 250 individuos de la especie *Oreochromis niloticus* var. roja, mantenidos durante un ciclo anual en tres diferentes sistemas de cultivo intensivo en el Centro Acuícola de Zacatepec, Morelos.

Para cada uno de los sistemas se obtiene la ecuación del crecimiento mediante el modelo de von Bertalanffy. Asimismo, se calcula la tasa instantánea de crecimiento (T.I.C.), y la tasa de incremento en gramos por día (R.C.), en cada uno de los sistemas establecidos.

Se encuentran diferencias significativas entre el crecimiento de las hembras y el de los machos, tanto en el cultivo monosexo como en el heterosexo. Diferencias que, de acuerdo al análisis estadístico paramétrico y no-paramétrico, no se debieron al azar, por lo que se establece que al igual que en los demás teleosteos, el crecimiento de la especie estudiada, está íntimamente ligado a factores de tipo metabólico, relacionados con la maduración de la gónada y en consecuencia, con eventos inherentes al sexo y a la reproducción.

Los resultados obtenidos en relación al modelo de crecimiento en esta especie son de gran utilidad para su aplicación en técnicas de cultivo comercial o experimental de este ciclido.

## I. INTRODUCCION.

La práctica de la acuicultura puede ser considerada como una biotecnia eminentemente económica y una posibilidad de suministro de proteínas a bajo costo para el país ya que México, cuenta con 2.8 millones de hectáreas de cuerpos de agua dulce y salobre (SEPEBSA, 1982; Ortiz, 1985; Juárez, 1986), de las cuales 1.2 millones son de agua dulce, propias para la acuicultura (Arredondo y Flores, 1980).

Debido a esto el adecuado aprovechamiento de estos millones de hectáreas de aguas continentales, representa un reto para la acuicultura de nuestro país.

De la gran diversidad de especies introducidas a México, las que han producido un mayor impacto en la producción piscícola son las especies comunmente denominadas "Tilapias".

Las Tilapias (Familia *Chiclidae*) ó mojarrras africanas, popularmente conocidas en nuestro país como "mojarrras de agua dulce", constituyen algunas de las especies más apropiadas para la piscicultura en los climas tropicales y subtropicales (Bardach, Ryther y McLaren, 1972; Grover, 1985; SEPEBSA, 1986), en donde la isoterma invernal no baja más de 20°C (Balarin y Hatton, 1979).

Esta característica ha propiciado que presenten una gran dispersión fuera de su área natural de distribución y hoy en día, con excepción de la carpa común (*Cyprinus carpio*), ninguna otra especie es tan cultivada en el mundo (Arredondo, 1986).

Las Tilapias presentan una distribución mundial, siendo especies cosmopolitas las siguientes (Schoenen, 1984):

*Oreochromis macrochir*

*O. aureus*

*O. hornorum*

*O. mossambicus*

*O. niloticus*

*Sarotherodon galilae*

## *Tilapia rendalli*

### *T. zilli*

La amplia dispersión de la tilapia se debe tanto a que para su cultivo (intensivo ó extensivo) como para su pesquería en cuerpos de agua naturales o artificiales, se aprovecha su gran potencial biológico que les permite mostrar gran adaptabilidad a diversos ambientes.

En términos de energía, su cultivo es el de menor demanda de alimento por incremento de biomasa, presentan además una gran resistencia a las enfermedades, tienen un índice de mortalidad cercano o igual a cero; toleran bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua (0.1 mg / litro).

Su coeficiente nutricional es excelente y poseen una tendencia a ser micro y macro plantofágos. Así mismo, poseen gran flexibilidad y adaptación en sus hábitos alimenticios, una fácil aceptación de alimentos artificiales, un crecimiento acelerado, fácil adaptación al cautiverio, alta productividad, bajo costo de producción, lo que hace que esta especie tenga un precio de venta accesible a clases populares (Bardach, *et al.*, 1982; Edwarson, 1976; Balarin y Hatton, 1979; Dadzie, 1982; SEPECSA, 1982; Trewavas, 1982; Herper y Pruginin, 1985; SEPECSA, 1986).

No obstante todas estas ventajas, el cultivo de la Tilapia presenta el inconveniente de su alta tasa de reproducción y su precocidad sexual, ya que las Tilapias pueden alcanzar su madurez sexual a una edad temprana (de tres a seis meses), cuando aún presentan tallas pequeñas (60 a 90 mm) (Balarin *et al.*, 1979; SEPECSA, 1982; Herper, *et al.*, 1985; SEPECSA, 1986; Stickney y Davis, 1988).

La elevada tasa de reproducción en las Tilapias tiene consecuencias paradójicas, ya que si bien esta característica les permite tener una propagación rápida y eficiente en climas tropicales y subtropicales, dicha eficiencia puede ocasionar

problemas debido a la reproducción incontrolada dentro de ambientes limitados (Jalabert y Zoar, 1982). Lo anterior se traduce en que en las poblaciones sujetas a cultivo ya sea intensivo o extensivo cuya finalidad en ambos casos es la de producir individuos de buen tamaño para su consumo, coexistan organismos de distintas clases de edad (alevín, cría, juvenil, adulto), ocasionándose con ello una competencia por alimento y espacio.

La sobrepoblación propicia que los organismos esten más propensos a epizootias y canibalismo, además que debido a esta gran prolijidad, los peces no crecen (enanismo) y no llegan a alcanzar una talla mínima para su consumo que asegure un valor comercial rentable (Aguilera y Noriega, 1988).

En la actualidad, se conocen una serie de métodos técnicos que permiten controlar la sobrepoblación ocasionada por la acelerada reproducción de estos peces y de acuerdo con Pagan y García (1981), estos son: a) cultivo monosexo (Hickling, 1960; Meschkat, 1968; Semakula y Makoro, 1968; Shell, 1968; Kirk, 1962; Abreu, 1968; García Pinto, 1978), b) el cultivo con otra especie piscívora como *Micropterus salmoides*, *Petonia splendida* ó, *Cichlasoma mangwanenses* (Hickling, 1963; Meschkat, 1968), c) el uso de esterilizantes químicos, irradiación y hormonas sexuales para ocasionar la reversión sexual (Aldaban, 1970; Guerrero, 1973), d) el cultivo en jaulas flotantes (Pagan, 1970, 1971, 1975; Rifai, 1980; Coche, 1976), e) la selección manual de la progenie macho (Hickling, 1971; Guerrero, 1980; Lope, Pagan y Córtez, 1981), y f) la hibridación de especies a fin de obtener un mayor número de progenie de machos (Hickling, 1960; Eckstes y Spira, 1965; Guerrero, 1974, 1975, Hopkings, 1979; Jensen y Shelton, 1979; Wolfarth y Hulata, 1981).

Algunas de estas propuestas pueden ser promisorias, sin embargo, su aplicación técnica se ha reducido a estudios de escala experimental siendo necesario ajustar la práctica de estos métodos para su aplicación a cultivos a escala comercial (Guerrero, 1982).

En nuestro país se practican comúnmente tres de estos



métodos: la hibridación, la reversion sexual por medio de hormonas y el cultivo monosexual.

-- La Hibridación consiste en lograr la cruce de dos especies distintas, por ejemplo *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mosambicus*, o bien *O. mosambicus* x *O. hornorum* con las que se espera obtener un 100 por ciento de crías machos. En México Delgadillo y Morales (1976) y Delgadillo (1977), fueron los primeros en realizar hibridaciones con Tilapias, obteniendo crías de un sólo sexo en porcentajes de 70 y 80 por ciento respectivamente.

A fin de obtener un alto porcentaje de machos, se requiere que las líneas originales sean genéticamente puras (Morales et al., 1988), lo cual no siempre es posible en México debido a que la taxonomía de las especies existentes es todavía dudosa (Cabrera et al., 1984).

-- La inversión sexual consiste en lograr la producción de organismos de un solo sexo, generalmente machos, mediante la administración de esteroides sexuales a crías donde aún no se ha diferenciado la gónada.

Los principales métodos para la aplicación de esteroides en peces son:

i-inyección subcutánea o introducción de los cristales de esteroides bajo la piel.

ii-inmersión de los organismos en agua que contenga los esteroides.

iii-administración de alimento balanceado tratado con el esteroide (Hernández, 1988).

Este último es el método más frecuentemente utilizado y con el cual se han obtenido porcentajes de 95 a 100 por ciento de individuos sexualmente revertidos (Buddle, 1984). En nuestro país este método se encuentra en la fase de experimentación: solamente en algunos Centros Acuícolas, como el de "Los Amates" en el estado de Veracruz, se vienen realizando inversiones sexuales masivas desde 1987 (Barrera, 1988).

-- El cultivo monosexo es en este momento la técnica más empleada en México. Consiste en someter a crecimiento y engorda

poblaciones compuestas exclusivamente por individuos machos (Aguilera y Noriega, 1988).

Este método se fundamenta en estudios realizados por distintos autores quienes observan que la tasa de crecimiento de los machos es mucho mayor que la de las hembras. (Van Someran y Whitehead, 1960a, 1960b; Fryerand y Illes, 1970, Guerrero, 1975; Aguiar, Leon y Hernandez, 1978; Anon, 1979; Aguiar, Becomo y Gonzalez, 1979).

Asimismo se llega a concluir que el cultivo de las poblaciones monosexuadas atienda las restricciones sobre la duración del período de engorda y por lo tanto de la edad y peso de los peces que se desee cosechar, pudiendo alcanzar pesos promedios de 300 a 500 gramos en un año de cultivo (Aguilera, *et al.*, 1988). Las poblaciones monosexuadas se puede obtener de tres diferentes formas; -por hibridación - por reversión sexual, -y mediante el sexado manual.

La técnica del sexado manual es en este momento la más utilizada en México, debido a que es relativamente sencilla y se basa en el dimorfismo sexual de la genitalia externa que presentan los individuos de este género cuando han alcanzado un peso de entre 50 a 70 gramos (Lee y Morales, 1976; Balarin *Et al.*, 1979; García y Pagan, 1981; Preto, 1981).

Así la papila genital del macho posee solamente un orificio, mientras que la de la hembra posee dos, además la papila genital en machos es más prominente (SEPECSA, 1982; SEPECSA, 1984; Aguilera, *et al.*, 1988).

Sin embargo, la técnica del sexado manual presenta algunos inconvenientes, entre los cuales destacan en primer término, el tener que desechar a los individuos hembras; en segundo lugar, el tener que mantener a las crías en una talla mínima de sexado (50 gramos de peso), lo que implica elevar los costos de alimentación, en tercer lugar es muy laborioso y tardado seleccionar entre hembras y machos y por último, y quizá el más importante es que siempre existe un margen considerable de error durante el proceso de sexado, aunque el personal encargado de separar los organismos se encuentre bien capacitado y sea cuidadoso.

En la práctica es frecuente que la población que ha sido objeto a un sexado previo se encuentre compuesta solamente en un 70 por ciento de machos por lo que no siempre es posible eliminar las restricciones que sobre el crecimiento impone la reproducción, por lo que los datos sobre la tasa de crecimiento en cultivos monosexo con que se cuenta en México no son del todo confiables.

## 1. Objetivos.

El presente estudio es parte de la consolidación del marco teórico que sustentará el desarrollo del proyecto titulado "ESTUDIO DE LA REPRODUCCION DE TILAPIA (*Oreochromis spp.*), CON EL PROPOSITO DE CONTROLAR LA MADUREZ SEXUAL Y FAVORECER SU TASA DE CRECIMIENTO", que se desarrolla en el laboratorio de Vertebrados Acuáticos del Departamento de Biología en la Facultad de Ciencias, U.N.A.M..

### Objetivo General.

Debido a que se considera necesario que los diferentes métodos que se aplican en la actualidad para controlar el índice reproductivo de las Tilapias, deben sustentarse en el conocimiento preciso sobre la descripción de la tasa específica de crecimiento que sufren estos organismos durante su fase adulta, se plantea como objetivo general de este trabajo: determinar la tasa de crecimiento instantánea, de incremento en gramos y total, así como describir la curva de crecimiento para hembras y machos de *Oreochromis niloticus* (var. roja), sometidos a diferentes sistemas de cultivo (monosexual y heterosexual), y con ello establecer (mediante un análisis estadístico), si existe una tasa de crecimiento diferencial entre las poblaciones de hembras y machos de esta especie

### Objetivos particulares.

o Calcular las tasas de crecimiento de un cultivo monosexo de hembras de *Oreochromis niloticus*.

o Calcular las tasas de crecimiento de un cultivo monosexo de machos de *Oreochromis niloticus*.

o Calcular las tasas de crecimiento para hembras y machos de *Oreochromis niloticus* mantenidos en cultivo heterosexual.

o Describir la curva de crecimiento encontrada para cada sistema de cultivo con el propósito de determinar si el sexo de

los individuos y por consiguiente, los eventos relacionados con la fisiología de la reproducción influyen en la curva de crecimiento.

o Comparar las tasas de crecimiento obtenidas en cada caso de cultivo y en caso de existir diferencias, determinar si éstas son o no estadísticamente significativas.

## 2. Biología de la especie.

### 2.1. Posición taxonómica.

*Oreochromis niloticus* está formalmente incluida en la familia *Chiclidae*, esta familia es la más rica en especies de peces de agua dulce (Mekaye, 1983). Los organismos de esta familia están ampliamente distribuidos en Africa, Palestina, Centro y Sudamérica y en el Sureste de la India, incluida Sri Lanka (Philippart y Ruwet, 1982; Arredondo, 1986), estos organismos difieren tanto morfológica como fisiológicamente de otras familias de peces de agua dulce (ejem.: *Centrarchidae*, *Chaetodontidae*).

Los ciclidos están relacionados cercanamente con las familias marinas de los *Perciformes*, especialmente con la *Pomacentridae*. Esto se debe a que las dos familias presentan patrones similares de conducta, de territorialidad, de hábitos parentales e incubación, así como de desarrollo embrionario. Estos aspectos biológicos, aunados a otros de tipo osteológico y anatómico, son característicos de un grupo de familias que han tenido un origen común (Fishelson, 1986; Noakes y Balon, 1982).

En general, los organismos de esta familia son peces que presentan un cuerpo robusto, comprimido lateralmente y en algunas especies, los machos presentan la cabeza más grande que las hembras, tienen boca protractil ancha con labios carnosos y gruesos, dientes de tipo cónico y algunas veces incisivos.

Sus escamas son de tipo ctenoide, la parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, presentan espinas y radios, tienen una línea lateral interrumpida y dividida en dos partes, la parte superior se extiende del óperculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal y la parte posterior se encuentra por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal. Estos peces tienen un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza (Morales, 1988) (Fig. 1).

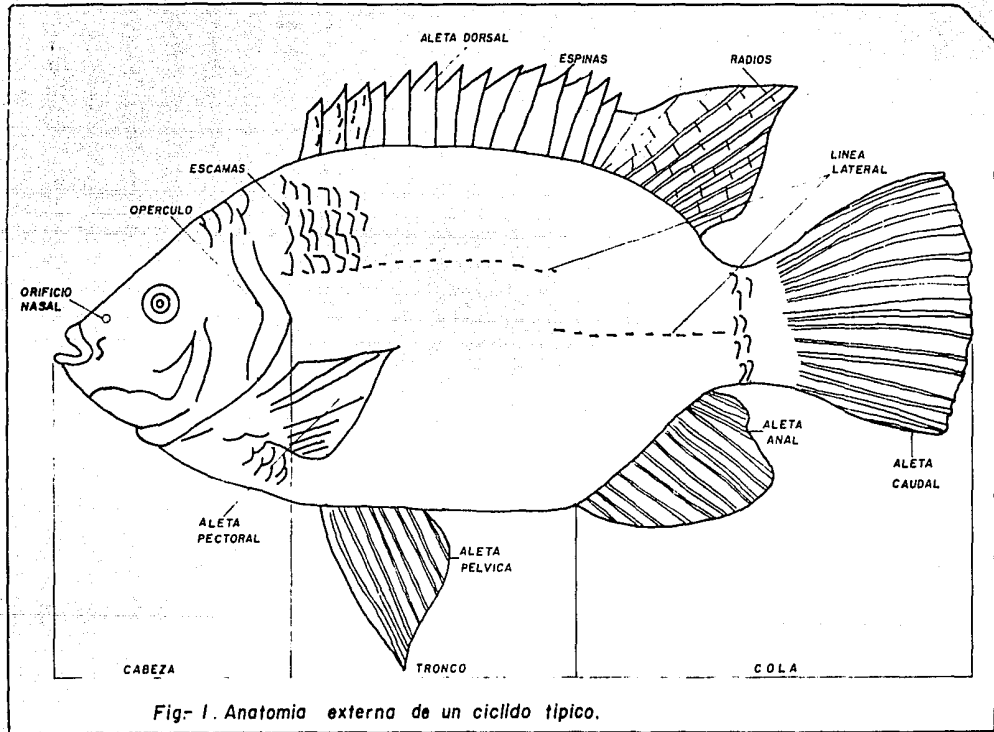


Fig- 1. Anatomia externa de un ciclido tipico.

