



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ZARAGOZA"

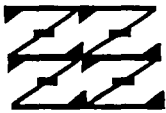
Aspectos reproductivos de Oreochromis niloticus en la presa "Emiliano Zapata", Morelos.

T E S I S QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: B I Ó L O G O P R E S E N T A N :

RAMÍREZ NOGUERA/ DIANA CRUZ MIGUEL CIAUDIA LETICIA

DIRECTOR: Dr. JOSE LUIS GÓMEZ MÁRQUEZ

UNAM FES ZARAGOZA



LO HUMANO EJE DE NUESTRA REFLEXIÓN

MÉXICO, D.F.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

OCTUBRE 2002



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.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a las siguientes personas e instituciones que contribuyeron en la realización de éste trabajo:

Dr. José Luis Gómez Márquez, por su excelente dirección, así como sus enseñanzas, paciencia y amistad brindadas durante la realización del trabajo, quien es la figura paterna de ésta gran familia que es el laboratorio L-301 de la FES Zaragoza, gracias

Dra. Bertha Peña Mendoza, por su valiosa colaboración, así como sus sugerencias en el trabajo y sus grandes consejos en nuestra vida personal, a la figura materna, gracias

M. en C. Justo Salvador García A., por sus valiosos comentarios y su grandiosa amistad muchísimas, gracias

M. en C. Angélica Flores Ramírez, por sus valiosos comentarios, su amistad y consejos, muchas, gracias

Dr. Laura E. Sanvicente A., por sus atinados comentarios que sirvieron para enriquecer este trabajo, gracias

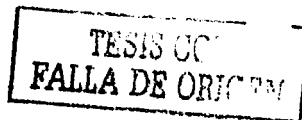
Dr. Isaías H. Salgado Ugarte, por sus amistad y apoyo durante nuestra estancia en ese laboratorio, gracias

A la **Facultad de Estudios Superiores Zaragoza**, por todo el apoyo proporcionado para la realización del trabajo, gracias

A la **Secretaría de Pesca**, por el préstamo de sus instalaciones y equipo para la elaboración de la tesis, gracias

A la **Cooperativa pesquera Tilzapotla** en Morelos, por su disposición, así como por las facilidades prestadas en campo, gracias

A los **profesores** que con sus enseñanzas contribuyeron en nuestra formación como profesionista, gracias



DEDICATORIAS

Antes que nada deseo agradecerte a ti **señor**, por haber llenado mi vida de amor, por nunca dejarme sola y estar conmigo en los momentos más dolorosos dándome la fuerza necesaria para enfrentarlos, muchas gracias señor

A ti mi pequeño **Lian Daniel**, porque con tu llegada iluminaste mi vida, porque tu sonrisa es mi felicidad y tu futuro mi mejor anhelo. Te amo con todo mi corazón y recuerda mi niño que pase lo que pase siempre estaré contigo.

A mis padres **Alvaro Ramírez Saucedo** y **Virgilia Noguera Corona**, porque con su apoyo, cariño y comprensión he podido salir adelante, terminar éste trabajo y tener la oportunidad de seguir superándome. Ustedes me han enseñado que la vida no es fácil pero que es hermosa y está llena de gratas sorpresas. Gracias por su ejemplo de fuerza y amor

A un gran hombre y excelente ser humano **Benny Morán**, por tu cariño, apoyo y ayuda en la elaboración de este trabajo Nimitz Tlazohltla

A mis cuatro ángeles disfrazados de hermanos con quienes crecí jugando y peleando: a la reina de chocolate **Edith**, a la pelotita triste **Marivel**, al marcis **Alvaro** y al negrito **Horacio**, con todo mi amor

A mis sobrinos de los cuales he aprendido mucho, a los que amo y respeto: **Carlos**, **Deyanira**, **Alvarito**, **Edith**, **Micky**, **Samanta**, **Yael**, **María Fernanda** y en especial a la pequeña **Dulce Angélica**, nuestro angelito de la guarda, donde quiere que estés pequeña

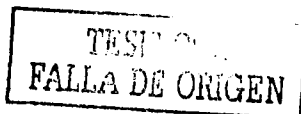
A mis cuñados: **Nora**, **Rocio**, **Valentín**, **Carolina** y **Marcos**, por su tiempo, amistad y cariño y además por hacer felices a los seres que más amo

A los grupos de 4to y 5to paso, en especial al grupo **Serenidad** donde nací, a **Alicia**, **Amando**, **Lalo**, **Yolanda**, **Luz** y todos mis demás hermanos que dios los bendiga

A los profesores que fueron mi guía y mis amigos a **Bertha Peña**, **José Luis Gómez M.**, **Salvador Hernández A.**, **José Luis Macías**, **Catalina**, **María del Carmen Salgado**, **Angélica Flores** y **Cristobal Galindo**, gracias

A mis compañeros y amigos, seres hermosos que me han acompañado y apoyado en diferentes etapas de mi vida: **Karina Tellez**, **Raúl Monroy**, **Hugo Lira**, **Julio César**, **Diana Álvarez**, **Daniel Olvera**, **Steve Thomsom**, **Marco Belmont**, **Rosalva**, **Luz**, **José**, **Gustavo**, **Alejandro**, **Oscar**, **José Luis**, **Mitsui**, **Mercedes** y de manera muy especial a **Claudia Cruz** por tu amistad, con nada podré pagar todo lo que hiciste por mi, gracias

DIANA



DEDICATORIAS

MAMA Porque tus tantas atenciones me ayudaron a mejorar, ante el más pequeño de mis éxitos y te conviertes en mi mayor admiradora con la mejor de tus sonrisas. Por la tranquilidad que me das, serenidad, confort, y comprensión, Porque tu presencia y consejos guilaron mis pasos para hacer de este logro mío, tuyo. Por todo ello mi más profundo agradecimiento.

PAPA. Porque contribuyes de tantas formas a mi bienestar. Porque siento tu calidez, ternura. Porque me enseñas a ver que tan difícil es la vida. Porque momentos difíciles se convirtieron en experiencias de crecimiento. Porque me enseñas a tener sueños, esperanzas y aspiraciones. Por el sacrificio que realizaste para que pudiera alcanzar mis oportunidades, y de esa forma pudiera realizarlas despreocupadamente. Porque dejaste de lado tus sueños para que yo fuera capaz de realizar los míos. Quiero agradecerte por el amor que me das, y por ayudarme a hacer realidad mis sueños. Por ser un ejemplo de perseverancia. Por todas esas razones permíteme decirte gracias. Para ti.

MIS HERMANOS: FRANCISCA, DELIA, GONZALO, JUAN Y LUIS Porque me dan apoyo e inspiración, comprensión, amistad y confianza. Porque cada uno de ellos han procurado por mi bienestar. Por estar a mi lado en instantes especiales de mi vida, en reconocimiento a tantos desvelos juntos. Con los que juntos crecí y jugué.

MIS SOBRINOS: NADIA, LEONARDO, KEVIN, KENNETH Y SOFIA. Por todas sus travesuras, besos y sonrisas sinceras que he recibido. Porque en este trabajo en un futuro los aliente a seguir adelante.

IRMA y ROSA ISELA. Por el cariño brindado por tantos años.

† **GOVITA** † Porque siempre me alentaste a intentar algo nuevo con tu confianza y me guiaste con tus consejos. Porque cada vez que regresabas a casa celebrabas sin ningún motivo especial. Porque me enseñaste que no existen diferencias. Por todo el amor que recuerdo me diste y por el que todavía siento podemos compartir.

† **TA TI** † Por el sacrificio que pudo permitir estar y ser lo que ahora soy.

ALEJANDRO. Porque me escuchas y animas con tus palabras, Porque has estado a mi lado, entendiéndome, procurando mi bienestar. Por el cariño y amor, que han sido motivo para superarme día con día. Por acompañarme en todo momento.

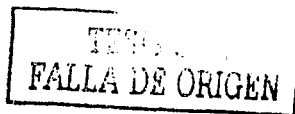
DR. JOSE LUIS GOMEZ MARQUEZ. Director de tesis, por ser guía y colaborador en la realización de la misma, y por la amistad que me brindo siempre. De manera muy especial mi más sincero agradecimiento.

DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA. Por sus valiosos comentarios y sugerencias para la realización de este trabajo, pero sobre todo por su apoyo amistad brindados; gracias.

DIANA. Porque con tú valiosa participación, por las tantas horas de trabajo juntas, por ayudarme a que juntas realizáramos uno de nuestros más preciados sueños, por que en todo momento tuve tu apoyo amistad incondicional.

AMIGOS Y COMPAÑEROS Belén, Miguel, Sergio, Diana, Arturo, José, Isaura, Rocío, José, Gustavo Javier, Alejandro, Gerardo, Anselmo, Xochilt, Benny, José Luis, Oscar, Mercedes, Beatriz, Elizabeth, Angelica Fabiola, Chuy, Yadira y Eduardo por su valiosa amistad.

CLAUDIA



INDICE

	Páginas
Resumen	I
Introducción	1
Antecedentes	3
Zona de estudio	6
Diagnosic de la especie	10
Objetivos	13
Material y Método	
Fase de campo	14
Fase de laboratorio	15
Fase de gabinete	15
Resultados	
Proporción sexual	19
Relación peso total-longitud total	20
Factor de condición	23
Talla de la primera madurez sexual	24
Estadios de madurez gonádica	26
Fecundidad relativa	27
Fecundidad media	27
Índice gonadosomático	30
Índice hepatosomático	32
Análisis multivariado de covarianza	32
Factores ambientales	34
Discusión de resultados	39
Conclusiones	47
Anexo	49
Literatura citada	50

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN

En este estudio se investigaron los aspectos reproductivos de la tilapia *Oreochromis niloticus*. Se realizaron muestreos mensuales en la presa Emiliano Zapata en el Estado de Morelos, de febrero de 1999 a febrero del 2000 con excepción del mes de mayo de 1999. De la captura comercial con atarraya de abertura de luz de malla de 6.5 cm se obtuvo un total de 384 individuos, de los cuales 232 fueron machos y 152 hembras lo que equivale a una proporción sexual de 1:1.5 hembras: machos ($\chi^2 = 16.76$; $P < 0.05$). La talla de la primera madurez sexual para las hembras *O. niloticus* fue de 17.45 cm y de 17.74 cm para los machos. El intervalo del número de óvulos osciló entre 266 y 1110. Con respecto a la madurez gonádica se identificaron las siguientes características: las gónadas de las hembras en estadio II presentaron una longitud promedio de 2.9 cm con un promedio total de 581 óvulos chicos (300-1000 μm), en el estadio III el ovario tuvo una longitud de 3.3 cm con 481 óvulos con tres tamaños; chicos (300-1000 μm), medianos (1100-2000 μm) y grandes (2100-3700 μm), en el estadio IV las gónadas tuvieron una longitud de 3.8 con un número de óvulos de 435, presentando dos tamaños: chicos (300-1000 μm) y grandes (2100-3700 μm). En los machos las gónadas en estadio II presentaron una longitud promedio de 3.52 cm con un diámetro gonadal de 1817 μm , en el estadio III la longitud gonadal fue de 4.07 cm con un diámetro de 2882 μm y para el estadio IV de 6.4 cm con 4004 μm . La fecundidad tuvo más relación con la longitud ($r^2=0.67$) que con el peso total ($r^2=0.35$), y el número promedio de óvulos fue de 446. Por medio de la madurez gonádica, el índice hepatosomático, gonadosomático y el factor de condición se identificaron dos periodos de desove; el primero en mayor proporción en verano (agosto-septiembre) y el segundo en menor proporción en invierno (enero-febrero). Estos periodos de desove fueron corroborados por medio del Análisis Multivariado de Covarianza (MANCOVA.)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN

México es un país cuyas características climáticas y orográficas permite el desarrollo de muchas especies. El aumento de la población humana hace que exista un mayor requerimiento de recursos alimenticios y es necesario continuar con la realización de trabajos que proporcionen información básica de especies acuáticas. Por esto, el conocimiento científico de la biología de las especies acuáticas es indispensable para lograr un aprovechamiento racional, ya que proporcionan datos sobre reproducción, tamaño, edad y crecimiento (Rabinovich, 1980).

La reproducción es un mecanismo biológico mediante el cual los organismos aseguran su descendencia, transmitiendo a los organismos las características propias de la especie (Rabinovich, 1980). La reproducción bisexual es la aquella en que los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos masculinos y femeninos respectivamente. (Lagler *et al.*, 1984).

