



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN DE *O. niloticus*
(Linnaeus, 1757)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

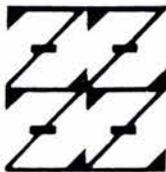
B I Ó L O G O

P R E S E N T A

FABIOLA DE JESÚS CANSECO JAVIER

DIRECTOR DE TESIS: DRA. BERTHA PEÑA MENDOZA

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO HUMANO ES JE
DE NUESTRA REFLEXIÓN

MEXICO, D.F

AGOSTO, 2004



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

Una vez alguien me dijo, esta carrera no es de velocidad sino de resistencia, por eso hoy doy gracias a **Dios** y a **mi familia** por darme la fuerza necesaria para resistir y llegar al final de este camino que ha dejado huellas profundas e imborrables durante su recorrido.

Gracias a la Universidad Nacional Autónoma de México por acogerme, formarme y ser parte de ella.

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza Campus II por todo la ayuda proporcionada para la realización de este proyecto y por formarme como profesionista.

A los doctores Bertha Peña Mendoza y José Luís Gómez Márquez, por guiarme y apoyarme en esta empresa y por su amistad.

M en IBSH. Angélica Flores Ramírez por sus grandiosos consejos y comentarios para enriquecer este trabajo y a mi persona, muchas gracias.

Dra. Leticia Morales Ledesma por sus comentarios y observaciones que sirvieron para enriquecer este trabajo.

Biol. Marisela Valdés Ruiz por aceptar ser parte de este propósito.

Mis compañeros y amigos: Yola, Yadis, Liz y Betty y al Biol. José Luís G., por su gran amistad, por sus grandes consejos y apoyo técnico en este proyecto y sobre todo por soportarme.

A la Cooperativa Pesquera de Tilzapotla y Coatetelco en Morelos, por su disposición y facilidades prestadas para la realización del proyecto en campo.

DEDICATORIAS

A la memoria de **Lucía Domínguez** quien siempre estará en mi mente y corazón.

A mis padres: **Manuel J. Canseco Domínguez** y **Concepción Javier Morales**, por ser mis más grandes mentores y los mejores ejemplos a seguir, por todo el apoyo, complicidad y amor desmedido que me dan y sobre todo ser los mejores padres de **mi mundo**. Va por ustedes.

A mis queridísimos y amados hermanos: **Jenny, Manuel** y **Luís**, que me soportaron y apoyaron en esta empresa y durante mi vida, los quiero 1 ch.

A **María Luisa Morales** por ser paciente y verme alcanzar una de mis grandes metas, te quiero abue.

Y a todos los que creyeron en mí, pero sobre todo a los que no creyeron que ese día llegaría.

ÍNDICE

	PÁGINA
RESUMEN	i
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
DESCRIPCIÓN Y TAXONOMIA DE LA ESPECIE	9
ÁREA DE ESTUDIO	
• Lago Coatetelco	11
• Presa Emiliano Zapata	12
• Unidad Acuícola Experimental “Zaragoza”	13
OBJETIVOS	15
MATERIAL Y METODOS	16
RESULTADOS	
• Longitud y Peso	21
• Proporción sexual	23
• Relación Peso-Longitud	26
• Factor de Condición	32
• Incremento en talla y peso	38
• Longitud de primera maduración sexual	40
• Índice gonadosomático y hepatosomático	43
• Madurez gonádica	49
• Descripción de testículos	51
• Descripción de ovarios	53
• Análisis histológico	57
• Factores ambientales	65
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	69
CONCLUSIONES	80
REFERENCIAS	82

RESUMEN

En el presente trabajo se realizó el estudio del ciclo reproductivo de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) en diferentes sistemas acuáticos: naturales, estanques y acuarios, de noviembre del 2001 a octubre del 2002. De la pesca comercial local con atarraya de 6.5 cm de luz de malla, se obtuvieron del lago de Coatetelco 285 individuos con una proporción sexual de 3:1 (macho:hembra); la talla de primera madurez sexual para machos fue de 14.45 cm y 14.15 cm para hembras. Para la presa Emiliano Zapata con el mismo arte de pesca se analizaron 243 organismos, que registraron proporción sexual de 6.9:1 (macho:hembra), con talla de primera madurez sexual para los machos de 15.45 cm y 15.17 cm en hembras. Para el caso de los animales de los acuarios la talla de primera madurez sexual fue de 7.5 cm en hembras. El crecimiento de los organismos de todos los sistemas fue de tipo alométrico negativo con tendencia a la isometría. Con base en la proporción de estadios gonádicos y el índice gonadosomático, se estableció que en junio-julio fue la época de reproducción máxima en el lago de Coatetelco y julio-septiembre en la presa. Los diámetros y el número de óvulos fueron mayores en los organismos del lago que el de la presa y acuarios. Se registró para el estadio II de maduración en las hembras del lago y la presa, dos tamaños: pequeños (100 – 1000 μm) y medianos (1100 – 2000 μm), en el estadio III, tres tamaños: pequeños, medianos y grandes (2100 – 3000 μm) y para el estadio IV solo dos tamaños: pequeños y medianos. En el caso de las hembras de los acuarios los diámetros de los óvulos fueron: estadio II pequeños (200 – 700 μm) y medianos (800 – 1700 μm); el estadio III pequeños y medianos y para el estadio IV, pequeños y grandes (1800 – 2000 μm). En los ovocitos primarios se identificaron células de la teca, células de la granulosa, membrana basal, zona pelúcida, citoplasma, núcleo y nucleolos. En los ovocitos maduros solo se identifican las células de la teca, células de la granulosa y vesículas proteicas y lipídicas.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne durante 1999 a través de la acuicultura rural rebasó las 9 mil toneladas y en términos de impacto social fue posible atender a 53 mil familias, de 2 mil 343 comunidades y 576 municipios, lo que significó que cada vez más mexicanos que viven en zonas marginadas modificarán sus condiciones de vida a través del consumo de alimentos de alto contenido proteínico y en ocasiones, mejora el ingreso familiar (Ramírez y Sánchez, 2000).

Morelos es un Estado que posee un gran potencial en cuanto a cuerpos de agua, tanto por su distribución como por su número. Cuenta con siete ríos que recorren gran parte del territorio, seis lagos con diferentes características, 124 embalses entre presas y bordos, así como alrededor de 50 manantiales. Los cuerpos de agua que destacan son el lago de Tequesquitengo, el lago "El Rodeo", la presa en el municipio de Axochiapan, los "Carros", la presa "Emiliano Zapata" con un volumen de 1 560 000 m³ (Contreras-Macbeth, 1995), y el lago de Coatetelco con un superficie de 150 ha (Arredondo-Figueroa y Aguilar-Díaz, 1987).

Dado el carácter esencialmente práctico, económico y ecológico de estos sistemas acuáticos, se ha impulsado la realización de diversos estudios con respecto a su calidad de agua y algunos de la biota existente, entre los que destacan el estudio de la biomasa fitoplanctónica, edad y crecimiento de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757); sin embargo, muy poco se sabe sobre aspectos reproductivos de esta especie.

Oreochromis niloticus es una de las especies más importantes para la acuicultura del estado de Morelos, ya que ocupa el 1er lugar en volumen de la captura en peso vivo, lo que representó para el 2000 el 94%, en comparación con las demás especies en el estado. El volumen de producción de mojarra y el valor de la producción pesquera de acuicultura para el estado de Morelos fue de 636 toneladas y 597 mil pesos (Anónimo, 2001).

A pesar de lo anterior, el cultivo de la tilapia a nivel mundial presenta grandes problemas, debido principalmente a su maduración precoz, reproducción prolífica, sobrepoblación y bajo crecimiento; además las tilapias a menudo son consideradas como nocivas, debido a que compiten por alimento y espacio con las especies nativas (Varadaraj *et al.* 1994).

Se sabe que la reproducción es el proceso biológico por el cual las especies se perpetúan y en combinación con los cambios genéticos, aparecen por primera vez características para las nuevas especies. Son posibles por lo menos tres tipos de reproducción: bisexual, hermafrodita y partenogenética. En la primera que es la que prevalece, los espermatozoides y los óvulos se desarrollan en individuos masculinos y femeninos separados. En el hermafroditismo (un tipo de intersexualidad), los dos sexos se encuentran en un mismo individuo. El hermafroditismo sincrónico, visto desde el punto evolutivo, puede ser la forma más ventajosa de reproducción. La partenogénesis consiste en el desarrollo del óvulo sin fertilización, para lo cual se requiere del apareamiento con un macho, pero el espermatozoide sirve sólo para una de sus dos funciones, la de provocar el desarrollo del óvulo y sin la participación en el proceso de la herencia. La cría resultante está formada siempre por hembras que no presentan trazas de caracteres paternos (Lagler *et al.*, 1984). La tilapia, posee un tipo de reproducción bisexual (Morales, 1991).

La conducta reproductora en la mayoría de los animales es cíclica, en periodos más o menos regulares, y esto ocurre en casi todos los peces. En la tilapia se ha observado que esta especie se reproduce hasta 10 veces al año, lo que va a depender de factores ambientales como: fotoperiodo y temperatura entre otros, además de la presencia del sexo opuesto, cantidad y calidad de alimento, etc. (Morales, 1991).

Existen otros factores que influyen en la reproducción, entre ellos está la edad, el crecimiento, la talla y la alimentación. Otro factor importante es la fecundidad, la

cual aporta los datos necesarios para conocer el potencial reproductivo. Se entiende por fecundidad el número de óvulos maduros en el ovario de la hembra justo antes del desove y se puede cuantificar de tres formas diferentes, la primera es la fecundidad absoluta, que es el número de óvulos que se encuentran en el ovario y se aplica a nivel individuo; la segunda es la fecundidad relativa, se obtiene del número de óvulos por unidad de peso y la tercera, es la fecundidad poblacional que es la suma de las fecundidades absolutas y relativas y por lo tanto, el número de óvulos desovados en una temporada (Rodríguez, 1992).

Así mismo, la fecundidad de los peces esta íntimamente relacionada con la protección de los huevecillos. Existen especies que los protegen por medio de la construcción de nidos en la arena, lodo, roca, túneles y plantas flotantes; otras especies incuban los huevecillos en la cavidad bucal, tal es el caso de la especie en estudio, o bien los transportan adheridos en distintas partes del cuerpo (Lagler *et al.*, 1984; Bardach *et al.* 1986; Morales, 1991).

En la mayoría de las especies el ciclo reproductivo es anual, pero en otras, sobre todo en ciertas especies migratorias es bianual o con mayor frecuencia. Esto hace que el periodo reproductivo varíe considerablemente en las diferentes especies, lo que ha dado como resultado un gran número de escalas que describen las características, crecimiento y maduración de las gónadas para explicar el ciclo reproductivo de algunos peces, mismas que están basadas en una escala universal, como por ejemplo: como por ejemplo: la escala de Pouslin para gádidos; la de Kulaev y Mayer para ciprínidos y percas; la de Buckman y Nikolsky (1663) para la mayoría de los teleósteos (citados en Rodríguez, 1992) y la de Holden y Raitt (1975), que es la escala en la que se basará este estudio.

ANTECEDENTES

Babiker e Ibrahim (1979) al efectuar un estudio sobre la biología de la reproducción de la *Tilapia nilotica* (= *Oreochromis niloticus*) de diferentes edades, observaron que la fecundidad varía más con la longitud ($r=0.860$) y peso corporal ($r=0.806$) que con la edad ($r=0.604$).

Alejo *et al.* (1989) realizaron un estudio durante el periodo comprendido entre diciembre de 1986 a noviembre de 1987, en el lago "El Rodeo", Estado de Morelos, y analizaron algunos aspectos ecológicos, reproductivos y poblacionales de *Oreochromis mossambicus*. Obtuvieron una proporción sexual hembra-macho de 5:4, se observó un comportamiento multimodal en ambos sexos, con dos periodos reproductivos, en diciembre y septiembre respectivamente. La fecundidad se vio más relacionada con el peso total de los organismos. El crecimiento fue de tipo alométrico negativo.

Alvarado *et al.* (1990) trabajaron en el lago "El Rodeo", Morelos, sobre algunos aspectos reproductivos de la mojarra *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852), y establecieron que la proporción de sexos de la población fue de 1:1, la longitud patrón mínima de madurez gonádica fue de 6.4 cm en hembras y 6.8 cm en machos. La fecundidad de las hembras se vio influenciada por la longitud (86.1%) y no por el peso (75.6%), siendo menor de 500 óvulos por desove. También encontraron que el comportamiento del coeficiente de madurez, factor de condición, frecuencia de longitudes y otros aspectos determinaron la existencia de tres épocas reproductivas en el lago (primavera, verano e invierno) con mayor intensidad reproductiva en verano (julio).

Morales (1991) describe algunos estudios biológicos y la historia de las diferentes especies de tilapias que han sido realizados a escala mundial y en México, principalmente en el estado de Oaxaca, lugar en donde se inició la siembra de tilapia en 1964 y las especies que fueron incluidas en esta introducción fueron: *T.*

aurea (= *Oreochromis aureus*), *T. melanopleura* (= *Tilapia zilli*) y *T. mossambica* (= *Oreochromis mosambicus*). Por su alto potencial biológico y capacidad de adaptación a diferentes ambientes fueron distribuidas a una gran cantidad de cuerpos acuáticos, hoy en día se cultivan en los estados de Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Guerrero, Tabasco, Morelos y Sinaloa.

Flores (1994) evaluó el crecimiento de *O. niloticus* en dos estanques de concreto de 50 m² con una densidad de 5 org/m² con fertilización orgánica y química, en el periodo de octubre de 1991 a agosto de 1992. Reporta que el tipo de crecimiento que se observó en la población fue alométrico negativo para los peces de ambos sistemas. La tasa de crecimiento instantánea de la especie con fertilización orgánica presentó mayor ganancia en peso que con el inorgánico. La producción total de pescado fue de 2138 kg/ha/300 días para el estanque con fertilización orgánica y 1506 kg/ha/300 días para el inorgánico.

Cordova (1994) al trabajar con *O. niloticus* bajo condiciones de laboratorio y con diferentes temperaturas, densidades y longitud de las horas luz, determinó que el tipo de crecimiento para ambos sexos fue alométrico negativo a baja densidad (4 organismos, 25 °C y fotoperiodo de 12L/12O), a 24 horas luz todos los subtratamientos presentaron un tipo de crecimiento alométrico negativo; a 24 horas de oscuridad y baja densidad presentaron un crecimiento con tendencia a la isometría y a alta densidad alométrico negativo. En cuanto a la longitud patrón de las hembras solo fue significativamente diferente dentro de los subtratamientos a baja densidad, alta temperatura (29°C) y fotoperiodo de 12L/12O ($p < 0.05$). Para el peso la diferencia se dio a baja densidad y alta temperatura a 12L/12O ($p < 0.05$). El peso de las gónadas y el índice gonadosomático (IGS) en las hembras en los tres tratamientos fueron significativamente diferentes a baja densidad y alta temperatura ($p < 0.05$). En los machos el peso y la longitud patrón presentaron el mismo comportamiento que en las variables anteriores con $p < 0.05$.

Palacios (1995) realizó el estudio biológico pesquero de la tilapia *O. aureus* en la presa Adolfo López Mateos (El infiernillo), Michoacán-Guerrero. 6000 organismos fueron analizados de los cuales el 56.3 % eran hembras y el 43.7 % machos; es una especie asincrónica que presenta diferentes estadios de madurez gonádica antes y después del desove, presenta dos picos reproductivos, el más evidente en los meses de abril a junio y el otro en los meses de octubre a diciembre.

Ramos-Cruz (1995) realizó un estudio sobre la reproducción y crecimiento de la mojarra-tilapia *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864), en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México y los resultados que obtuvo fueron que los machos conformaban el 72.2% de la población, los peces alcanzan la primera madurez sexual a los 235 mm de longitud total; además observó desoves en todos los meses, pero se detectaron tres periodos de mayor intensidad: febrero a marzo, junio y julio y octubre. En este trabajo el autor también propuso un periodo de veda de febrero a marzo para proteger el proceso de reproducción.

Garduño y Avelar (1996) llevaron a cabo un estudio de edad y crecimiento de *O. niloticus* en el lago de Coatetelco y reportan que la mojarra presenta un crecimiento alométrico negativo con base en la relación peso-longitud, con valores de pendiente de 2.3730, 2.3569 y 2.3716 para machos, hembras y la población total respectivamente. Se observó que no existe diferencia en el crecimiento para ambos sexos. Los valores del factor de condición evidencian la posible presencia de dos épocas reproductivas principales, en enero y junio.

Bernal (1998) evaluó el crecimiento de *O. niloticus* sembrada a una densidad de carga de 6 org/m² en el periodo de mayo a noviembre de 1995, en 2 estanques de concreto con tres divisiones cada uno y dimensiones de 10 m de largo 5 m de ancho y 1 m de profundidad. Uno fertilizado de manera orgánica (E2) y el otro con fertilizante químico (E1). El tipo de crecimiento que se presentó para la tilapia en la división uno (E1D1) y división dos (E1D2) fue de tipo alométrico negativo, mientras que el resto de las divisiones de los dos estanques, se presentó un crecimiento alométrico positivo. La tasa de crecimiento, el porcentaje de ganancia

e incremento diario en peso y longitud tuvieron tendencia a disminuir con respecto al tiempo, el comportamiento del crecimiento de los peces del estanque uno fue $D2 > D3 > D1$ y para el estanque dos $D3 > D2 > D1$, la mayor mortalidad se registró en el E1.

Peña (1999) realizó el estudio sobre análisis de los factores ambientales y neuroendocrinos que regulan el crecimiento y la maduración sexual de la tilapia *O. niloticus*. Observó que los machos tienen mejor crecimiento a menor densidad de carga, mientras que en las hembras no influye el número de animales por unidad de volumen, cuando menos hasta la edad de 120 días. El crecimiento tanto en peso total como longitud, no se vio afectado por las diferentes condiciones de fotoperiodo al cual fueron sometidos los machos. Sin embargo, en las hembras dicho crecimiento fue mejor al exponerlas a condiciones de oscuridad total.

Barbieri *et al.* (2000) investigaron aspectos de reproducción de *O. niloticus* a través de ejemplares colectados en la presa Guarapiranga (Sao Paulo), en el periodo de agosto de 1996 a julio de 1997. El periodo reproductivo se extiende de septiembre a diciembre y el desove fue de tipo fraccionado. El tamaño de la primera maduración gonadal fue estimada en 76 mm, lo que corresponde al primer año de vida.

Gómez-Márquez (2002) en su estudio limnológico-pesquero del lago de Coatetelco Morelos, obtuvo una proporción de sexos para la tilapia de 1:1 ($\chi^2 = 0.07$; $p > 0.05$). Como talla de primera madurez sexual reporta 14.5 cm de longitud total y 50 g de peso total. Observó que la fecundidad está en mayor asociación con la longitud total ($r^2 = 0.8083$) que con el peso total. El número de óvulos de las gónadas osciló entre 104 y 750 con diámetros 1 000 a 3 000 μm , lo que resultó en una baja fecundidad.