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983), la clasificación taxonómica de *Oreochromis niloticus* es la siguiente:

Phylum: VERTEBRATA  
Subphylum: CRANEATA  
Superclase: GNATHOSTOMATA  
Serie: PISCES  
Clase: ACTINOPTERYGII  
Orden: PERCIFORMES  
Suborden: PERCOIDEI  
Familia: CICHLIDAE  
Género: *Tilapia*  
*Oreochromis*  
Especie: *O. niloticus*  
*O. niloticus* var. *roja*

## 2. 2. Descripción de la especie.

*O. niloticus* (Linneo, 1757) presenta las siguientes características taxonómicas: de 19 a 22 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial. Aleta dorsal: XVII-XVIII, la moda es XVII, 12-13, aleta anal III, aleta pélvica 1, 5, pectorales 15. De 30 a 32 escamas en serie longitudinal. La coloración es grisácea oscura (en el período de reproducción se aclara), son características de esta especie las franjas verticales negras, bien definidas en las aletas caudal, dorsal y anal (Figura 2.), el margen superior de la aleta dorsal es negro o gris.

Durante la época de reproducción, los machos presentan en la superficie ventral del cuerpo y la aleta anal, dorsal y pélvica, un color gris oscuro y la cabeza rojo púrpura, el vientre rojo o morado, el color de los ojos es rosado claro y el perfil es convexo (Pruginin, 1978; Arradondo, 1986; Morales, 1988).



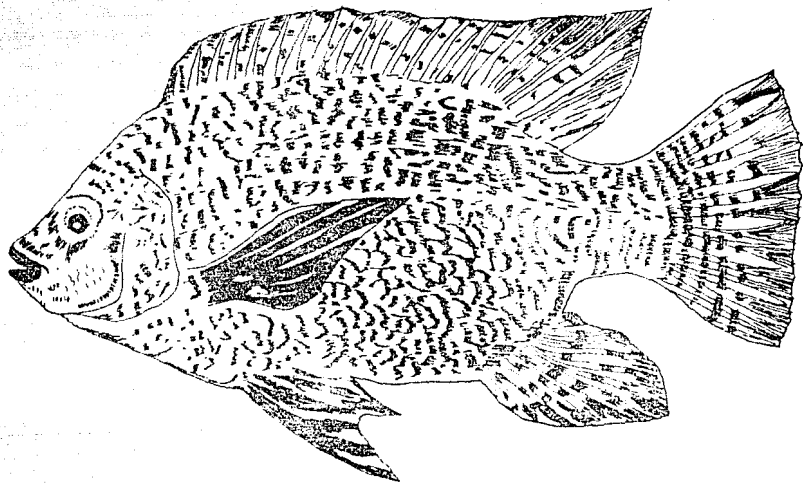


Fig.2 - *Oreochromis niloticus* (Linneo 1757).

Esta especie fue introducida por los E.U.A. al continente Americano, procedente de Israel, aún cuando esta importación se realizó en el momento que existía confusión con otra especie de tilapia (Bernal, 1984). Esta confusión residía en la sobreposición de caracteres taxonómicos con *O. aureus* (Lee et al., 1976). El 10 de junio de 1964 llegó a México a la estación de Acuicultura Tropical de Temazcal, Oaxaca (Morales, 1974; Arredondo, 1986), manejada como *Tilapia nilotica* (*O. niloticus*), más tarde se comprobó que se trataba de *Tilapia aureus* (*O. aureus*) (Arredondo, 1975; Rosas, 1976; Morales, 1976).

Posteriormente se introdujo al mismo Centro Acuícola otro lote procedente de Panamá, pero en esta ocasión teniendo la certeza de que se trataba de *Tilapia nilotica* (Juárez, 1988, comm. pers.).

En el presente estudio se trabajó con *O. niloticus* var. *roja* la cual presenta el cuerpo de color gris olivo; durante la época de apareamiento, el macho presenta el borde de las aletas dorsal y pélvicas de color rojizo, la dorsal es alargada en la parte posterior. La hembra presenta una coloración más intensa que el macho, también en la parte ventral los machos presentan una coloración rosada más acentuada. La característica principal es la presencia de manchas oscuras en forma de abanico en la aleta dorsal, caudal y anal. La parte ventral de machos y hembras es de color blanco amarillento, sus datos merísticos son: dorsal XVII: 11 a 12; pélvica V:1, (Figura 2).

*O. niloticus* var *roja* llegó a México en 1986, procedente de la Universidad de Sterling, Escocia, (Arredondo y Castañeda, 1988, comm. pers.). Este nuevo lote se distribuyó entre los centros acuícolas de El Varejónal, Sinaloa; en Zacatepec, Morelos y en el CINVESTAV Unidad Mérida. Los organismos llegaron de dos centímetros de talla y presentaban una coloración rosada que posteriormente se fue perdiendo hasta llegar a la coloración original (gris olivo), pasando por manchas oscuras (Gutiérrez, 1988, comm. pers.).

### 2.3. Distribución.

*Oreochromis niloticus* es una especie endémica de África donde se conoce como "Tilapia del Nilo" debido a su abundancia en este río.

Aún cuando se le encuentra desde Biria hasta las corrientes del Congo. *O. niloticus* es originaria del alto Nilo en Uganda y de los Lagos Rift y el Lago Tanganica.

Asimismo ha colonizado toda el África Central y Occidental, a través de las cuencas hidrológicas de Chad y Niger, manteniendo aún un buen ritmo de expansión, escapando a su colonización algunos ríos tributarios del Alto Nilo y los ríos costeros del Occidente de África (Rosas, 1976; Lee *et al.*, 1976; Balarin *et al.*, 1979; Philippert y Ruwet, 1982) (Fig. 3).

En México ha existido un gran interés por realizar el cultivo de esta especie, tanto en la parte tropical como subtropical, por lo que a este cíclido se le puede encontrar distribuido en los siguientes estados de la República: Baja California, Sinaloa, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Aguascalientes, Jalisco, Hidalgo, Morelos, Puebla, Guanajuato, Michoacán, Colima, Veracruz y Tabasco (SEPECSA, 1982, 1986).

Habita en aguas lénticas y se adapta fácilmente a aguas salobres donde puede llegar incluso a desovar (Yashov, 1961; Rosas, 1976).

Algunas de las introducciones de *O. niloticus* en presas de reciente creación de las costas del Pacífico Mexicano como La Angostura, Miguel Alemán y Benito Juárez en Oax., han sido altamente exitosas, ya que alcanzan un volumen que representa el 70 por ciento de la captura total pesquera de estos embalses (Lee, 1976; Nakasawa *et al.*, 1978).

Aún cuando esta pesquería representa un elevado beneficio económico, la introducción de peces exóticos en forma indiscriminada provoca un impacto ecológico en la ictiofauna nativa; pues esta especie dado sus hábitos alimenticios y

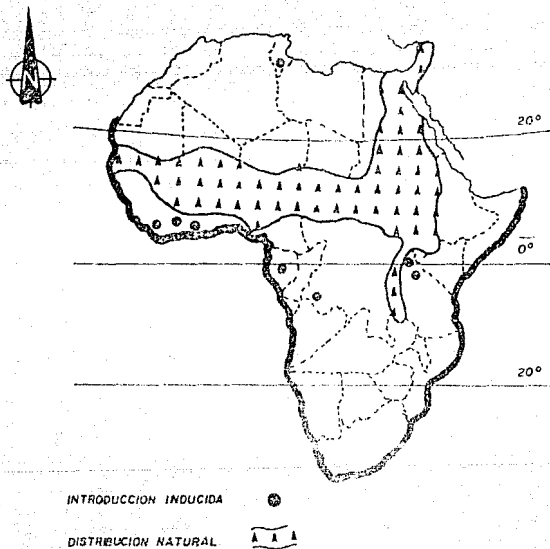


Fig.3-Distribución endémica de *Oreochromis niloticus*.

reproductivos puede desplazar del habitat a peces endémicos como Aterinidos (*Chirostoma spp.*) y Ciclidos americanos (*Ciclasoma spp.* y *Petenia splendida*) (Lara, 1976; Rosas, 1976).

#### 2.4. Aspectos ecológicos.

Como la mayoría de las tilapias *O. niloticus*, tanto en sus areas originales, como en los lugares que ha sido introducida, ha colonizado rápidamente diferentes habitats: ríos permanentes y temporales, ríos con rápidos, ríos subtropicales y tropicales, lagos profundos, lagos pantanosos, lagos altamente alcalinos y salinos, pozas termales, antiguos crateres volcánicos, lagos con bajo contenido en minerales, algunas veces con aguas muy ácidas, estuarios abiertos o cerrados, lagunas costeras y lagos salobres donde existen habitats hipersalinos o con salinidad normal de aguas marinas.

Es interesante observar que estos habitats tan diferentes presentan un extraordinario rango de variedad en sus parámetros físicos (profundidad, velocidad de la corriente, turbidez, etc.), en su temperatura y en su composición química, especialmente salinidad, pH, oxígeno disuelto (D.O.) y otros gases (Phillipart y Ruwet, 1982).

Por lo general a *O. niloticus* se le suele encontrar tanto en aguas lénticas como lóxicas, en las orillas de ríos, entre piedras y plantas acuáticas, es reacia a permanecer en ríos que presenten rápidos y cascadas.

Tiende a permanecer en orillas de aguas profundas (para reproducirse y alimentarse), y se le puede encontrar hasta a 7 metros de profundidad en el epilimnión pelágico, agrupandose en cardumenes donde se dan dominancias tanto entre machos como entre hembras. Su distribución en la columna de agua se ve afectada por gradientes de temperatura y oxígeno, así como también por la concentración de gases tóxicos disueltos en el agua (bióxido de carbono, amonio y especialmente ácido sulfúrico) (Chervinski, 1982; Stickney y Davis, 1988).

*O. niloticus* es un pez euritermo, ya que tiene un amplio rango de tolerancia a la temperatura ( $12^{\circ}\text{C}$  a  $42^{\circ}\text{C}$ ), de hecho su distribución geográfica está limitada por las bajas temperaturas (Fig. 4). Su temperatura óptima fluctúa alrededor de los  $25^{\circ}\text{C}$  aún cuando logra reproducirse a los  $18^{\circ}\text{C}$  (Sarik y Arieli, 1980).

La tilapia del Nilo (*O. niloticus*) es un organismo eurihalino, pues es capaz de vivir y aún de reproducirse en salinidades de 30 por ciento (Yashouv, 1961; Kirk, 1972), siempre y cuando la temperatura no rebase los  $25^{\circ}\text{C}$ .

Los individuos de esta especie se ven afectados por un pH ácido sus rangos de tolerancia van de 9 hasta 11 y el pH óptimo en el cual esta especie crece sin problemas es de 7 a 8 (George, 1975; Herper y Pruginin, 1985); asimismo se ha observado que este organismo es muy resistente a los niveles bajos de oxígeno disuelto en el agua (DO), siendo capaz de tolerar hasta 0.1 ppm en el agua (Balarin and Hatton, 1979) lo que les permite vivir y aún reproducirse en pantanos y lagos estancados, en donde se presentan esporádicamente fuertes desoxigenaciones, las cuales son letales para otros peces (García y Cáceres, 1984).

Los mecanismos fisiológicos que les permiten tolerar esta baja concentración de oxígeno son: la presencia de hemoglobina capaz de ligar moléculas de oxígeno a muy bajas concentraciones y la capacidad de sostener su metabolismo en condiciones anaeróbicas por breves períodos de tiempo. Esta especie no sólo resiste bajas concentraciones de oxígeno sino también es capaz de sobrevivir a altas concentraciones y aún tolerar saturaciones de gases nocivos como los producidos por la descomposición de materia orgánica ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$ ), por breves lapsos de tiempo.

Paralelamente a estas características de tipo fisiológico *O. niloticus* tiene como estrategia colocarse justo en la superficie del agua en donde por el contacto con la atmósfera, se encuentra ricamente oxigenada, de esta forma el individuo al estar continuamente "boqueando" hace que fluya agua rica en oxígeno por sus branquias. Esta característica es eminentemente una respuesta

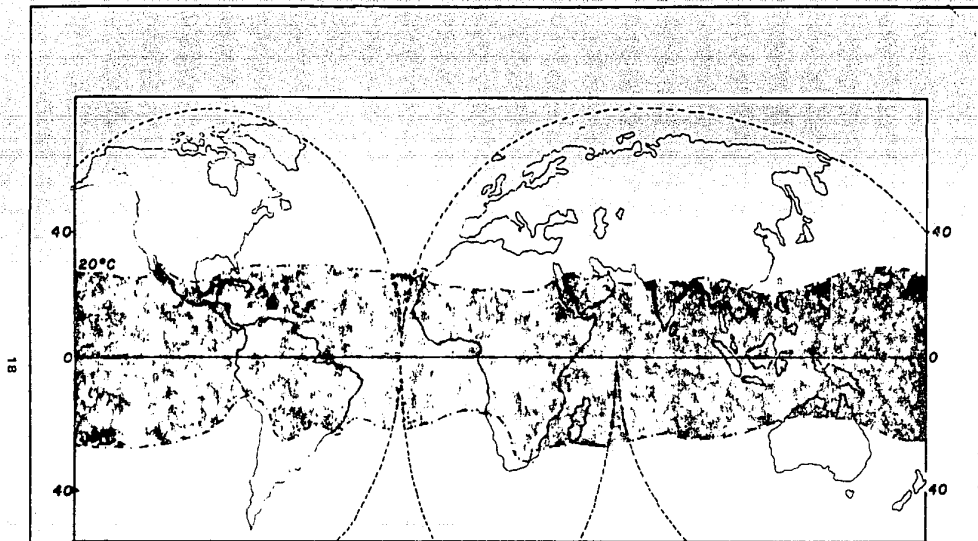


Fig. 4.- Isotherma invernal mundial, en la cual los organismos del genero *Oreochromis* suelen distribuirse.

conductual a factores ecológicos adversos (Stickney, Wasby, McGeachik y Isbel, 1979; Caulton, 1982; )

## 2.5. Hábitos reproductivos..

La diferenciación sexual de *O. niloticus* (como en la mayoría de las tilapias) ocurre en etapas tempranas de los 16 a 20 días de edad tomando como referencia el día en el que el organismo deja de ser alevín (Morales, 1988).

A partir de este lapso de tiempo, las gónadas que estaban en estado indiferenciado empiezan a definirse hacia gónadas femeninas o masculinas (Morales, 1988). Las gónadas femeninas se desarrollan de 7 a 10 días antes que las gónadas masculinas (Ekstein y Spira, 1965), de tal manera que en ambos sexos pueden alcanzar su madurez sexual a los dos o tres meses de edad, inducidos por factores endocrinológicos, genéticos, medioambientales y poblacionales.

Las hembras son capaces de realizar desoves a intervalos de cuatro a seis semanas. En México se han observado desoves con una frecuencia de hasta diez por año (Morales, Melcer y Lee, 1976; SEPESCA, 1982; Morales, 1988).