La conducta reproductora en la mayoría de los animales es cíclica, en periodos más o menos regulares. Muchas especies desovan más de una vez en un año y más o menos continuamente, a este proceso se le llama iteroparidad (Lagler *et al.*, 1977; Miller, 1984). La reproducción parcial (asincrónicos) es aquella en que la reproducción tarda mucho tiempo y se pueden encontrar simultáneamente en los ovarios, huevos en diferentes fases de maduración, antes y durante el desove. La fijación de una escala de madurez para los reproductores parciales es más difícil porque hay una gama de fases de desarrollo en una gónada en todo momento y la diferenciación lograda será menos precisa (Holden y Raitt, 1975).

Los factores que intervienen en la reproducción pueden dividirse en dos grupos: factores biológicos y ecológicos. Como factores internos o biológicos se consideran primordialmente los genéticos y los metabólicos y en forma determinante el mecanismo endocrino reproductor. Entre los factores externos o ecológicos que afectan la reproducción se encuentra la relación entre los periodos de luz y oscuridad (fotoperíodo), la alimentación, la temperatura, las corrientes, la respuesta inducida por la presencia del sexo opuesto y en algunos peces también las mareas y las fases lunares (Suárez, 1980).

Por otra parte, el fenómeno que modela la continuidad de las especies es la fecundidad, que está directamente relacionada con la edad, disponibilidad de alimento, reserva de ácidos grasos y la mortalidad natural entre otros aspectos. La fecundidad difiere entre poblaciones de una misma especie como consecuencia de la disponibilidad de alimento y de los depredadores. Las hembras pueden llegar a depositar óvulos de diferentes tamaños o diferentes periodos durante la estación de desove. Asimismo, existe una relación entre el tamaño, el contenido de vitelo y la viabilidad de los óvulos en relación con la edad del pez. Los peces más jóvenes y los más viejos depositan óvulos más pequeños y con menos sustancias de reserva que aquellos individuos de edad media de la población en cuestión, los cuales presentan una mayor proporción de óvulos fertilizados, gran contenido de sustancias de reserva y por lo tanto, una gran viabilidad y sobrevivencia (Gallardo y Laguarda 1985).

Oreochromis niloticus es una tilapia y posee gran importancia en la producción de proteína animal en las aguas tropicales y subtropicales de todo el mundo, particularmente en los países en desarrollo (Sugunan, 1997). Entre las características que esta especie presenta se pueden mencionar: a) elevada tasa de crecimiento, b) amplia tolerancia a pobres condiciones de calidad del agua, c) adaptación a los ambientes dulceacuícolas, salobre y marino, d) resistencia a enfermedades, y e) fácil reproducción en condiciones de cautiverio (Beveridge, 1987).

La elevada producción se ha traducido en beneficio social y económico para las personas que viven cerca del sistema acuático, las cuales realizan la explotación y manejo del recurso pesquero en los diferentes sistemas (Arredondo, 1983).

Por todos estos aspectos mencionados, el ciclo reproductivo de la especie en estudio y algunos otros aspectos biológicos son importantes como un eslabón en el ciclo de vida de los peces. Debido a que no es posible explotar una especie acuática sin tomar en cuenta los procesos de reproducción es necesario, antes de realizar la explotación de la especie, hacer un análisis del estado que guarda la misma.

ANTECEDENTES

Babiker e Ibrahim (1978) mencionan que la *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) madura en el primer año de vida; las hembras maduran a una talla menor que los machos (11.4 y 14.3 cm en longitud). La proporción sexual varió en poblaciones de diferentes edades-grupos: se obtuvo una proporción de 2.81:1 y 0.47:1 (hembras : machos) en poblaciones de peces jóvenes y viejos. En poblaciones de tamaño mediano los sexos fueron igualmente abundantes. Hay evidencia de que las hembras crían más de una vez por estación.

Basurto (1984) trabajó en la Laguna de Chila (Veracruz) con *O. niloticus* mencionando una talla mínima de madurez sexual de 235 mm para hembras y 240 mm para los machos. La proporción sexual fue de 1:1.6 (hembra:machos). La especie se reproduce todo el año, pero con mayor frecuencia en marzo. La fecundidad media se estimó en 3,200 huevecillos.

Stewart (1988) realizó un estudio comparativo de dos grupos de datos de las poblaciones de *O. niloticus* del lago de Turkana, el primer grupo de datos fue tomado en los 70's y los segundo 10 años después (en los 80's). Los resultados muestran una baja dramática en la relación peso-longitud, un crecimiento de tipo isométrico y una temprana maduración con respecto a la longitud en las poblaciones de los 80's. Se detectó un periodo de crianza en las poblaciones de los 80's en respuesta a la condición de estrés. La reducción en el área del Golfo de Ferguson fue un factor que contribuyó al estrés en la población y se sugirieron medidas de protección en el lago.

Abdulrahman (1997) por medio de la regresión longitud-peso encontró que existe un crecimiento de tipo alométrico negativo en la tilapia *O. niloticus* en el Río Kaduna, Nigeria, además de que el factor de condición en machos, varió de 2.36 a 4.35 y en hembras de 3.35 a 4.35.

Barbieri *et al.* (2000) investigaron aspectos de la reproducción de *O. niloticus* (Linnaeus, 1757) a través de ejemplares colectados en la represa de Guarapiranga (Brasil), entre agosto de 1996 a julio de 1997. El periodo reproductivo fue determinado por

el análisis de la curva de maduración, basada en la variación de la relación gonadosomática, de la frecuencia relativa de los estadios de maduración gonadal y del factor de condición. El período reproductivo se extiende de septiembre a diciembre y el desove es de tipo parcial. El tamaño de la primera maduración gonadal fue estimado alrededor de 76 mm correspondiendo al primer año de vida.

Barbieri *et al.* (2000), al estudiar la estructura de la población de *O. niloticus* en la presa de Guarapiranga, Brasil, encontraron que en el período de estudio (agosto de 1996-julio de 1997) existió una mayor dominancia de machos y el crecimiento de la especie fue de tipo isométrico ya que la especie estaba mejor adaptada a la presa de Guarapiranga.

Barbieri (1988) Hizo un estudio en la presa Monjolinho (Brasil) con *Tilapia rendalli*, con el objetivo de estudiar el desarrollo biológico de la especie en cuanto al crecimiento, encontrando que es de tipo isométrico. El período reproductivo ocurre desde agosto a octubre y el cual inicia en el segundo año de vida. El tamaño de la primera maduración gonadal de hembras y machos fue de 163 mm y 184 mm respectivamente.

Menocal (1988) determinó las ecuaciones de la fecundidad con el largo y el peso eviscerado, no existiendo diferencias significativas entre los coeficientes de correlación de las ecuaciones lineal, exponencial y potencial. Los resultados de las distribuciones de frecuencias de los ovocitos, demuestran que la oogénesis ocurre continuamente a través del período de desove, por lo que se determinó la fecundidad mediante el conteo directo de los óvulos. Se analizó la variación de la fecundidad y del diámetro de los óvulos en tres meses del período del desove (marzo, mayo y agosto), encontrándose diferencias significativas para el tamaño de los óvulos entre los meses de mayo y agosto; por lo tanto concluye que el tamaño de los óvulos aumenta con el tamaño del pez.

Gómez *et al.* (1993) realizaron un estudio en la laguna "El Rodeo" en el Estado de Morelos, para conocer algunos aspectos reproductivos de la mojarra Tilapia (*O. mosambicus*). El rango de longitud patrón de los organismos fluctuó entre 0.4 y 13.0 cm. Se capturaron un 90% de los organismos con tallas entre 0.4 y 5.5 cm; la longitud mínima de la madurez gonádica fue de 6.4 cm en las hembras y de 6.8 para los machos; la fecundidad en las hembras está influenciada por la longitud y el número de óvulos por

desove individual fue menor a 500. Con base en el análisis del factor de condición y el comportamiento del coeficiente de madurez gonádica, se registraron tres épocas reproductivas para esta especie (primavera, verano e invierno) con mayor intensidad en verano (julio).

Ramos-Cruz (1995) llevó a cabo un estudio sobre reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*O. aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, encontrando que la población está integrada por un 72.2% de machos y 27.8% de hembras. La proporción sexual es de 2.6 machos por cada hembra. Detectó tres periodos de reproducción: enero a abril, junio a julio y de septiembre a noviembre. Se estimó en 220 mm de longitud total la talla promedio de primera madurez con una edad probable de 6 meses. Encontró en la relación longitud - peso que el grado de asociación para hembras fue de $r^2=0.97$, machos $r^2=0.90$ y ambos $r^2=0.95$.

García-Berthou y Moreno-Amich (1993) propusieron un nuevo enfoque para el análisis morfométrico de datos de ciclos reproductivos, utilizaron el análisis multivariado de covarianza (MANCOVA) en el que indica que la relación entre el peso total, peso hígado y el peso de la gónada son claramente no lineales y mediante la transformación logarítmica los datos se linearizan. Utilizaron la longitud como covariada, y el peso gonadal, el peso del hígado y el peso total como variables dependientes. El uso de este análisis permite corroborar los resultados obtenidos al utilizar el índice gonadosomático y el factor de condición.

ZONA DE ESTUDIO

El Estado de se encuentra situado en la parte central de México, en la vertiente sur de la serranía del Ajusco y dentro de la cuenca del río Balsas, posee una altitud que varía desde los 850 hasta los 8.000 msnm. Colinda al norte con el Distrito Federal y el estado de México; al sur con Guerrero; al este con Puebla; y al oeste con el estado de México y Guerrero.

La presa Emiliano Zapata se localiza en el ejido de Tilzapotla, perteneciente al municipio de Puente de Ixtla, en el extremo suroeste del estado de Morelos (Figura 1) situado a 18°30'00" latitud Norte y 99°16'34" longitud Oeste, a 899 msnm (S.P.P. 1981).

La presa cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1,560,000 metros cúbicos, capacidad de azolve de 10,000 metros cúbicos y capacidad útil para riego de 1,550,000 metros cúbicos.

Esta presa fue construida por el gobierno del estado de Morelos entre 1969 y 1970, para el aprovechamiento de las aguas de varios arroyos que confluyen al vaso, siendo los más importantes "La Joya", "La Piraña" y "El Grillo" y de esta manera incorporar al riego 83 hectáreas de cultivo de propiedad ejidal (SARH, 1992).

CLIMA:

El tipo de clima de la región de acuerdo a Köppen modificado por García (1973) es Aw(w)ig, cálido subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm. La precipitación media anual fluctúa entre 800 y 1000 mm y la temperatura media anual registra un valor mayor de 26 °C. La precipitación máxima se presenta en septiembre con lluvias que oscilan entre 190 y 200 mm, la mínima se registra en febrero a marzo y diciembre; la temperatura más alta se presenta en mayo y es de 32 a 33 °C y la más baja en enero y diciembre con valores de 20 a 21 °C (S.P.P. 1981).

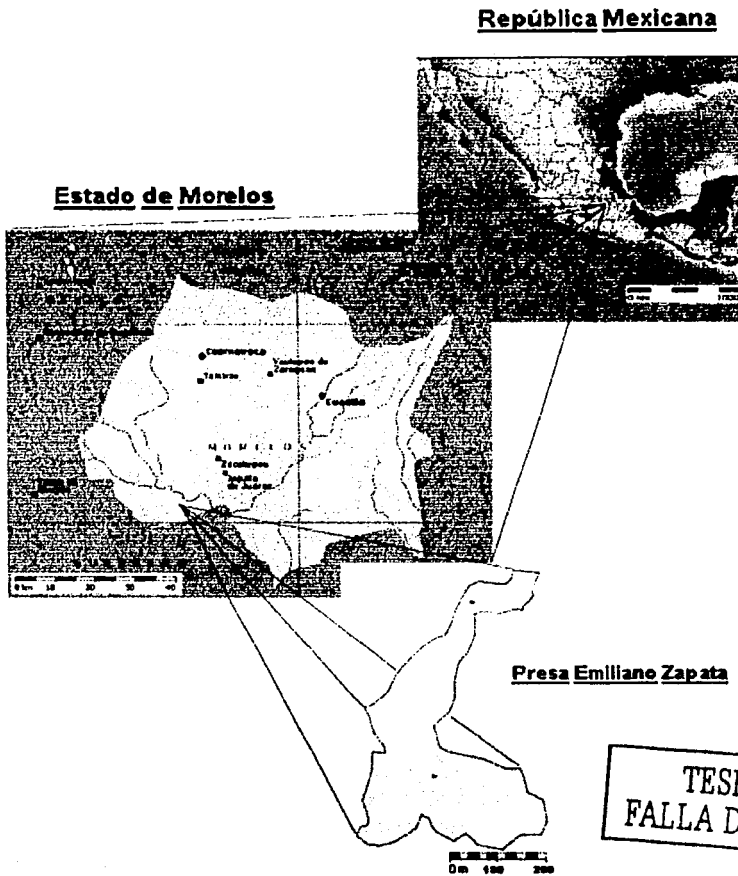


Figura 1. Localización geográfica de la presa Emiliano Zapata

GEOLOGIA:

En el Estado de Morelos se encuentran dos provincias geológicas la del Eje Neovolcánico y la de la Sierra Madre del Sur. El vaso está circundado desde el lado poniente hasta el sureste por formación de rocas sedimentarias que han originado suelos consistentes de arenisca y conglomerado. Desde el extremo noroeste hacia el sureste se extienden formaciones de roca ígnea extrusiva ácida, pertenecientes a la edad Cenozoica del periodo Cuaternario.