Pérez y Patlani (2002) realizaron un estudio en la presa Emiliano Zapata sobre edad y crecimiento de la especie *O. niloticus*. Estimaron que la proporción de

sexos de *O. niloticus* obtenida de la captura comercial con atarraya de 6.5 cm fue de 1.4:1 (macho:hembra). Con respecto a la relación peso total-longitud total para la población de machos se registró que tienen un crecimiento que tiende a la isometría mientras que en las hembras se encontró un crecimiento alométrico negativo. Por otra parte, se encontró que no hay efecto del sexo sobre la relación peso-longitud total desde el punto de vista estadístico.

Ramírez y Cruz (2002) analizaron los aspectos reproductivos de la tilapia *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata en el estado de Morelos entre febrero 1999 a febrero del 2000. Se obtuvo una proporción sexual de 1:1.5 hembras:machos. La talla de la primera madurez sexual para las hembras 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 registró que los ovarios en estadio II tuvieron una longitud promedio de 2.9 cm con 581 óvulos chicos (300-1000 μ m) en promedio; en el estadio III el ovario tuvo una longitud de 3.3 cm con 481 óvulos de tres tamaños; chicos (300-1000 μ m), medianos (1100-2000 μ m) y grandes (2100-3700 μ m); en el estadio IV las gónadas presentaron una longitud de 3.8 y 435 óvulos de dos tamaños: chicos (300-1000 μ m) y grandes (2100-3700 μ m). En machos las gónadas en estadio II la longitud promedio fue de 3.52 cm y 1817 μ m de diámetro gonadal, en estadio III la longitud fue de 4.07 cm con un diámetro de 2882 μ m y para el estadio IV de 6.4 cm con 4004 μ m. La fecundidad estuvo más relacionada con la longitud que con el peso total, e identificaron dos periodos de desove con base en la madurez gonádica, el índice hepatosomático, gonadosomático y el factor de condición.

DESCRIPCIÓN Y TAXONOMIA DE LA ESPECIE

Los peces que comúnmente se conocen como tilapias o mojarra africanas pertenecen a la familia de los cíclidos. Dentro de la familia Cichlidae se ubican en la tribu Tilapiini. Los miembros de esta tribu presentan aleta dorsal grande y espinosa, un orificio nasal a cada lado del cuerpo por encima de los labios, el cuerpo es oprimido lateralmente y una línea lateral interrumpida en dos partes, las escamas son cicloideas. Presentan hileras de dientes bicúspides o tricúspides en las mandíbulas superior e inferior, así como dientes faríngeos en la base del hueso faríngeo en la garganta (Arredondo-Figueroa y Tejeda Salinas, 1989).

La tribu Tilapiini se clasifica según sus hábitos reproductivos en cinco géneros:

Género	Subgéneros	Hábitos reproductivos
<i>Tilapia</i>	3-4	Desovan sobre un sustrato y cuidan los huevos y alevines.
<i>Tristamella</i>	-	Incubadores bucales biparentales.
<i>Danakilia</i>	-	Incubadores bucales (no se conocen detalles).
<i>Sarotherodon</i>	-	Incubadores bucales maternos, paternos o biparentales.
<i>Oreochromis</i>	<i>Oreochromis</i>	Desovan en la arena y son incubadores maternos
	<i>Alcolapia</i>	Probablemente como <i>Oreochromis</i> .

Anónimo (1988)

Posición taxonómica de *Oreochromis niloticus*:

Phylum :	Vertebrata
Subphylum:	Craneata
Clase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Familia:	Cichlidae
Género:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>Oreochromis niloticus</i>

(Trewavas, 1983, citado en SEPESCA, 1988)

Oreochromis niloticus presenta de 19 a 22 branquiespinas en la parte inferior del primer arco branquial; aleta dorsal XVII a XVIII; aleta anal III, 10 a 11; aleta pélvica I, 5; pectorales 15. De 30 a 32 escamas en una serie longitudinal. La coloración del cuerpo es rosada a morado oscuro, con el filo de la aleta dorsal de color negro, la cabeza rojo púrpura, el vientre rojo o morado y la aleta dorsal presenta líneas negras verticales finas, el color de los ojos es rosado claro y el perfil frontal es convexo (Arredondo-Figueroa y Guzmán-Arroyo, 1986) (Figura 1). Con respecto al hueso faríngeo, éste presenta un área dentada con una densidad baja. En la parte superior presenta dientes bicúspides mientras que en el área inferior presenta dientes monocúspides, curvados hacia atrás (Arredondo-Figueroa y Tejeda Salinas, 1989).

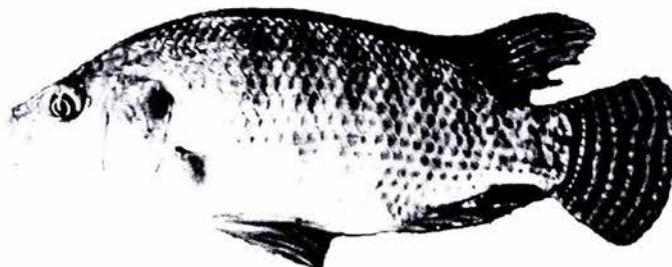


Figura 1. *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757).

ÁREA DE ESTUDIO

El presente trabajo se realizó en el Lago de Coatetelco y la Presa Emiliano Zapata localizados en el Estado de Morelos, así como en la Unidad Acuícola Acuícola Zaragoza ubicada en la Ciudad de México, D. F.

El Lago de Coatetelco

Se localiza en la vertiente sur de la Sierra Volcánica Transversal y forma parte de la cuenca del Río Balsas. Se encuentra entre los 18° 45' de latitud norte y los 99° 20' de longitud oeste, a una altura de 1000 msnm y pertenece al municipio de Miacatlán, Estado de Morelos (Figura 2). El tipo de clima de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por (García en 1973) es Aw" (w) (i') g, cálido subhúmedo con lluvias en verano, el porcentaje de lluvia invernal menor a 5 mm. La precipitación media anual fluctúa entre los 800 y 1000 mm. La precipitación máxima se presenta en septiembre con lluvias que oscilan entre 190 y 200 mm, la mínima ocurre en febrero, marzo y diciembre con un valor menor a los 5 mm. La temperatura media anual es de 24 a 26 °C. La temperatura más alta se presenta en mayo y es de 32 a 33 °C, y la más baja se registra en diciembre y enero con valores de 20 a 21 °C. (Anónimo, 1981).

La hidrografía de este municipio es atravesado por el río Tembembe que nace en el Estado de México, sus afluentes de aguas broncas son el arroyo Seco y el arroyo de Chiltepec, que nacen en las montañas de Palpan; sus aportes de agua llegan al lago Coatetelco y al lago El Rodeo. Además se cuenta con un pozo profundo para uso agrícola que produce 60 litros por segundo y 8 pozos más en la región de Coatetelco que producen entre 20 y 40 litros por segundo también para riego, además de 9 pozos de agua para consumo humano.

La vegetación esta constituida principalmente por selva baja caducifolia de clima cálido[Internet (1)].

La superficie que abarca el lago es de 150 ha con una profundidad media de 1.5 m. La máxima transparencia es de 30 cm, temperatura media de 26.5 °C y 6.8 mg/l de oxígeno en promedio, con pH en el intervalo de 7.2 a 9.6. (Garduño y Avelar, 1996).

La Presa Emiliano Zapata

Se encuentra ubicada en el ejido de Tilzapotla que pertenece al municipio de Puente de Ixtla, localizado al suroeste del estado de Morelos, entre los 18° 30' latitud norte y 99° 16' 34" longitud oeste en una altura de 899 msnm (Figura 2). El clima de acuerdo a Köppen modificado por García en 1973 es Aw" (w) (i') g cálido subhúmedo, porcentaje de lluvia invernal menor de 5 mm, precipitación del mes más seco aproximadamente de 40 mm. La precipitación anual fluctúa entre 800 y 1000 mm. La temperatura media anual es de 26°C, la temperatura mínima anual es de 20.8°C y la temperatura máxima anual es de 28.3°C (Anónimo, 1981). El tipo de suelo que se presenta es aluvial. La flora está constituida principalmente por selva baja caducifolia de clima cálido [Internet (2)].

La hidrografía del municipio es :Corriente agua (Chalma, Los Arcos, Rancho Viejo, Tembembe, Amacuzac, Apatlaco, Salado, Cacahuananche, Ahuehuetzingo, Contreras, Panzacola, Bejuquera, Los ídolos, Grande, Las Tenerías y El Ranchito). Lagos (Dos quintas partes de Tequesquitengo). Presas (Emiliano Zapata en Tilzapotla y Presa Plan de Ayala) (Anónimo, 1999).

La presa 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 media es de 3.83 m (Pérez y Patlani, 2002).

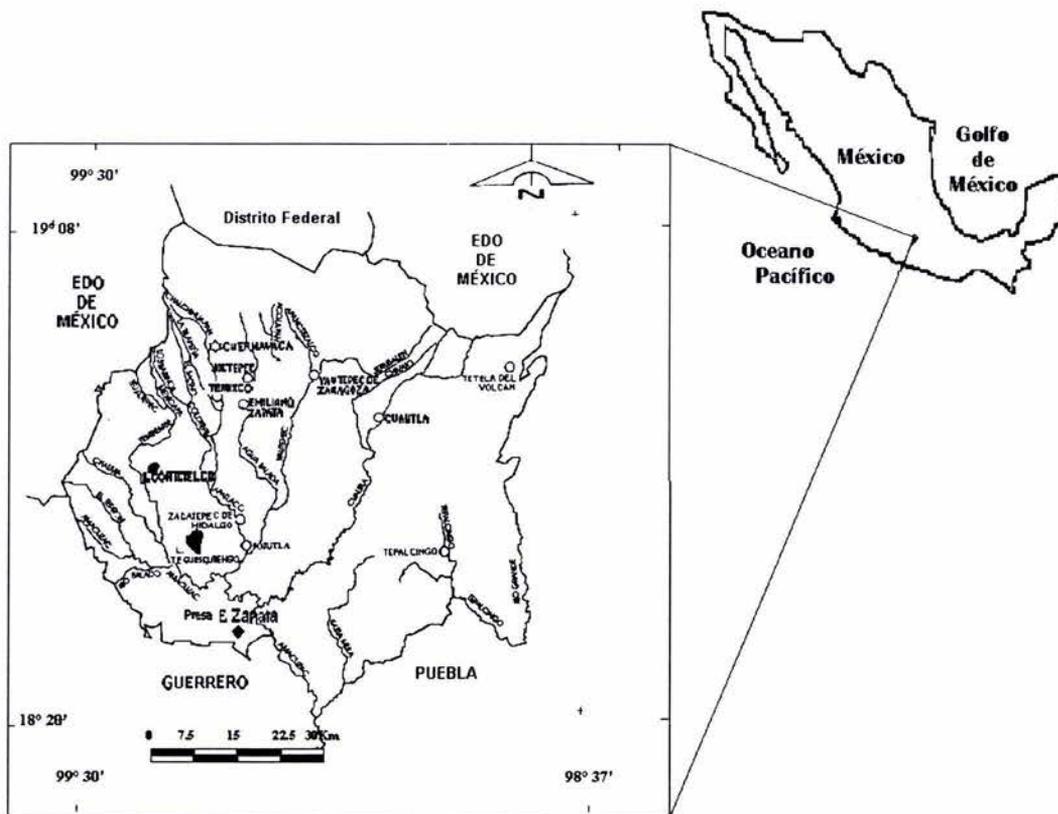


Figura 2. Ubicación del Lago de Coatepec y la presa Emiliano Zapata en el Estado de Morelos

La Unidad Acuícola Experimental “Zaragoza”.

Se encuentra ubicada en la Delegación Iztapalapa al Oriente de la Ciudad de México (Figura 3), entre los 19° 21' latitud norte y 99° 06' longitud oeste, a una altitud de 2240 msnm (Anónimo, 2002a), presenta clima C(Wo) BS₁K templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad 82.42% (de superficie delegacional) y 17.58 % semiseco templado; temperatura media anual de 16.6°C y precipitación mínima menor al 1% en febrero y máxima de 164 mm en junio, con lluvias en verano y vientos dominantes del suroeste la mayor parte del año y del norte y noroeste en otoño (Anónimo, 2002b).

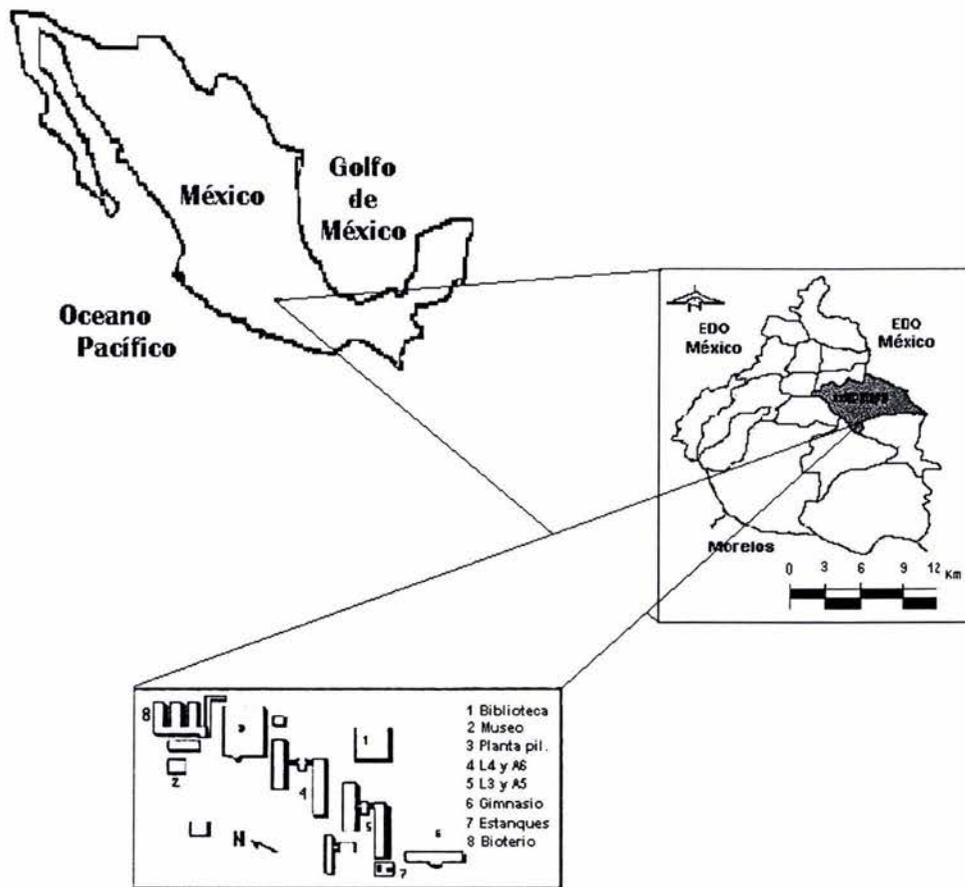


Figura 3. Ubicación de la Unidad Acuícola Experimental Zaragoza

OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar el ciclo reproductivo de la tilapia (*O. niloticus*) con base en la proporción de sexos, madurez gonádica, variación del índice gonadosomático y hepatosomático, relación longitud-madurez gonádica y peso-madurez gonádica así como realizar el análisis histológico de las gónadas, en los diferentes sistemas acuáticos.

Objetivos particulares

- Establecer la relación peso-longitud y la condición de los organismos durante el periodo de estudio.
- Obtener la proporción de sexos presente en los sistemas acuáticos.
- Determinar el índice gonadosomático y hepatosomático como indicadores del ciclo de reproducción.
- Establecer un patrón de desarrollo para la determinación de las diferentes fases de madurez gonadal (Estadios).
- Conocer el número y diámetro de los óvulos presentes en los ovarios, durante el ciclo de estudio.
- Conocer las características histológicas de las gónadas.
- Conocer las características físicas y químicas del agua en los diferentes sistemas.

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo

Se colectaron mensualmente 20 organismos de *O. niloticus* de noviembre de 2001 a octubre de 2002, mismos que se obtuvieron de la pesca comercial local con atarraya de 6.5 cm de luz de malla, a los cuales se les realizó la siguiente biometría: longitud total (Lt), longitud patrón (Lp), altura corporal (A) con un ictiómetro convencional y el peso total (Pt) con una balanza digital de ± 0.1 g de precisión. A cada organismo se le realizó un corte a lo largo de la cavidad ventral para exponer las gónadas, valorar el grado de madurez sexual mediante la observación de tamaño y color, con base en la escala de Holden y Raitt (1975). Posteriormente se retiraron todas las vísceras, se separó el hígado y el tracto digestivo y se extrajeron cuidadosamente las gónadas, para obtener los siguientes parámetros: peso del pez eviscerado (pe), peso de las gónada (pg), peso del hígado (ph), peso del tracto (ptrac), madurez gonádica y sexo.

Para el caso de los organismos mantenidos en acuarios y estanques el muestreo fue quincenal durante cuatro meses y se tomaron los datos merísticos (Lt, Lp, A y peso), al finalizar dicho periodo los organismos fueron sacrificados para posteriormente extraer las gónadas y el hígado para registrar su biometría. Las gónadas se fijaron en formalina comercial al 10% neutralizada con borato de sodio a saturación, los ovarios se lavaron con agua corriente y se preservaron en alcohol al 70% para su posterior deshidratación. A los testículos y ovarios se les determinó la longitud total y el diámetro.

Trabajo de laboratorio

Para esta fase se escogió arbitrariamente el ovario derecho para deshidratar con diferentes concentraciones de alcohol e incluirla en parafina y realizar cortes histológicos de 10 μm y teñir los cortes mediante la técnica de hematoxilina-eosina (Estrada *et al*, 1982).

El ovario izquierdo se utilizó para realizar el conteo de óvulos y determinar el potencial reproductivo de la población.

Trabajo de gabinete

- Se realizó el análisis exploratorio de datos (Salgado-Ugarte, 1992) con el fin de observar las tendencias y el comportamiento de los valores para su posterior análisis.
- Relación Peso – Longitud

El tamaño de los peces es indeterminado o continuo, entendiendo por crecimiento al cambio de tamaño (longitud y peso) con relación al tiempo. Para realizar esta relación, se aplicó el análisis de Covarianza (ANDECOVA; $p < 0.05$) con la finalidad de determinar si existían diferencias estadísticas entre los sexos por talla y peso. Con los datos aportados por la biometría se estableció la relación peso-longitud por medio de la siguiente expresión:

$$P = a L^b$$

Donde:

P = peso total (g)

L = longitud patrón de los organismos (cm)

a y b = constantes

Esta expresión se puede linearizar mediante el uso de logaritmos, obteniéndose :

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

Donde:

log a = ordenada en el origen.

b = pendiente de la recta.

Los valores de las constantes se obtuvieron por medio del método de mínimos cuadrados. Debido a que la talla es una magnitud lineal y el peso proporcional al cubo de la talla, si el pez al crecer mantiene la forma, se dice que el crecimiento es isométrico y b es igual a 3. Cuando esto no ocurre, se dice que el crecimiento es alométrico y el valor es distinto de 3 (Pauly, 1984), por lo cual se le aplicó una prueba de t-student para comprobar dicho valor.