El desove ocurre cuando el agua alcanza una temperatura mayor a 18°C. Al principio, el macho escoge un sitio de desove, desarrollando y desplegando un instinto de territorialidad y agresividad, atacando y ahuyentando a otros machos que se encuentran cerca del sitio de desove, el cual va de tres a cinco metros de diámetro y se disemina a lo largo de ríos y estanques (Rothberd, 1979), en este sitio construyen uno o varios nidos de 30 a 40 cm. de profundidad (Morales, 1974; Rosas, 1976, Bardach, Ryther y McLaren, 1986).

El macho de *O. niloticus* efectúa un cortejo para inducir a la hembra a desovar en el nido. El cortejo, alcanza grados de agresividad peligrosa para la hembra, ya que el macho en casos extremos puede llegar a matarla (Rothbard, 1979). La hembra desova



depositando los huevos en el nido, acto seguido, el macho expulsa el semen sobre ellos para fertilizarlos, despues son tomados por la hembra para su incubación en la cavidad bucal (Rothbard y Prugunin, 1975) (Figura 5).

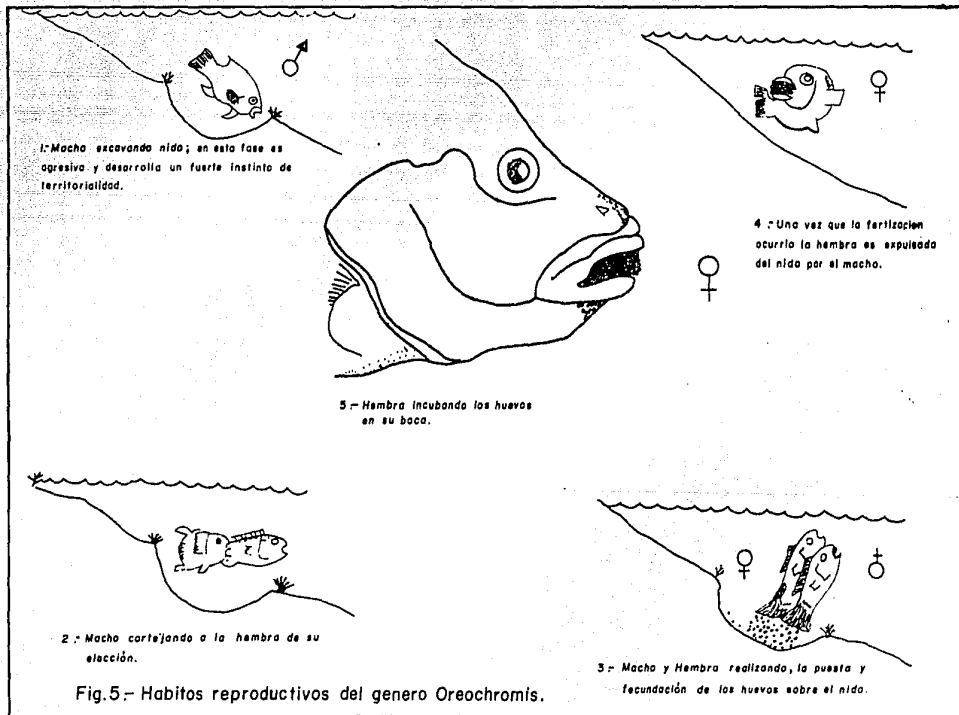
En acuarios de sistema cerrado se ha observado que la hembra, despues de poner los huevos los toma inmediatamente en la boca, acción que repite con el esperma que arroja el macho, por lo que aparentemente la fecundación se realiza en la boca de la hembra (Castrejón, comm. pers, 1990).

El tiempo de incubación de los huevecillos varia, pero a temperaturas constantes de 24 °C los alevines eclosionan en 72 horas, el saco vitelino es absorbido a los ocho días. La incubación o crianza dura alrededor de 20 días (Herper y Prugunin, 1975).

Los alevines son protegidos hasta tallas de 5 a 10 mm (SEPESCA, 1982; Aguilera y Noriega, 1988), por la hembra, quién los alberga en su boca ante cualquier peligro; esto sucede gracias a que la faringe de la hembra se ensancha y la cavidad bucal se retrae, modificando las membranas branquiostegas y expandiéndose las branquias, dando así, cabida a los crias que entran y salen con frecuencia (Morales, 1974; Balarin y Hatton, 1979; Santiago *et al.*, 1985).

Las crias son expulsadas por la hembra al alcanzar una talla de 10 mm. A partir de este momento no les permite que se refugien en su boca. Las crias forman cardúmenes de cientos de individuos y pueden estar en este tipo de congregación por lapsos de tiempo que pueden durar hasta 8 meses. Se ha propuesto que estas congregaciones cumplen funciones de protección y de regulación de la población, pues son una expresión de la densidad y del tiempo de reproducción (Philippart y Ruwet, 1982).

La incubación bucal de los huevos, así como el cuidado y protección de la cría contra los depredadores, contribuye en gran manera a la eficiencia reproductiva de la especie (Jalabert y Zohart, 1982; Mekayne, 1983).



## 2.6. Crecimiento.

El crecimiento es el incremento en talla o peso de un individuo, resultado del consumo del alimento y de una serie de procesos metabólicos que se manifiestan finalmente en la traducción de la ingesta de alimento en incremento en tejido para el organismo, siendo este crecimiento específico para cada especie (Nikolsky, 1963; Gómez, 1967).

El crecimiento en los peces es notable desde el momento en que la mayoría de ellos tienen la capacidad de sostener el ritmo de crecimiento a lo largo de sus vidas, aunque a veces disminuya (crecimiento indeterminado), por lo que a veces los miembros de una misma especie, siendo de una misma edad, pueden ser de tamaño variable, en contraste con los tamaños más definidos a determinada edad (crecimiento determinado), que aparece en unos cuantos peces (Lagler, Bardach, Miller, Maypassino, 1977).

Se ha propuesto como explicación a esta capacidad de crecimiento que los peces por vivir en un medio fluido el cual sostiene su cuerpo libre de la limitación gravitacional, les permite alcanzar tamaños máximos (Weatherley, 1972).

El crecimiento es alterado por factores exógenos y endógenos que actúan sobre el individuo, los factores exógenos más importantes son los ambientales, entre los cuales están, la cantidad de alimento, la temperatura y el hacinamiento. Se podría señalar que la disponibilidad y calidad de alimento tienen influencia en el crecimiento ya que un aumento en la disponibilidad de este, produce aceleración en la tasa de crecimiento, desarrollo temprano de la madurez sexual y aumento en la fecundidad de los individuos (Nikolsky, 1963).

La temperatura tiene gran influencia sobre el crecimiento; en un ambiente cálido los individuos tienden a tener al principio, un crecimiento rápido, para sufrir luego un fuerte retardo, sin poder alcanzar grandes tallas.

En un ambiente frío los peces crecen lentamente al principio pero de manera continua, hasta llegar a alcanzar grandes tallas (Gómez, 1967).

Lo anterior se explica en función de un metabolismo elevado (en climas tropicales), lo que permite incrementos en peso más rápidos, pero también un alcance precoz de la madurez sexual. Por lo contrario, en climas fríos, el metabolismo es bajo y los incrementos son menores pero continuos, en este caso la madurez sexual se alcanza más tardíamente.

La elevada densidad es un factor que produce un retardo en el crecimiento, debido a que un gran número de individuos confinados en un espacio reducido compiten por el alimento y el oxígeno, además que sus desechos metabólicos, amoníaco, bióxido de carbono y heces fecales, actúan de forma negativa en los organismos (Medina, com. pers., 1986).

De los factores endógenos, el más importante es el desarrollo gonádico, ya que cuando los peces son jóvenes la energía consumida será usada para mantenimiento, actividad y crecimiento. Pero a medida que los individuos se van desarrollando la maduración sexual se acerca y grandes cantidades de alimento se invierten periódicamente en los procesos de gametogenesis y acumulación de material de reserva (vitelo) que se almacenan en los oocitos por lo que durante esta etapa se requiere de una mayor cantidad de energía (Lagler, et al., 1979; Odoluyé, 1982; Rodríguez, 1987).

De esta forma es comprensible que el crecimiento no se manifieste como un incremento constante en una magnitud determinada, sino que éstos varían en el tiempo (Arreguin, 1988).

El crecimiento en los peces puede ser considerado como isométrico o alométrico, esto lo determina el tipo de relación que se establece entre la longitud patron o la longitud total y el peso del individuo; o bien la relación entre la longitud y el "espesor" del mismo. Cuando el valor de la pendiente de estas relaciones se encuentra dentro de un intervalo cercano a una potencia cúbica, este intervalo define el carácter del crecimiento del individuo; por lo que se considera como organismos de crecimiento isométrico aquellos cuya pendiente de la relación peso-longitud está dentro del intervalo de 2.8 - 3.2, y organismos con crecimiento alométrico a aquellos cuyo valor de la pendiente está por debajo o por arriba de este intervalo (Medina y Marquez,

1980).

Este valor no se considera como cúbico exacto por que de ser así los incrementos en peso serían proporcionales al cubo de la longitud (Ricker, 1971), lo que no siempre ocurre ya que hay que considerar que dichas proporciones (en peso y longitud) varían en función de la época del año, la disponibilidad de alimento, etc. (Nikolaki, 1963).

Silvera (1978), determinó que la proporción entre el peso y la longitud está dada por la ecuación:

$$Wt = a (L)^b$$

Donde:  $Wt$  = peso del individuo

$a$  = ordenada al origen

$L$  = longitud del individuo

$b$  = pendiente de la ecuación.

Este mismo autor determinó que el valor de  $b$  para *O. niloticus* es de 3.23, por lo que considera que esta especie presenta un crecimiento isométrico (Morales, 1988).

## II. ANTECEDENTES.

Los primeros reportes sobre la descripción del índice de crecimiento en cultivos de *O. niloticus* fueron publicados por la Food Agricultural Organization (FAO); para 1965 la FAO, reporta el incremento en peso, de cultivos heterosexuales de *O. niloticus* con un rendimiento del 0.7 grs/día por individuo. En 1967 en Uganda se obtienen incrementos de 0.63 grs/día, en cultivos monosexo de machos en sistemas rusticos extensivos.

En Taiwan comparando el crecimiento de especies híbridas con el crecimiento de líneas puras de *O. niloticus*, se obtienen rendimientos en peso de 92 grs en 40 días de crecimiento para hembras (FAO, 1969).

Yashouv (1967) en sus estudios sobre el rendimiento de varias especies sometidas a policultivo (al cual suministraba alimento complementario), encuentra que durante 118 días de cultivo, la población de *O. niloticus* presenta un incremento del orden de 1.9 grs/día.

Morales (1964), logra obtener el primer desove de esta especie en nuestro país. A partir de la primera generación, la cual cultivó durante cuatro meses y que tenían un peso inicial de 10 gramos por individuo, al final del cultivo los individuos alcanzaron un peso medio de 55.11 grs. Rubin (1976), menciona que ha encontrado individuos de la especie *O. niloticus*, en el Valle de México, con tallas de 35 cm. y 700 grs de peso.

Stickney, Hesby, Mcgeachin e Isbell (1979), obtuvieron incrementos de peso de 190 gramos en cultivos de *O. niloticus* en los que únicamente se fertilizaban los estanques y en los que no se proporcionó ningún complemento alimenticio, en tres meses y medio que duró el cultivo. Huet (1978) realizando una revisión de las especies de tilapia, utilizadas en la acuicultura cataloga a *O. niloticus* como una de las especies que alcanzan mayores tallas,

tanto en condiciones de cultivo como en forma natural y reporta individuos de 1200 a 1300 grs de peso.

En Cuba Aguiar, León y Hernández (1978); Aguiar, Bencomo y Gonzalez (1979), trabajando con distintas especies de tilapias, entre las que se incluye a *O. niloticus*, compararon el índice de crecimiento de dichas especies, concluyendo que *O. niloticus* presenta un mayor rendimiento en crecimiento. Los incrementos en peso para machos y hembras que obtuvieron los autores se presentan a continuación:

<i>O. niloticus</i>	MACHOS	HEMBRAS
ESTANQUES DE CONCRETO	1.2grs/día	0.57grs/día
ESTANQUES DE TIERRA	0.98grs/día	0.19grs/día

Tomado de Aguiar, León y Hernández (1978).

Rifai (1979), comparando el crecimiento de poblaciones heterosexuales de *O. niloticus*, sometidas a dos sistemas de cultivo (estanques de concreto y jaulas flotantes), en los cuales no aplicó ningún complemento alimenticio, obtiene que la población cultivada en jaulas flotantes creció un promedio de 0.52 grs/día; mientras que la población confinada en los estanques de concreto creció en promedio 0.25 grs/día.

Sánchez y Vázquez (1980), valoraron la composición proteica de diferentes dietas suministradas a crías de *O. niloticus* durante seis semanas a través del estudio detectaron variaciones en la tasa de crecimiento (grs/día), de los diferentes lotes, los resultados obtenidos se observan en la tabla siguiente:

VALORACION DEL CRECIMIENTO EN FUNCION DEL PORCENTAJE DE PROTEINA  
CRUDA.

% PROTEINA	INCREMENTO EN PESO (GRS/DIA)
19.5	3.9
24.2	5.8
25.9	5.2
31.1	4.8
35.9	5.0

Tomado de Sanchez y Vazquez (1980).

Hopkins y Cruz (1981) describen el crecimiento de una población de *O. niloticus*, la cual se mantuvo en un cultivo fertilizado con desechos agrícolas provenientes de una granja. El cultivo se llevó a cabo durante un período de 90 días, y se obtuvo un crecimiento total de 160 grs.

Los registros acerca de los cultivos de *O. niloticus* que se practican a nivel comercial en las Filipinas, señalan que el crecimiento promedio, en sistemas de jaulas flotantes es de 1.12 grs/día Guerrero (1982).

Herper y Pruginin (1985), cultivan alevines de *O. niloticus*, durante 200 días. Al final de este período los organismos registraron incrementos de peso de 63 grs. para hembras y de 76 grs. para machos.

Estudios realizados en Costa Rica (M.A.L., 1987), acerca del cultivo de *O. niloticus* en jaulas flotantes con suministro de alimento artificial, proporcionan rendimientos en el crecimiento del orden de 0.6 grs a 2.83 grs/día.

García y Libreros (1988), realizan cultivos de *O. niloticus* en sistemas de jaulas flotantes con suministro de alimento hecho a base de esquilmos agrícolas, y obtienen un incremento en peso medio de 1.2 grs/día en las poblaciones estudiadas.



### III. MATERIAL Y METODOS.

#### 1. Area de estudio.

El presente estudio se llevó a cabo en el Centro Acuícola de Zacatepec, ubicado en el Municipio del mismo nombre, situado en la región sur del estado de Morelos.

El Centro se localiza a 25 Km de Cuernavaca y a 110 Km de la Ciudad de México (Figura 6). Su altura sobre el nivel del mar es de 930 m, su clima es cálido, subhúmedo, con lluvias en verano y un invierno poco definido, la época de mayor calor es en los meses de abril y mayo. Los rangos de temperatura son de 35°C máxima y 17°C mínima, registrándose un promedio anual de 25°C. La precipitación pluvial es de 838.8 mm en promedio, con una época de lluvias de junio a octubre.

El Centro Acuícola de Zacatepec se sitúa a los 28°04'00'' lat. norte y 99°11'11'' long. oeste, el agua que alimenta a dicho Centro procede del río Apatlaco y del Canal que proviene del río "Las Estacas", ambas corrientes son conducidas al Centro por medio de canales de concreto (Moreno, 1985).

Esta Piscifactoría se dedica a la producción, distribución y siembra de juveniles de carpa (*Cyprinus spp.*) y tilapia (*Oreochromis spp.*), para esto cuenta con 63 estanques de concreto de diversas dimensiones de estos estanques se utilizaron tres pertenecientes a la línea K, el K38, el K39 y el K40 (Figura 7). Los dos primeros presentan las siguientes dimensiones: largo de 4 metros, un ancho de 3 metros y una profundidad de 0.80 metros; el estanque K40 es diferente en sus medidas, largo 5 metros, ancho 4 metros, profundidad de 0.90 metros.