SUELO:

El tipo de suelo que constituye el vaso es de tipo aluvial, la unidad de suelo que se encuentra alrededor de la presa es Feozem háplico de textura media y Regosol eútrico.

AGRICULTURA:

La agricultura es de temporal, son suelos favorables para el desarrollo de especies forrajeras, así como para el cultivo de legumbres (S.P.P. 1981).

VEGETACION:

El tipo de vegetación es de Selva Baja Subcaducifolia y las especies que se presentan en la zona son *Bursera sp.*, *Cassia sp.*, *Ipomea sp.*, *Aristida sp.*, *Stevia sp.*, *Sporobolus sp.* y matorrales de *Opuntia sp.* entre otras.

HIDROLOGÍA:

Los principales afluentes que llegan a la presa son los arroyos el Grillo, La Piraña, La Joya y El Ranchito (S.P.P. 1981).

CARACTERISTICAS HIDROBIOLOGICAS DEL EMBALSE

La Presa Emiliano Zapata ocupa un área de 13.2375 hectáreas con un perímetro de 2526.4 m, la longitud máxima es de 702 m y la anchura máxima de 456 m. La profundidad máxima es de 17 m, la profundidad media es de 3.83 m

La presa es un cuerpo de agua permanente cuya área y volumen depende de la época de lluvias y estiaje, así como de la extracción debido al manejo de la compuerta para las actividades agrícolas. El cuerpo de agua tiende en la superficie a una forma elíptica y hacia el fondo a una sinusoide elíptica. El cuerpo de agua se clasifica como monomítico cálido, esto es un periodo de circulación y otro periodo de discontinuidad térmica (González y López, 1995).

DIAGNOSIS DE LA ESPECIE

Las tilapias como se les conoce comúnmente en México, son especies aptas para el cultivo en zonas tropicales y subtropicales del país. Se les encuentra en aguas lénticas principalmente, así como también en lólicas a orillas de ríos entre piedras y plantas acuáticas.

Son especies euritermas siendo el rango de tolerancia de 12°C a 42°C. La temperatura ideal para su cultivo fluctúa alrededor de 25°C, aunque se reproducen aún a los 18°C.

Son especies eurihalinas y que pueden vivir en aguas dulces, salobres y marinas, el intervalo de tolerancia es de 0 ‰ a 40 ‰ y en algunos casos, se ha presentado por arriba de esta salinidad. Soportan concentraciones de oxígeno disuelto bastantes bajas, su requerimiento mínimo es de 0.5 mg/l. Se reproducen a temprana edad, alrededor de las 8 ó 10 semanas, alcanzando una talla de 7 a 16 cm (SEPECSA, 1988)

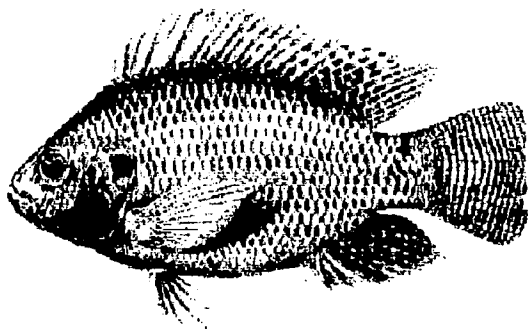
El género *Oreochromis* es preferentemente plantófago y presenta entre 14 y 29 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial. Tienen gónadas pequeñas, pero los huevos contienen mayor cantidad de vitelo. Los huevos son de color amarillo naranja de 2.2 a 3 mm y son pocos (menos de 700). Tiene un período prenupcial corto. El macho es polígamo y usa el nido como un sitio temporal para el cortejo y la fertilización de los óvulos; desarrolla una coloración muy marcada en la época de reproducción y fija su territorio en donde establece su nido. Las hembras guardan los huevos y los alevines en la boca por espacio de 20 a 30 días. La supervivencia de las crías es alta. Los nidos tienen la forma de cráteres circulares ligeramente más grandes que la longitud de la hembra y se construyen en el fondo del estanque (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

En 1978 se trajeron a México los primeros ejemplares de *O. niloticus*, procedentes de Panamá y fueron reclutados en la Estación Ciprinícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo. Permanecieron algún tiempo en el lugar, para después ser trasladados a la Estación de Acuicultura Tropical de Temascal, Oaxaca (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986).

Oreochromis niloticus

Los organismos tienen una coloración grisácea oscura (en el período de reproducción se aclara). Es característico de esta especie franjas negras bien definidas y verticales en la aleta caudal, dorsal y anal; el margen superior de la aleta dorsal es negro o gris (Figura 3). Durante la reproducción, los machos presentan en la superficie ventral del cuerpo y las aletas anal, dorsal y pélvicas color gris oscuro (SEPESCA, 1988).

Oreochromis niloticus tiene de 19 a 22 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; de 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. Presenta en la parte frontal del hueso faríngeo un área dentada con una menor cantidad de dientes. Los lóbulos superiores del hueso faríngeo inferior están poco desarrollados y el área dentada no está cubierta por completo por los dientes y su densidad es irregular (Arredondo-Figueroa y Tejeda-Salinas, 1989).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 2. *Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1757.

De acuerdo con Berg y modificado por Trewavas (1983) *Oreochromis niloticus* se clasifica de la siguiente manera (citado en SEPESCA, 1988).

Phylum: Vertebrata
Subphylum: Craneata
Superclase: Gnathostomata
Serie: Pisces
Clase: Actinopterygii
Orden: Perciformes
Suborden: Percoidei
Familia: Cichlidae
Género: *Oreochromis*
Especie: *O. niloticus* (Linnaeus, 1757)

OBJETIVO GENERAL

Conocer la época de reproducción de la tilapia *Oreochromis niloticus*, su potencial reproductivo y los factores físicos y químicos que influyen en su reproducción.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Obtener la relación peso - longitud de la especie y la variación del factor de condición.
2. Determinar la talla de la primera reproducción de la especie
3. Obtener el índice de fecundidad relativa para la especie
4. Conocer la época de reproducción de la tilapia a través de:
 - Índice gonadosomático (IGS)
 - Índice hepatosomático (IHS)
 - Estado de maduración gonádica
5. Corroborar la época de reproducción de la especie (MANCOVA)
6. Analizar bajo que condiciones de pH, oxígeno disuelto, temperatura, alcalinidad y dureza del agua se lleva a cabo la reproducción de la especie en el embalse.

MATERIAL Y METODO

El proyecto se dividió en tres fases:

- I. Fase de campo
- II. Fase de laboratorio
- III. Fase de gabinete

FASE DE CAMPO

Se realizaron colectas de agua mensualmente de febrero de 1999 a febrero de 2000 en la presa Emiliano Zapata en un sólo sitio de monitoreo (con excepción de mayo de 1999), ya que según González y López (1995) no existen variaciones importantes entre sitios de monitoreo. En dicha estación se tomaron las muestras a 0.3, 1, 3, 5 y 7 m de profundidad.

En la zona de trabajo se midió la transparencia con el disco de Secchi y se tomó la temperatura ambiente. La toma de muestras de agua se realizó con botellas Van Dorn de 2 litros de capacidad. Se colocaron en botellas de polietileno de 1 litro y en una botella DBO de 300 ml para la determinación de oxígeno disuelto y se determinaron:

- a) Temperatura del agua: con un termómetro de mercurio de $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ de precisión
- b) pH: con un potenciómetro de campo conductronic de ± 0.01 de precisión
- c) Oxígeno disuelto: por el método de Winkler (modificación/azida de sodio)
- d) Conductividad: con un conductímetro de campo marca conductronic 18 de ± 0.01 de precisión
- e) Alcalinidad: por el método de indicadores (APHA, 1980).
- f) Dureza total: por el método complejométrico (APHA, 1980).

Asimismo se trabajó con 40 organismos obtenidos de la captura comercial con una atarraya de 6.5 cm de luz de malla, y se les realizó la siguiente biometría: peso total (con una balanza OHAUS digital con precisión de 0.01 g), longitud patrón, longitud total, altura (con ictiómetro de ± 0.1 cm), sexo. Además mediante un corte ventral desde la abertura

anal hasta la cintura escapular, se obtuvieron las gónadas e hígado y se pesaron en una balanza analítica Bosch de $\pm 0.0001\text{g}$ de precisión. También se determinó el estadio gonádico basándose en la escala de Holden y Raitt (1975) (Apéndice). Las gónadas se conservaron en formol al 10% para su traslado al laboratorio. Por último se tomó el peso eviscerado de cada pez.

FASE DE LABORATORIO

Se pesaron las gónadas y después de un corte en la unión de las mismas se midieron y pesaron con un ictiómetro (mm) y en una balanza analítica Bosch con precisión de $\pm 0,0001\text{g}$ respectivamente. Debido a que en los ovarios se encontraron óvulos de diferentes dimensiones, se tomó una muestra de 20 óvulos de cada tamaño y se midieron con ayuda de un estereoscopio con ocular micrométrico. Asimismo, se realizó el conteo total de los óvulos en cada gónada.

Los testículos se pesaron, además de tomar la longitud total y el diámetro externo al realizar un corte transversal de dicha gónada.

FASE DE GABINETE

Para el trabajo de gabinete se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS. (AED). Una vez capturados los datos, se hizo la exploración de los mismos mediante el AED, para observar las tendencias y los valores inadecuados en ellos, con ayuda del paquete estadístico *Stata* (Salgado, 1992).

PROPORCIÓN DE SEXOS: Esta se determinó con el número total de individuos y calculando porcentajes de hembras y machos. La comprobación de que no existen diferencias significativas entre la proporción de sexos de acuerdo a la propuesta de Nikolsky (1963) entre muestreos y nivel total se realizó con una prueba de χ^2 ($p < 0.05$).

FACTOR DE CONDICIÓN: (C). Calcular la relación peso-longitud por sexo y por tiempo y después usar el factor de condición con el fin de comparar dicha relación. El

modelo más usado en reproducción es la ecuación matemática usada por Clark (citado en Nikolsky, 1963):

$$C = (Pe/L^b)$$

Donde :

Pe = Peso eviscerado del pez,

L = Longitud total,

C = Coeficiente de condición,

b = Pendiente de la relación peso - longitud.

Usando el factor de condición de Clark es posible definir la verdadera condición del pez sin que el efecto de los pesos de las gónadas y el contenido intestinal puedan enmascarar la verdadera dinámica de la condición del pez de ahí que se recomienda utilizar este factor de condición (Nikolsky, 1963).

TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL. Se realizó una tabla de frecuencia acumulada por sexos de los peces que se encontraban en los estadios III y IV y se obtuvieron las frecuencias acumuladas contra la longitud patrón (OJIVA) para determinar el 50% la talla de la primera reproducción.

MADUREZ GONÁDICA: Se elaboró una tabla de la madurez gonádica contra el mes, con el fin de identificar el periodo en que la época se reproduce

FECUNDIDAD RELATIVA. Es la fecundidad expresada como el número de óvulos producido por unidad de biomasa de hembra, es un parámetro de gran interés no sólo característico de la población, sino también como término fundamental en los modelos de dinámica poblacional (Granado, 1996). Para determinarla se realizó una regresión entre los datos de Longitud patrón (Lp), y número de óvulos (F) y se graficaron.

Al valor de la pendiente se le aplicó una prueba de t-student para corroborar su tendencia. Babiker e Ibrahim (1979) encontraron que para el género Tilapia el valor de la pendiente de la relación fecundidad-longitud estaba próxima a 2, y la relación fecundidad-peso cercana a 1.