➤ Factor de condición (Q)

Se obtuvo la relación peso-longitud por sexo y por tiempo para después usar el valor de la pendiente para calcular el factor de condición con el fin de analizar las variaciones de este parámetro en función del peso total. Por lo tanto la ecuación utilizada fue la de Fulton:

$$Q = (P/L^b)$$

Donde :

P = es el peso del pez,

L = es la longitud,

Q = el coeficiente de condición,

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

Con el uso del coeficiente de condición de Fulton fue posible definir los cambios estacionales en la condición del pez en relación con el peso total y sexo del pez (Nikolsky 1963).

➤ Incremento (IC) en peso y talla

Para la estimación de este parámetro se utilizó la fórmula propuesta por Ricker (1968)

$$IC = \frac{Y_f - Y_i}{(t_f - t_i)}$$

Donde:

Y_i = Peso o talla inicial

Y_f = Peso o talla final

t_i = tiempo inicial en días

t_f = tiempo final en días

Para conocer el potencial reproductivo de la especie fue necesario calcular la fecundidad de las hembras (Rodríguez, 1992) cuantificándolas de las siguientes maneras:

➤ Índice gonadosomático (IGS).

Está relacionado directamente con el estadio de desarrollo gonádico ya que alcanza un valor máximo inmediatamente antes del desove. y es utilizado para ambos sexos. Se determinó por medio de la siguiente ecuación (de Vleaming et al., 1983):

$$IGS = \frac{Pg}{Pt} 100$$

Donde:

Pg = peso de la gónada

Pt = peso del ejemplar

➤ Índice hepatosomático (IHS).

Es la relación que existe entre el peso del hígado y el peso del organismo. Es específico solo para hembras, ya que al momento de que el óvulo se desarrolla, capta vitelogeninas las cuales son segregadas por el hígado. Significa que es directamente proporcional al ciclo reproductivo y justo antes del desove el IHS decae, siendo un indicador de la puesta (Rodríguez, 1992). Se calculó con la siguiente expresión:

$$IHS = \frac{Ph}{Pt} 100$$

Donde:

Ph = peso del hígado

Pt = peso del pez

➤ Longitud de primera maduración sexual.

Por medio del modelo logístico (King, 1996) se obtuvo la longitud media para primera reproducción o longitud media de maduración sexual (L_m) que se define como la longitud a la cual el 50% de todos los individuos son sexualmente maduros. Para esto se utilizó la longitud total, el número de organismos totales por muestreo y la proporción de organismos maduros.

Concluido lo anterior se graficó la temperatura del agua con el factor de condición para analizar su variación de manera temporal y determinar su influencia en el proceso reproductivo.

Para determinar la proporción sexual mensual y total para la especie en estudio, se aplicó el estadígrafo de χ^2 ; $p < 0.05$.

RESULTADOS

LAGO DE COATETELCO

En el periodo de muestreo de noviembre de 2001 a octubre de 2002 se obtuvieron 285 organismos de *O. niloticus* con intervalos de tallas diferentes entre machos y hembras y peso total como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Valores mínimos, máximos y promedio de la longitud patrón y peso total para *O. niloticus*

	Longitud Patrón (cm)			Peso Total (g)		
	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio
Machos	7.5	14.6	12.4	15.5	119.7	70.2
Hembras	7.3	15.2	11.5	15.4	112.4	55.4

PRESA EMILIANO ZAPATA

En este sistema se capturaron un total de 243 organismos durante el mismo periodo de muestreo que en el lago de Coatetelco. En los machos se obtuvo el intervalo de longitud patrón, que fue menor que el de las hembras y el peso tuvo el mismo comportamiento (tabla 3).

Tabla 3. Valores mínimos, máximos y promedios de la longitud patrón y peso total

	Longitud Patrón (cm)			Peso Total (g)		
	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio
Machos	11.8	16	13.8	8.3	134	91.8
Hembras	9.1	16.4	13.4	24	140.4	79.6

ACUARIOS (Experimental)

Durante el periodo de mayo a septiembre, la talla promedio del total de la población en la última quincena del muestreo fue de 7.3 cm de longitud patrón, en cuanto al peso total el valor promedio fue de 13.05 g.

Para el caso de las hembras que son los organismos que interesaba seleccionar para el estudio del desarrollo gonadal a nivel histológico, el intervalo de longitud patrón promedio fue de 7.4 cm y el del peso total promedio de 13.2 g (tabla 4).

Tabla 4. Valores mínimos, máximos y promedios de la longitud patrón y el peso total

	Longitud Patrón (cm)			Peso Total (g)		
	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio
Hembras	5.4	9.2	7.4	4.5	23.4	13.2
Total	4.8	9.7	7.3	3.1	31.5	13.05

ESTANQUES

En la tabla 5 se pueden observar los valores máximo, mínimo y promedio de la longitud patrón y peso total obtenidos para los peces.

Tabla 5. Valores mínimos, máximos y promedios de la longitud patrón y el peso total

	Longitud Patrón (cm)			Peso Total (g)		
	Mín.	Máx.	Promedio	Mín.	Máx.	Promedio
Total	2.1	7.2	3.7	0.2	11.7	2.2

PROPORCIÓN SEXUAL

LAGO DE COATETELCO

De los 285 organismos que se capturaron, 209 (73.33 %) fueron machos, 64 hembras (22.45 %) y 12 peces se registraron como organismos indeterminados (4.22 %). Así, se tiene una proporción sexual total (macho:hembra) de 3.2:1, ($\chi^2=74.36$, $p<0.05$).

Para los meses de marzo, abril, septiembre y octubre no se registraron diferencias significativas, por lo que se registra una proporción sexual macho:hembra de 2:1 para marzo y abril y de 1:1 para los meses de septiembre y octubre. Para el resto de los meses del periodo de muestreo, sí se registró diferencias significativas ($p<0.05$), con una proporción total de 3:1 (macho:hembra) (tabla 6).

Tabla 6. Proporción de sexos por mes de los organismos del lago de Coatetelco

Mes	Hembras	Machos	Total	χ^2	P
Noviembre	1	15	16	12.25	*
Diciembre	3	17	20	9.80	*
Enero	1	18	19	15.21	*
Febrero	1	20	21	17.19	*
Marzo	5	13	18	3.56	n.s.
Abril	9	14	23	1.09	n.s.
Mayo	5	16	21	5.76	*
Junio	0	21	21	21.00	*
Julio	6	19	25	6.76	*
Agosto	6	23	29	9.97	*
Septiembre	15	12	27	0.33	n.s.
Octubre	12	18	30	1.2	n.s.
Total	64	209	275	74.36	*

n.s.= no significativo; *= significativo ($p < 0.05$)

PRESA EMILIANO ZAPATA

De los 243 organismos registrados en este sistema se tuvo un 86.83 % para los machos y un 13.17 % para las hembras ($\chi^2 = 131.86$, $p < 0.05$), con una proporción sexual de 6.9:1 (macho:hembra).

Como se puede observar en la tabla 7, se registraron diferencias significativas en la proporción de sexos en la mayoría de los meses, exceptuando en el mes de febrero, donde la proporción sexual (macho:hembra) estuvo representada 2:1, mientras que para la mayor parte del año la proporción de sexos estuvo por encima de este valor.

Tabla 7. Proporción de sexos por mes de los organismos de la Presa Emiliano Zapata

Mes	Hembras	Machos	Total	χ^2	P
Noviembre	1	19	20	16.20	*
Diciembre	3	18	21	10.71	*
Enero	0	17	17	17.00	*
Febrero	7	13	20	1.80	n.s.
Marzo	0	20	20	20.00	*
Abril	2	27	29	21.55	*
Mayo	0	25	25	25.00	*
Junio	7	20	27	6.26	*
Julio	1	13	14	10.29	*
Agosto	6	18	24	6.00	*
Septiembre	5	21	26	9.85	*
Total	32	211	243	131.86	*

n.s. = no significativo; *= significativo ($p < 0.05$)

Para el caso de los organismos de acuarios y estanques no se representó la proporción sexual, ya que en la última quincena de muestreo de ambos sistemas no fue posible identificar las características sexuales secundarias de los individuos, debido a la talla pequeña.

RELACIÓN PESO TOTAL-LONGITUD PATRÓN

Para conocer la relación que existe entre la longitud y el peso total de los organismos en los diferentes sistemas, primeramente se realizó una regresión lineal entre la longitud patrón y la longitud total (Figuras 4 y 5). Se obtuvo que para la población (hembras, machos e indeterminados) de *O. niloticus*, existe alta correlación entre las dos variables, por lo que se decidió trabajar con la longitud patrón ya que es la que presenta un menor error en su medición y en caso de ser necesario contar con un factor de conversión para obtener la longitud total.

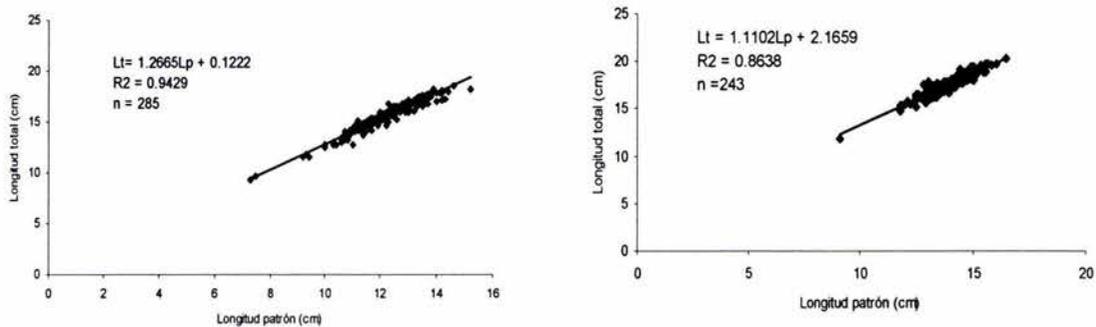


Figura 4. Relación longitud total – longitud patrón para la población de *O. niloticus* del lago de Coatetelco y la Presa Emiliano Zapata respectivamente

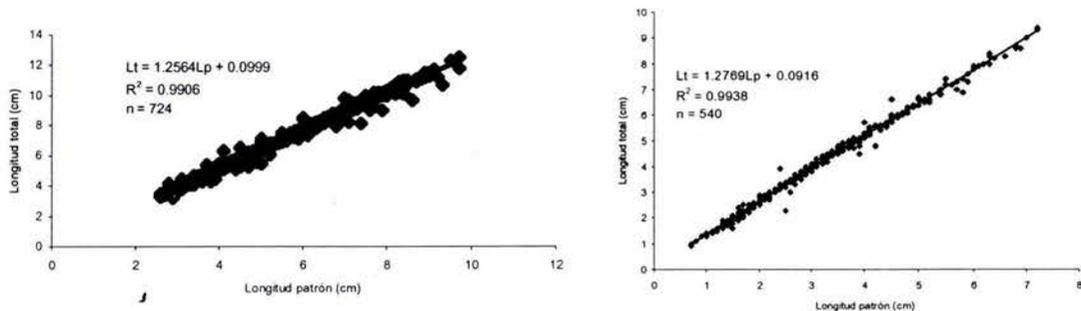


Figura 5. Relación longitud total – longitud patrón de la población de *O. niloticus* de acuarios y estanques respectivamente

Asimismo, fue necesario realizar un análisis de covarianza (ANDECOVA) para determinar si existía diferencia entre machos y hembras para la relación peso total y longitud patrón.

LAGO COATETELCO

De acuerdo al ANDECOVA para la relación peso total-longitud patrón, existe diferencia significativa ($F=6.80$; $p<0.05$), entre machos y hembras (Tabla 8), por lo que se decidió trabajar por sexos la relación peso total – longitud patrón.

Tabla 8. Análisis de covarianza para la longitud patrón para la población total de *O. niloticus* del lago Coatetelco

Número de obs = 285		R-cuadrad = 0.7688
EEM Raíz = 7.29769		R-cuadrad adj = 0.7663

Fuente	SC Parcial	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	49767.0686	3	16589.0229	311.49	0.0000
lp	38851.9031	1	38851.9031	729.53	0.0000
sexo	724.483584	2	362.241792	6.80	0.0013
Residuos	14965.0225	281	53.2563078		
Total	64732.091	284	227.929898		

PRESA EMILIANO ZAPATA

La tabla 9 muestra el resultado del análisis de covarianza para la relación peso total-longitud patrón, donde se observa la diferencia significativa ($F=20.37$; $p<0.05$) entre machos y hembras.

Tabla 9. Análisis de covarianza para la longitud patrón para la población total de *O. niloticus* de la presa Emiliano Zapata

Número de obs =	243	R-cuadrada =	0.7446
EEM Raíz =	7.95318	R-cuadrada adj =	0.7424

Fuente	SS Parcial	gl	CM	F	Prob > F
Modelo	44249.149	2	22124.5745	349.78	0.0000
lp	39877.5025	1	39877.5025	630.44	0.0000
sexo	1288.3535	1	1288.3535	20.37	0.0000
Residuos	15180.7346	240	63.2530607		
Total	59429.8835	242	245.578031		

Para el caso de los organismos de acuarios y estanques no fue necesario realizar un análisis de covarianza, ya que para los peces de estos dos sistemas no fue posible identificar las características sexuales secundarias y por lo tanto la separación de sexos.

LAGO DE COATETELCO

En la figura 6 se muestra que la relación peso total – longitud patrón para la población así como por sexos la cual muestra un crecimiento de tipo potencial.

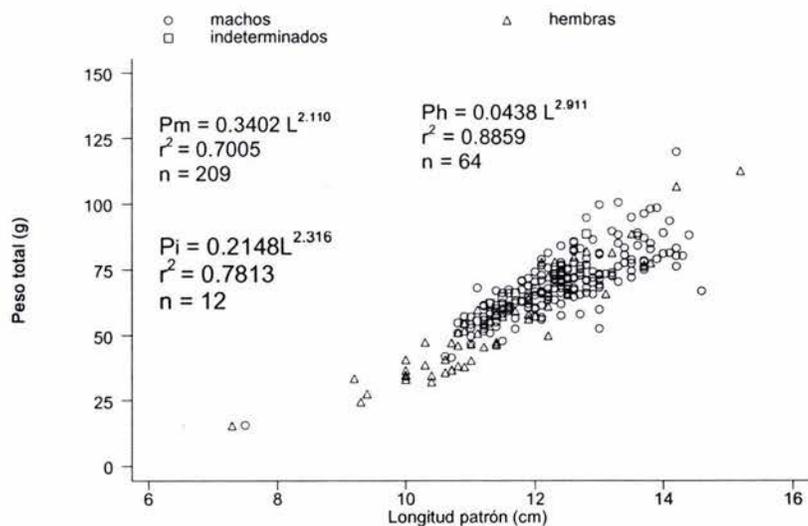


Figura 6. Relación peso total – longitud patrón para machos (P_m), para hembras (P_h) y para indeterminados (P_i) de *O. niloticus*. Los valores obtenidos de la pendiente (figura 6) representados en las ecuaciones de la relación peso total - longitud patrón para machos, hembras e indeterminados,

muestran un crecimiento de tipo alométrico negativo, lo que significa que los peces crecen más en longitud que en peso. Sin embargo, en el caso de las hembras el crecimiento es de tipo alométrico negativo, pero con tendencia a la isometría.

PRESA EMILIANO ZAPATA

La relación peso total-longitud patrón para la población y ambos sexos de la presa tuvo un comportamiento del tipo potencial (figura 7).

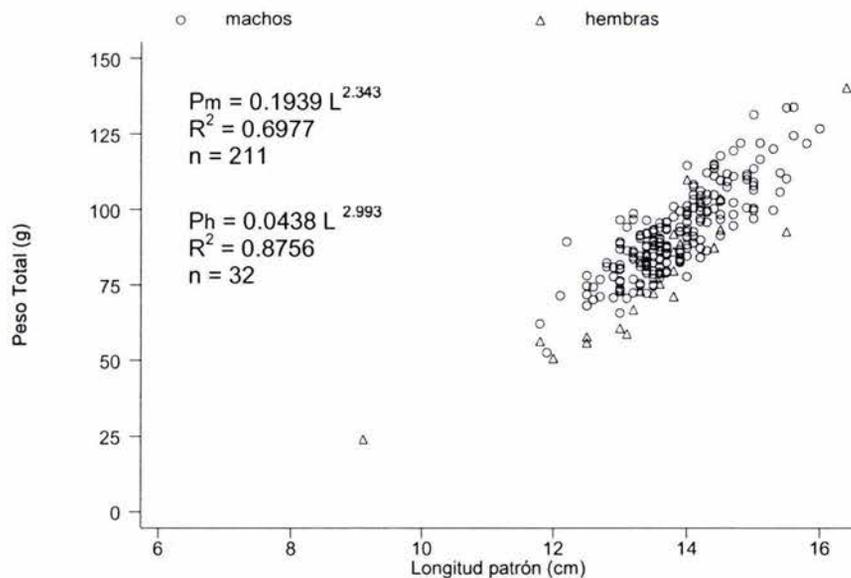


Figura 7. Relación peso total-longitud patrón para machos (P_m) y para hembras (P_h) de *O. niloticus*

De acuerdo a los valores de la pendiente de los machos para la relación peso total-longitud patrón, el tipo de crecimiento que presentan es de tipo alométrico negativo y para hembras es alométrico negativo, pero con tendencia a la isometría.

ACUARIOS

En la figura 8 se muestra el comportamiento de la relación de peso total–longitud patrón para la población, se observa que es de tipo potencial.

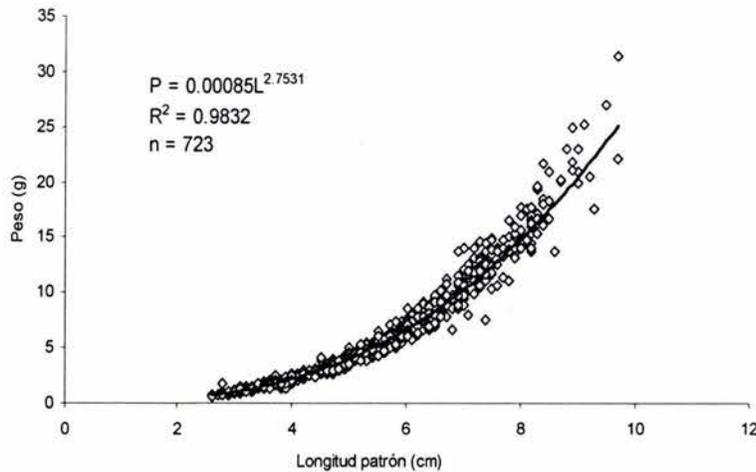


Figura 8. Relación peso total – longitud patrón para la población de *O. niloticus* de acuarios

El valor obtenido de la pendiente de la relación longitud patrón-peso total de la población indica que presentan un crecimiento de tipo alométrico negativo, que indica mayor crecimiento en longitud que en peso, no se presente este análisis por sexos separados, ya que no se pudo realizar la identificación de las características sexuales secundarias.

ESTANQUES.

Los organismos cultivados en este sistema debido a la talla que adquirieron no se pudieron caracterizar por sexo, por lo que la relación peso total – longitud patrón (figura 9), no hace distinción de hembras y machos y se registró un comportamiento de tipo potencial.