Los tres estanques anteriormente citados están dotados con alimentación autónoma de agua y desague de rebose, cada uno de ellos recibe durante cinco horas un recambio de agua de cuatro litros por segundo, este recambio se realizó durante todo el tiempo en el cual duró el experimento.

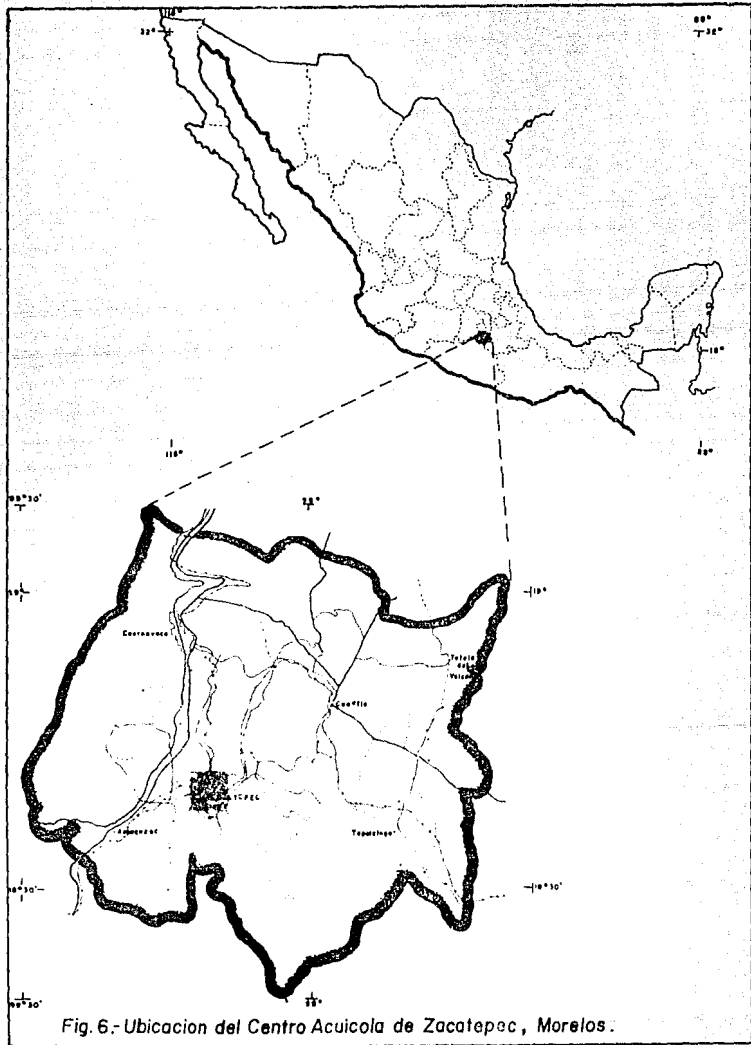


Fig. 6.- Ubicacion del Centro Acuicola de Zacatepec, Morelos.

A fin de lograr el registro del ritmo de crecimiento de la especie estudiada, se contó con un lote de 250 individuos de línea pura de *O. niloticus* var. roja, pertenecientes a una misma generación de cuatro meses de edad. Los cuales se muestrearon mensualmente durante un ciclo anual (Marzo de 1988 a Marzo de 1989).

Este lote de 250 individuos fué dividido en tres grupos, confinados para su estudio y muestreo mensual en los estanques antes mencionados (Figura 7).

La división del lote original en tres grupos se efectuó por la necesidad de tener dos cultivos monosexos, uno para cada sexo y un tercer cultivo de tipo heterosexual, la separación de sexos del lote inicial se realizó mediante el sexado manual de los individuos, tomando como base las características morfológicas de su genitalia externa (Anexo 2). Los grupos resultantes se distribuyeron de la siguiente manera:

En el estanque K38 se colocaron 50 hembras, para un cultivo monosexo. La densidad estimada fué de 5.2 organismos por metro cúbico.

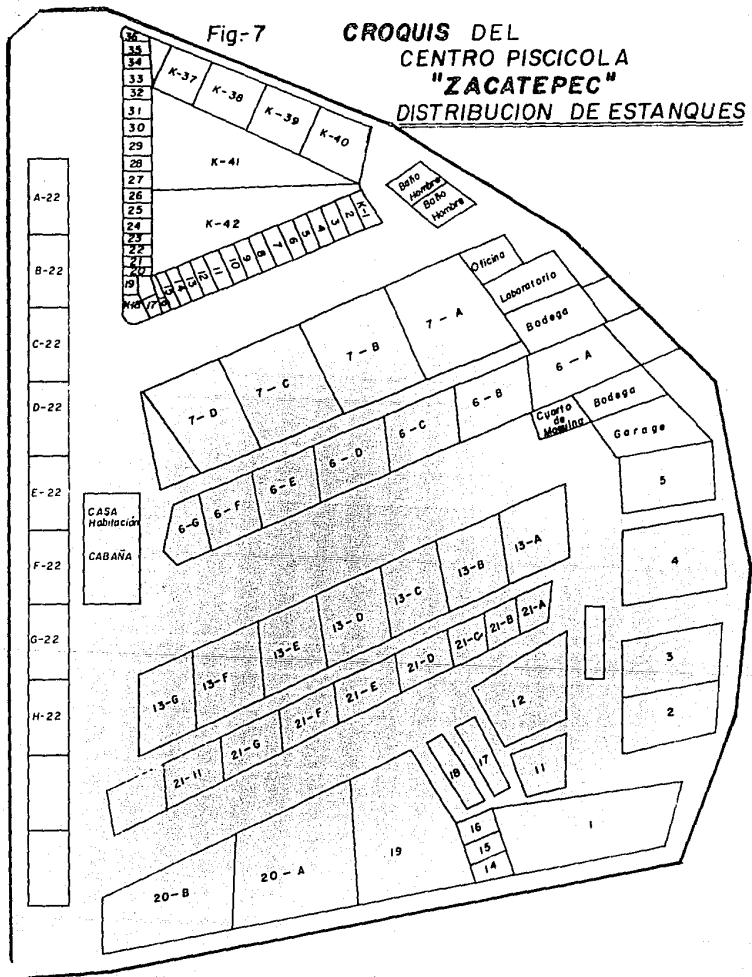
En el estanque K39 se colocaron 50 machos que formaron el segundo cultivo monosexo. La densidad estimada fué de 5.2 organismos por metro cúbico.

En el estanque K40 se colocaron 150 individuos; 50 machos y 100 hembras, en una proporción de 2 hembras por cada macho, (2:1), conformando el cultivo heterosexual. La densidad estimada fué de 8.3 individuos por metro cúbico.

Durante todo el periodo de estudio se suministró alimento balanceado "ALBAMEX" de tipo CARPA TILAPIA y BAGRE, engorda con 25 por ciento de proteína cruda con una tasa de alimentación diaria del 4 por ciento de la biomasa total distribuida en 4 raciones a lo largo del día, el alimento que se suministró durante los tres

Fig-7

**CROQUIS DEL  
CENTRO PISCICOLA  
"ZACATEPEC"  
DISTRIBUCION DE ESTANQUES**



primeros meses se molió y tamizó para obtener el tamaño de partícula requerida (1 a 6 mm), a partir del cuarto mes el alimento se utilizó en su presentación original; también a partir de ese tiempo la tasa de alimentación se cambió al 3 por ciento en tres raciones al día.

## 2. Trabajo de Campo.

Mensualmente a cada uno de los individuos que componían las poblaciones confinadas en los estanques de experimentación se le tomaron los datos morfométricos siguientes:

- Longitud total (Lt): de la sínfisis maxilar o sínfisis mandibular ("punta del hocico") hasta el extremo final de la aleta caudal (Figura 8).

- Longitud patron (Lp): de la sínfisis maxilar o sínfisis mandibular ("punta del hocico") hasta donde empieza la aleta caudal (Figura 8).

- Peso total: peso del organismo en el momento de obtenerse de su medio natural. (Lavastu, 1971; Holden, 1975; Llorente *et al.*, 1985; Martínez, 1988).

Las medidas de longitud se tomaron con un ictiometro de madera con una precisión de un milímetro, el peso se tomó con una balanza granataria de reloj de 5 grs de precisión, marca Yamato (Anexo 3), las lecturas de cada individuo fueron consignadas en una hoja de registro de datos diseñado especialmente para este fin (Anexo 4).

Debido a que los tres estanques están situados en el mismo lugar y el agua que los alimenta proviene del mismo canal se considera que los parámetros físicoquímicos del agua (Ph, turbidez, temperatura y dureza) así como la temperatura ambiental son constantes en cada estanque. Cabe mencionar que durante los muestreos mensuales se verificó que en cada cultivo monosexo (Estanques N. 28 y N. 29), no existieran organismos de sexo opuesto.

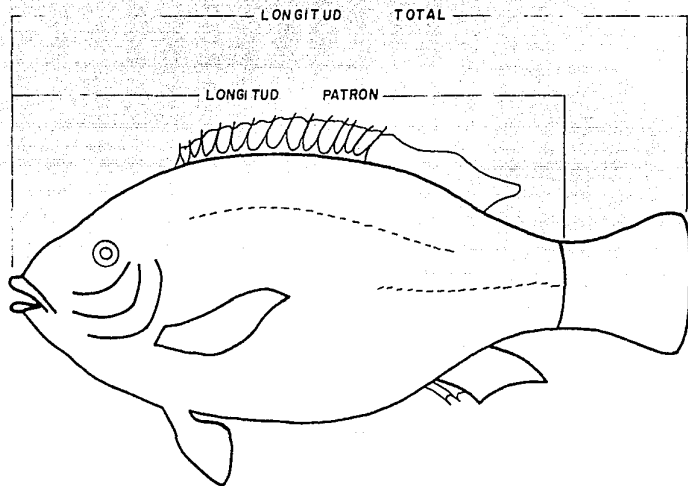


Fig.8.- Medidas de longitud tomadas en el monitoreo mensual.

### 3. Trabajo de Gabinete.

Esta parte del trabajo consistió en una primera etapa en obtener una medida de tendencia central mensual para cada valor morfométrico (Lt, Lp y Wt), esta medida es conocida como media aritmética o promedio aritmético (Meza *et al.*, 1980; Reyes, 1980), y se calcula a partir de los valores originales, obtenidos en el campo y mediante la siguiente ecuación:

$$\mu = \frac{\sum x_i}{N}$$

Donde:  $\Sigma$  = sumatoria

$x$  = valor de la observación

$i$  = observación, datos; 1, 2, 3, ...N

$N$  = número de observaciones.

Los valores medios obtenidos fueron agrupados por sexo y cultivo. Con los datos así ordenados se procedió a calcular el crecimiento mensual de cada grupo mediante la tasa instantánea de crecimiento (T.I.C.) y el incremento en peso por día (R.C.) (Chapman, 1978; Jauncey, 1982 García y Libreros, 1988), expresadas en las siguientes ecuaciones:

$$T.I.C. = \frac{\ln \bar{W}_t - \ln \bar{W}_1}{t_2 - t_1}$$

$$R.C. = \frac{\bar{W}_t - \bar{W}_1}{t_2 - t_1}$$

Donde: Ln = logaritmo natural

$\bar{W}_1$  = peso promedio mensual de la población en el tiempo 1.

$\bar{W}_t$  = peso promedio mensual de la población en el tiempo 2.

$t_1$  = tiempo 1.

$t_2$  = tiempo 2.

### 3. Trabajo de Gabinete.

Esta parte del trabajo consistió en una primera etapa en obtener una medida de tendencia central mensual para cada valor morfométrico (Lt, Lp y Wt), esta medida es conocida como media aritmética o promedio aritmético (Meza *et al.*, 1980; Reyes, 1980), y se calcula a partir de los valores originales, obtenidos en el campo y mediante la siguiente ecuación:

$$\mu = \frac{\sum x_i}{N}$$

Donde:  $\Sigma$  = sumatoria

$x$  = valor de la observación

$i$  = observación, datos; 1, 2, 3, ...N

$N$  = número de observaciones.

Los valores medios obtenidos fueron agrupados por sexo y cultivo. Con los datos así ordenados se procedió a calcular el crecimiento mensual de cada grupo mediante la tasa instantánea de crecimiento (T.I.C.) y el incremento en peso por día (R.C.) (Chapman, 1978; Jauncey, 1982 García y Libreros, 1988), expresadas en las siguientes ecuaciones:

$$T.I.C. = \frac{\ln \bar{W}_t_2 - \ln \bar{W}_t_1}{t_2 - t_1}$$

$$R.C. = \frac{\bar{W}_t_2 - \bar{W}_t_1}{t_2 - t_1}$$

Donde: Ln = logaritmo natural

$\bar{W}_t_1$  = peso promedio mensual de la población en el tiempo 1.

$\bar{W}_t_2$  = peso promedio mensual de la población en el tiempo 2.

$t_1$  = tiempo 1.

$t_2$  = tiempo 2.



A continuación para garantizar que no existe una diferencia en los valores de la curva de crecimiento, de un estado a otro de desarrollo, se relacionaron las longitudes con los pesos (Kuri, 1982), a fin de que mediante la linealización de estos valores, se obtengan las constantes de la ecuación potencial siguiente.

$$W = a(L)^b$$

Donde: W = peso

L = longitud patron

a = ordenada al origen

b = pendiente.

La pendiente (b) de la regresión peso total-longitud patron indica si los organismos tienen un crecimiento isométrico o alométrico.

Esta relación se puede establecer también con el ancho (an), y el espesor (ep) del organismo (Sanchoz, 1988), para fines prácticos solamente se utilizaron las longitudes y los pesos.

Para establecer la relación, se decidió utilizar la longitud patron (Lp), por ser este valor el que menor error presenta en la medición, debido a que existe gran variedad en las formas y tamaños de cada aleta caudal de las tilapias. Por lo que la longitud total (Lt) puede provocar error.

Para obtener la curva de crecimiento, los valores de peso promedio mensual se graficaron en función del tiempo, obteniéndose generalmente una curva sigmoidea cuyo primer tercio es de forma exponencial, el tercio siguiente describe una inflexión y al ir pasando el tiempo poco a poco va aproximándose a una asíntota superior paralela al eje de las "x" (Gulland, 1971). Varios autores, entre ellos Ricker (1975) y Arreguín (1987), señalan que un modelo sencillo y conciso que describe fielmente el comportamiento del crecimiento individual en una población es la ecuación propuesta por Bertalanffy en 1938.

## Modelo de crecimiento en peso de Ludwin von Bertalanffy:

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

Donde:  $W_t$  = peso del individuo a la edad  $t$

$W_{\infty}$  = peso máximo asintótico

$k$  = tasa de crecimiento individual, proporcional a la tasa de catabolismo.

$t$  = edad

$t_0$  = edad hipotética cuando el peso toma un valor teórico de cero.

$\lambda$  = valor de la pendiente de la regresión  $W_t/L_p$  que indica el tipo de crecimiento.

Para obtener el estimado de los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy, se utilizó el método de Ford-Walford (Riker, 1975).

Como parte final, se realizó un análisis estadístico que nos permitiera determinar qué factor, sexo, reproducción o ambos, altera significativamente el crecimiento, por lo que se plantearon las siguientes hipótesis:

I. Existe una diferencia en el crecimiento entre machos y hembras de *O. niloticus*.

II. La diferencia, se debe al sexo de los individuos en cultivo

III. La diferencia, se debe al proceso de reproducción existente en los organismos sujetos a cultivo.

A fin de comprobar estas propuestas se utilizó una prueba estadística de contraste de hipótesis, conocida como análisis de varianza (ANOVA), consistente en la separación de la variación total poblacional observada, de los factores parciales y su clasificación en atención a los caracteres causales (Reyes, 1982).