FECUNDIDAD MEDIA (DS). Es el número promedio de óvulos en el ovario antes del desove y se determinó por medio de la siguiente fórmula (Shoesmith, 1990).

$$\Phi_{DS} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-1} A L_j^b$$

Donde:

Φ_{DS} = Fecundidad media

n = Número de peces involucrados en el análisis,

A y b = son un parámetro que puede ser estimado de la regresión lineal de mínimos cuadrados del log de Fecundidad y el log de Longitud patrón,

L = Longitud total

INDICE GONADOSOMÁTICO (IGS). Constituye la expresión más utilizada en el estudio del desarrollo de las gónadas para describir el ciclo reproductivo en peces. La expresión se basa en el incremento del tamaño de la gónada a medida que se acerca la época reproductiva. Se determinó mediante la fórmula (Granado, 1996):

$$IGS = (Pg/Pt) \times 100$$

Donde:

Pg = Peso de la gónada,

Pt = Peso del pez.

INDICE HEPATOSOMÁTICO (IHS). Es la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del pez. Esta relación es específica para hembras ya que el hígado segrega vitelogeninas durante la vitelogénesis exógena que van a ser captadas por el óvulo en desarrollo. Por lo tanto, es directamente proporcional al ciclo reproductivo y decae justo antes del desove, siendo así un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992). Su fórmula es:

$$IHS = (Ph/Pt) \times 100$$

Donde:

Ph = Peso del hígado,

Pt = Peso del ejemplar

MANCOVA Con el fin de corroborar la época de reproducción se utilizó el Análisis Multivariado de Covarianza, apoyado por el paquete estadístico *Stata*.

La relación entre el peso total, peso del hígado y el gonadal son claramente no lineales y la transformación logarítmica de los datos los linearizan. Se utilizaron la transformación logarítmica del peso gonadal, peso del hígado y el peso total como variables dependientes y la transformación logarítmica de la longitud estándar como covariable.

Para evitar el uso de valores negativos previamente se multiplicaron todas las variables por 10^6 . Este procedimiento es adecuado cuando el rango de las variables es de 0 a 1. Los factores considerados fueron el tiempo y el sexo (García-Berthou y Moreno-Amich, 1993).

FACTORES AMBIENTALES. Para conocer el comportamiento de los factores ambientales en el momento de la reproducción la *O. niloticus* se realizaron gráficas de los factores ambientales (temperatura, oxígeno disuelto, pH, alcalinidad total, dureza total) contra el tiempo.

RESULTADOS

Durante el periodo de muestreo de febrero de 1999 a febrero de 2000, se obtuvo un número total de 384 organismos de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus 1757), con intervalos de talla para machos de 14.1 a 25.5 cm de longitud total y para hembras entre 14.2 a 22.0 cm. Con respecto al peso total se registraron datos que van desde 48.4 a 271.4 g, para los machos y para las hembras de 40.2 a 196.6 g (Tabla 1).

Tabla 1. Intervalos de peso total, longitud total para hembras y machos de *Oreochromis niloticus*.

	HEMBRAS			MACHOS		
	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO	MINIMO	MAXIMO	PROMEDIO
LONGITUD TOTAL (cm)	14.2	22.0	17.8	14.1	25.5	18.5
PESO TOTAL (g)	40.2	196.6	98.1	48.4	271.4	102.8

PROPORCION SEXUAL

De los 384 individuos capturados el 60.42% correspondió a machos (232) y el 39.58% a hembras (152), lo que permite estimar una proporción sexual (macho:hembra) de 1.5:1 ($\chi^2=16.66$; $p<0.05$).

Tabla 2. Variación de la proporción sexual de *Oreochromis niloticus* y su significancia

Mes	Hembras	Machos	Total	#	Probabilidad
FEBRERO	15	24	39	2.08	ns
MARZO	19	20	39	0.03	ns
ABRIL	19	17	36	0.11	ns
JUNIO	29	11	40	8.10	s
JULIO	21	13	34	1.88	ns
AGOSTO	11	15	26	0.62	ns
SEPTIEMBRE	9	12	21	0.43	ns
OCTUBRE	3	27	30	19.20	s
NOVIEMBRE	7	23	30	8.53	s
DICIEMBRE	5	24	29	12.45	s
ENERO	7	23	30	8.53	s
FEBRERO	7	23	30	8.53	s
TOTAL	152	232	384	16.67	

ns = no significativa; s = significativa; $p < 0.05$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De febrero a septiembre la proporción sexual no fue significativamente diferente de 1 en comparación con el resto del año que fue de 3 machos por cada hembra. Durante los meses de abril, junio y julio se capturaron más hembras que machos, dominando de manera significativa en el mes de junio. Mientras que los machos dominaron los meses de octubre a febrero (Tabla 2).

El Análisis de Covarianza (ANDECOVA) para la relación peso total - longitud total, mostró que entre machos y hembras no hay diferencia significativas con una $p > 0.05$, lo que significa que ambos sexos pueden ser estudiados estadísticamente como una población (Tabla 3,4,5 y 6); por lo cual, la relación peso total (Pt) - longitud total (Lt) queda de la siguiente manera:

$$\log Pt = -1.72 + 2.96 \log Lt; \quad R^2 = 90.7\%$$

Tabla 3. Análisis de regresión logarítmica para la población total de *Oreochromis niloticus*.

Fuente	1	SC	gl	CM			
Modelo	1	5.49502816	1	5.49502816	Numero de obs =	383	
Residual	1	.560978282	381	.001472384	F(1, 381) =	3732.06	
Total	1	6.05600644	382	.01585342	Prob > F =	0.0000	
					R ² =	0.9074	
					R ² ajustada =	0.9071	
					Raiz EMC =	.03837	

	log Pt	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Interval. Conf.]
log Lt	1	2.959875	.0484506	61.091	0.000	2.864611 3.055139
const	1	-1.722966	.0607089	-28.381	0.000	-1.842332 -1.6036

Tabla 4. Análisis de regresión logarítmica para machos de *Oreochromis niloticus*.

Fuente	1	SC	gl	CM			
Modelo	1	4.08663411	1	4.08663411	Numero de obs =	232	
Residual	1	.29049019	230	.001263001	F(1, 230) =	3235.65	
Total	1	4.37712426	231	.01894859	Prob > F =	0.0000	
					R ² =	0.9336	
					R ² ajustada =	0.9333	
					Raiz EMC =	.03554	

	log Lt	Coef.	Err. Std.	t	P> t	[95% Interval. Conf.]
log Lt	1	2.963007	.0520897	56.883	0.000	2.860373 3.065641
const	1	-1.727121	.0653292	-26.446	0.000	-1.856441 -1.599001

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 5. Análisis de regresión logarítmica para hembras de *Oreochromis niloticus*.

fuentes	l	SC	gl	CM	Numero de obs	F(1, 149)	Prob > F	R ²	R ² ajustada	Raíz EMC
Model	1	1.40601495	1	1.40601495	151	775.70	0.0000	0.8309	0.8378	0.04257
Residual	1	2.7007301	149	.001812576						
Total	1	1.67608876	150	.011173925						

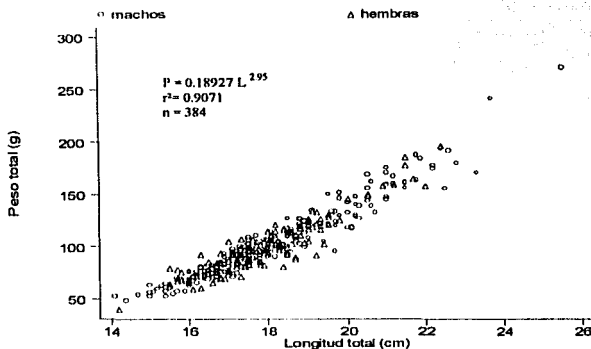
log Pt	Coef.	Err. Std	t	P> t	195% Interval. Conf.
log Lt	2.9539	.1060593	27.851	0.000	2.744325 3.163474
_cons	-1.71422	.1327033	-12.918	0.000	-1.976443 -1.451996

Tabla 6. Análisis de covarianza para el logaritmo del peso (log Pt) para la población total de *Oreochromis niloticus*.

FUENTE	gl	SC	CM	F	P
Covariadas	1	5.4929	5.4929	3722.98	0.000
sexo	1	0.0004	0.0004	0.27	0.601
Error	380	0.5607	0.0015		
Total	382	6.0564			

Covariada	Coef.	d.s.	valor t	P
Constant	-1.72307	0.06071	-28.38	0.000
Log Lt	2.961	0.0485	61.02	0.000

La relación peso total - longitud total para la población estudiada muestra que los datos tienen un comportamiento de tipo potencial (Figura 3).



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Figura 3. Relación peso total - longitud total para la población de *Oreochromis niloticus*, de la Presa Emiliano Zapata.

Los valores obtenidos de la pendiente de la relación peso total – longitud total para la población, para hembras y machos, presentaron un tipo de crecimiento alométrico negativo con tendencia hacia la isometría (tabla 7).

Tabla 7. Valores de la regresión peso total - longitud total para la población, hembras y machos de *Oreochromis niloticus*.

	ORDENADA AL ORIGEN (a)	PENDIENTE (b)	R ²	TAMAÑO DE LA MUESTRA (n)
POBLACIÓN TOTAL	0.018927	2.9599	0.907172	384
HEMBRAS	0.01931	2.9539	0.837785	152
MACHOS	0.01772	2.9818	0.958229	232

Tabla 8. Valores de la regresión peso total –longitud total por mes para ambos sexos de *Oreochromis niloticus*.

MES	ORDENADA AL ORIGEN (a)	PENDIENTE (b)	R ²	TAMAÑO DE MUESTRA (n)
FEBRERO 99	0.0608	2.5738	0.9270	39
MARZO	0.0173	3.0208	0.9816	40
ABRIL	0.0289	2.8151	0.9635	36
JUNIO	0.0306	2.7946	0.9096	40
JULIO	0.0167	3.0009	0.9055	34
AGOSTO	0.0295	2.7721	0.9470	26
SEPTIEMBRE	0.0637	2.5042	0.8977	21
OCTUBRE	0.0455	2.6382	0.7400	30
NOVIEMBRE	0.1144	2.3142	0.7671	30
DICIEMBRE	0.0180	2.9782	0.8630	30
ENERO	0.0324	2.7753	0.9089	30
FEBRERO 00	0.0168	3.0092	0.8531	30

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De acuerdo con el análisis estadístico realizado para la evaluación de la pendiente de la relación peso total – longitud total para toda la población por mes, se observó que durante los meses de marzo, julio, diciembre y febrero del 2000 el crecimiento fue de tipo isométrico y para el resto del año mantuvo un comportamiento de tipo alométrico negativo (Tabla 8).

FACTOR DE CONDICIÓN

Por medio del peso eviscerado y la longitud del pez se determinó el Factor de Condición de Clark. Para los machos se mostraron dos picos uno en mayo y el segundo en junio con una disminución hacia agosto para de ahí incrementar hasta el mes de febrero (Figura 4).

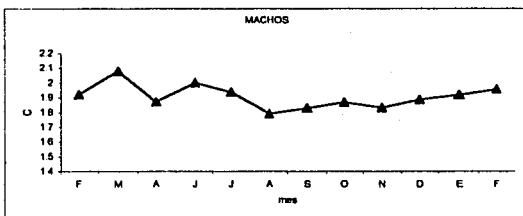


Figura 4. Comportamiento temporal del Factor de Condición de Clark en machos de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata.

En el caso de las hembras el Factor de Condición de Clark mostró una fluctuación mayor observando máximos en marzo y enero y marcados decrementos en octubre (Figura 5).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

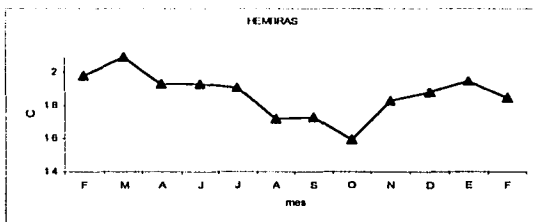
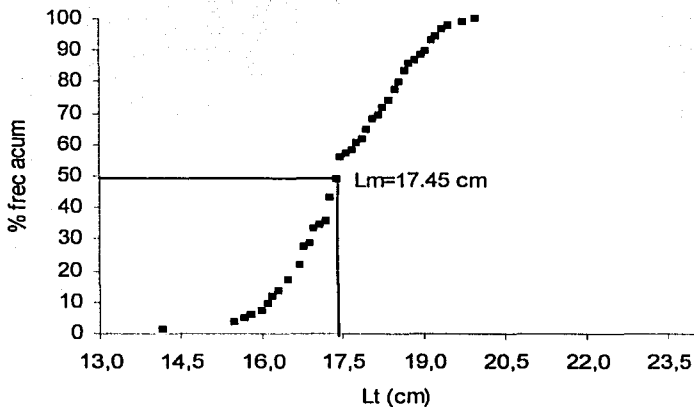


Figura 5. Variación temporal del Factor de Condición de Clark en hembras de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata.