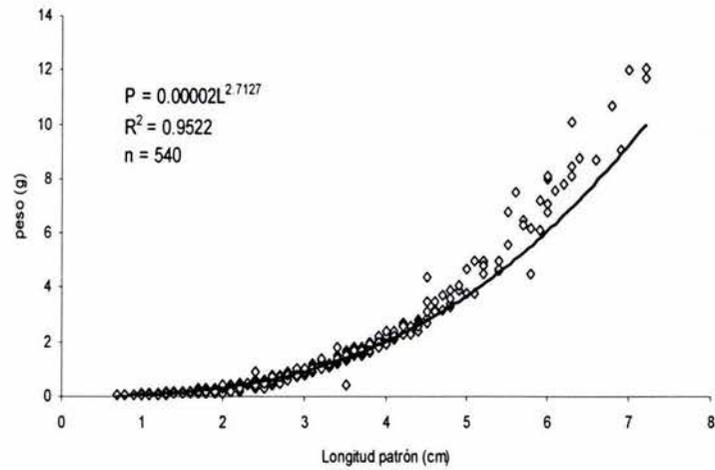


Figura 9. Relación peso total – longitud patrón para la población de *O. niloticus* del estanque

El tipo de crecimiento es de tipo alométrico negativo de acuerdo al valor de la pendiente mostrado en la ecuación de la figura 9.

FACTOR DE CONDICIÓN

El factor de condición de Fulton se determinó utilizando el peso total del individuo, con lo cual se pudo medir la condición de los peces, además de que se analiza la variación en el tiempo por efecto del peso de las gónadas.

LAGO COATETELCO

La variación del factor de condición para los machos muestra dos épocas en las que presentan buena condición: una corta de enero a marzo correspondiente a la época de secas y otra más amplia de abril a octubre con un máximo durante la época de lluvias. La menor condición se registró en enero, posiblemente por la baja temperatura que se registra durante ese mes (figura 10).

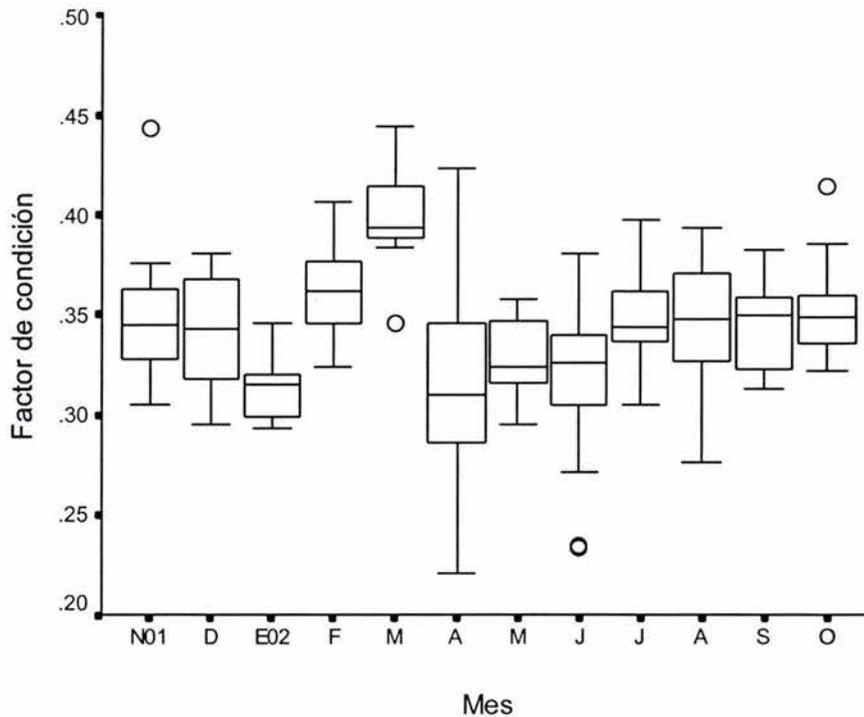


Figura 10. Variación temporal del factor de condición de Fulton para machos de *O. niloticus* en el lago Coatepetelco

Para las hembras se puede observar un comportamiento del factor de condición similar al de los machos, aun cuando los valores se encuentran muy por debajo de los registrados para estos (figura 11).

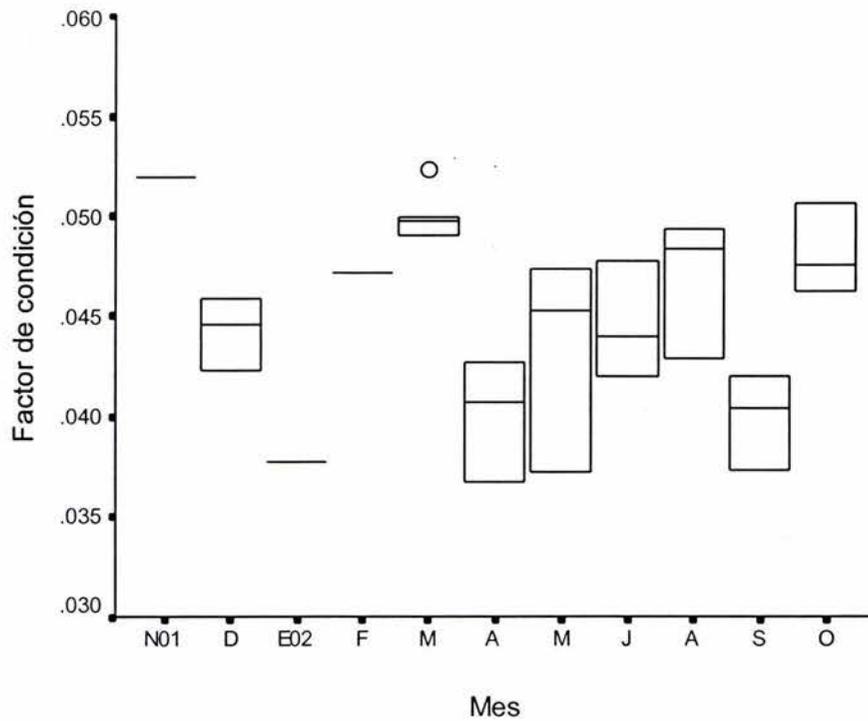


Figura 11. Comportamiento temporal del factor de condición de Fulton para las hembras de *O. niloticus* en el lago Coatepetelco

PRESA EMILIANO ZAPATA

El factor de condición para los machos en este sistema presenta alta variabilidad a lo largo del año y con valores de buena condición durante la época de secas (febrero a junio) y baja condición durante la época de lluvias (julio a octubre) (figura 12).

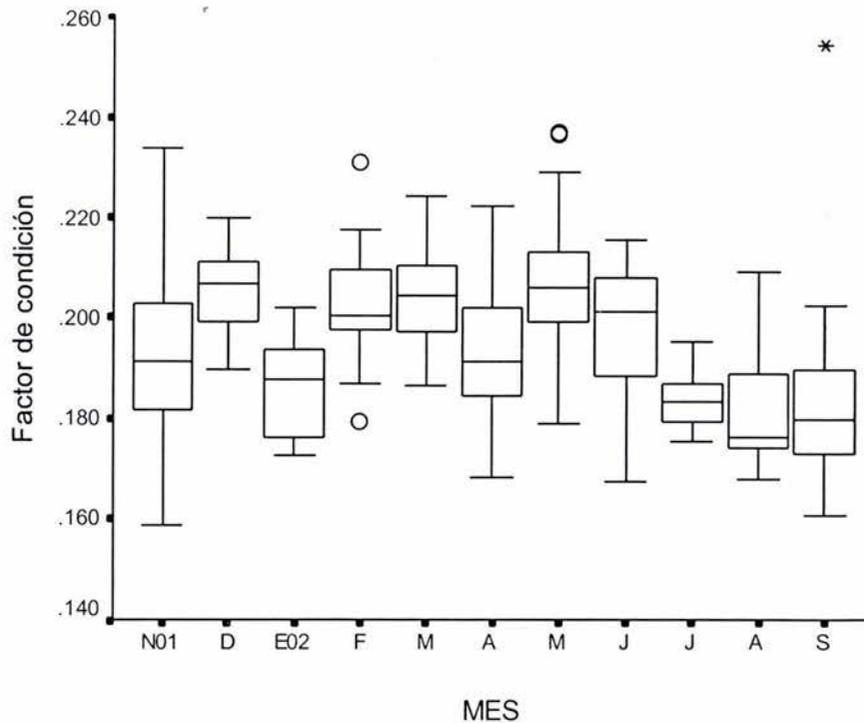


Figura 12. Comportamiento temporal del factor de condición de Fulton para machos de *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata

Para el caso de las hembras se puede observar en la figura 13 que el factor de condición tiende a disminuir a partir del mes de febrero hasta agosto, para posteriormente aumentar hacia el mes de diciembre; en este caso no se pueden observar tantas fluctuaciones debido a que no se capturaron hembras en algunos meses. El valor más alto del factor de condición se obtuvo en el mes de diciembre (época de secas) y el menor valor en agosto (época de lluvias), con valores muy por debajo de los obtenidos para los machos.

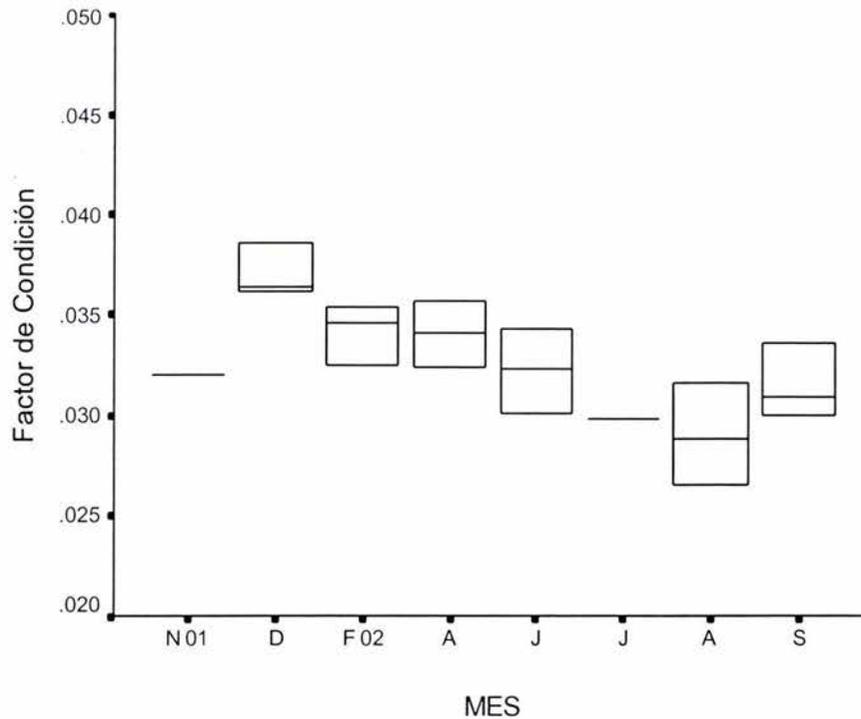


Figura 13. Comportamiento temporal del factor de condición de Fulton de hembras de *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata

ACUARIOS

Para el caso de los acuarios el factor de condición está dado en quincenas a diferencia de los sistemas de Coatetelco y Emiliano Zapata que son mensuales.

Como se observa en la figura 14 los valores del factor de condición durante todo el periodo de muestreo presentaron poca variabilidad. Este comportamiento se puede deber a que los peces fueron mantenidos en condiciones constantes y a base de alimento balanceado, a diferencia del comportamiento en los sistemas naturales y en los estanques.

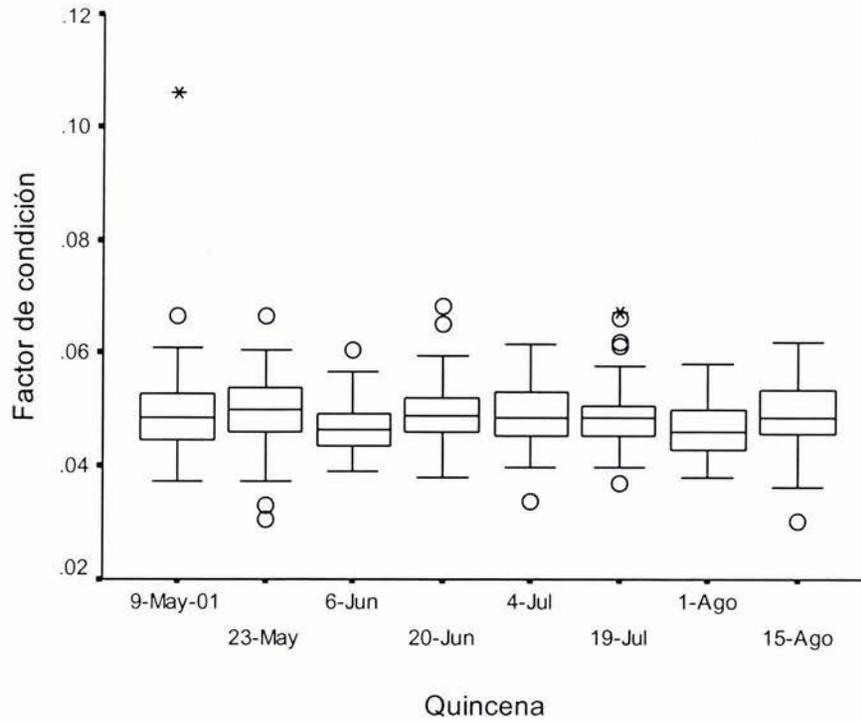


Figura 14. Comportamiento temporal del factor de condición de Fulton de la población de *O. niloticus* en los acuarios

ESTANQUES

Los organismos de los estanques tampoco presentaron gran variabilidad entre los valores registrados en cada quincena y se observa un valor máximo en la quincena de julio y el mínimo en la quincena de septiembre (figura 15). Este análisis se realizó para toda la población debido a que no se pudo diferenciar el sexo.

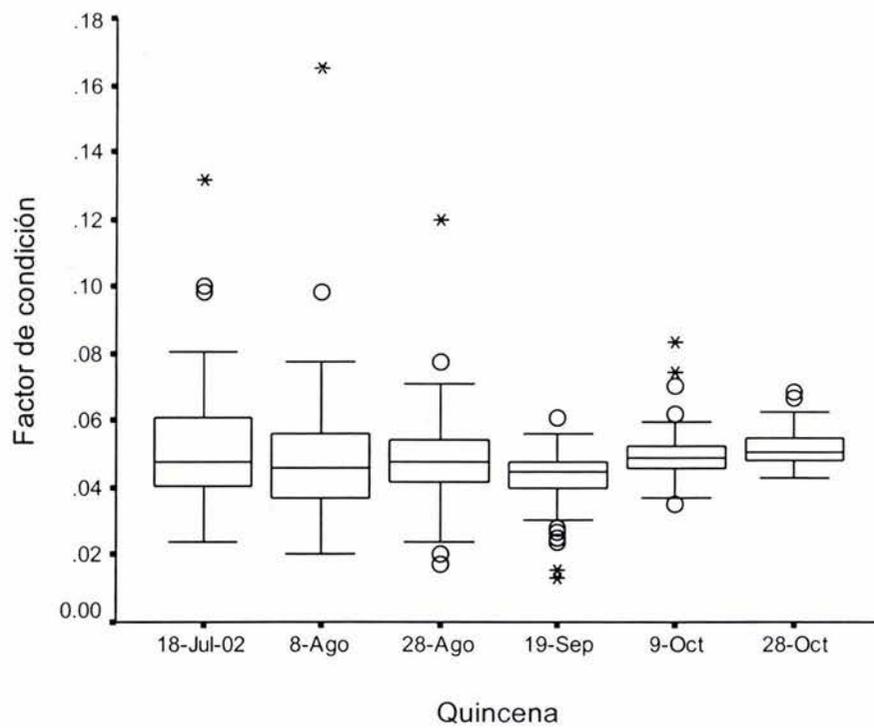


Figura 15. Comportamiento temporal del factor de condición de Fulton de la población de *O. niloticus* en el estanque

INCREMENTO EN TALLA Y PESO

En la figura 16 se puede observar que los organismos mantenidos bajo condiciones controladas registraron decrementos en talla a partir de la segunda quincena de manera paulatina durante los cuatro meses que se sometieron a estas condiciones, posiblemente por la densidad de peces. En la figura 17 se puede observar un incremento más o menos constante, a excepción de la quincena 6 en donde se puede observar una marcada reducción en el porcentaje de incremento, lo que se pudo deber a que se registró mortandad y se separaron a los machos de las hembras.

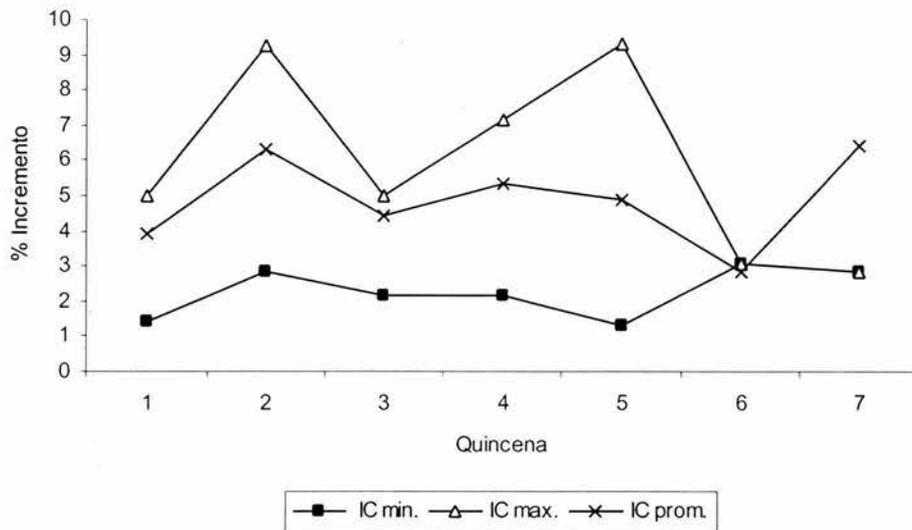


Figura 16. Variación del incremento máximo, mínimo y promedio en talla por quincena para la población de *O. niloticus* en acuarios

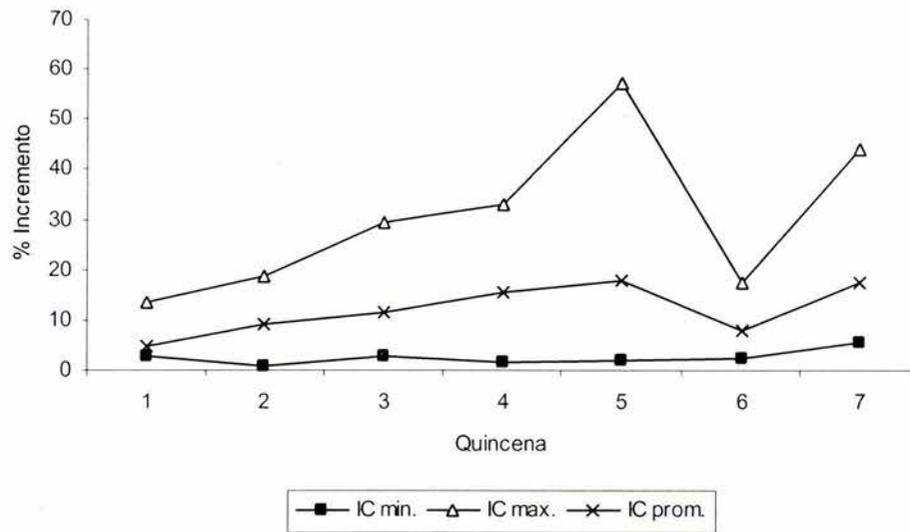


Figura 17. Variación del incremento máximo, mínimo y promedio en peso por quincena para la población de *O. niloticus* en acuarios

TALLA DE PRIMERA MADUREZ SEXUAL

LAGO DE COATETELCO

Respecto a la talla de primera madurez sexual para los machos bajo condiciones naturales, se encontró que la longitud total a la cual inicia el proceso de maduración es de 14.45 cm (figura 18).