Debido a que la distribución de los valores de la tasa instantánea de crecimiento y la de incremento en gramos por día no

presentan una distribución normal no es recomendable someterlos a una prueba paramétrica como la anteriormente usada, por lo que es necesario utilizar una prueba estadística de las conocidas como no-paramétricas.

La prueba seleccionada se conoce como prueba de rango señalados y de pares igualados de Wilcoxon (Mendez, *et al.*, 1988).

Esta prueba se basa en agrupar los valores en parejas y en cada pareja evaluar la magnitud de la discrepancia entre los valores de sus dos elementos.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

##### 1. Valores morfométricos.

A partir de los valores morfométricos mensuales obtenidos de los organismos confinados en los estanques de experimentación, se obtuvieron los valores medios del peso total, longitud total y longitud patrón, los cuales se presentan en las tablas 1, 2, 3 y 4.

Analizando estos resultados son evidentes los dos puntos de interés siguientes: i) Se observa que existen diferencias en los incrementos de peso y talla entre machos y hembras, tanto en los cultivos monosexo como en el heterosexual; ii) En ambos tipos de cultivo los machos presentan promedios de talla y peso mayores que las hembras, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Eguiar, Leon y Hernández (1978); Stickney et al. (1979); Datzie (1981) y Santiago et al. (1985).

Estos resultados apoyan la propuesta inicial de que se presenta un crecimiento diferencial en relación al sexo.

Más adelante se discutirá si estas diferencias, sobre todo las relativas a peso, son o no, estadísticamente significativas.

Por otra parte, se observa gran heterogeneidad en los pesos iniciales entre machos y hembras y entre las hembras de cada cultivo, lo que hace suponer que en realidad los organismos no pertenecían a una misma  $F_1$ .

Es importante señalar que, como era de esperarse, en el cultivo de tipo heterosexual, la reproducción se llevó a cabo en forma sostenida. En cada muestreo mensual se encontraron hembras incubando así como a gran cantidad de crías y alevines; los cuales se retiraron del cultivo a fin de evitar problemas relacionados con la sobrepoblación (competencia por el alimento, epizootias, acumulación de desechos orgánicos, etc.).

Es indudable que el proceso de reproducción afecta el crecimiento de los individuos y en particular, el crecimiento de las hembras, quienes invierten mayor energía en este proceso, debido a la síntesis de grandes cantidades de glucógeno, lípidos y proteínas que son acumulados por el ovocito durante la maduración

del folículo (Brachet, 1975). Este proceso fisiológico se ve reflejado en los valores extremadamente bajos de peso y talla en la población de hembras que se estaban reproduciendo (Tabla 3).

TABLA 1. VALORES MORFOMETRICOS PROMEDIO OBTENIDOS MENSUALMENTE PARA HEMBRAS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO MONOSEXO.

MES	LONG. TOTAL (CM.)	LONG. PATRON (CM.)	PESO TOTAL (GRS.)	TOTAL/INDIVIDUOS (N)
MARZO	10.4380	8.3440	19.5000	50
ABRIL	14.3468	11.5543	52.5000	46
MAYO	15.4256	12.7163	76.3953	43
JUNIO	17.7381	14.5096	105.4732	42
JULIO	19.2721	15.7814	139.5349	42
AGOSTO	20.6955	16.6705	156.3182	39
SEPTIEMBRE	21.5854	17.0436	186.1463	38
OCTUBRE	22.4789	18.6211	207.1053	38
NOVIEMBRE	---	---	---	---
DICIEMBRE	23.5220	18.6537	236.5220	38
ENERO	23.7293	19.2341	251.4634	20
FEBRERO	25.0250	20.8500	288.0000	20
MARZO	25.6947	21.0053	298.0000	19

TABLA 2. VALORES MORFOMETRICOS PROMEDIO OBTENIDOS MENSUALMENTE PARA MACHOS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO MONOSEXO.

MES	LONG. TOTAL (CM.)	LONG. PATRON (CM.)	PESO TOTAL (GRS.)	TOTAL/INDIVIDUOS (N)
MARZO	15.4540	12.3640	63.7300	50
ABRIL	18.3300	15.0120	101.6000	50
MAYO	19.3102	16.1245	146.7347	49
JUNIO	21.9660	17.8600	190.0000	49
JULIO	23.5531	18.6286	232.6531	49
AGOSTO	25.0000	19.4311	271.8889	45
SEPTIEMBRE	25.7971	20.6425	292.6048	42
OCTUBRE	26.7925	21.5700	340.3750	40
NOVIEMBRE	---	---	---	---
DICIEMBRE	28.1714	22.4316	376.0526	38
ENERO	28.2184	22.7526	395.2632	38
FEBRERO	29.0946	23.5621	430.5405	37
MARZO	29.8872	24.4308	457.1795	37

**TABLA 3. VALORES MORFOMETRICOS PROMEDIO OBTENIDOS MENSUALMENTE PARA HEMBRAS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO HETEROSEXUAL.**

MES	LONG. TOTAL (CM.)	LONG. PATRON (CM.)	PESO TOTAL (GRS.)	TOTAL/INDIVIDUOS (N)
MARZO	11.8775	9.7230	33.5700	100
ABRIL	13.4507	10.8159	42.2319	69
MAYO	14.1982	11.5091	56.7273	55
JUNIO	15.0444	12.2667	62.8889	45
JULIO	16.3703	13.0405	80.8065	37
AGOSTO	16.5710	13.2516	89.1892	31
SEPTIEMBRE	17.5118	14.1647	97.6471	17
OCTUBRE	19.5000	15.2917	135.0000	12

**TABLA 4. VALORES MORFOMETRICOS PROMEDIO OBTENIDOS MENSUALMENTE PARA MACHOS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO HETEROSEXUAL.**

MES	LONG. TOTAL (CM.)	LONG. PATRON (CM.)	PESO TOTAL (GRS.)	TOTAL/INDIVIDUOS (N)
MARZO	15.2040	12.2480	63.1600	50
ABRIL	17.2531	13.7408	87.4490	50
MAYO	17.9760	14.5400	109.3000	50
JUNIO	18.8608	15.5686	128.1373	50
JULIO	19.9460	15.7720	148.0000	50
AGOSTO	21.2957	16.6957	165.5408	47
SEPTIEMBRE	21.7140	17.6791	185.4419	43
OCTUBRE	23.7225	18.7575	248.6250	40
NOVIEMBRE	-0-	-0-	-0-	-0-
DICIEMBRE	25.1881	20.3976	292.9762	40
ENERO	25.6650	20.7285	303.0000	40
FEBRERO	26.0947	21.1737	321.9737	38
MARZO	27.2051	21.9077	354.8718	38

## 2. Mortalidad.

Por lo que se refiere al índice de mortalidad, los valores más elevados se presentaron en la población de hembras mantenidas en cultivo heterosexual (Tabla 3). La elevada tasa de mortalidad puede atribuirse a diversas causas, entre las que se consideran como más factibles:

- a).- La extracción furtiva, por parte de los lugareños de organismos confinados en el estanque K40.
- b).- La pérdida y/o muerte de las hembras más pequeñas debido al manejo de la población durante los muestreos y el mantenimiento de los estanques de cultivo.
- c).- La depredación ejercida por diversos organismos que sistemáticamente se encontraron en el estanque heterosexual (K-40), tales como tortugas (*Dermatemys spp.*) y urracas (*Cassidix mexicanus*).

Y por último, d).-puedo deberse también a la agresión de los machos hacia a las hembras que se encontraban incubando (Rothbar, 1979)

Estos factores, ocasionaron que para el mes de diciembre no fuera posible continuar el muestreo. Es por ello que la Tabla 3 presenta los valores obtenidos hasta el mes de octubre para dichos organismos. En la Tabla 4 se presentan los valores morfométricos para los machos en todo el ciclo anual en el cual duró el estudio.

## 3. Relación peso-longitud.

A partir de los valores morfométricos medios obtenidos presentados en las Tablas 1, 2, 3 y 4, se obtuvo la relación entre la longitud patron y el peso total de los organismos, las ecuaciones que describen esta relación para cada uno de los cultivos se expresan a continuación:

Hembras en cultivo monosexo

$$Wt = 0.288 L_p^{3.0888}$$

correlación de 0.9935

Hembras en cultivo heterosexual

$$Wt = 0.288 L_p^{3.0888}$$

correlación de 0.9935

Machos en cultivo monosexo

$$Wt = 0.343 L_p^{2.9925}$$

correlación de 0.9976

Machos en cultivo heterosexual

$$Wt = 0.374 L_p^{2.9748}$$

correlación de 0.9973

Ecuación general

$$Wt = 0.3970 L_p^{2.9807}$$

con una correlación de 0.9949

En cada una de las ecuaciones que describen el crecimiento de *Oreochromis niloticus* se aprecia que al igual que en la ecuación general,  $b$  está dentro de un intervalo de valores que va de 2.8 a 3.2, lo que nos confirma que el crecimiento de esta especie es de tipo isométrico tal y como lo señala Silvera (en Morales, 1988).

Los valores reales de las variables peso y longitud patron se representan de manera gráfica en la Figura 9; observándose que los datos se ajustan a una curva de tipo potencial.

#### 4. Crecimiento.

4.1. Tasa Instantánea de crecimiento (T.I.C.) e incremento de peso en gramos por día (R.C.).

Los valores calculados para la tasa instantánea de crecimiento (T.I.C.) y los incremento en peso en gramos por día (R.C.), para los dos tipos de cultivo están referidos en las Tablas 5, 6, 7 y 8. Estos valores se presentan graficados en las Figuras 10, 11, 12 y 13.



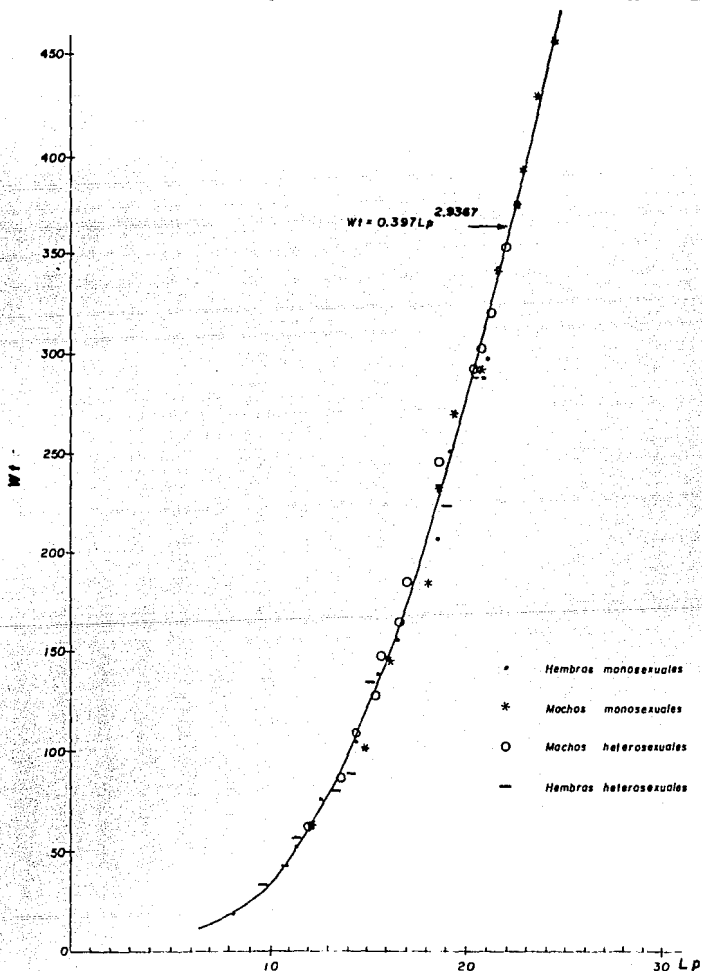


Fig. 9 - Relación Longitud Patron - Peso de *Oreochromis niloticus*, variedad roja cultivada en estanques de concreto en Zacatapec, Mor. (marzo 1988 - marzo 1989)

**TABLA 5. TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO E INCREMENTO EN PESO MENSUAL PARA HEMBRAS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO MONOSEXO.**

MES	T.I.C	INCREMENTO EN PESO*
MARZO	Inicio	Inicio
ABRIL	0.9904	1.1000
MAYO	0.3751	0.7965
JUNIO	0.3226	0.9694
JULIO	0.2798	1.1353
AGOSTO	0.1136	0.5594
SEPTIEMBRE	0.1746	0.9943
OCTUBRE	0.1067	0.6986
NOVIEMBRE	---	---
DICIEMBRE	0.1328	0.9806
ENERO	0.0612	0.4647
FEBRERO	0.1357	1.2179
MARZO	0.0364	0.3333

\* Dado en gramos por día

**TABLA 6. TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO E INCREMENTO EN PESO MENSUAL PARA KACHOS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO MONOSEXO.**

MES	T.I.C	INCREMENTO EN PESO*
MARZO	Inicio	Inicio
ABRIL	0.4664	1.2623
MAYO	0.3676	1.5045
JUNIO	0.2584	1.4422
JULIO	0.2025	1.4218
AGOSTO	0.1558	1.3079
SEPTIEMBRE	0.0734	0.6906
OCTUBRE	0.1512	1.5923
NOVIEMBRE	---	---
DICIEMBRE	0.0997	1.1839
ENERO	0.0498	0.6404
FEBRERO	0.0855	1.1759
MARZO	0.0600	0.8880

\* Dado en gramos por día

**TABLA 7. TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO E INCREMENTO EN PESO MENSUAL PARA HEMBRAS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO HETEROSEXUAL.**

MES	T. I. C	INCREMENTO EN PESO*
MARZO	Inicio	Inicio
ABRIL	0.2295	0.2887
MAYO	0.2951	0.4832
JUNIO	0.1031	0.2054
JULIO	0.2507	0.5973
AGOSTO	0.0987	0.2794
SEPTIEMBRE	0.0906	0.2819
OCTUBRE	0.4145	1.2451

\* Dado en gramos por día

**TABLA 8. TASA INSTANTANEA DE CRECIMIENTO E INCREMENTO EN PESO MENSUAL PARA HACHOS DE *Oreochromis niloticus* EN CULTIVO HETEROSEXUAL.**

MES	T. I. C	INCREMENTO EN PESO*
MARZO	Inicio	Inicio
ABRIL	0.3254	0.8096
MAYO	0.1590	0.7284
JUNIO	0.1441	0.6279
JULIO	0.1120	0.6621
AGOSTO	0.1135	0.5847
SEPTIEMBRE	0.2932	0.6634
OCTUBRE	0.1641	2.1061

\* Dado en gramos por día

#### 4.1.1.1 Cultivos monosexo.

En el cultivo de machos al igual que en el de las hembras se observa que la tasa instantánea de crecimiento presenta una tendencia general al decremento como se aprecia en las Tablas 5 y 6 y en la Figura 10. Sin embargo, esta curva decreciente se ve interrumpida por súbitos incrementos los cuales en el caso de las hembras se presenta en los meses de julio, septiembre, diciembre y febrero; mientras que para los machos estos incrementos se observan solamente en los meses de octubre y febrero.

La presencia de estos picos en la curva que representa la tasa instantánea de crecimiento de las hembras, coincide con la detección tanto de hembras "incubando" como de oocitos no fertilizados en el fondo del estanque, cabe resaltar que durante la verificación de la condición monosexo del cultivo no se encontró ningún macho en el mismo. Esto confirma lo propuesto por Marshal (1972) y Silverman (1978, 1979), en el sentido de las hembras de algunas especies de tilapia son capaces de desovar regularmente, aún estando aisladas de los machos.

Es probable que los incrementos súbitos en la T.I.C. de las hembras estén relacionados con los procesos metabólicos y fisiológicos ligados a las fases de maduración, desove y post-desove que se llevan a cabo en el ovario de las mismas.

Asimismo se propone que los dos picos que se observan en la curva de la tasa instantánea de crecimiento de los machos (Figura 10), están relacionados con los eventos reproductivos, puesto que estos individuos presentan una espermatogénesis continua (Jalabert y Zohar, 1982), los "picos" detectados en los meses de octubre y febrero representarían los periodos de máxima maduración del testículo.