PRIMERA TALLA DE MADUREZ SEXUAL

Referente a la primera talla de madurez sexual, se encontró que los machos inician su proceso reproductivo a los 17.74 cm y las hembras a los 17.45 cm, como se muestra en las Figuras 6 y 7.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura. 6 Primera talla de madurez sexual para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

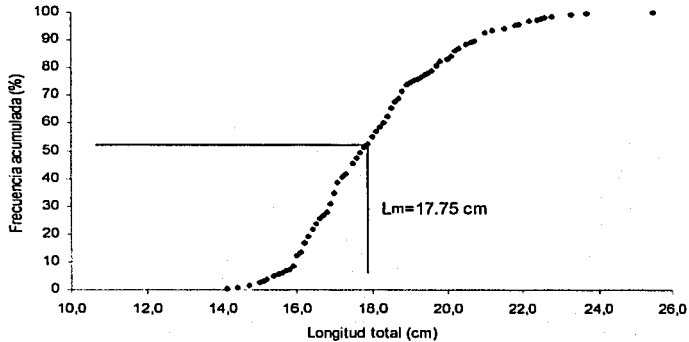


Figura 7. Primera talla de madurez sexual para los machos de *Oreochromis niloticus*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTADIOS DE MADUREZ GONADICA

Con respecto a la variación de los estadios gonádicos durante todo el estudio y para ambos sexos; el estadio II (Apéndice) mostró tres picos; uno en marzo, otro en junio y el último en diciembre. El estadio gonádico III fue abundante en el mes de abril y de julio a octubre, el estadio IV se observó más pronunciado en los meses de julio y agosto, aunque también en febrero con menor proporción (Figura 8).

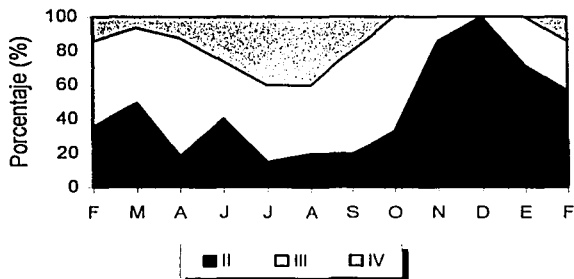


Figura 8. Variación temporal de los Estadios Gonádicos de *Oreochromis niloticus* en la Presa Emiliano Zapata.

Con base en los estadios gonádicos la especie se reproduce en mayor proporción en verano (julio y agosto) y en menor proporción en invierno (enero y febrero).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

FECUNDIDAD RELATIVA

Con respecto a la fecundidad se trabajó con 152 individuos que se agruparon en 16 intervalos de clase y se observó que existe una mayor relación con la longitud total ($r^2 = 0.69$; $F=34.72$, $p<0.001$) que con el peso total ($r^2 = 0.35$, $p>0.05$). En la Figura 9 se observa de manera general, que a mayor longitud total del organismo mayor cantidad de óvulos.

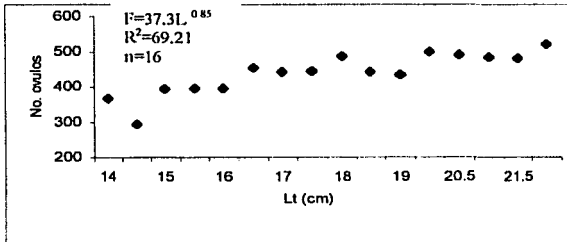


Figura 9. Comportamiento de la fecundidad relativa para hembras de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata.

FECUNDIDAD MEDIA

Con base a la expresión de Pitcher y Macdonald citados en Shoesmith (1990), la fecundidad media que se obtuvo fue de 446.3 óvulos para las hembras de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata.

El valor mínimo de óvulos cuantificados para ambos ovarios fue de 266 y el máximo de 1110. En la tabla 9 se observa que los peces con menor tamaño, tuvieron un número promedio de óvulos de 430, mientras que los más grandes de 616 óvulos.

TESIS CON
FALLA DE CUBRIR

Tabla 9. Intervalo de tallas y número de óvulos promedio para las hembras en estadio III y IV de *Oreochromis niloticus*.

Intervalo de la longitud (cm)	Longitud promedio (cm)	Intervalo del número de óvulos	Promedio del número de óvulos	Frecuencia
14.0-14.5	14.2	430	430	1
15.5-16.0	15.6	221-904	479	4
16.0-16.5	16.2	117-504	333	6
16.5-17.0	16.7	162-888	515	15
17.0-17.5	17.2	191-888	471	17
17.5-18.0	17.6	256-794	486	11
18.0-18.5	18.3	213-696	459	11
18.5-19.0	18.6	231-434	340	8
19.0-19.5	19.2	165-671	463	5
19.5-20.0	19.6	424-815	538	4
20.5-21.0	20.5	385-489	424	2
21.5-22.0	21.6	603-877	740	2
22.0-22.5	22.0	616	616	1

En la tabla 10 se puede apreciar que para el estadio II los ovarios presentaron el menor tamaño con la menor longitud y estos fueron aumentando con forme la maduración transcurría, por el contrario, el número de óvulos en el estadio II fue el mayor y decreció hacia los estadios III y IV. Además se encontró un solo tamaño promedio de los óvulos en el estadio II, tres en el III y dos en el IV.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 10. Relación entre los estadios gonádicos, longitud del ovario, número y diámetro de óvulos para las hembras de *Oreochromis niloticus* en la Presa Emiliano Zapata.

Estadio	Longitud promedio del ovario (cm)	Intervalo de longitud del ovario (cm)	Promedio del número de óvulos	Intervalo del número de óvulos	Intervalo del diámetro de óvulos (μm)	Promedio del diámetro de óvulos (μm)	Frecuencia
II	2.9	2.1-3.6	581	78-1162	674	300-1000	55
III	3.3	2.3-4.3	481	115-965	755 1408 2668	300-1000 1100-2000 2100-3700	60
IV	3.8	3.0-4.6	435	243-847	742 2701	300-1000 2100-3700	27

En la tabla 11 se observa que con forme maduraron los testículos la longitud y el diámetro de éstos aumentó y al llegar al estadio IV las gónadas duplicaron su tamaño.

Tabla 11. Relación entre los estadios gonádicos, longitud y diámetro del testículo de *Oreochromis niloticus* en la Presa Emiliano Zapata.

Estadio	Longitud promedio del testículo (cm)	Intervalo de la longitud del testículo (cm)	Diámetro promedio del testículo (μm)	Intervalo del diámetro del testículo (μm)	Frecuencia
II	3.52	2.15-4.15	1817	850-3550	85
III	4.07	3.9-5.9	2882	1200-6100	108
IV	6.4	5.6-9.6	4004	2150-6800	24

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para apoyar la época de reproducción de la especie en estudio del sistema acuático en cuestión, se utilizó la variación del índice gonadosomático de ambos sexos así como el índice hepatosomático de las hembras.

INDICE GONADOSOMÁTICO

En los meses de agosto y septiembre se registraron los valores más altos del índice gonadosomático en hembras (2.61% y 2.57%, respectivamente) para de ahí decrecer hasta el mes de diciembre en dónde comienza a incrementar, observándose en febrero y abril dos picos (1.76% y 2.13%, respectivamente) (Figura 10).

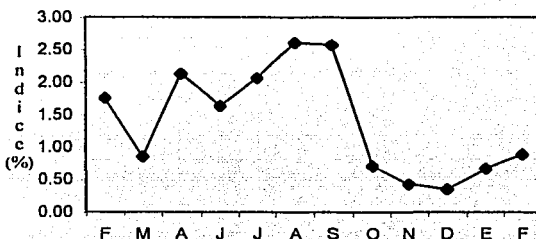


Figura 10. Variación temporal del Índice Gonadosomático para las hembras de *Oreochromis niloticus*.

Al igual que las hembras, los machos mostraron el valor más alto del índice gonadosomático (0.644%) en agosto y posteriormente un decremento hasta el mes de enero. Sin embargo en febrero de 1999 se observó otro valor elevado (0.536%) como se muestra en la Figura 11.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

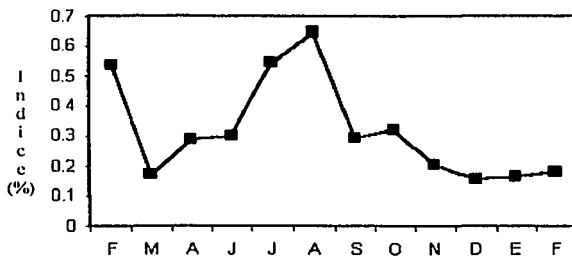


Figura 11. Comportamiento temporal del Índice Gonadosomático para los machos de *Oreochromis niloticus*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE HEPATOSOMÁTICO

El índice hepatosomático en hembras muestra su valor máximo en el mes de agosto (1.38%) y dos picos menores en diciembre y febrero (1.25% y 1.23%, respectivamente) (Figura 12).

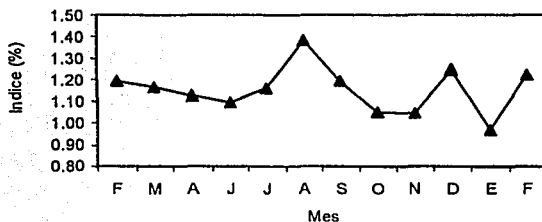


Figura 12. Variación temporal del Índice Hepatosomático en hembras de *Oreochromis niloticus* en la Presa Emiliano Zapata.

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE COVARIANZA

Como se observa en la Figura 13, el peso de las gónadas de los machos fluctuó a través del tiempo, siendo el punto máximo en el mes de agosto y mostrando un pico más en el mes de febrero mientras que se observó un comportamiento contrario a este en el caso del peso del hígado. Con respecto al peso eviscerado del pez su fluctuación fue menos pronunciada a lo largo del estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

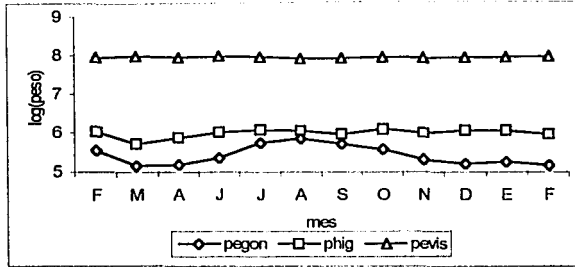


Figura 13. Variación temporal del peso de las gónadas (pegon), el peso del hígado (phig) y el peso eviscerado (pevis) en machos de *Oreochromis niloticus* de la Presa Emiliano Zapata.

El máximo peso gonadal detectado en las hembras fue en el mes de agosto, teniendo otro más en febrero; al igual que los machos, el peso del hígado de las hembras mostró un comportamiento contrario al del peso de la gónada. Con respecto al peso eviscerado la tendencia fue de disminuir de febrero de 1999 a octubre para posteriormente incrementar hacia febrero del 2000 (Figura 14).

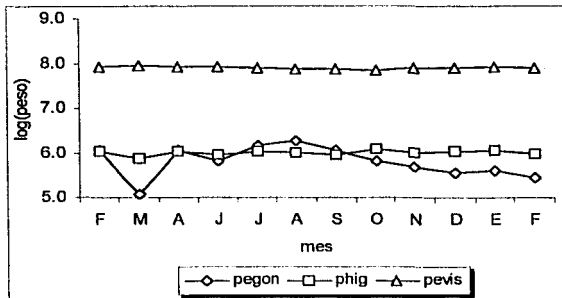


Figura 14. Variación temporal del peso de las gónadas, el peso del hígado y el peso eviscerado en hembras de *Oreochromis niloticus* de la Presa Emiliano Zapata.

FACTORES AMBIENTALES

Como se observa en la Figura 15 los máximos valores de la temperatura en el cuerpo de agua fueron de 33°C en la superficie y de 28°C en el nivel más profundo, en tanto que las temperaturas mínimas fueron de 23°C en la superficie y 20°C en el nivel más profundo. El comportamiento térmico presenta un periodo de estratificación que va de abril a septiembre y en el periodo de mezcla de octubre a marzo.