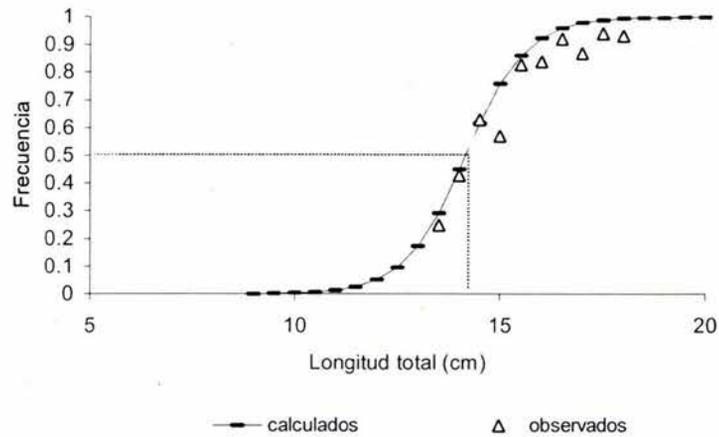


Figura 18. Talla de primera madurez sexual para los machos de *O. niloticus*

En el caso de las hembras inician su proceso de maduración a una longitud total de 14.15 cm, siendo ésta un poco menor que la de los machos (figura 19).

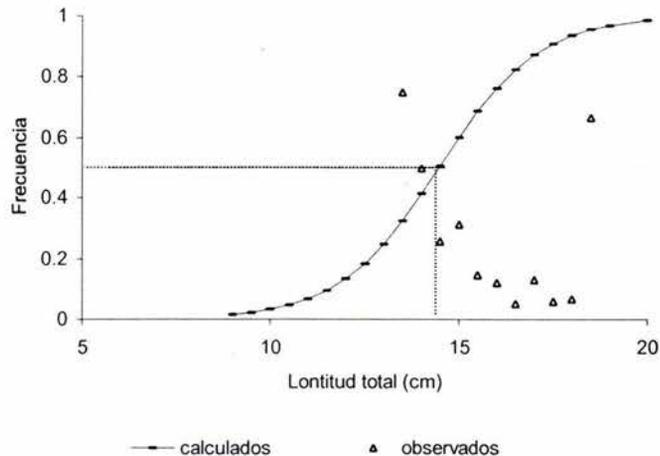
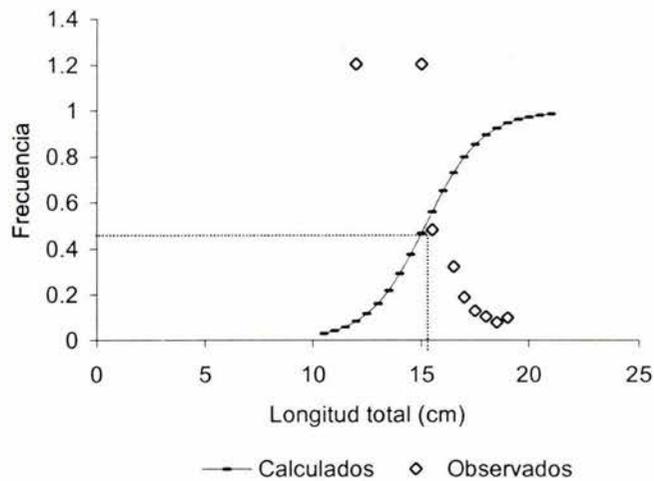
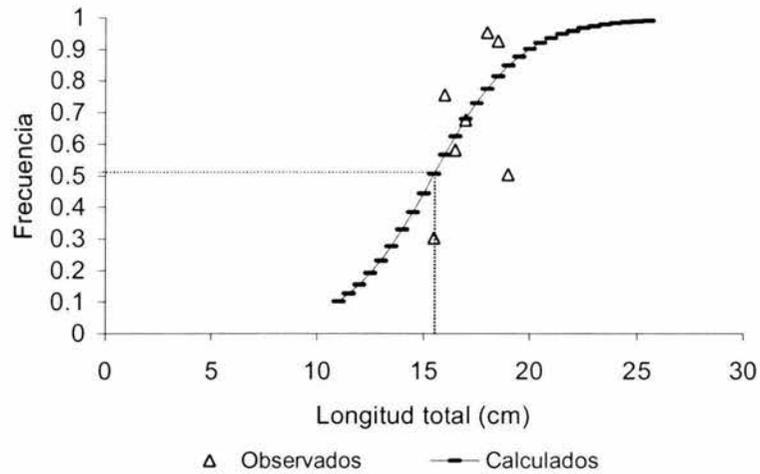


Figura 19. Talla de primera madurez sexual para las hembra de *O. niloticus*

PRESA EMILIANO ZAPATA

Para los organismos obtenidos en este sistema, se obtuvo que la talla de primera madurez sexual para los machos es de 15.45 cm y para las hembras de 15.17 cm de longitud total (Figura 20 y 21).



ACUARIOS

Como se puede observar en la figura 22, la talla de primera madurez sexual sin utilizar el modelo logístico para las hembras de *O. niloticus* mantenida bajo condiciones de laboratorio, se registró a los 7.5 cm, longitud muy por debajo de la registrada para los animales que se desarrollan en condiciones naturales.

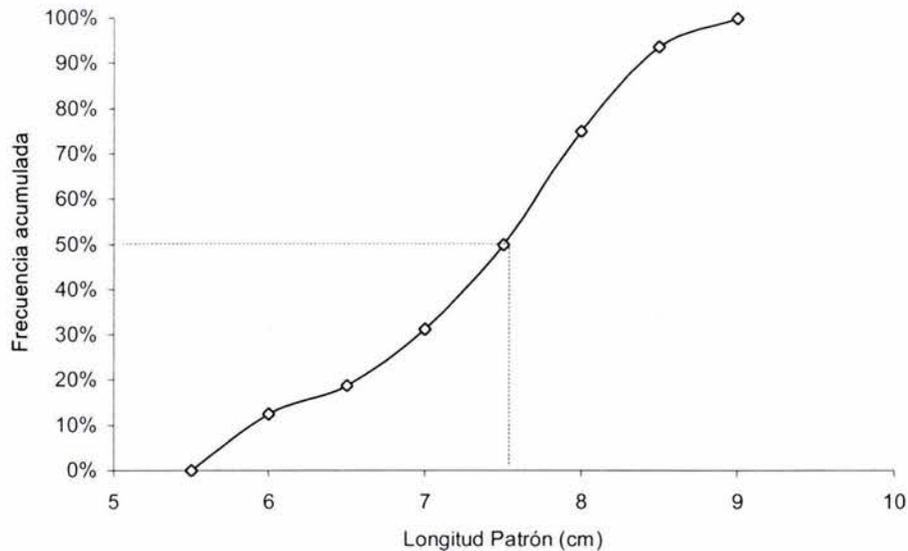


Figura 22. Talla de primera madurez sexual para hembras de *O. niloticus* de acuarios

No se obtuvo la talla de primera madurez sexual en machos ya que para obtener ésta se realizó la tabla de frecuencia acumulada de aquellos animales que se encontraban en estadio III y IV y al momento de sacrificar a toda la población de los acuarios e identificar las características sexuales primarias, los machos presentaban un desarrollo gonadal en estadio II.

ESTANQUE

En el estanque no fue posible determinar la talla de primera madurez sexual ya que los organismos no se desarrollaron lo suficiente para determinar el sexo y mucho menos el estadio de desarrollo gonadal.

ÍNDICE GONADOSOMÁTICO Y HEPATOSOMÁTICO

LAGO DE COATETELCO

En el mes de junio se registró el valor más alto de la mediana (0.8628) del índice gonadosomático en machos y decrece hasta llegar a un mínimo de 0.1086 para el mes de marzo (Figura 23). Muy posiblemente se debiera de realizar una transformación de la escala por el comportamiento con alta variabilidad de los datos para una mejor representación.

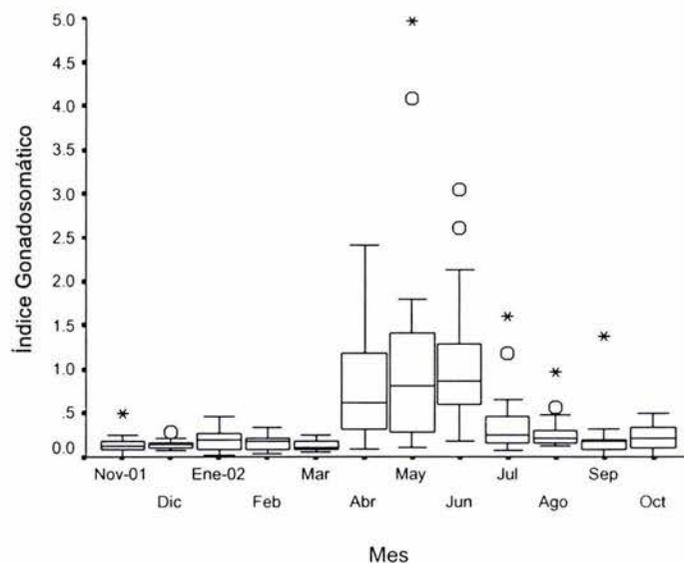


Figura 23. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

El índice hepatosomático para machos muestra su valor máximo en el mes de mayo con una mediana de 0.9965 y para el mes de septiembre se observa el valor mínimo de 0.4549 (Figura 24).

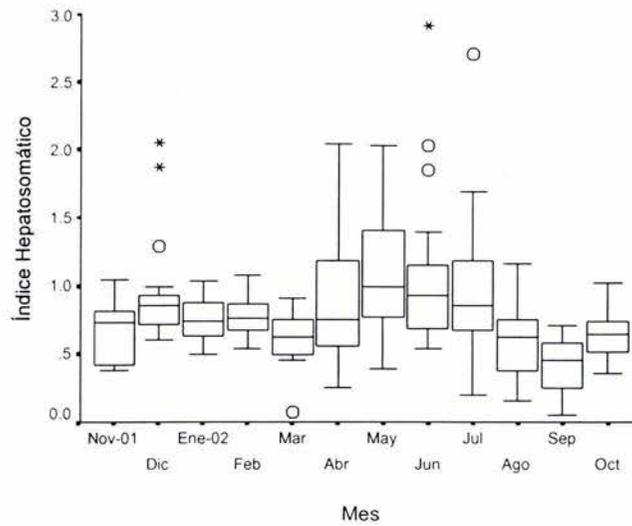


Figura 24. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para machos de *O. niloticus*

El valor de la mediana (1.080) más alto de índice gonadosomático para las hembras a diferencia de los machos fue para el mes de julio y el más bajo en marzo (0.17) (Figura 25).

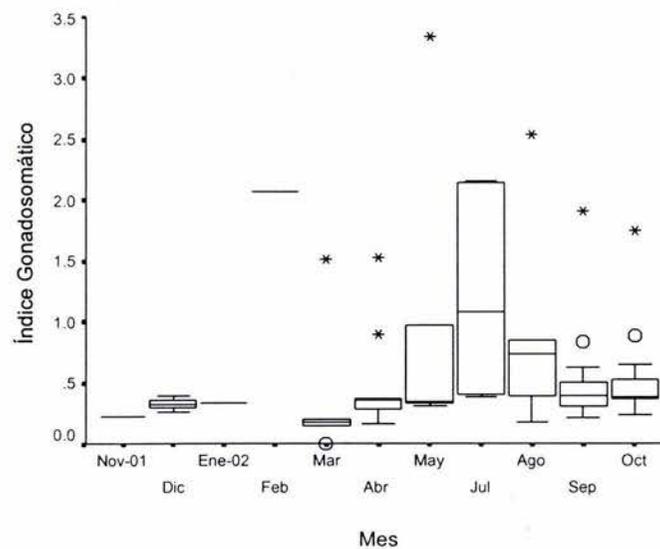


Figura 25. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*

Con respecto al índice hepatosomático, en julio se obtuvo un valor de mediana de 1.2950, el cual corresponde al valor máximo registrado y el mínimo fue de 0.38 para el mes de septiembre. (Figura 26).

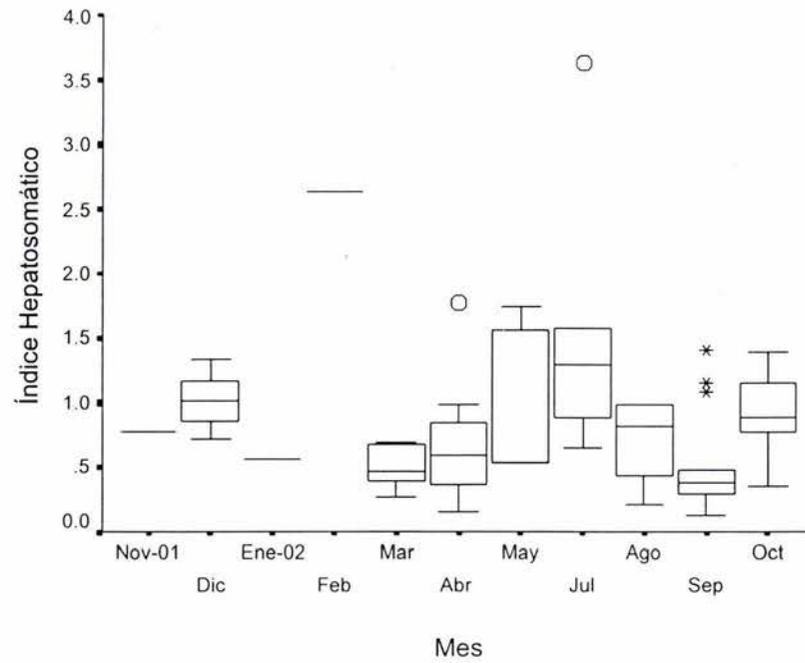


Figura 26. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*

PRESA EMILIANO ZAPATA

El índice gonadosomático presentó variaciones a lo largo del estudio y se obtuvo como valor máximo registrado para los machos en el mes de agosto (0.5311) y mínimo (0.1052) en diciembre (Figura 27). En cuanto al índice hepatosomático tuvo un comportamiento inverso presentando el valor más alto en noviembre (1.3310) y el menor en mayo (0.5530) (Figura 28).

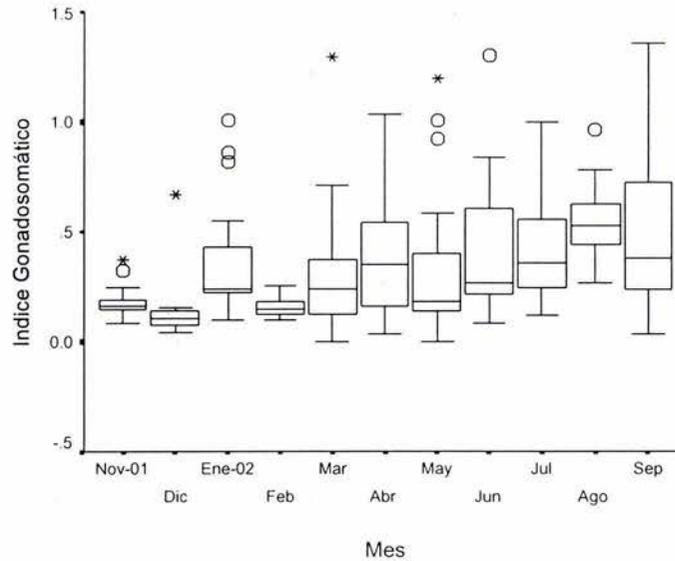


Figura 27. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para machos de *O. niloticus*

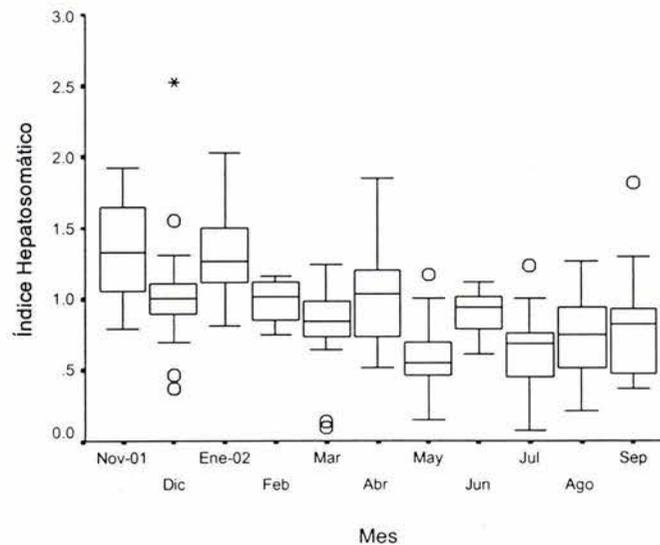


Figura 28. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para machos de *O. niloticus*

En el caso de las hembras los valores máximos y mínimos encontrados fueron para los meses de agosto y diciembre con una mediana de 0.5150 y 0.27, respectivamente, con alta variabilidad (Figura 29).

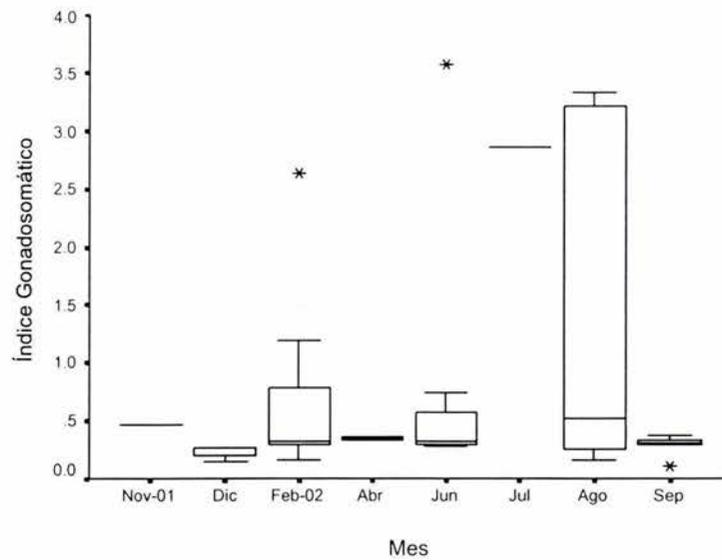


Figura 29. Comportamiento temporal del índice gonadosomático para hembras de *O. niloticus*

El índice hepatosomático se comportó menos variable en comparación con el índice gonadosomático, presentando un valor máximo de 1.090 como mediana en el mes de noviembre y el mínimo de 0.71 para junio (Figura 30).