Es interesante observar que los valores de la T.I.C. de las hembras son más altos que los calculados para los machos, pese a estar en condiciones de cultivo similares (Tablas 5 y 6).

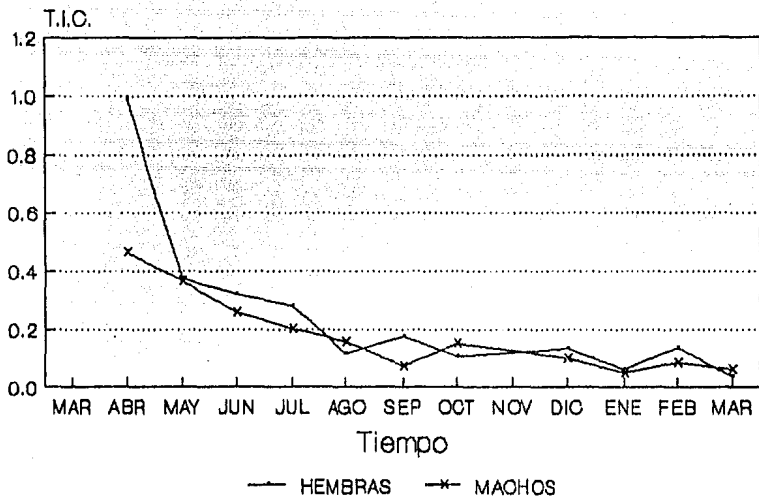


FIGURA 10. COMPARACION DE LA T.I.C. DE MACHOS Y HEMBRAS DE *O. niloticus* MANTENIDAS EN CULTIVO MONOSEXO.

Algo semejante se observa en los valores "pico" de las curvas que representan esta tasa de crecimiento para cada uno de los sexos (Figura 10).

Aparentemente esto pareciera contradecir la hipótesis de que la tasa de crecimiento favorece a los machos, sin embargo, al analizar los cálculos sobre los incrementos en gramos por día (Figura 11), observamos que este rendimiento es mayor en el Estanque K39 donde se cultivaron solamente machos (Tablas 5 y 6).

Una posible explicación para estos resultados sería el aceptar la posibilidad de que las hembras con las que se estableció el cultivo monosexo no pertenecían a la misma F<sub>1</sub> de los machos, es decir, que probablemente eran organismos más jóvenes.

Debido a esto, la tasa instantánea de crecimiento de las hembras sería más alta por encontrarse éstas en una etapa de crecimiento distinta a la de los machos, probablemente se encontraban cercanas a la fase exponencial de la curva, en tanto que es muy factible que los machos posiblemente ya hubieran rebasado esta fase o estuvieran por salir de ella.

#### 4.1.2. Cultivo Heterosexual.

Los valores de la tasa instantánea de crecimiento de los machos mantenidos en cultivo heterosexual presentan una marcada y constante tendencia al decremento, como se observa en la Figura 12.

Por el contrario para las hembras el decremento de la curva no es uniforme, ya que aparecen dos picos bien definidos que tienen su máximo en los meses de mayo y julio, insinuándose un tercero hacia el mes de octubre. La ocurrencia de este tercer pico no se pudo confirmar plenamente debido a la elevada mortalidad de la población de hembras, motivo por el cual no fué posible seguir el monitoreo (Tabla 7).

En el caso de las hembras las fluctuaciones que sufre la tasa instantánea de crecimiento, así como los abruptos incrementos

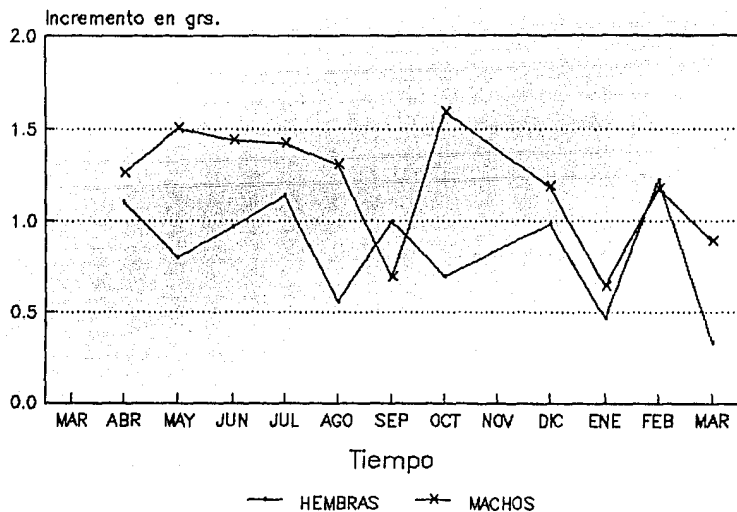


FIGURA 11. GRAFICA R.C. PARA CULTIVO MONOSEXO DE *Oreochromis niloticus*.

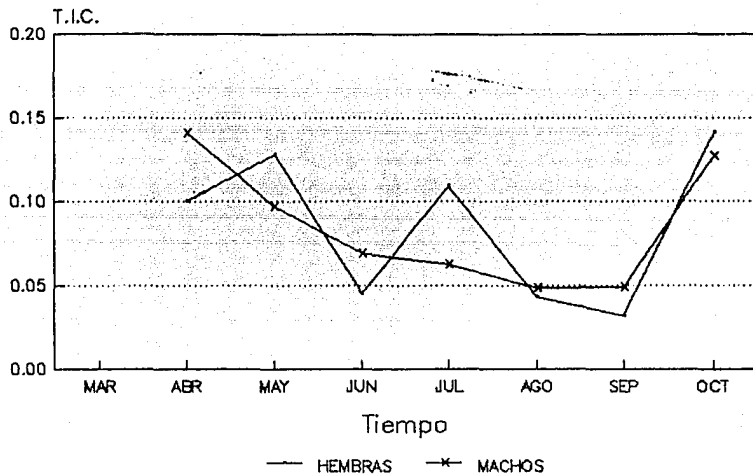


FIGURA 12. COMPARACION DE LA T.I.C. DE MACHOS Y HEMBRAS DE *O. niloticus* MANTE NIDAS EN CULTIVO HETEROSEXUAL.



de la misma, aparentemente son un reflejo de las variaciones metabólicas que sufren durante la reproducción.

Ya que esta se presentó continuamente en el estanque K40, este hecho se confirma observando los valores de incremento en gramos por día.

El incremento diario (R.C.) en las hembras, así como su evolución presenta tres periodos de máximo incremento en peso (Tablas 7 y 8). Obviamente esto se debió al gran desarrollo del ovario, el cual en la fase de maduración llega a ocupar un gran volumen de la cavidad abdominal del individuo (Rodríguez, 1987).

Cabe resaltar que mientras la población de hembras se mantuvo constante y en una proporción de 2:1 con respecto a los machos, el incremento en crecimiento de estos organismos no fue tan significativo, si bien cuando se redujo el número de hembras en el estanque, el crecimiento de los machos fue significativamente mayor como lo demuestra la figura 13, este hecho confirma que en el caso de los machos el metabolismo es dirigido eminentemente al proceso de crecimiento.

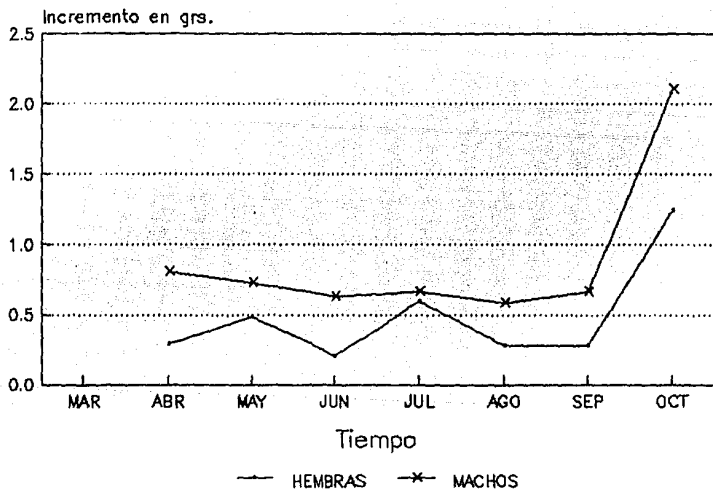


FIGURA 13. GRAFICA R.C. PARA CULTIVO HETEROSEXUAL DE *Oreochromis niloticus*.

#### 4.2. Modelo de crecimiento.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del modelo de crecimiento de von Bertalanffy:

CULTIVO	SEXO	ECUACION DE CRECIMIENTO	$\infty$ (grs)	K
M O N O S E X O	h e m b r a s	$Wt = 331.33 \{1 - e^{-0.2304 [t - (-0.6390)]}\}^{2.9654}$ n = 12 muestreos	331.33	-0.2304
		$Wt = 234.18 \{1 - e^{-0.3221 [t - (-3.2130)]}\}^{2.9654}$ n = 7 muestreos	234.28	-0.3221
	m a c h o s	$Wt = 589.57 \{1 - e^{-0.1666 [t - (-2.9115)]}\}^{2.9925}$ n = 12 muestreos	589.57	-0.1666
		$Wt = 447.96 \{1 - e^{-0.2164 [t - (-3.1920)]}\}^{2.9654}$ n = 7 muestreos	447.96	-0.2164
H E T E R O S E X	h e m b r a s	$Wt = 181.67 \{1 - e^{-0.1394 [t - (-4.1926)]}\}^{3.0888}$ n = 7 muestreos	181.67	-0.1394
	m a c h o s	$Wt = 282.42 \{1 - e^{-0.1819 [t - (-3.8095)]}\}^{2.9748}$ n = 7 muestreos	282.42	-0.1819

Los resultados de los cultivos monosexo se expresan en forma gráfica en la Figura 14.

A fin de poder realizar la comparación entre este modelo de crecimiento del cultivo monosexo y el modelo del cultivo heterosexual, se calcularon los parámetros de esta ecuación con siete valores. En las ecuaciones anteriores se observa que para ambos casos (ciclo de 12 y 7 meses respectivamente), el valor de la tasa de crecimiento (K), es mayor para las hembras que para los

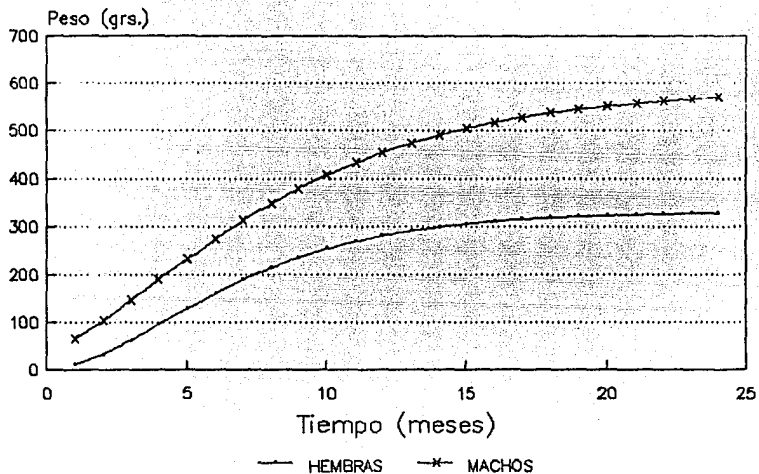


FIGURA 14. CURVA DE CRECIMIENTO DE  
HEMBRAS Y MACHOS DE *O. niloticus*  
MANTENIDAS EN CULTIVO MONOSEXO.

machos; esto es, que ellas crecen más rápidamente, sin embargo esto no se refleja en el peso infinito ( $W_{\infty}$ ), ya que los machos alcanzan pesos de casi el doble del peso de las hembras.

La representación gráfica de las ecuaciones que describen el crecimiento del cultivo heterosexuado se presenta en la Figura 15.

En ella se observa claramente que los machos presentan una elevada tasa de crecimiento ( $K$ ), así como un mayor peso infinito.

En los anteriores resultados es evidente que en primer lugar, el sexo está interactuando con el crecimiento, ya que como se observó en el cultivo monosexuado, las hembras no obstante, el tener una  $K$  más alta que los machos no alcanzan tallas similares o al menos semejantes a las tallas alcanzadas por los machos.

En segundo lugar se observa que en el cultivo heterosexuado los eventos relacionados con la reproducción, limitan la velocidad y capacidad de crecimiento ya que como muestran las ecuaciones que describen este parámetro para ambos sexos es evidente que las velocidades de crecimiento ( $K$ ), y los pesos infinitos alcanzados son menores a los del cultivo monosexuado; asimismo, este efecto es más drástico en las hembras que en los machos del cultivo heterosexuado.

## 5. Análisis estadístico.

### 5.1. Análisis de varianzas.

Contraste de hipótesis (ANOVA de dos vías), con un factor de bloqueo para el tiempo.

En primer término se realizó una comparación entre los valores obtenidos para peso total ( $W_t$ ), de hembras y machos en cultivo monosexuado. A fin de establecer si se acepta o rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) planteada al inicio del estudio, la cual propone que los promedios de peso mensual para ambos sexos de *O. niloticus* durante todo el ciclo de cultivo son semejantes.

O bien para ver si se rechaza y con ello se acepta la hipótesis alternativa, que propone, que en caso de existir diferencias significativas, estas están relacionadas con el sexo de los organismos y consecuentemente con la marcada diferencia

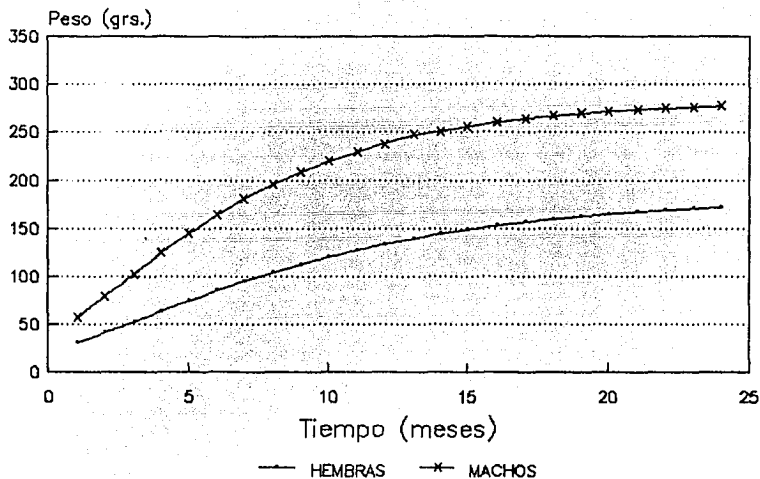


FIGURA 15. CURVA DE CRECIMIENTO  
HEMBRAS Y MACHOS DE *O. niloticus*  
MANTENIDAS EN CULTIVO HETEROSEXUAL.

fisiológica que existe entre los procesos reproductivos de hembras y machos de esta especie.

Cuadro I. Resultados de la prueba de ANOVA para la relación peso-sexo de hembras y machos de *Oreochromis niloticus* en diferentes sistemas de cultivo.

CAUSA	Organismos y tipos de cultivo comparados	F cal.	F tab.	$\alpha$	Ho
SEXO	♀ ♀ monosexo / ♂ ♂ monosexo	558	243	0.05	se rechaza
	♀ ♀ heterosex / ♂ ♂ heterosex	35.64	5.59	0.05	se rechaza

En el cuadro I se observa que al comparar a las hembras y machos del cultivo monosexo,  $F_{cal.} > F_{tab.}$ ; por lo que entonces  $H_0$  se rechaza y se considera que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de peso poblacionales, con un nivel de significancia de 0.05 y esta diferencia es atribuible al sexo de los individuos, por lo tanto,  $H_A$  se acepta.