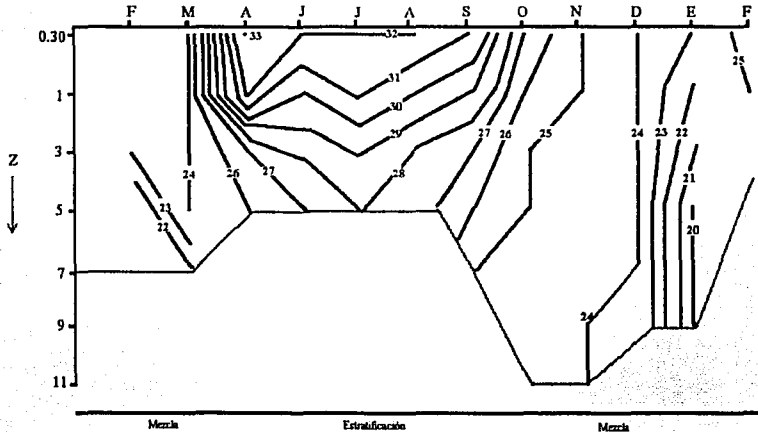


Figura 15. Diagrama espacio - tiempo para la temperatura del agua en la Presa Emiliano Zapata.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La concentración de oxígeno disuelto para el sistema fue variable a lo largo del tiempo así como en la columna del agua, ya que la concentración de oxígeno disuelto en la superficie fue alta y tiende a disminuir al aumentar la profundidad del sistema. En el cuerpo de agua se observó una concentración máxima de oxígeno de 10 mg/l en enero y febrero así como un mínimo de 2 mg/l de febrero a agosto a 5 m de profundidad. En el periodo de lluvias las concentraciones mínimas registradas de oxígeno fueron de 0 mg/l (Figura 16).

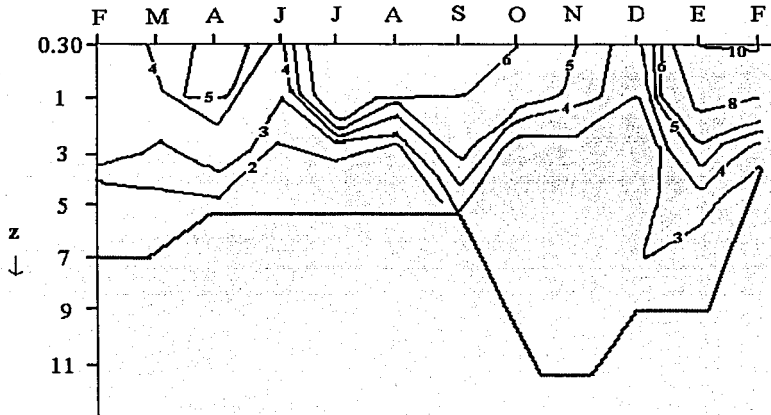


Figura 16. Diagrama espacio-tiempo para el oxígeno disuelto (mg/l) en la Presa Emiliano Zapata.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

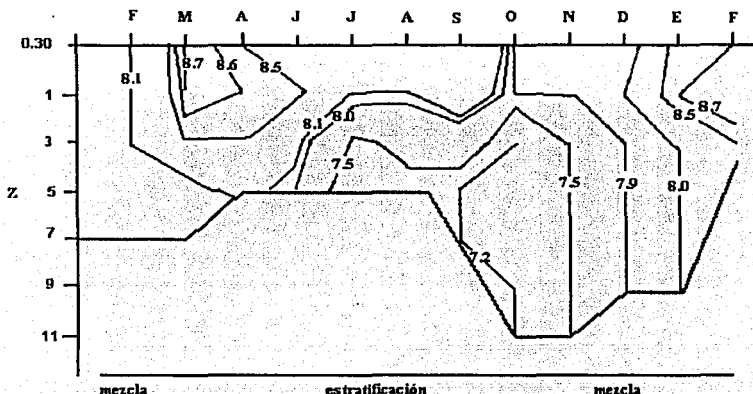


Figura 17. Diagrama espacio - tiempo para pH en la Presa Emiliano Zapata.

El comportamiento del pH puede apreciarse en la Figura 17 que muestra el valor mínimo registrado de 7.2 en las partes más profundas del sistema en los meses de septiembre a octubre y el valor más alto fue de 8.7 en la superficie en los meses de marzo y febrero del 2000. Sin embargo, se observó que los valores de pH se encontraron por encima de 7. Cabe señalar que durante los meses de marzo a octubre se registraron valores por arriba de 8. Por otro lado el valor del pH tiende a disminuir conforme aumenta el volumen del sistema durante la época de lluvias (septiembre-diciembre).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ALCALINIDAD

La alcalinidad tuvo un comportamiento fluctuante a través del tiempo, no así entre niveles con una $F= 1.328$ y $p> 0.05$. Las mayores concentraciones de alcalinidad para el sistema se observaron en los meses junio y julio, la menor concentración en el mes de septiembre durante la época de lluvias (Figura 18).

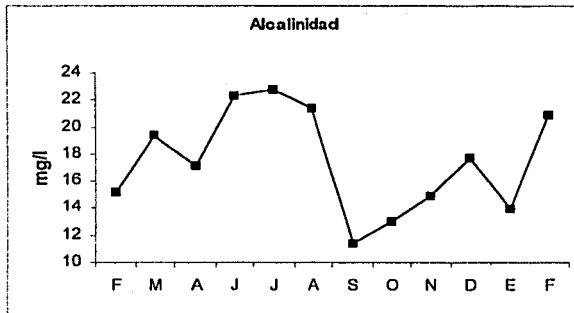


Figura 18. Variación mensual de la alcalinidad en mg/l en la Presa Emiliano Zapata.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DUREZA

Al igual que en la alcalinidad, la dureza total no fluctuó entre niveles ($p > 0.05$). Los valores obtenidos fueron alrededor de 425 mg/l en el mes de julio y 287 mg/l en noviembre. Las mayores concentraciones se registraron en julio y agosto, las menores en el mes de noviembre (Figura 19).

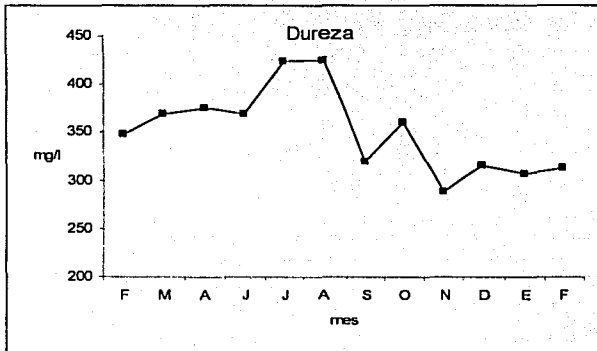


Figura 19. Variación mensual de la dureza total (mg/l) en la Presa Emiliano Zapata.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Del total de organismos muestreados, el 60.42% correspondió a machos y el 39.58% a las hembras, lo que permite estimar una proporción sexual (hembra:macho) 1 : 1.5. Nikolsky (1963) sugiere que la proporción esperada debe ser de 1:1 para la mayoría de las especies; sin embargo, pueden existir diferencias entre poblaciones de la misma especie como observa Basurto (1984), quien encontró una proporción sexual (hembra:macho) 1:1.3 de *Oreochromis niloticus* en la laguna de Chila y Ramos-Cruz (1995) registra valores de 2.6 machos por cada hembra para *O. aureus*, posiblemente se debe a que una vez terminada la fertilización de los huevos, los machos migran hacia áreas someras con el fin de alimentarse y son más vulnerables al arte de pesca, mientras las hembras permanecen en las zonas más profundas de la presa al cuidado de los huevecillos y más tarde al de los alevines, lo que las hace menos vulnerables.

De la relación peso longitud para la población total se obtuvo una pendiente de 2.95, estadísticamente la prueba (t-student; $p > 0.05$) mostró que la pendiente no es diferente de tres, es decir, el tipo de crecimiento anual registrado en *O. niloticus* tiende a la isometría, Everhart y Youngs (1981) mencionan que en el tipo de crecimiento isométrico, todas las partes del cuerpo crecen a la misma velocidad. La importancia de conocer el tipo de crecimiento, es que marca diferencias existentes entre poblaciones de la misma especie o entre la misma población en diferentes años, presumiblemente asociado con una condición nutricional (Ricker, 1975). Este tipo de crecimiento es citado en la misma especie por Córdova (1994) y Barbieri *et al.* (2000).

Aunque no se observaron diferencias significativas entre ambos sexos, se decidió hacer el análisis de la relación peso-longitud para cada uno de los sexos, ya que la fisiología de hembras es diferente a la de los machos. Con respecto a esto se encontró que las hembras y los machos tienden a la isometría.

En el análisis de la relación peso-longitud mensual se detectó que el crecimiento es alométrico negativo en junio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y enero del 2000. En este tipo de crecimiento, los organismos crecen más en longitud que en peso (Everhart y Youngs, 1981). Esto se observa sobre todo durante los meses donde no se lleva a cabo

el período de reproducción, ya que a partir del momento en que se inicia el desarrollo de los órganos sexuales los individuos destinan un mayor gasto energético a los productos sexuales, disminuyendo la elaboración de material para el crecimiento. En los meses de marzo, julio, diciembre y febrero se presenta un crecimiento alométrico positivo (crece más en peso que en longitud) con tendencia a la isometría, ya que la pendiente resultó no ser diferentes de 3 (t -student $p > 0.05$). La especie presenta un período de desove en agosto y julio, las gónadas se encuentran entre los estadios III y IV principalmente; de ahí que el organismo crezca más en peso que en longitud y por eso se muestra un crecimiento alométrico positivo en este período. Lo mismo pasa en el mes de enero, ya que en febrero se realiza un segundo período de reproducción. Adamassu (1996), en un estudio realizado en el Lago Awassa, Etiopía, identificó dos períodos reproductivos: uno en enero y el segundo en julio para la misma especie.

Referente a la talla de primera madurez sexual, la especie en este embalse la alcanza alrededor de los 17.45 cm en hembras y 17.75 en machos. Basurto (1984) cita para la misma especie tallas de 27 a 32 cm; mientras que Huet (1978) menciona para el género tilapia el inicio de la reproducción a los 15 cm de longitud, Morales (1991) señala para *O. aureus* una talla mínima de reproducción a los 16 cm, mientras que *O. mossambicus*, (Gómez *et al.* 1993) tiene un comportamiento más precoz, llegando a su etapa reproductiva desde los 6.2 cm de longitud total. Esto representa que para la especie en la zona de estudio, la talla mínima de reproducción sexual es mayor que la registrada para otras especies, pero menor con relación a la misma especie en otras zonas de estudio. Esto podría deberse a la canalización de energía hacia el proceso reproductivo y mantenimiento metabólico y no hacia el crecimiento corporal y de biomasa. De tal manera, es posible que la disponibilidad de alimento y la densidad de los organismos, sea otro factor que determine el tamaño de esta especie en el cuerpo de agua en estudio.

Las hembras maduran a tallas relativamente menores que los machos lo que concuerda con Morales (1991), quien menciona que en la tilapia, los machos tienen una tasa de crecimiento mayor que las hembras, y Babiker e Ibrahim (1978) indican que las hembras de la *Tilapia nilotica* maduran a tallas menores que los machos (11.4 y 14.3 cm de longitud). Con una luz de malla de 6.5 cm los organismos colectados son muy pequeños, lo que somete a los organismos a un estrés; razón por la cual los organismos maduran a tallas pequeñas.

Con ayuda de la escala gonádica propuesta por Holden y Rait (1975) se identificaron los estadios gonádicos de la especie, agrupando los óvulos por tamaños, ya que los ovarios de la especie son asincrónicos, es decir, el ovario contiene ovocitos en todas las etapas de desarrollo (Redding y Patiño, 1993). Se encontró que las gónadas de las hembras en estadio II presentaron óvulos chicos (300 -1000 μm), en el estadio III con 481 óvulos promedio y con tres tamaños; chicos (300 -1000 μm), medianos (1100 - 2000 μm) y grandes (2100 - 3700 μm). Con respecto a los peces en el estadio IV las gónadas tuvieron un menor número de óvulos (435) pero con dos tamaños; chicos (300 - 1000 μm) y grandes (2100 - 3700 μm), predominando estos últimos, principalmente durante el proceso reproductivo.

Esto mismo se observó para las gónadas de los machos. En el estadio II tuvieron una menor longitud (3.52 cm) y diámetro (1817 μm) en promedio que los peces en estadio IV cuya longitud fue de 6.4 cm y diámetro de 4004 μm en promedio. Esto indica que a mayor longitud corporal de los organismos existe un mayor incremento en los productos sexuales; sin embargo, no es una relación lineal como lo cita García-Berthou y Moreno-Amich (1993).