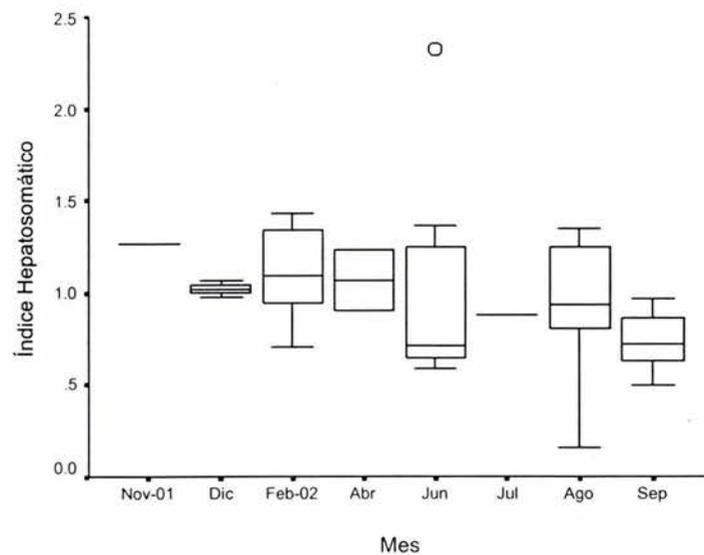


Figura 30. Comportamiento temporal del índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus*

ACUARIOS

El índice gonadosomático solo se presenta un grupo de valores los cuales tienen como valor de mediana de 3.97 y es únicamente para hembras (Figura 31) debido a estas fueron sacrificadas al final del estudio, por tener pocos organismos en cultivo.

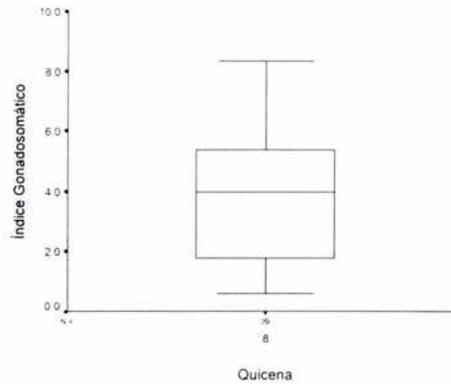


Figura 31. Índice gonadosomático para las hembras de *O. niloticus* en acuarios

Similar al índice gonadosomático para hembras, se presenta el caso del índice hepatosomático que posee un valor de mediana de 1.5 (Figura 32)

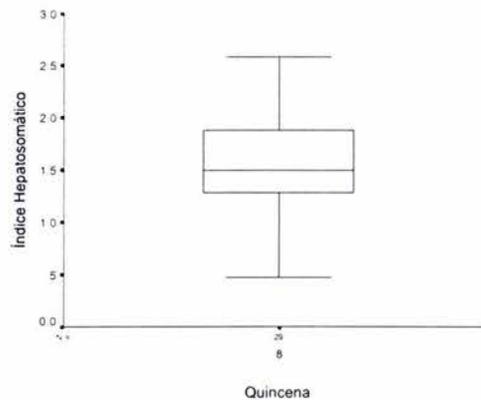


Figura 32. Índice hepatosomático para hembras de *O. niloticus* en acuarios

Para los estanques no se registraron los valores de los índices gonadosomático y hepatosomático, debido a que los organismos no alcanzaron la madurez gonádica.

MADUREZ GONÁDICA

LAGO DE COATETELCO

Como se puede observar en la figura 33 el estadio gonádico II se registró durante todo el muestreo a excepción del mes de febrero, en el cual todas las hembras presentaron maduración sexual en estadio III. Asimismo, se puede ver que el estadio de reproducción (IV) se presenta de abril a octubre con un pico máximo en el mes de julio.

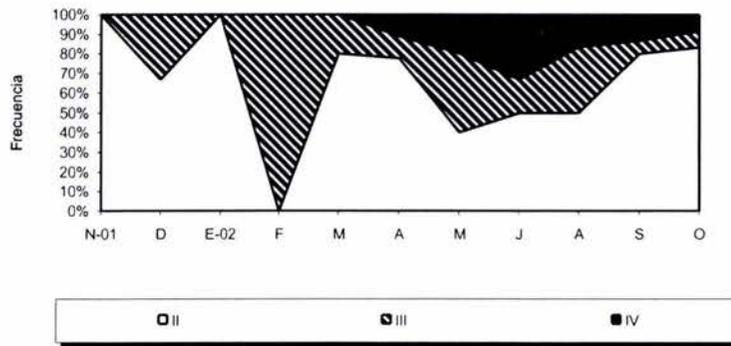


Figura 33. Estadios de madurez gonádica para hembras

Con respecto a los machos, se puede observar que el proceso reproductivo se lleva a cabo durante el periodo de abril a agosto con un máximo en mayo, para posteriormente pasar a una etapa de descanso o recuperación máximos en los meses de octubre y febrero (figura 34).

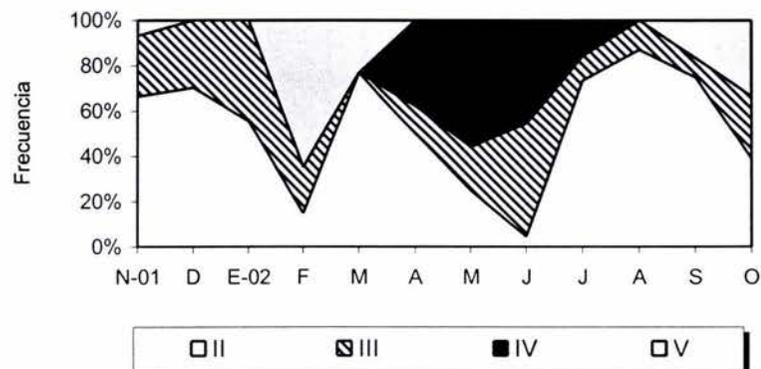


Figura 34. Estadios de madurez gonádica para machos

PRESA EMILIANO ZAPATA

En la figura 35 se muestra que los animales se preparan para reproducirse (estadio gonádico III) durante el periodo comprendido de noviembre del 2001 a junio del 2002, con picos máximos en noviembre y febrero, mientras que el proceso de reproducción máxima (estadio IV) se lleva a cabo en los meses de febrero y julio y se recuperan en agosto (estadio V).

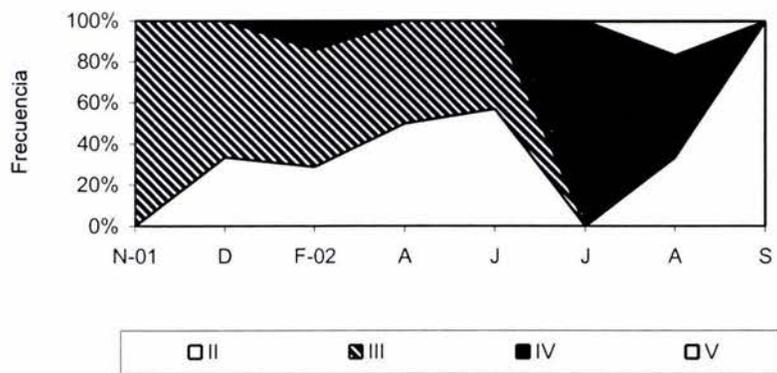


Figura 35. Estadios de madurez gonádica para hembras

Para el caso de los machos el proceso de reproducción máxima (estadio gonádico IV) se observó en los meses de enero y julio (Figura 36). Aunque durante todo el estudio se registraron peces en estadios gonádicos en proceso de maduración

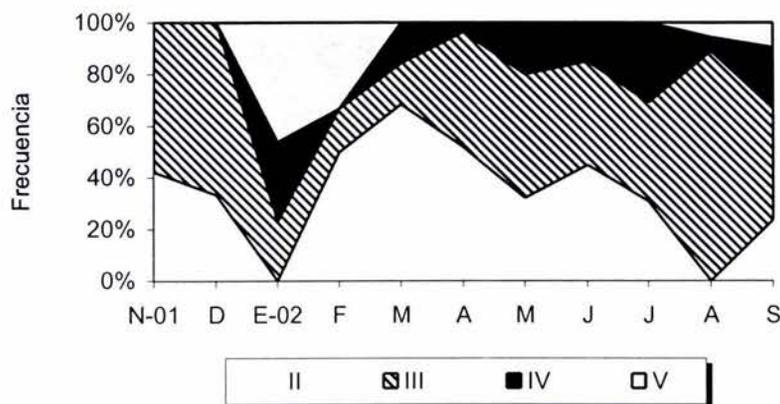


Figura 36. Estadios de madurez gonádica para machos

MACHOS

En las tablas 10 y 11 se muestra la relación que existe entre la longitud patrón del pez, el peso, diámetro y longitud del testículos izquierdo y derecho para ambos sistemas naturales.

En ellas se puede observar que conforme avanza el desarrollo gonádico los testículos, estos aumentan de diámetro y longitud hasta alcanzar más del doble de su tamaño inicial, excepto en el estadio V; en este caso, solo aumenta el largo de los testículos pero no el diámetro ya que están en un estado de reposo después de haber llevado a cabo el proceso reproductivo.

Tabla 10. Relación longitud patrón, peso, diámetro y longitud de testículos de *O. niloticus* del lago de Coatetelco

Estadio de madurez	Longitud patrón (cm)	Peso del testículo (g)		Diámetro testículo (µm)		Longitud testículo (cm)		Promedio testículo (µm)		Longitud testículo (cm)		Promedio testículo (µm)		Longitud testículo (cm)	
		testículo (g)	testículo (g)	testículo izquierdo (µm)	testículo derecho (µm)	testículo izquierdo (cm)	testículo derecho (cm)	testículo izquierdo (µm)	testículo derecho (µm)	testículo izquierdo (cm)	testículo derecho (cm)	testículo izquierdo (µm)	testículo derecho (µm)	testículo izquierdo (cm)	testículo derecho (cm)
II	7.5 – 14.3	0.01 – 0.8	0.41	500 - 4600	2550	1.7 – 6.8	4.25	800 - 4300	2550	1.8 – 7.3	4.55				
III	11 – 14.4	0.03 – 0.82	0.42	1000 – 4600	2800	2.2 – 6	4.1	1000 – 2900	1600	2 – 6.2	4.1				
IV	11 – 14.6	0.06 - 3	1.53	1100 – 6200	3650	2.6 – 7.7	5.15	1100 – 5700	3400	1.7 – 7.2	4.45				
V	11.2 – 13.7	0.06 – 1	0.53	800 - 3100	1950	2.8 – 4.7	3.75	1000 – 2800	1900	2.8 – 4.6	3.7				

Tabla 11. Relación longitud patrón, peso, diámetro y longitud de testículos de *O. niloticus* de la presa Emiliano Zapata

Estadio de madurez	Longitud patrón (cm)	Peso testículos (g)		Diámetro testículo izquierdo (µm)		Longitud testículo izquierdo (cm)		Promedio testículo izquierdo (µm)		Longitud testículo derecho (cm)		Promedio testículo derecho (µm)		Longitud testículo derecho (cm)	
		testículos (g)	testículos (g)	testículo izquierdo (µm)	testículo derecho (µm)	testículo izquierdo (cm)	testículo derecho (cm)	testículo izquierdo (µm)	testículo derecho (µm)	testículo izquierdo (cm)	testículo derecho (cm)	testículo izquierdo (µm)	testículo derecho (µm)	testículo izquierdo (cm)	testículo derecho (cm)
II	11.8 – 15.5	0.01 – 0.37	0.19	500 - 3200	1850	1.5 – 4.8	3.15	500 – 2500	1500	1.6 – 4.6	3.1				
III	12.1 – 16	0.06 – 1	0.53	1000 – 3400	2200	2.3 – 7	4.65	1000 – 3900	2450	2.3 – 6.1	4.2				
IV	12.8 – 15.6	0.2 – 1.53	0.87	1800 – 4600	3200	3.4 – 6	4.7	2100 – 5600	3850	3.4 – 6.5	4.95				
V	12.2 – 15.6	0.03 – 0.37	0.2	500 - 2800	1650	3.4 – 4.8	4.1	1000 - 2600	1800	3.3 – 4.8	4.05				

HEMBRAS**LAGO COATETELCO**

En lo que se refiere al número de óvulos presentes en las hembras que se encuentran sexualmente maduras (estadios III y IV), se registró un intervalo de 374 a 1980, en peces con tallas que fluctuaron entre los 10 y los 12 cm de longitud patrón (Tabla 12).

Tabla 12. Intervalo y promedio de la longitud patrón y número de óvulos para *O. niloticus*

Intervalo longitud patrón (cm)	Promedio longitud patrón (cm)	Intervalo número de óvulos	Promedio número de óvulos
10 – 11	10.5	867 – 928	897
11 – 12	11.5	374 – 1980	1177

PRESA EMILIANO ZAPATA

En el caso de las hembras de la presa estas se encontraban en un intervalo de tallas de 13 a 14 cm de longitud patrón, en estadios de desarrollo III y IV, en las que se registró un número máximo de óvulos de 1435 y el mínimo de 599 (tabla 13).

Tabla 13. Intervalo y promedio de la longitud patrón y número de óvulos para *O. niloticus*

Intervalo longitud patrón (cm)	Promedio longitud patrón (cm)	Intervalo número de óvulos	Promedio número de óvulos
13-14	13.5	599 – 1435	1017

ACUARIOS

En la tabla 14 se muestra el valor mínimo y máximo del número de óvulos para las hembras en estadios III y IV de madurez gonádica, los cuales oscilaron entre 51 y 1078, con tallas que fluctúan de 5 a 9 cm de longitud patrón.

Tabla 14. Intervalo y promedio de la longitud patrón y número de óvulos para *O. niloticus*

Intervalo longitud patrón (cm)	Promedio longitud patrón (cm)	Intervalo número de óvulos	Promedio número de óvulos
5 – 6	5.5	464 – 516	490
6 – 7	6.5	54 – 880	467
7 – 8	7.5	51 – 1297	674
8 – 9	8.5	98 – 1078	588

En las tablas 15, 16 y 17 correspondientes a los sistemas naturales y acuarios, se pueden observar los diferentes tamaños de óvulos, así como su número, en función del estadio de madurez en que se encuentran, ya que para un estadio II de desarrollo gonádico los ovarios presentan menor tamaño y este va en aumento conforme avanza la maduración gonadal. En cambio, el número de óvulos de los diferentes estadios decrece conforme maduran los ovarios, es decir, para el estadio II se encontró el mayor número de óvulos y para el estadio IV que es el máximo estado de maduración de los ovarios, el número de óvulos fue disminuyendo debido al tamaño de los productos sexuales.

Tabla 15. Madurez gonádica, longitud patrón, número y diámetro de los óvulos para las hembras de *O. niloticus* en el lago Coatetelco

Estadio de madurez	Intervalo de longitud patrón (cm)	Intervalo del diámetro del ovario (μm)	Intervalo de longitud del ovario (cm)	Intervalo de de óvulos	Promedio de de óvulos	Diámetro Del óvulo (μm)
II	10 – 15.2	600 – 4600	1.8 – 3.6	398 - 9328	4863	100 – 1000
				41 - 275	59	1100 – 2000
III	10.3 – 14.2	5100 – 5200	3.1 – 3.3	741 - 884	812.5	100 – 1000
				4 – 83	43.5	1100 – 2000
				3 - 23	13	2100 – 3000
IV	11.4 – 11.9	3700 – 4800	2.4 – 3.9	277 - 1875	1076	100 – 1000
				97 - 105	101	2100 - 3000

Tabla 16. Longitud patrón, diámetro y longitud del ovario, número y diámetro de óvulos para las hembras de *O. niloticus* en la presa Emiliano Zapata

Estadio de madurez	Intervalo de longitud patrón (cm)	Intervalo del diámetro del ovario (μm)	Intervalo de longitud del ovario (cm)	Intervalo del número de óvulos	Promedio del número de óvulos	Diámetro de de óvulos (μm)
II	11.8 – 15.5	1500 – 3300	2.0 – 3.6	882 - 10604	5743	100 – 1000
				3 - 408	205.5	1100 – 2000
III	13.4 – 16.4	5100 – 6900	1.8 – 3.1	802 – 1258	1030	100 – 1000
				5 – 149	77	1100 – 2000
				2 – 28	15	2100 – 3000
IV	13.1 – 13.3	5500 – 6100	2.9 – 3.0	468 – 1002	735	100 – 1000
				131 – 135	133	2100 - 3000

Tabla 17. Relación longitud patrón, número y diámetro de óvulos para las hembras en estadio II, III y IV de madurez gonádica de *O. niloticus* en acuarios

Estadio de madurez	Intervalo de longitud patrón (cm)	Intervalo del diámetro del ovario (μm)	Intervalo de longitud del ovario (cm)	Intervalo del Número de óvulos	Promedio del número de óvulos	Diámetro del óvulo (μm)
II	5.4 – 8.5	2100 - 2300	1.1 – 1.2	60 - 315	163	200 – 700
				10 - 98	54	800 - 1700
III	6.3 – 7.7	4100 - 5100	1.7 – 1.8	451 - 851	335	200 - 700
				21 - 83	67	800 – 1700
IV	6.8 – 7.9	3700 - 4200	1.1 – 1.5	13 - 270	13	200 - 700
				54 - 84	69	1800 - 2000

ANÁLISIS A NIVEL HISTOLÓGICO

En las figuras 37 y 38 se muestran los diferentes tamaños de folículos que se encuentran en la gónada en un estadio de desarrollo II, mismo que se clasificaron en dos tamaños: de 100 a 1000 μm y de 1100 a 2000 μm .

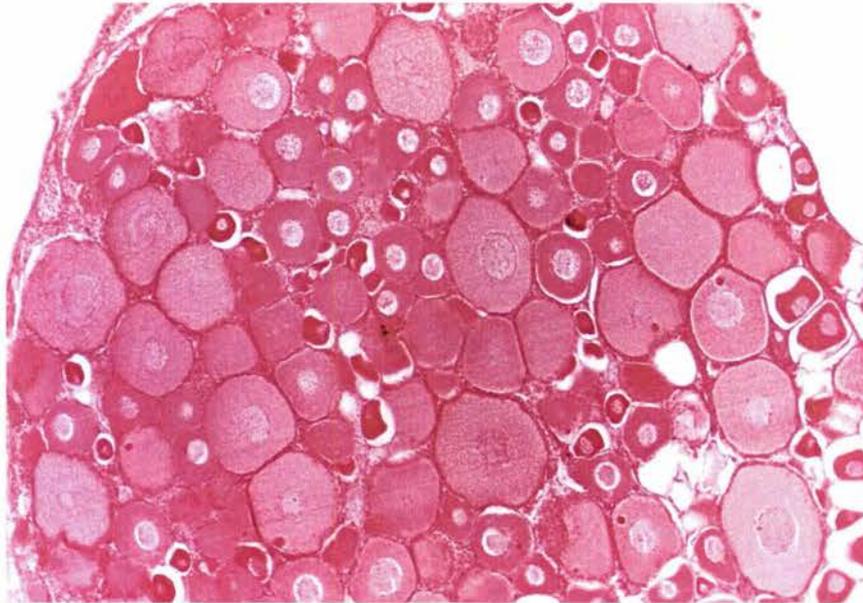


Figura 37. Micrografía de corte transversal de ovario derecho en estadio II de *O. niloticus*, 100x.