Para las hembras y machos del cultivo heterosexo  $F_{cal.} > F_{tab.}$ , por lo que  $H_0$  se rechaza y se considera que si hay diferencia significativa entre los promedios de peso de ambas poblaciones en el nivel de significancia de 0.05 y esta diferencia se debe indudablemente al sexo de los individuos, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

En segundo término y con el propósito de determinar que efecto tiene la reproducción sobre el crecimiento, se planteó, comparar el peso de individuos del mismo sexo pero mantenidos en distintos sistemas de cultivo (monosexo-heterosexo), considerando a  $H_0$  como la hipótesis que plantea que los promedios de pesos mensuales de machos y hembras para distintos sistemas de cultivo son iguales sin importar que se encuentren o no, en reproducción.

Como hipótesis alternativa se plantea que de existir diferencias en ambos sexos, y ser éstas, estadísticamente significativas, sean debidas a la actividad reproductiva de los organismos.

Cuadro II. Resultados de la prueba de ANOVA para la relación peso-reproducción de *Oreochromis niloticus* en diferentes sistemas de cultivo.

CAUSA	Organismos y tipos de cultivo comparados	F cal.	F tab.	$\alpha$	Ho
SEXO	♂♂ monosexo/♂♂ heterosex	2.87	5.59	0.05	se acepta
	♀♀ monosexo/♀♀ heterosex	12.07	5.59	0.05	se rechaza

En la comparación del peso de los machos en diferentes sistemas de cultivo se observa que  $F_{cal.} \leq F_{tab.}$ , por lo que se considera que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de peso poblacionales y no se rechaza la hipótesis de nulidad ( $P > 0.05$ ).

Sin embargo, esto no significa que se acepte, ya que es evidente que los promedios de peso mensual no son iguales (Tablas 2 y 4), y a reserva de discutir esto posteriormente, por ahora consideramos que no existe información suficiente para rechazar o aceptar esta hipótesis.

En el cuadro II se aprecia que al comparar los pesos de las hembras en distintos sistemas de cultivo  $F_{cal.} > F_{tab.}$ ; entonces  $H_0$  se rechaza y se considera que si hay una diferencia estadísticamente significativa entre los promedios poblacionales de peso de estos organismos en el nivel de significancia (0.05). Esta diferencia según la prueba se debe al proceso de reproducción que experimentan en forma constante las hembras del cultivo heterosexual, y por lo tanto, la hipótesis alterna se acepta.

En el resultado del análisis estadístico se observa que: la



diferencia entre los pesos (Wt) de hembras y machos en ambos cultivos, durante el año que se mantuvieron los organismos no es debido a razones azarosas sino como se demostró con el ANOVA que esta diferencia es debido al sexo de los individuos.

En la continuación de esta prueba se obtiene que al comparar los pesos de un mismo sexo en los cultivos (monosexo y heterosexo), se observa nuevamente que las diferencias no son producto del azar, sino debidas al proceso de reproducción.

La única excepción en estos resultados se presentó al comparar los machos, ya que los resultados no proporcionan más elementos para definir si las diferencias encontradas en cuanto a peso son debidas a condiciones aleatorias o no.

### 5.2. Prueba de Wilcoxon.

En la continuación del análisis estadístico, se aplicó la prueba señalados y de pares igualados de Wilcoxon (Mendez *et al.*, 1988), en la tasa instantánea de crecimiento (T.I.C.), y de incremento de peso en gramos por día (R.C.), utilizando estos valores se compararon los crecimientos de cada sexo en iguales condiciones de cultivo, planteando como hipótesis nula que estos valores de crecimiento para cada sexo son iguales o semejantes sin importar las condiciones de cultivo.

**Cuadro III. Prueba de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon para la relación sexo-tasas de crecimiento, en machos y hembras de *Oreochromis niloticus* en diferentes sistemas de cultivo.**

TIPO DE CULTIVO	ORGANISMOS COMPARADOS	Valor comp.	T cal.	T tab.	$\alpha$	H <sub>0</sub>
MONOSEXO	♂♂ / ♀♀	T.I.C.	20	10	0.05	se rechaza
HETEROSEXO	♂♂ / ♀♀	T.I.C.	7	2	0.05	se rechaza
MONOSEXO	♂♂ / ♀♀	R.C.	12	10	0.05	se rechaza
HETEROSEXO	♂♂ / ♀♀	R.C.	28	2	0.05	se rechaza

En el cuadro III se observa el resultado de comparar las tasas instantáneas de crecimiento de machos y hembras en cultivo monosexo; encontrándose que se rechaza la hipótesis nula, la cual propone que la distribución de los valores de la variable es la misma para las dos poblaciones estudiadas independientemente del sexo.

Esta hipótesis se rechaza ya que un grupo (hembras) tiende a producir valores mayores que el otro (machos).

Al comparar las tasas instantáneas crecimiento de los machos en contra de las hembras en cultivo heterosexual se encuentra que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa, puesto que hay un grupo (machos), que tiende a producir valores más grandes que el otro.

Cuando se comparan las tasas de incremento en gramos por día (R.C.), entre machos y hembras en cultivo monosexo, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que hay un grupo (machos), que tiene la tendencia a producir valores mayores que el otro.

Finalmente los resultados de la comparación de las tasas de incremento en gramos por día (R.C.) de los machos con respecto a la tasa (R.C.), de las hembras en cultivo heterosexual permite rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, ya que hay un grupo (machos), que tiene la tendencia a producir valores mayores que el otro (hembras).

Con el propósito de determinar qué efecto tiene la reproducción en las tasas de crecimiento, se efectuó la prueba anterior, utilizando los valores de la T.I.C. y de la R.C., de un mismo sexo en distintos sistemas de cultivo, planteando como hipótesis nula que los valores de crecimiento para el mismo sexo no se ven alterados por el proceso de reproducción.

Los resultados fueron los siguientes:

**Cuadro IV. Prueba de rangos señalados y pares igualados de Wilcoxon para la relación reproducción-tasas de crecimiento en machos y hembras de *Oreochromis niloticus* en diferentes sistemas de cultivo.**

ORGANISMOS COMPARADOS	Valor comp.	T cal.	T tab.	$\alpha$	Ho
♀ ♀ MONO / ♀ ♀ HETERO	T.I.C.	15	2	0.05	se rechaza
♂ ♂ MONO / ♂ ♂ HETERO	T.I.C.	15	2	0.05	se acepta
♀ ♀ MONO / ♂ ♀ HETERO	R.C.	6	2	0.05	se rechaza
♂ ♂ MONO / ♂ ♂ HETERO	R.C.	21	2	0.05	se rechaza

En el cuadro IV se presenta el resultado de agrupar por parejas, los valores de la tasa instantánea de crecimiento de hembras en diferentes sistemas de cultivo, mono y heterosexual, en este caso se observa que la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa ya que el grupo de hembras monosexo, tiende a producir valores mayores que el otro.

El cuadro presenta también los resultados de la agrupación por parejas de los valores de la T.I.C., obtenidos en los machos tanto en cultivo monosexo como heterosexual, encontrándose que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que hay un grupo (machos monosexo), que tiende a producir valores mayores.

Los resultados de la agrupación por parejas de los valores de R.C., de hembras en cultivo monosexo y heterosexual, permiten rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa ya que hay el grupo de las hembras monosexo, tiene la tendencia a producir valores más altos que las hembras en cultivo heterosexual.

Finalmente el resultado de agrupar por parejas los valores de R.C., obtenidos de los machos en cultivo monosexo y

heterosexual confirman, que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa ya que hay un grupo (machos monosexo), que tiende a producir valores mayores que el otro (machos heterosexo).

La prueba de Wilcoxon para las tasas de crecimiento (T.I.C. y R.C.), confirman en primer lugar los resultados obtenidos con los pesos; es decir, existe una diferencia de crecimiento debida al sexo y a la reproducción y en segundo lugar al comparar las tasas instantáneas de crecimiento de machos - hembras en cultivo monosexo, se obtiene que el grupo que define valores más altos es el de las hembras con lo que confirmariamos la propuesta inicial de que las hembras no corresponden a una misma  $F_1$ .

## V. CONCLUSIONES.

Durante el desarrollo del presente estudio se determinó que *O. niloticus* presenta un crecimiento de tipo isométrico durante todas las fases de su vida que abarcó el estudio, puesto que el valor que indica el tipo de crecimiento se encontró en el intervalo de 2.97 a 3.03. Asimismo se determinó que la relación Longitud patrón - Peso total, generó valores más exactos que los proporcionados por la relación Longitud total - Peso total para esta especie.

De manera general los organismos confinados en cultivo de tipo monosexo, presentaron una tasa instantánea de crecimiento y un incremento en gramos, mayores que los obtenidos para los individuos del mismo sexo en un sistema de cultivo de tipo heterosexual.

Los valores de peso infinito ( $W_{\infty}$ ), que se registraron en machos y hembras del cultivo heterosexual, fueron sensiblemente más bajos: 282.42 y 181.07 gramos respectivamente, que los registrados para los machos y hembras: 447.46 y 234.28 gramos en cada caso, pertenecientes al cultivo de tipo monosexo.

Si consideramos la tasa de crecimiento individual ( $-K$ ), ésta fué mayor: -0.3221 y -0.2164, en hembras y machos monosexo, que es la correspondiente a los organismos del mismo sexo pero confinados en cultivo heterosexual en el cual se obtuvieron valores de -0.1394 y -0.1819 para hembras y machos respectivamente.

El análisis estadístico demostró que estas diferencias no son aleatorias sino que seguramente se deben a factores de tipo fisiológico y metabólico, relacionados con la reproducción y en última instancia, a factores genéticos y epigenéticos de los organismos.

El análisis de varianza (ANOVA) es un método estadístico empleado comunmente al comparar las tasas de crecimiento, considerando erróneamente que estas presentan una distribución

normal.

El empleo de una prueba estadística no-paramétrica como la Prueba de Wilcoxon, hace posible evaluar esta tasa de crecimiento de una manera más adecuada, permitiendo la correcta interpretación biológica de los resultados.

En términos generales hay que considerar que el cálculo del crecimiento debe basarse no sólo en modelos matemáticos sino en otras metodologías que nos proporcionen información más precisa y real sobre los procesos fisiológicos y metabólicos de los individuos. Por lo que para este tipo de estudios se recomienda analizar de manera complementaria procesos fisiológicos tales como la reproducción de los organismos y específicamente efectuar el análisis de factores tales como el índice gonadosomático, hepatosomático y ponderal.

No obstante lo anterior, se considera que los resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio proporcionan una idea clara acerca del crecimiento esperado en individuos de esta especie los cuales pueden ser sometidos a cualquier tipo de técnica para el control de la reproducción.

## VI. LITERATURA.

- AGUIAR, R.; LEON, R; HERNANDEZ, I. 1978. Crecimiento en estanques de cemento de tres especies del genero Tilapia. Mem. 20. Simp. Lat. de Acuic., Departamento de pesca. México. 11:1163-1171 pp.
- AGUIAR, R., LEON, R, HERNANDEZ, I., 1982. crecimiento en estanques de cemento de tres especies del genero Tilapia. Rev. Lat. de Acuic., (México D.F.) No. 11: 1-36 pp.
- AGUIAR, R., BENCOMO, I., GONZALEZ, O. 1979. Cultivo de tilapia nilotica con diferentes densidades de siembra. Rev. Lat. de Acuic. (Lima, Perú). No. 5: 1-36 pp.
- AGUILERA, H.P., NORIEGA, C.P. 1988. La tilapia y su cultivo. Secretaria de Pesca. México. 55 pp.
- ANON, P. 1979. Available technology gaps in Tilapia farming in the Philippines. Aquaculture, 2(6): 6-7.
- ARREDONDO, F.J.L., FLORES, N.A. 1980. Manejo y explotación acuícola de pequeños embalses en México. CINVESTAD, Unidad Mérida. I.P.N. México.
- ARREDONDO, F.J.L. 1975. Algunos aspectos sobre la taxonomía de la tilapia. Piscis, I.(2): 24-28.
- ARREDONDO, F.J.L., GUZMAN, A.M. 1986. Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. Ann. Inst. Biol., U.N.A.M. 56 (1985), ser. Zool. (2): 255-572.
- ARREGUIN, S.F. 1986. Manual de Técnicas para la evaluación de recursos pesqueros. CINVESTAD. Unidad Mérida, I.P.N. México.
- BAGES, M. 1983. Manual de Piscicultura para el medio rural. INIREB, Xalapa, Veracruz. México. 66pp.
- BALARIN, J.D., HATTON, J. P. 1979. Tilapia, A Guide to their Biology and culture in Africa. Unit of Pathobiology, University of Sterling, Scotland. 174pp.
- BARDACH, E.J., RYTHER, H.J., McLARNEY, D.W. 1972. Aquaculture. The farming and husbandry of fresh water and marine organisms. Wiley-Interscience. New York. U.S. 288-315 (741pp.).
- BARDACH, E.J., RYTHER, H.J., McLARNEY, D.W. 1986. Acuicultura, crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT. México. 250-290 (712pp.).
- BARRERA, V.B. 1986. Veracruz, la reversión sexual en la tilapia. Acuavisión, III (15): 17-20.

- BERNAL, V.F. 1984. Análisis de los Factores relacionados con la producción pesquera de *Tilapia nilotica* en la presa Adolfo López Mateos (Infiernillo) Mich.-Gro., Tesis Profesional. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México. 135pp.
- BOWEN, S.H. 1982. Feeding, digestion and growth-qualitative considerations, P.141-156. In: R.S.V. PULLIN and R.M., LOWE-MacCOWELL (Eds.). *The Biology and culture of Tilapias.* (ICLARM), 7.423 p. Manila Philippines.
- BUDDLE, C.R. 1984. Monosex Tilapia fry production. *ICLARM Newsl.* VII (1): 4-6.
- CABRERA, J.A., GARCIA, C.J.L. 1984. El Estado de la Acuicultura en México al termino de 1982. *FAO Informe de pesca.* No. 294 suplementp. Roma Italia.
- CAULTON, M.S. 1982. Feeding metabolism and growth of tilapias: Some cualitative considerations, p.157- 180. In: R.S.V. PULLIN and R.M., LOWE-MacCOWELL (Eds.). *The biology and culture of Tilapias.* (ICLARM), 7.423 p. Manila Philippines.
- CHAPMAN, D. W. 1978 Production. p. 202-217. In: Bagenal, T. (Eds.). *Methods for assesment of fish production in fresh waters.* Blackwell Scientific Publications, Oxford England. 407pp.
- DADZIE, S. 1982. Species combination in tilapia culture. *Aquaculture.* 27: 295-299.
- DELGADILLO, T.M.S., MORALES, D.A. 1976. Hibridación con *Tilapia nilotica* (Linneo), *Tilapia mosambica* (Perciformes): Cichlidae en la estación de acuicultura de Temazcal Oaxaca con fines de cultivo monosexual intensivo. *Mem. Simp. Pesq. en aguas Cont.*, SIC; INP, Tuxtla Gutierrez, Chis. México. Tomo I: 119-132.
- ECKSTEIN, B., SPIRA, M. 1965. Effects of seks hormon and gonadal diferentiation in Cichlid *Tilapia aurea*. *Biol. Bol. (Woods Hole, Mass.)*. 129: 482-489.
- FIRA. 1986. Acuicultura (Instructivo de apoyo para la formulación de proyectos de financiamiento y asistencia técnica). F.I.R.A., Banco de México. México. 142-156 (301 pp.)
- FISHELSON, L. 1966. Cichlidae of the gennus *Tilapia* in Israel. *Badmiden*, 18: (3-4): 67-80.
- GARCIA, L.H.E., LIBREROS, A.G. 1988. Manejo de *Oreochromis niloticus* en jaulas flotantes experimentales, empleando alimentación suplementaria. 3er. Congreso de Acuicultura Nac. INIREB-AMAC. Xalapa, Ver. México.