La fecundidad se vio más relacionada con la longitud ($r^2= 0.47$) que con el peso ($r^2= 0.35$), es decir que a mayor longitud, mayor número de óvulos. Sin embargo, esto se hizo considerando el promedio del número de óvulos por intervalo de talla. Babiker e Ibrahim (1978), mencionan el mismo tipo de relación para *T. nilotica*. El valor mínimo de óvulos cuantificados para ambos ovarios fue de 266 y el máximo de 1110, la fecundidad media fue de 446.3 óvulos. Basurto (1984) refiere un intervalo de 1500 a 5595 huevecillos y una fecundidad media de 3205 para organismos de 23.5 a 32.5 cm; Morales (1991) estima una fecundidad de 1000 a 1800 huevecillos para tallas de 31 a 33 cm y Casas y Benítez (1976), de 888 a 2945 huevecillos en tilapias de 29 a 34 cm. Al parecer mientras mayor es la talla corporal de los organismos mayor es el número de productos como lo demuestran los datos anteriores.

Con base en los estadios de desarrollo gonádico, la especie se reproduce en mayor proporción en julio y agosto, aunque se observa un menor porcentaje en enero y febrero. Esto coincide con lo señalado por Huet (1978) y Morales (1991) sobre la

dependencia del desarrollo gonádico de la tilapia a la temperatura del agua, que para los meses antes señalados fue de 28 a 32°C y que de acuerdo con Philipport y Ruwart (1982 citados en Pizarro y Rojas, 1993), es el intervalo óptimo para la reproducción de la tilapia. Cabe señalar que de octubre a diciembre no se encontraron hembras en estadio IV y se justifica por las bajas temperaturas indicadas para el sistema en este periodo que van de 20 a 26°C y de acuerdo con SEPESCA (1986) no es óptima para la reproducción. Babiker e Ibrahim (1979) y Admassu (1996) al igual que en el presente trabajo mencionan más de un periodo de reproducción de *O. niloticus* al año.

Para apoyar la época de reproducción de la especie en la presa, se utilizó la variación del índice gonadosomático, Babiker e Ibrahim (1978) mencionan que el índice gonadosomático incrementa con el desarrollo progresivo de las gónadas hasta el momento del desove, lo que concuerda con los datos aquí registrados, en donde la máxima maduración gonádica se observa en los meses de febrero, abril, agosto y septiembre y se refleja en el índice gonadosomático que para el mes de agosto y febrero presentan los valores más altos.

Durante la maduración gonadal las hembras de los peces producen vitelogeninas en el hígado que son compuestos que contienen calcio y son transportados hacia los ovarios con la finalidad de prevenir la descalcificación de la hembra y la producción de una cubierta para el huevecillo del pez (Evans 1993). Los valores máximos de índice hepatosomático se detectaron en agosto y concuerdan con el índice gonadosomático.

El factor de condición comúnmente utilizado es el de Fulton, pero en este factor desafortunadamente se utiliza como variable el peso total del pez siendo imposible excluir el efecto de las gónadas, las cuales pueden formar parte del 15% del peso corporal del pez además del contenido intestinal, el cual, puede llegar a representar en algunos peces más del 30% del peso total, de esta manera se puede enmascarar la verdadera dinámica de la condición del pez. Para evitar este problema se utilizó el modelo propuesto por Clark (1928), el cual sugiere calcular el coeficiente del peso del cuerpo del pez sin los órganos internos (Nikolsky, 1963).

El Factor de Condición de Clark es indicador de bienestar o robustez de los peces y sirve de base para inferir cambios en la condición de los peces al aumentar su edad,

fluctuaciones estacionales en el balance metabólico ocasionadas por variación en la disponibilidad de alimento, condición sexual antes y después del desove (Lagler *et al.* 1984; Weatherley y Gill, 1987).

Antes del periodo de máxima reproducción de la especie, el factor de condición en hembras muestra incrementos, disminuyendo en octubre. Esto es debido a que los progenitores le brindan un cuidado posterior a los huevos fertilizados y a las larvas mediante la incubación bucal (Menocal, 1988), razón por la cual la hembra no puede alimentarse durante este periodo y conlleva a un decremento en su peso, después de este periodo el Factor de Condición comienza a aumentar gradualmente.

En el caso de los machos, el factor de condición disminuye en agosto, periodo de reproducción de la especie y se debe al desgaste energético del pez para elaborar el nido y protección del mismo, además del ritual de cortejo que en conjunto generan un desgaste energético importante para el pez.

La estrategia reproductiva que la especie ha desarrollado es la siguiente: el periodo de máxima reproducción identificado en la especie es el de agosto-septiembre cuando el sistema está en la fase final de estratificación y la disponibilidad de alimento es baja, razón por la cual las hembras mantienen a las crías en la boca alimentándose del saco vitelino por un periodo de cinco a ocho días (SEPESCA, 1986). El periodo de lluvias inicia en octubre y es cuando el cuerpo acuático sufre el periodo de circulación produciendo una mayor descomposición de la materia orgánica que ha sido defecada por el ganado que pastorea alrededor, proporcionando alimento a los peces y es entonces cuando las crías comienzan a separarse de la madre para iniciar su alimentación natural.

Para analizar y corroborar los datos morfométricos del ciclo reproductivo de los peces se utilizó el MANCOVA y fue posible corroborar con los índices el periodo de reproducción de la especie en los meses de agosto y febrero principalmente, lo que nos lleva a proponer al igual que García-Berthou y Moreno-Amich (1993) la utilización del MANCOVA en lugar de los índices gonadosomático, hepatosomático y el factor de condición para la identificación del periodo de reproducción en peces, así como la condición de los mismos, debido a que se observa menor variabilidad de la información.

Es importante conocer el estado en el que se encuentra la presa para saber en qué condiciones se está reproduciendo la especie. Este cuerpo de agua fue creado principalmente para el almacenamiento de agua para el riego agrícola y de forma alterna el cultivo de peces. El aporte de agua a su vaso es producto de la época de lluvia y a través de arroyos temporales como son La Piraña, La Joya, El Grillo y el Ranchito (S.P.P. 1981). El vaciado de la presa es debido principalmente a la apertura de la compuerta para el uso de agua en el riego en periodos de secas y en menor medida a procesos de evaporación e infiltración.

Con base a su temperatura la presa presenta un periodo de circulación y otro de estratificación, clasificando el embalse como monomítico cálido (Hutchinson, 1957); es decir que presenta un solo periodo de mezcla al año (de octubre a marzo) y es consecuencia del inicio de la época de lluvias, la disminución de la temperatura y el viento en conjunto ocasionan un aumento en la densidad de la capa superficial del agua y el consecuente hundimiento y mezcla (Wetzel y Sauders, 1975). Producto de este fenómeno se encontraron temperaturas y concentraciones de oxígeno homogéneas para toda la columna de agua.

Cuando las aguas superficiales se calientan, haciéndose menos densas, provoca la estratificación de la presa en los meses de abril a septiembre.

Estos dos periodos (circulación y estratificación) que se llevan a cabo en el sistema tienen una gran importancia ya que en conjunto son responsables de la circulación de nutrientes y otros elementos influyendo en la productividad del sistema (Goldman y Horne, 1983).

Con respecto a la reproducción, el rango óptimo fluctúa entre 25 y 32°C (SEPESCA, 1986) y de acuerdo con Philipport y Ruwart (1982 citados en Pizarro y Rojas, 1993), la temperatura óptima para la reproducción de la especie oscila entre 28 y 32 °C, lo que indica que la especie encontró buenas condiciones de temperatura y por lo tanto no fue factor limitante para la reproducción y el desarrollo de esta especie.

El oxígeno disuelto es el parámetro más importante en los cuerpos acuáticos. Evidentemente es esencial para el metabolismo de todos los organismos acuáticos que presentan una respiración de tipo aerobio, además de influir en gran manera sobre la solubilidad de muchos nutrientes inorgánicos (Wetzel y Sauders, 1975).

Las mayores concentraciones de oxígeno disuelto se presentaron en la capa superficial que fue de 10 mg/l en los meses más fríos (diciembre, enero, febrero), lo que se explica con la ley de Henry, que menciona "La solubilidad de un gas depende de la presión y la temperatura; a menor temperatura mayor concentración de gas" (Tinoco *et al.*, 1980).

Para los meses de sequía (mayo, junio, julio) se encontraron las concentraciones mínimas de oxígeno e incluso en la máxima profundidad se reporta una zona anóxica, Ramos (2001) lo atribuye a que la presa recibe descargas de aguas negras que se acumulan cerca de la compuerta (lugar de monitoreo) y que requiere de mayor demanda de oxígeno para degradarla.

En términos generales, la concentración de oxígeno no fue un factor limitante para la sobrevivencia de la especie, ya que SEPESCA (1988) reporta que la tilapia soporta concentraciones de hasta 0.5 mg/l. A lo largo del año la presa presenta concentraciones de oxígeno de 2 a 10 mg/l y en general el oxígeno se presentó en cantidades suficientes para el desarrollo del pez.

El pH influye en el ambiente químico de los organismos acuáticos y en la disponibilidad del CO₂ en los sistemas acuáticos (Wheaton, 1982). El resultado de la interacción de los procesos abióticos y bióticos del agua (Boyd, 1990) tiende a favorecer la productividad del cuerpo de agua.

El pH del cuerpo acuático, se encontró entre 6.9 y 8.7, el cual se considera óptimo para el buen desarrollo de los peces, en la escala de 7 a 8 propuesta por Stevenson (2000).

La alcalinidad y la dureza del agua afectan directamente el metabolismo de los organismos reduciendo la producción total de la tilapia. Una alcalinidad superior de 175

mg CaCO_3/l resulta perjudicial debido a las formaciones calcáreas que se producen y que afectan tanto a la productividad del sistema como a los peces al dañar sus branquias. Una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO_3/l se considera adecuada y propicia para enriquecer la productividad del sistema (Aguilar y Noriega, 1988). Con base en los datos obtenidos en el presente trabajo se considera que el cuerpo acuático presenta aguas poco productivas, debido a que como lo cita Arredondo-Figueroa (1986), las aguas que contienen 40 mg/l o más de alcalinidad total, son consideradas más productivas que las de baja alcalinidad.

Boyd (1990) considera al agua del sistema como blanda (164 a 228 mg/l) que son menos productivas que las aguas duras, mientras que Martínez (1998) menciona que una baja alcalinidad amortigua pobremente los cambios de pH. Así también, en función de la dureza total que fluctuó entre 287 y 425 mg/l se consideran el tipo de aguas como duras (150 - 300 mg/l) a muy duras (>300 mg/l) según Sawyer y McCarty (1976 citado en Boyd, 1990).

Durante todo el muestreo la dureza total fue mayor que la alcalinidad total lo que significa que la dureza de carbonatos fue igual a la alcalinidad total, además de que los iones calcio y magnesio estuvieron asociados a otros aniones como cloruros, sulfatos, silicatos o nitratos clasificada como dureza permanente, en vez de únicamente con bicarbonatos y carbonatos o dureza temporal según Wetzel y Sauders (1975).

Por lo tanto, el proceso reproductivo de esta especie en el sistema acuático en cuestión se realiza cuando el volumen del embalse empieza a incrementarse (verano) con el consecuente aporte de nutrimentos necesarios para el proceso fotosintético y el aumento en la disponibilidad de alimento así como de condiciones adecuadas de temperatura y oxigenación. Aunque al parecer se reproduce durante todo el año, pero en menor proporción, lo cual es similar a otros cuerpos de agua en los cuales se encuentra en explotación.

CONCLUSIONES

- Los intervalos de talla para machos de *Oreochromis niloticus* fue de 14.1 a 25.5 cm de longitud total y para hembras de 14.2 a 22.4 cm
- El intervalo de peso total para machos fue de 48.35 a 271.4 g y para las hembras de 40.2 a 196.6 g
- La proporción sexual fue de 1.5:1 machos : hembra
- Los machos y las hembras presentaron un tipo de crecimiento alométrico negativo con tendencia a la isometría
- La primera talla de reproducción de la especie fue de 17.74 cm para los machos y de 17.45 cm para las hembras.
- Con base en el índice hepatosomático, gonadosomático y el análisis multivariado de covarianza, la especie lleva a cabo la reproducción en dos períodos: verano (julio-agosto) e invierno (enero y febrero)
- La fecundidad mostró una mayor relación con la longitud total que con el peso total
- La estimación de la fecundidad media fue de 446 óvulos
- En las hembras para el estadio II se encontró un solo tamaño de óvulo (300-1 000 μm); para el estadio III tres tamaños: (300-1 000, 1 100-2 000 y 2 100-3 700 μm) y para el estadio IV dos tamaños (300-1 000 y 2 100-3 700 μm).
- Para los machos en estadio II la longitud del testículo tuvo un promedio de 3.52 cm con diámetro promedio de 1817 μm , en el estadio III de 4.07 cm con un diámetro de 2882 μm y en el IV una longitud de 6.4 cm con diámetro de 4004 μm .