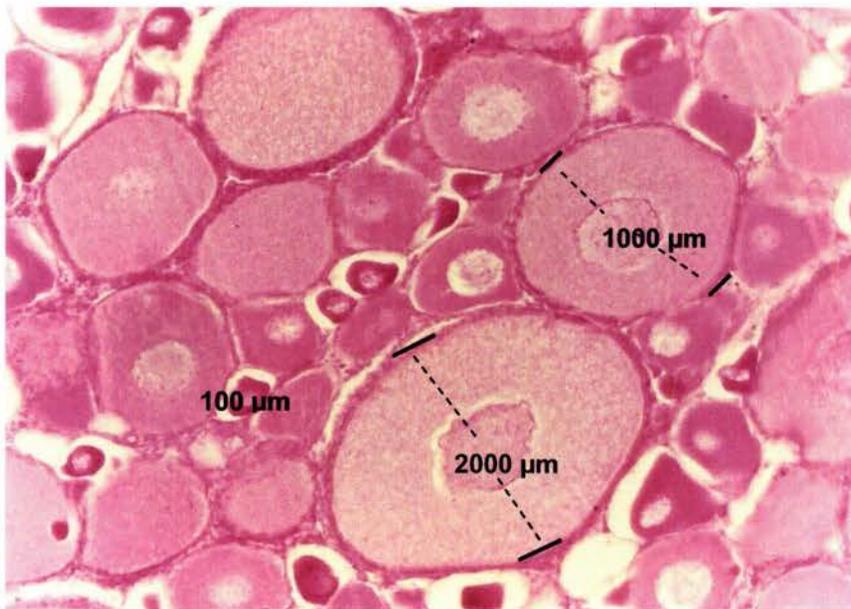


Figura 38. Micrografía de corte transversal de ovario derecho en estadio II de *O. niloticus*, 200x.

En el estadio III de madurez gonádica se identificaron tres tamaños de folículos: de 100 a 1000 μm , 1100 a 2000 μm y de 2100 a 3000 μm (figura 39 y 40).

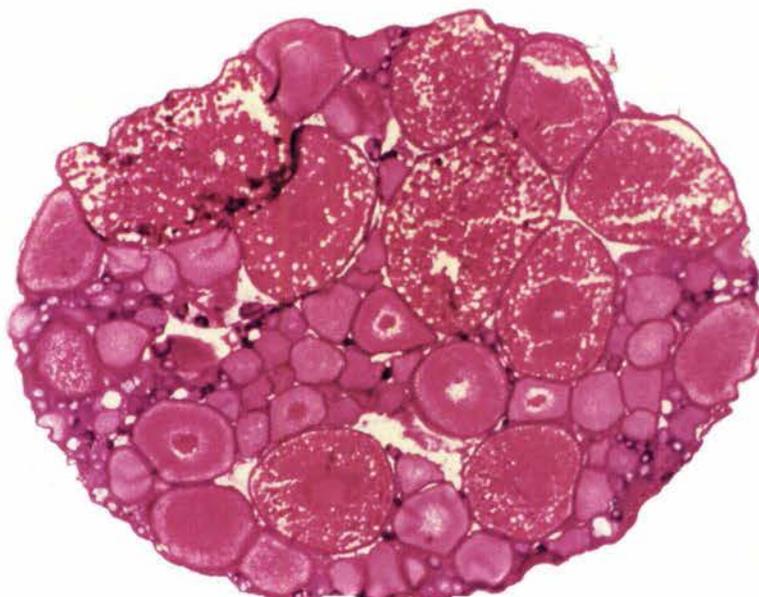


Figura 39. Micrografía de corte transversal de ovario derecho en estadio III de *O. niloticus*, 40x

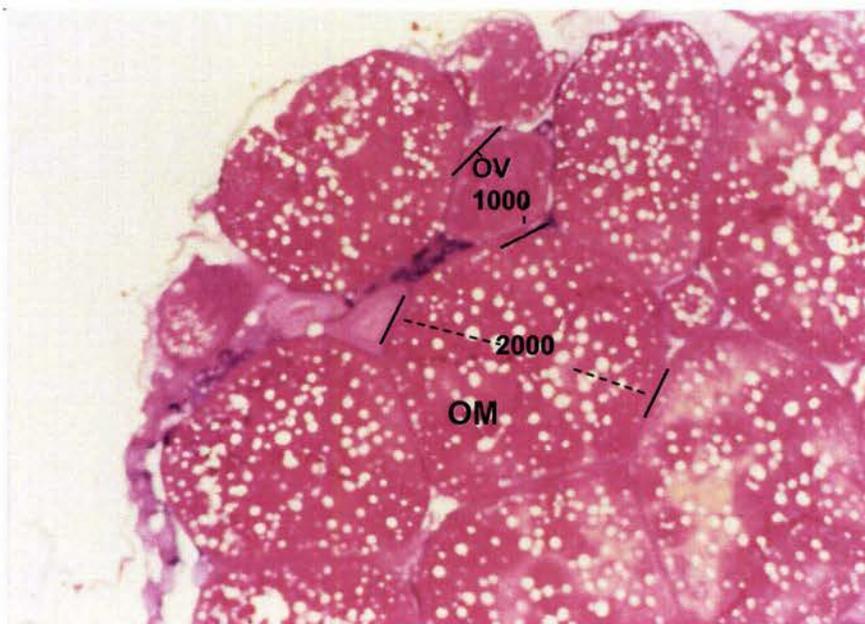


Figura 40. Micrografía de corte transversal de ovario derecho en estadio III de *O. niloticus*, ovocito vitelogenético (OV) y ovocito maduro (OM) a 100x

Para el estadio IV de maduración los tamaños registrados van de 100 a 1000 μm y de 2100 a 3000 μm .(Figura 41)

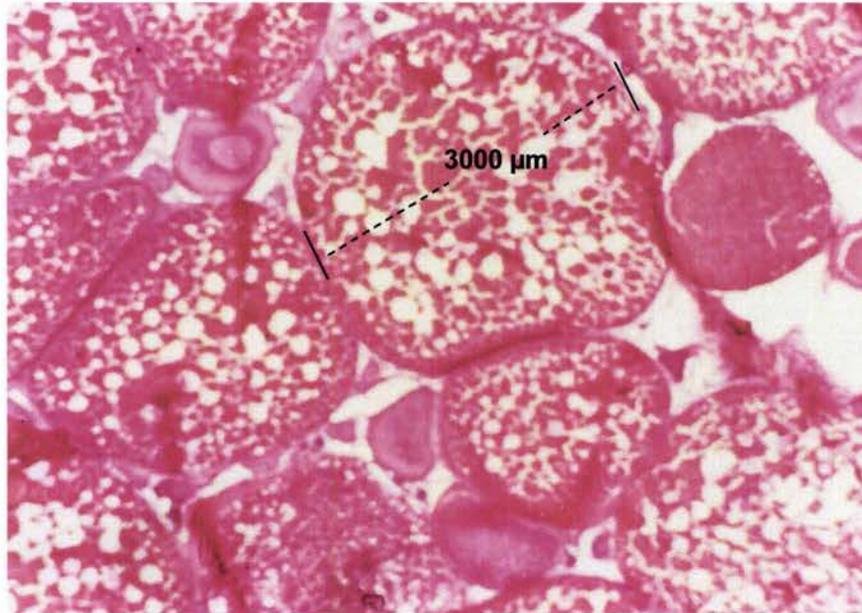


Figura 41. Micrografía de corte transversal de ovario derecho en estadio IV de *O. niloticus*, 40x

En la figura 42 se observa un ovocito primario que se encuentra rodeado de la teca, la cual se va diferenciando en teca externa e interna, células de la granulosa, membrana basal, zona pelúcida y citoplasma, con un núcleo prominente en donde se identifican nucleolos.

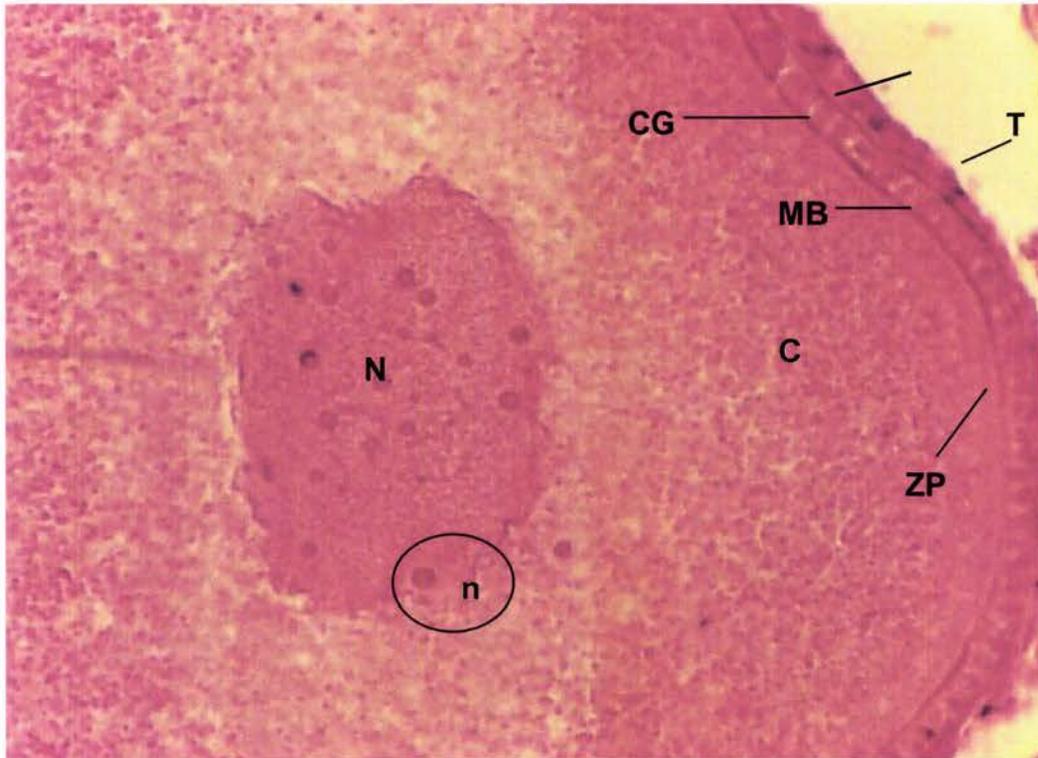


Figura 42. Ovocito primario de ovario en estadio II de desarrollo de *O. niloticus*, se identifican la teca (T), células de la granulosa (CG) membrana basal (MB), la zona pelúcida (ZP), citoplasma (C), núcleo (N) y nucleolos (n). 400x

En el ovocito vitelogenético la membrana basal que rodea al ovocito se separa de la teca, la cual termina de diferenciarse y se da una asociación con los vasos sanguíneos, mientras que en la superficie del ovocito se van formando vesículas proteicas y los nucleolos desaparecen (Figura 43).

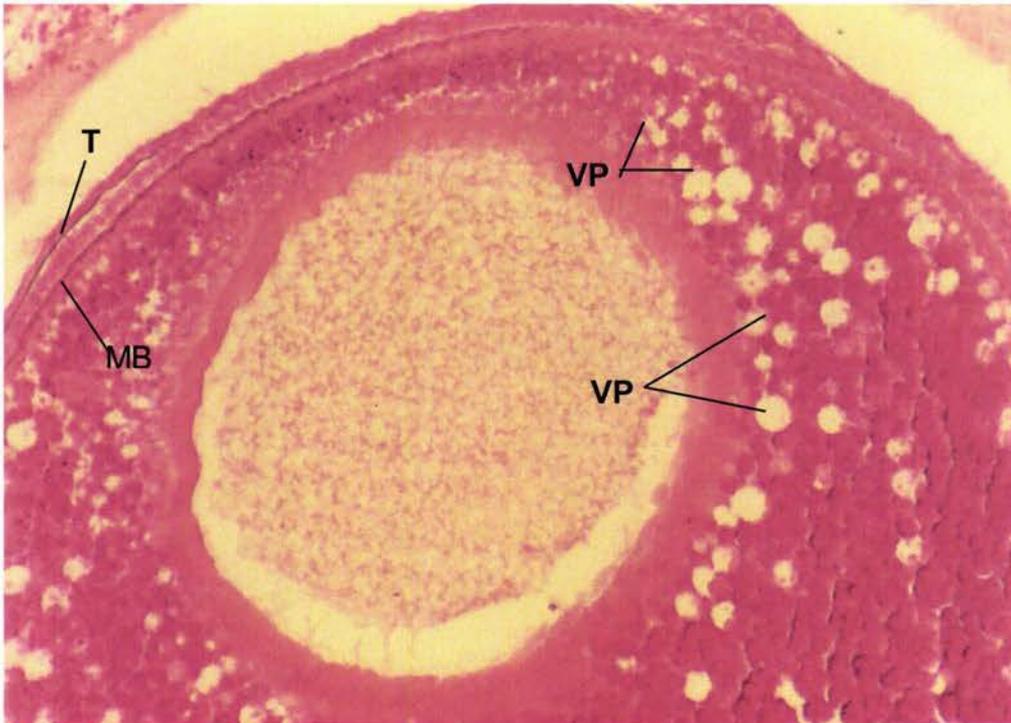


Figura 43. Ovocito vitelogénico de ovario en estadio II de desarrollo avanzado de *O. niloticus*, rodeado de la teca (T) separándose de la membrana basal (MB), vesículas proteicas (VP). 200x

En el ovocito maduro se pierde el núcleo, el crecimiento vitelogenético es completado, se observan las vesículas proteicas y en los espacios entre ellas se encuentran los lípidos; las células de la teca y la granulosa migran para dar paso al ovocito maduro y se encuentran rodeando la membrana basal (Figura 44).

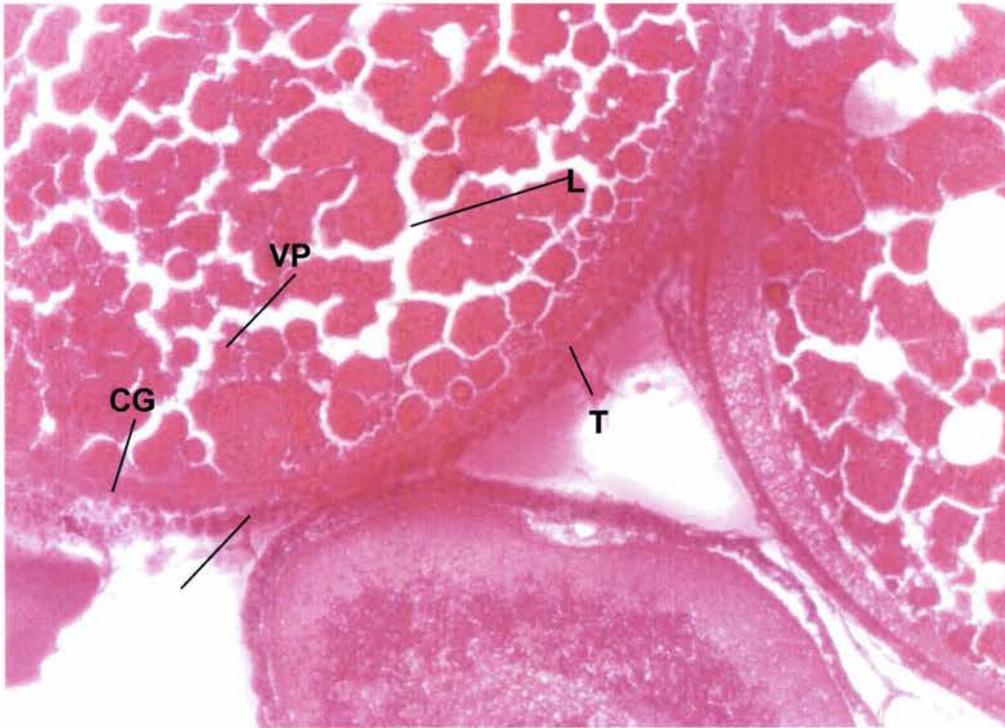


Figura 44. Ovocito maduro de ovario en estadio IV de maduración de *O. niloticus*, células de la granulosa (CG), teca (T), vesículas proteicas (VP) y lípidos (L) a 200x

Con base en los resultados obtenidos hasta el momento, tanto en el presente trabajo como en los anteriores, se presenta la modificación de la tabla propuesta por Holden y Raitt (1975) (tabla 18) para designación de estadio gonádico desde el punto de vista macroscópico y microscópico (Tabla 19).

Tabla 18. Descripción de la maduración gonádica para *O. niloticus* desde el punto de vista macroscópico. (Holden y Raitt, 1979)

FASE	ESTADIO	DESCRIPCIÓN GENERAL
I	INMADURO	Ovarios y testículos cerca de un tercio de la longitud de la cavidad abdominal, ovarios rosáceos, traslucidos; testículos blancuzcos. Óvulos invisibles a simple vista.
II	DESARROLLO	Ovarios y testículos cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, traslucidos, testículos blancuzcos, más o menos simétricos. Óvulos visibles a simple vista
III	MADURACIÓN	Ovarios y testículos cerca de dos tercios de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color rosáceo amarillo, con aspecto granular. Testículos blancuzcos a crema. No hay óvulos transparentes o traslucidos visibles.
IV	REPRODUCTIVA	Ovarios y testículos ocupan de dos tercios a toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja rosáceo con vasos sanguíneos superficiales visibles. Grandes óvulos maduros, transparentes, Testículos blancuzcos crema, blandos.
V	POSDESOVE	Ovarios y testículos, cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes flojas. Los ovarios pueden contener restos de los óvulos opacos maduros, en desintegración, oscurecidos o traslucidos. Testículos sanguinolentos o flácidos.