- GARCIA, P.L., PAGAN, F.A.F. 1985. Identificación del sexo en alevines de *Sarotherodon*. Evaluación de una nueva técnica. Rev. Lat. de Acuic. México.
- GEORGE, T.T. 1975. Observation on the growth of *Tilapia nilotica* (Linneo) in tropical fresh waters fish ponds treated with diferent fertilizers. Paper press. FAO-CIFA. Symposium on Aquaculture in Africa. CIFA/75/SE11. 16 pp. FAO. Roma Italia.
- GOMEZ, L.M. 1967. Dinámica de las poblaciones explotables de peces marinos. p 601-636. In: Hno. Gines y Margalef R. (eds). Ecología Marina. 685 pp. Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Caracas, Venezuela.
- GROVER, H.J.; PHELPS, P.R. 1985. Revisión de las actividades de Acuicultura en México. Centro Internacional para Acuicultura. Universidad de Auburn. Auburn Alabama, E.U. 83pp.
- GUERRERO, R.D.; GUERRERO, L.A. 1975. Monosex culture of male and female *Tilapia mossambica* in ponds at three stocking rates. Aquaculture, 4: 129-134.
- GUERRERO, R.D. III. 1980. Studies on the feeding of *Tilapia nilotica* in floating cages. Aquaculture 20: 169-175.
- GUERRERO, R.D. III. 1982. Control of *Tilapia* reproduction, p 309-316. In: R.S.V. PULLIN and R.M., LOWE-MACOWELL (Eds.). The Biology and culture of Tilapias. (ICLARM), 7.423 p. Manila Philippines.
- GUERRERO, R.D. III. 1982. Development, prospects and problems of the *Tilapia* cage culture industry in the Philippines. Aquaculture 27: 313-315.
- GULLAND, A.J. 1971. Manual de Metodos para la Evaluación de las poblaciones de peces. Acribia, Zaragoza, España. 164 pp.
- HENDERSON, F. 1974. Programa de evaluación de recursos para apoyar el desarrollo pesquero en las aguas continentales de México. FAO. México. 62 pp.
- HERNADEZ, B.S. 1988. Revisión sobre el uso de esteroides en la inversión sexual de Tilapias. 86-101 p. In: Las hormonas en la producción piscícola. UNAM, ENEP Iztacala. Mayo 1988. 107 pp.
- HEPHER, B.; FRUGININ, Y. 1985. Cultivo de Peces Comerciales. Limusa México. 316 pp.
- HOLDEN, M.J. Y RAITT, D.F.S. 1975. Manual de ciencia pesquera: Metodos para investigar los recursos y su aplicación. FAO Documentos técnicos. 211 pp.

- HOPKINS, K.; CRUZ, E. 1981. Poultry fish and pig-fish trials. **ICLARM Technical reports 2**. Manila, Philippines.
- HUET, M. 1978. **Tratado de Piscicultura**. Ediciones Mundiprensa, Madrid, España.
- JALABERT, B.; ZOHAR, Y. 1982. Reproductive physiology in Cichlidae, Fishes, with particular references to *Tilapia* and *Sarotherodon*. p 124-140. In: R.S.V. FULLIN and R.M., LOWE-MACCOWELL (Eds.). **The Biology and culture of Tilapias**. (ICLARM), 7.423 p. Manila Philippines.
- JAUNCEY, K. 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile *Tilapias (Sarotherodon mossambicus)*. **Aquaculture**. 27: 43-54.
- JUAREZ, P.J.R. 1986. El Programa Nacional de Piscicultura. p: 247-272. In: SEPESCA. Desarrollo Pesquero Mexicano (1985-1986) Tomo II. 447 pp. México.
- KIRK, R.G. 1972. A review of the recent developments in *Tilapia* culture with special reference to fish farming in the heated effluents of power stations. **Aquaculture**. 1: 45-60.
- KURI, N. E. 1982. Aplicaciones del factor de Condiciones multiple en el cultivo intensivo de peces. **Manuales técnicos de Acuicultura**, año 1. SEPESCA. México.
- LAEVASTU, T. 1971. **Manual de métodos de Biología Pesquera**. Acribia, Zaragoza, España. 243 pp.
- LAGLER, F.K.; BARDACH, E.J.; MILLER, R.R.; MAY PASSINO, R.D. 1977. **Ictiología**. AGT. México. 489 pp.
- LARA, V.A. 1976. Introducción de nuevas especies al Lago de Patzcuaro y su posible perjuicio a las especies nativas. Mem. del Seg. Simpo. Lat. de Acuac. México, D.F. 1980. Tomo I: 489-524.
- LEE, G.I. 1976. Metabolismo respiratorio de *Tilapia nilotica*. Mem. simp. Pesc. en Aguas continentales. SIC; INP. México. Tomo II: 397-410.
- LEE, G.I.; CASTRO, A.J.L.; MORALES, D.A. 1976. Posición taxonómica del Género *Tilapia* en México, Mem. simp. Pesc. en Aguas continentales. SIC; INP. México. Tomo II: 437-446.
- LEE, G.I.; MORALES, D.A. 1976. Composición de tallas y sexos del género *Sarotherodon* y *Tilapia* a partir de la captura comercial en la presa "Presidente Miguel Aleman". Oaxaca. In: Mem. Simp. Pesq. en aguas cont., SIC, INP. México. II: 410-436.

- LORENTE, P.; AGUIAR, R. 1980. Metodología para la repoblación y explotación de micropresas. Rev. Lat. de Acu. (Lima, Perú) 3: 1-36.
- LUNA, G.C. 1985. Selección de líneas puras de *Tilapia mosambica*. Tesis profesional. Escuela de Ingeniería Pesquera, U.A.N., Tepic, Nayarit, México. 83 pp.
- M.A.G. 1987. Cultivo de Tilapias en jaulas flotantes en el Embalse de Arenal, Costa Rica. Convenio Costarricense-Alemano.
- MARTINEZ, P.C.; CHAVEZ, M.C. 1988. Algunos aspectos de la nutrición de las Tilapias. Acuavisión, 14: 4-5.
- MC KAYE, R.K. 1983. Behavioral aspects of Cichlid reproductive strategies: Patterns of territoriality and brood defence in Central America substratum spawners and African mouth brooders. p. 245-271. In: W.G. Potts and J.R. Wootten (eds.). Fish reproduction: Strategies and tactics. 411 pp. Academic Press. London England.
- MEDINA, L.M.; MARQUEZ, P. 1980. Sugerencias de selección de reproductores de trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) en base a sus características morfológicas. Tercer Simposio Latinoamericano de Acuicultura. Cartagena, Colombia (inedito).
- MENDEZ, R. I.; NAMIHIRA, G. D.; MORENO, A. L.; SOSA, M. C. de. 1988. El protocolo de investigación. Lineamientos para su elaboración y análisis. Trillas, México. 210 pp.
- MEZA, L.C.; MORALES, A.A.; MAGAÑA, C.A. 1980. Introducción al Método Estadístico. U.A.M. Xochimilco, México. 95 pp.
- MORALES, D.A. 1974. El cultivo de la tilapia en México, datos biológicos. Instituto Nacional de Pesca. México, D.F. I.N.P./ s L: 124.
- MORALES, D.A. 1988. Manual técnico para el cultivo de la tilapia en los centros acuícolas de la Secretaría de Pesca. SEPESCA, México. 202 pp.
- MORALES, D.A.; MELCER, J.; LEE, G.I. 1976. Evaluación de parámetros poblacionales de Tilapia para la presa Miguel Alemán. Mem. sobre el Simp. sobre Pesq. en aguas cont., Tuxtla Gutierrez, Chiapas, México. Tomo II: 456-489.
- MORAGANA, A.; GUTIERREZ, M.C. 1976. Algunos aspectos de evaluación sobre la población de tilapia en la presa "Presidente Miguel Alemán" en Temascal, Oaxaca; Mem. sobre el Pesq. en aguas cont., Tuxtla Gutierrez, Chiapas, México. Tomo II: 1203-1230.
- NIKOLSKY, L.V. 1963. The Ecology of fishes. Academic Press. London England. 329 pp.

- NOAKES, D.L.G. AND BALON, E.K. 1982. Life histories of tilapia: an evolutionary perspectives, p. 61-82. In: R.S.V. PULLIN and R.M., LOWE-MacCOWELL (Eds.). The Biology and culture of Tilapia. (ICLARM), 7.423 p. Manila Philippines.
- ODDLUYE, S.G. 1982. Growth and growth regulation in the Cichlids. Aquaculture. 27: 301-306.
- ORTIZ, D.M.A. 1985 Tecnologías Pesqueras en el Trópico Húmedo Mexicano. Centro de Ecodesarrollo, México. 146 pp.
- PAGAN, F.A. 1970. Cage culture of Tilapia. FAQ fish culture bulletin. 3(1): 6.
- PAULY, D.O. 1984. Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programable calculators ICLARM studies and review. Manila, Philippines.
- PHILIPART, J.C. AND RUWET, J.C. 1982. Ecology and distribution of tilapia. p. 15-59. In: R.S.V. PULLIN and R.M., LOWE-MacCOWELL (Eds.). The Biology and culture of Tilapia. (ICLARM), 7.423 p. Manila Philippines.
- REYES. C.P. 1980. Biostatística Aplicada. Trillas. México. 217 pp.
- RICKER, W.E. 1971. Methods for assesment of fish production in fresh water. IBP Blackwell. London, England. 348 pp.
- RICKER, W.E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. Department of the Enviroment fisheries and marine services. Canada 200 pp.
- RIFAI, S.A. 1980. Control of reproduction of *Tilapia nilotica* using cage culture. Aquaculture, 20: 177-185.
- RODRIGUEZ, N.R.G. 1987. Validez de las variables morfométricas relacionadas con la madurez sexual como posible metodo aplicativo para la selección de reproductores de trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) en condiciones de cultivo. Tesis Profesional. Biologo, Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México. 70 pp.
- ROSAS, M. 1976. Sobre la existencia de un nematodo parasito de *Tilapia nilotica* (Goosi spp.: Goziidae), de la presa Adolfo López Mateos. (Infiernillo, Mich.). Mem simp. sobre Pesc. en aguas continentales, SIC; IPN, México. Tomo II: 239-270.
- ROTHBARD, S and PRUGININ, Y. 1975 Induced spawning and artificial incubation of tilapia. Aquaculture. 5:315-321.
- ROTHBARD, S. 1979. Observations on the reproductive behavior of *Tilapia nilotica* and several *Serotherodon* spp. under acuarium conditions. Badmiddgen. 31(2): 35-43.
- RUBIN, R.R. 1974. La Piscifactoria: Cría Industrial de los peces de agua dulce. CECSA, México. 191 pp.

- SANCHEZ, G.F. 1988. *Matemáticas para las Ciencias Naturales*. 2a. parte, cap. 3. Publicaciones internas del Departamento de Matemáticas, Fac. Ciencias, U.N.A.M. México. 75 pp.
- SANCHEZ, P.T.; RODRIGUEZ, U.A. 1980. Determinación del nivel óptimo de proteína cruda en dietas para *Tilapia nilotica*. Rev. Lat. de Acuic. (México, D.F.) 6: 1-40.
- SANTIAGO, C.B.; ALDADA, M.B.; ABUAN, E.F. AND CARDON, H.A. 1985. The effects of artificial diets on fry production and growth of *Oreochromis niloticus* breeders. Aquaculture. 47: 193-203.
- SARIG, S.; ARIELI, Y. 1980. Growth capacity of Tilapias in intensive culture. Badmidgen. 32(3): 57-65.
- SCHOENEN, P. 1984. A bibliography of important Tilapias (Pisces: Cichlidae) for aquaculture. *Oreochromis macrochir*, *O. aureus*, *O. ornorum*, *O. mossambicus*, *Sarotherodon galilaeus*, *Tilapia rendalli* and *Tilapia zillii*. ICLARM Bibliographies 3, Supplement 1 Manila Philippines. 191 pp.
- SEPESCA. 1982. *Manual técnico para el cultivo de la Tilapia*. Secretaría de Pesca. México. 115 pp.
- SEPESCA. 1986. *Piscicultura de Agua Dulce. Manual recetario* (Bagre, Tilapia, Carpa, Trucha). Secretaría de Pesca, México. 461 pp.
- STICKNEY, R.R.; WESBY, J.W.; MC GEACHICK, R.B.; ISBEL, S.C. 1979. Growth of *Tilapia nilotica* in ponds with differing histories of organic fertilization. Aquaculture. 17: 189-194.
- STICKNEY, R.R.; DAVIS, T.J. 1988. Cultivo de Tilapia. Estación Experimental Agrícola de Texas, Extensionismo en Pesquerías. Universidad de Texas A&M. U.S.A.
- TREWAVAS, E. 1982. Generic groupings of Tilapiini used in aquaculture. Aquaculture. 27: 27-81.
- TREWAVAS, E. 1982. Tilapias: taxonomy and speciation. p.3-13. In: R.S.V. PULLIN and R.M., LOWE-MacCOWELL (Eds.). *The Biology and culture of Tilapias*. (ICLARM)., 7.423 p. Manila Philippines.
- VAN SOMEREN, V.D. AND WHITEHEAD, P.J. 1960. The culture of *Tilapia nigra* in ponds with the early growth of males and females at comparable stocking rates and the length/weight relationship. FAO fish culture bulletin. 6(4): 129-134.
- WEATHERLEY, H.A. 1972. *Growth and Ecology of fish populations*. Academic Press. London England. 293 pp.
- YASHOUV, A. 1961. Cultivo de *Tilapia nilotica* en aguas salobres. Badmidgen. 14(1): 25-32.
- YASHOUV, A. 1967. Mixed fish culture in ponds and the role of *Tilapia* in it. Badmidgen. 13(12): 33-39

## ANEXO I



FOTO 1. Vista general de la estanquería existente en el centro piscícola de Zacatepec, Morelos.

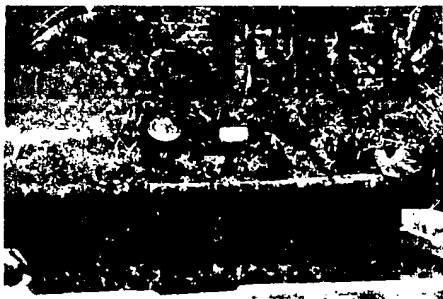


FOTO 2. Vista del estanque K39, cultivo monosexo de machos de *Grechu omis niloticus*.

## ANEXO 2



FOTO 1. Dimorfismo sexual en tamaño, el ejemplar de la parte superior es macho, el ejemplar de la parte inferior es hembra.

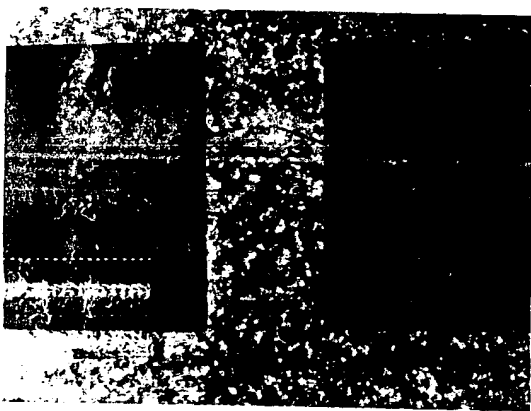


FOTO 2. Dimorfismo sexual con base en las características de los genitalia externa,

A N E X O 3



FOTO 1. Toma de valores morfométricos de longitud con un ictiometro de madera.



FOTO 2. Toma de valores morfométricos de peso con una balanza de platos.





## ANEXO 5

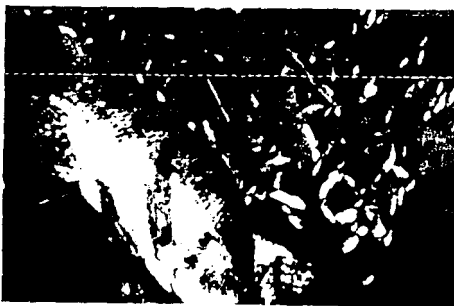


FOTO 1. Ejemplares adultos de *Oreochromis niloticus* del estanque K40 (cultivo heterossexual), con gran cantidad de cría.



FOTO 2. Crias y juveniles de *Oreochromis niloticus* cosechadas en el mes de junio de 1988 en el estanque K40 (cultivo heterossexual).