TESIS CON
FALLA DE CUBIERTA

- La temperatura del agua en la cual se lleva a cabo la reproducción osciló entre los 21°C (invierno) y 33°C (verano). La concentración mínima de oxígeno disuelto fue de 2.0 mg/l en verano y la máxima de 10 mg/l en invierno.
- La alcalinidad total y la dureza total fluctuaron entre concentraciones de 11.4 mg/l a 22.8 mg y 425 mg/l a 287 mg/l respectivamente. Este tipo de agua se considera dura con tendencia a baja productividad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE

Escala de madurez de cinco puntos para los reproductores parciales

FASE	ESTADIO	DESCRIPCIÓN
I	Inmaduro	Ovarios y testículos cerca de 1/3 de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, translúcidos; testículos blancuzcos. Huevos invisibles a simple vista
II	Virgen madurando y recuperando	Ovarios y testículos cerca de ½ de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, translúcidos; testículos blancuzcos, más o menos simétricos. Huevos invisibles a simple vista.
III	Madurando	Ovarios y testículos ocupan de 2/3 a toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color rosáceo amarillo con aspecto granular; testículos blancuzcos a crema. No hay huevos transparentes o translúcidos visibles.
IV	Maduro	Ovarios y testículos ocupan de 2/3 a toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja rosáceo o con vasos sanguíneos superficiales visibles. Grandes huevos maduros, transparentes. Testículos blancuzcos crema, blandos.
V	Después de la puesta	Ovarios y testículos contraídos a cerca de 1/2 de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes flojas. Los ovarios pueden contener restos de huevos opacos, maduros, en desintegración o obscurecidos o translúcidos. Testículos sanguinolentos y flácidos.

NEGATIVO
 CON
 FALTA DE ORIGEN

Tomada de Holden y Raitt (1975).

INSTITUTO VETERINARIO
 DE LA FAO

LITERATURA CITADA

- Abdulrahman A. K. (1997). Food, size and condition of *Oreochromis niloticus* in Nigeria (Pisces: Cichlidae) Rev. Biol. Trop. 44.(3): 655-658.
- Adang R. S. (1980). Control of Reproduction of *Tilapia nilotica* using cage culture. Aquaculture, 20: 177-185.
- Admassu D. (1996). The breeding season of tilapia, *Oreochromis niloticus* L. in Lake Awassa (Ethiopian rift valley). Hidrobiología 337: 77-83.
- Aguilar H. P y Noriega C. P. (1985). La Tilapia y su cultivo. Fondepesca. SEPESCA. México. 7-24.
- Alejo P. M., Laguna M. M. y Ramírez T. P. (1989). Estudio de algunos aspectos biológicos de *O. mossambicus* (Osteichthyes : Cichlidae), en la laguna "El Rodeo" Estado de Morelos. Tesis de licenciatura. ENEP Zaragoza. UNAM. 130 p.
- APHA, Awwa-Wpcf. (1980). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17 ed. Ediciones Díaz de Santos. Madrid. 221 p.
- Arredondo-Figueroa J. L. (1983). Especies animales acuáticas de importancia nutricional introducidas en México. Instituto Nacional de Investigación sobre recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México. 8-25.
- Arredondo-Figueroa. J. y Guzmán-Arroyo. M., (1986). Actual situación taxonómica de las especies de la tribu tilapiini (Pisces: Cichlidae) introducidas en México. An. Inst. de Biol. UNAM, Serie Zoología, México. 2: 555-572.
- Arredondo-Figueroa.J. y M.Tejada-Salinas. (1989). El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies, de la Tribu Tilapiini (psices Cichlidae) introducidas en México. An. Inst. Cienc. del Mar y Limnol, UNAM: 16 (1): 59-68.
- Babiker M. M. e Ibrahim H. (1978). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity, Journal Fish Biology, 14: 437-448.
- Barbieri G. (2000). Biología populacional da tilapia, *Oreochromis niloticus*, da represa de Guarapiranga, Sao Paulo, I Estrutura da populacao, I dade e crescimento. Boletim del Instituto de Pesca, San Pablo, Brasil 26(1):1-7.
- Barbieri G. y Cruz B. M. (1988). Age, growth reproduction of *Tilapia rendalli* (Boulenger 1896) (Osteichthyes, Cichlidae) in the monjolinho. Reservoir Sao Paulo State Brazil., Ceres, Vol. XXXV. N 202: 578-585.
- Barbieri G., Giamas M.T.D., Teixeira Filho A. R., Campos E. C. y Vermulm H. (2000). Biología populacional da tilapia, *Oreochromis niloticus*, da represa de

- Guarapiranga, Sao Paulo. II Dinamica da reproducao. Boletín del Instituto de Pesca . Sao Paulo. 26 (1): 9-13.
- Basurto M. (1984). Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la *Tilapia nilotica* (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. Tesis de Licenciatura. Universidad del Noreste de Tampico, Tamp. 50 p.
- Beveridge M. (1987). Cage aquaculture. Fishing new books. Dorchester: 351 p.
- Boyd C. (1990). Water Quality in ponds for Aquaculture, Department of Fisheries and Allied Aquaculture. Alabama. 477 p.
- Casas M. y Benítez E. (1976). Análisis y normalización de métodos de colecta de parámetros biológicos. Mem. Simposio Pesq, Aguas Cont. Tuxtla Gutiérrez, Chls. 343 p.
- Córdova C. A. (1994). Influencia de la densidad y fotoperíodo con diferentes temperaturas en el crecimiento de la Tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*), en condiciones controladas de laboratorio. Tesis de Licenciatura. FES Zaragoza UNAM. 71 p.
- Evans G. (1986). The Physiology of fish. Eds. CRC Press. 435 p.
- Everhart H. W. y Youngs W. D. (1981). Principles of Fishery Science. Segunda Edición Cornell University Press. Nueva York. 351 p.
- Gallardo C. M. y Laguarda F. A. (1985). La reproducción de los peces. Información Científica y Tecnológica, México. 11:10-13.
- García-Berthou E. y Moreno-Amich R. (1993). Multivariate Analysis of covariance in Morphometric Studies of Reproductive Cycle. Canadian Fish Aquatic Science, 50, (19): 1394-1399.
- Goldman R. C. y Home J. A. (1983). Limnology, Mc Graw-Hill, Nueva York. 464 p.
- Gómez M. J. L., Castillo A. R., Fabila G.M. y Zamora D.A. (1993). Reproducción de la Tilapia en la Laguna "El Rodeo" Edo. de Morelos, México. Tópicos de Investigación y Posgrado: 16-22.
- Gómez M. J. L. y Peña M. B. (1995). Los recursos acuáticos del estado de Morelos 1(2): 25-26.
- González R. J. M y López G. A. (1995). Aspectos Hidrobiológicos de la Presa "Emiliano Zapata" Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza UNAM. 72 p.
- Granado L. C. (1996). Ecología de Peces. Universidad de Sevilla. Secretariado de Publicaciones. 183-195.
- Holden M. J. y Raitt D. F. S. (Eds) (1975). Manual de Ciencia Pesquera. Parte 2- Métodos para investigar los recursos y su aplicación: Doc, Téc, FAO Pesca, 115 Rev. 1:211.124-138.

- Hutchinson G. E. (1957). A treatise on Limnology (vol 1 Geography physics and Chemistry). John Wiley and Sons. Nueva York. 115 p.
- Huet M. (1978). Tratado de Piscicultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 309-332p.
- Lagler F. K., Bardach E. J., Miller R. R. y Passino R. D. (1984). Ictiología, AGT Editor, S. A., México. 487 p.
- Lam T.J. (1983). Environmental influences on gonadal activity: In Fish Physiology, Vol IX B, Hoar, W.S., Randall, D.J. y Donalson, E. M. Eds., Plenum Press, Nueva York. 67 p.
- Martínez C. L. (1998). Ecología de los sistemas acuícolas. AGT. Ed. México. 226 p.
- Menocal R. R. (1988). Fecundidad de la Tilapia *Oreochromis aureus*, Steindachner (1864), en la Presa Zaza. Latin Acuicultura. Lima Perú. N 36: 44-48.
- Miller P. J. (1984). The Tokology of Gobioid Fishes 119-154. In Fish Reproduction: Strategies and Tactics, (Potts, G. W. & R. J. Wootton) Academic Press Londres. 189 p.
- Morales D. A. (1991). La Tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. AGT. Editor, D. F. 186 p.
- Nikolsky G. V. (1963). The ecology of fishes. Academic Press. Nueva York. 352 p.
- Pizarro J. F. y Rojas R. J. (1993). Presencia de Tilapia, *Oreochromis* (Pisces: Cichlidae) en la desembocadura del Río Bebedero, Golfo de Nicoya, Costa Rica. Rev. Biol. Trop. Vol. 41 (3-B): 921-924.
- Rabinovich J. E. (1980). Introducción a la ecología de las poblaciones animales, Editorial CECSA, México. 313 p.
- Ramos-Cruz S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México. Ciencia Pesquera. Nueva época, No. 11: 54-61.
- Ramos M. S. (2001). Análisis de la calidad del agua y biomasa del fitoplancton de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México, Tesis de licenciatura, FES Zaragoza. UNAM. 78 p.
- Redding J. M. y Patiño N. (1993). Reproductive Physiology. In The Physiology of Fishes. (Evans, D. H. de.). CRC Press, Inc: 503-534.
- Ricker W. E. (1975). Handbook of computations for Biological statics of fish. Res. Bd. Can. 119: 300.
- Ricker W. E. (1979). Growth rates and models. En: Hoar, W. S., D. J. Randall y J. R. Brett (eds). Fish Physiology Vol. 8 Academic, Nueva York. 677-743.
- Rodríguez G. M. (1992). Técnicas de Evaluación Cuantitativa de la Madurez Gonádica en Peces, AGT Editor, S. A., México: 1-18.

- SAHR (1992). Técnicas de Análisis Físicoquímicos para Aguas, 5ª edición, México: 319 p.
- Santiago C. B., Aldaba B. M., Laro A. M. y Reyes S. O. (1988). Reproductive Performance and Growth of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Broodstock Fed Diets Containing Leucaena leucocephala Leaf Meal. *Aquaculture*, 70: 53-61.
- Salgado U. I. (1992). El Análisis Exploratorio de Datos Biológicos, Fundamentos y Aplicaciones. Marc Ediciones, ENEP Zaragoza, UNAM, México. 241 p.
- SEMARNAP (1998). Anuario estadístico de pesca. México. 232 p.
- SEPESCA (1986). Piscicultura de Agua Dulce. Manual-Recetario. Bagre-Carpa-Tilapia-Trucha. 461 p.
- SEPESCA (1988). Manual Técnico para el Cultivo de la tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. 202 p.
- Shoesmith E. (1990). A comparison of methods for estimating mean fecundity, *Journal Fish Biology* 36: 29-37.
- Smitheman R. O., Khater A. A., Cassell N. I. y Donhan R. A. (1988). Reproductive performance of three strains of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 70: 29-37.
- S. P. P. (1981). Síntesis Geográfica del Estado de Morelos INEGI, México.
- Stevenson J. P. (2000). Manual de cría de la trucha, Acribia, Zaragoza España. 219 p.
- Stewart M. K. (1988). Changes in Condition and Maturation of the *Oreochromis niloticus* L. Population of Ferguson's Gulf, Lake Turkana, Kenya. *Journal Fish Biology*. 33: 181-188.
- Suárez Z. R. (1980). Cómo se reproducen los peces, La Ciencia en la Pesca, Técnica Pesquera. Octubre: 35-36.
- Sugunan V. V. (1997). Fisheries Management of Small Water Bodies in Seven Countries in Africa, Asia and Latin America. FAO Fisheries Circular . Roma . No 933: 149.
- Tinoco I., Sacer K. y James C. (1980). Físicoquímica: Principios y Aplicaciones en las ciencias biológicas. Dossat. Madrid. 640 p.
- Weatherley A.M. y Gill H. S. (1987). The Biology of fish growth. Academic Press. Londres. 443 p.
- Wetzel G. R. y Saunders W. B. (1975). Limnology, Co. Filadelfia. 743 p.
- Wheaton F. W. (1982). Acuicultura, AGT Editor. S. A. México. 703 p.