Tabla 19. Descripción de la maduración gonádica para *O. niloticus* desde el punto de vista macro y microscópico. (Modificación a la tabla de Holden y Raitt, 1979)

FASE	ESTADIO	DESCRIPCIÓN GENERAL	DESCRIPCIÓN DE OVARIOS (Tamaño y número de óvulos)
I	INMADURO	Ovarios y testículos cerca de un tercio de la longitud de la cavidad abdominal, ovarios rosáceos, traslucidos; testículos blancuzcos. óvulos invisibles a simple vista.	No se han diferenciado los óvulos
II	DESARROLLO	Ovarios y testículos cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios rosáceos, traslucidos, testículos blancuzcos, más o menos simétricos. Óvulos visibles a simple vista	Se encuentran dos tamaños de óvulos: 100-1000 μ m y de 1100-2000 μ m, se observan las células de la teca (interna y externa), células de la granulosa, membrana basal, núcleo prominente y central en donde se encuentran los nucleolos.
III	MADURACIÓN	Ovarios y testículos cerca de dos tercios de la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color rosáceo amarillo, con aspecto granular. Testículos blancuzcos a crema. No hay óvulos transparentes o traslucidos visibles.	Se encuentran tres tamaños de óvulos: 100-1000 μ m; 1100-2000 μ m, 2100-3000 μ m, se observa la separación de la teca con la membrana basal completamente diferenciada, se forman vesículas o vacuola proteicas que se dispersan en el ovocito, los nucleolos desaparecen y el núcleo permanece en la parte central.
IV	REPRODUCTIVA	Ovarios y testículos ocupan de dos tercios a toda la longitud de la cavidad abdominal. Ovarios de color naranja rosáceo con vasos sanguíneos superficiales visibles. Grandes óvulos maduros, transparentes, Testículos blancuzcos crema, blandos.	Se encuentran dos tamaños de óvulos: 100-1000 μ m; 2100-3000 μ m, existe acumulación de glóbulos de vitelo en el citoplasma del ovocito, el núcleo migra hacia la periferia del folículo (polo animal), los cromosomas se condensan, las células de la teca y la granulosa que consisten de una capa sencilla de células de la teca y una capa cuboidal de la granulosa.
V	POSDESOLVE	Ovarios y testículos, cerca de la mitad de la longitud de la cavidad abdominal. Paredes flojas. Los ovarios pueden contener restos de los óvulos opacos maduros, en desintegración, oscurecidos o traslucidos. Testículos sanguinolentos o flácidos.	No se aprecia una diferenciación entre este estadio y la fase de maduración II

FACTORES AMBIENTALES

LAGO DE COATETELCO

Como se observa en la figura 45 que el valor mínimo de la temperatura ambiente que se presentó en el sistema fue de 28.5°C, para el mes de junio y el valor máximo registrado fue de 34.5°C para el mes de marzo. En el caso de la temperatura del agua la mínima registrada fue de 22.97°C y la máxima de 31.85°C, esto para los meses de diciembre y agosto respectivamente.

El valor promedio de pH del agua que se presentó durante todo el periodo de muestreo fue de 9.28.

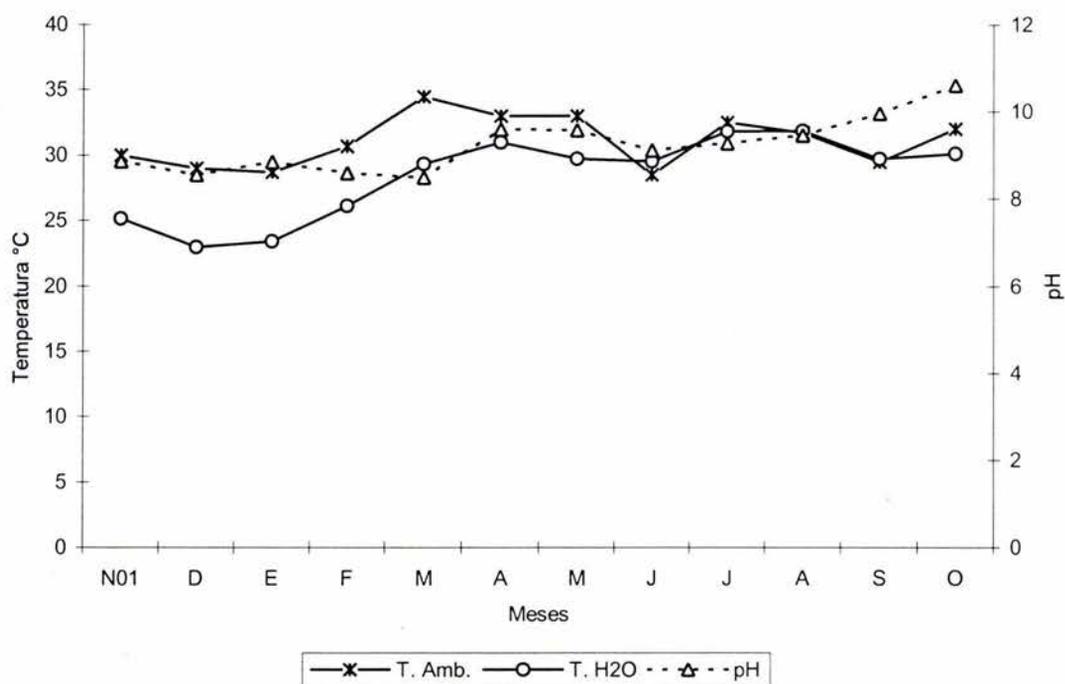


Figura 45. Relación temperatura ambiente, temperatura del agua y pH

La concentración de oxígeno disuelto en el agua fue muy variable a lo largo del año de muestreo, teniendo como valor promedio 6.46 mg/l. Los valores máximos que se registraron fueron para los meses de enero y agosto y los mínimos para abril y julio. (Figura 46)

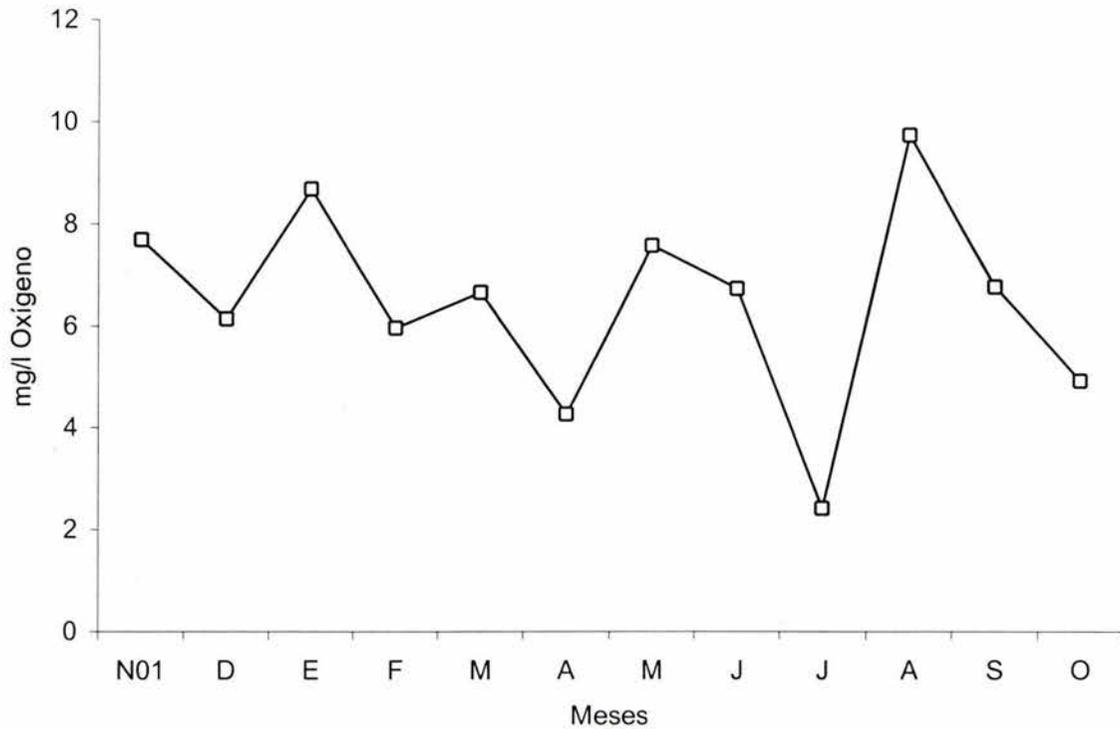


Figura 46. Variación temporal del oxígeno disuelto en el sistema

PRESA EMILIANO ZAPATA

La temperatura ambiente fluctuó entre 13.5°C en diciembre y 25.6°C en mayo con un promedio de 20.65 °C. Mientras que para el agua osciló de 20.73 a 27.16°C, en los meses de enero y agosto, teniendo como promedio 24.12°C.

El pH muestra una media anual de 8.24 y los valores mínimos y máximos que se registran son de 7.46 y 9.6 en diciembre y septiembre respectivamente (figura 47).

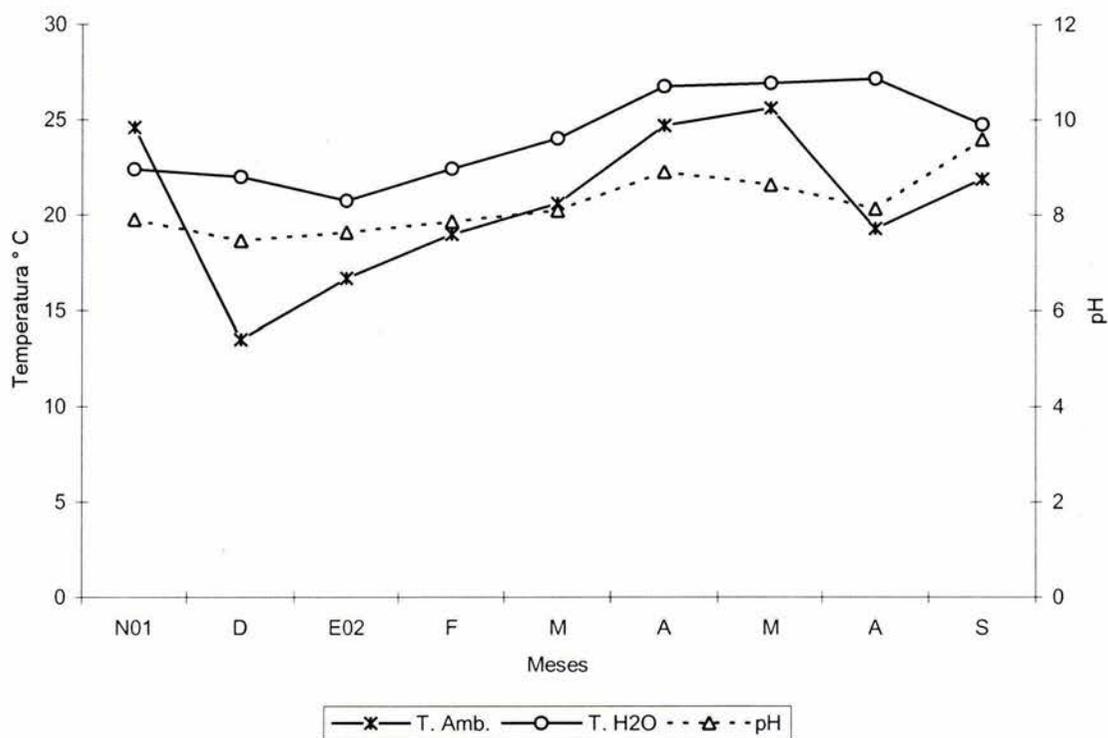


Figura 47. Relación temperatura ambiente, temperatura del agua y pH

En la figura 48 se muestra que la concentración de oxígeno disuelto promedio fue de 3.26 mg/l y el menor valor registrado fue en el mes de febrero de 2.2 mg/l y el mayor de 4.85 en marzo.

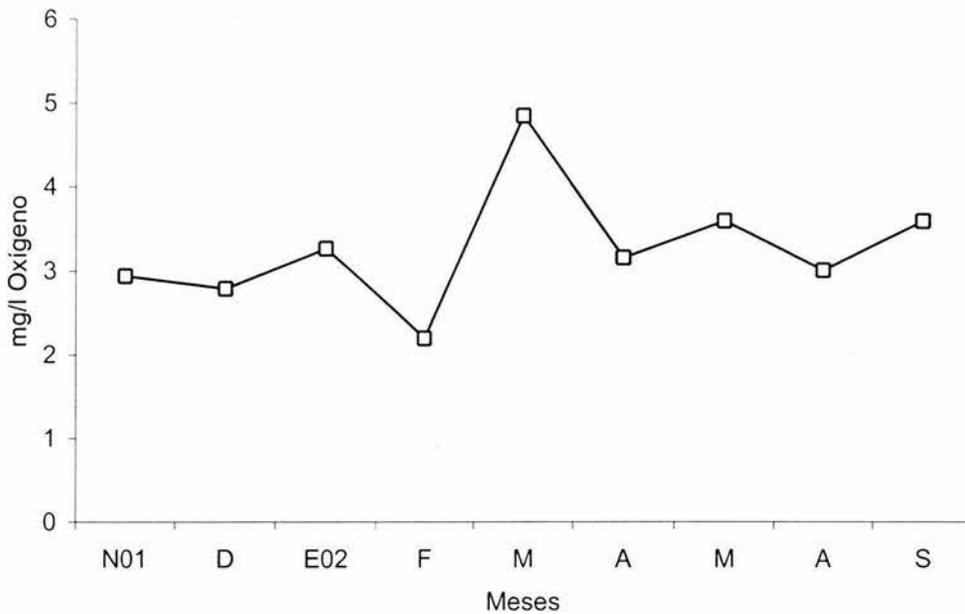


Figura 48. Variación temporal del oxígeno disuelto en el sistema

ACUARIOS

El valor promedio de la temperatura del agua durante todo el periodo de muestreo fue de 25 ± 2 °C. Con una concentración media de oxígeno disuelto de 4.74 ± 0.21 mg/l y un pH de 9.09.

ESTANQUES

La temperatura ambiente media fue de 23°C y la del agua de 21°C, con una concentración de oxígeno de 11.33 mg/l y pH medio de 9.1.

DISCUSIÓN

Con base en la biometría de los organismos se establece que la distribución de tallas y pesos fue mayor para la presa que el lago (t -student = -18.45: $p < 0.05$), lo cual se puede deber a la selectividad al arte de pesca, la profundidad de los sistemas acuáticos así como a la hora de la captura, ya que en la presa esta última se realizaba por la mañana y en el lago siempre se capturaron los peces después del mediodía y el factor temperatura, influye en la distribución de los organismos en el sistema y por lo tanto la composición de tallas.

En el lago Coatetelco se capturaron más organismos que en la presa Emiliano Zapata, debido probablemente a lo mencionado anteriormente así como a que el lago es somero según lo reportado por Garduño y Avelar (1996) con 1.50 m; Gómez-Márquez (2002) de 0.90 m y Dorantes y Zavala (2003) de 1.80 m; dicha profundidad se registró durante la época de lluvias. Por lo tanto, es más fácil que los pescadores capturen un mayor número de peces en el lago aún cuando estos sean de talla pequeña, independientemente del arte que se utilice (red agallera o atarraya), mientras que en la presa, por ser un sistema más profundo (17 m) (González y López, 1997; Ramos, 2001), la captura con atarraya es más difícil y la mayor parte se realiza en la zona litoral, lo cual puede conducir a una mayor heterogeneidad en la talla de los organismos capturados.

Nikolsky (1963) sugiere que la proporción sexual esperada para la mayoría de las especies debe ser 1:1; sin embargo, la proporción promedio estimada para el total de organismos capturados en el lago de Coatetelco fue de 3:1 y para la presa Emiliano Zapata de 6.9:1, (macho:hembra). Ramos-Cruz (1995) cita que para *O. aureus* la proporción sexual fue de 2.6:1 en favor de los machos y Gómez-Márquez (2002) reporta una proporción de 1:1.02 (macho:hembra) para *O. niloticus* en el lago Coatetelco. Además, Fryer e Iles (1972) establecen que en los lagos africanos es común que en las poblaciones de cíclidos, los machos dominen

porque generalmente presentan mayor crecimiento que las hembras, sin que esto represente un riesgo para la pesquería.

Es posible que existan estas diferencias debido a que una vez concluida la fertilización de los óvulos, las hembras permanecen en aguas profundas o en zonas donde existe vegetación acuática, para incubar y llevar a cabo la protección de los huevos y cuidado de las crías, mientras que los machos emigran hacia las zonas someras en donde se encuentran los nidos para cortejar a otra hembra, además de alimentarse (Ramos-Cruz, 1995). Asimismo, es necesario tomar en cuenta el arte de pesca que fue utilizado por cada autor al realizar esta comparación, ya que dependiendo del arte de pesca, luz de malla y características morfométricas y batimétricas del embalse es la distribución de frecuencias de tallas que se obtienen.

Para el caso de los organismos de los acuarios y estanques no fue posible determinar la proporción sexual debido a que los caracteres sexuales secundarios aún no se hacían aparentes, además para poder determinar el sexo en etapas tempranas de desarrollo era necesario sacrificar a los individuos.

Respecto a la relación peso-longitud los machos presentaron crecimiento alométrico negativo; es decir, crecen más en longitud que en peso y para las hembras el crecimiento fue alométrico negativo con tendencia a la isometría (crecen proporcionalmente en peso, longitud y altura). Avelar y Garduño (1996) mencionan que la población de *O. niloticus* del lago Coatetelco, tuvo un crecimiento del tipo alométrico negativo. Cruz y Ramírez (2002) reportan que el crecimiento de *O. niloticus* para machos y hembras de la presa Emiliano Zapata fue de tipo alométrico negativo con tendencia a la isometría. Gómez-Márquez (2002) determinó para machos y hembras de *O. niloticus* del lago Coatetelco que el tipo de crecimiento fue alométrico negativo. Estos resultados corroboran el comportamiento de los machos, ya que ellos tienen la necesidad de establecer

territorialidad en el espacio vital que utilizan y eso lo logran al adquirir mayor longitud principalmente y posteriormente peso.

En los peces que se desarrollaron en los acuarios y estanques, el crecimiento que se obtuvo para toda la población fue de tipo alométrico negativo. Flores (1994) reporta que *O. niloticus* bajo condiciones de fertilización orgánica y química en estanques de concreto presentó crecimiento alométrico negativo. Bernal (1998) reporta que la población de *O. niloticus* en estanque de concreto fertilizado químicamente presentó un crecimiento alométrico negativo y el estanque fertilizado de manera orgánica fue del tipo alométrico positivo, es decir crecieron más en peso que en longitud, lo cual desde el punto de vista producción es adecuado.

Este comportamiento es una estrategia de supervivencia como resultado de la competencia por alimento y espacio tanto en ambientes naturales como en cultivo intensivo. En los acuarios se pudo corroborar dicho comportamiento, no por el hecho de ser depredados, sino que en cada acuario un organismo tiene una mayor tasa de desarrollo que los demás, lo que le permite alimentarse primero y ocupar la mayor parte del espacio, mientras que el resto del grupo se encuentra en un espacio muy reducido, lo que resulta que el pez de mayor talla sea el dominante tal y como lo reporta Jones (1976).

La importancia de evaluar esta relación se debe a que a partir de ella se puede obtener una variable conociendo la otra, esto es, si sólo se conoce el peso y se requiere la longitud total o patrón o viceversa, entonces al obtener los valores de las constantes de esta relación es posible conocer dicha variable con nivel de significancia y de correlación elevados. Asimismo, es importante conocer el tipo de crecimiento de los organismos ya que pueden existir diferencias entre poblaciones de la misma especie o entre la misma población en diferentes años, probablemente asociado con una condición nutricional (Ricker, 1975).

Otra variable importante en el análisis de la biología pesquera es el factor de condición de Fulton (K), indicador del bienestar o robustez de los peces el cual sirve de base para inferir cambios en la condición de los organismos al aumentar la talla, edad, variaciones estacionales en el balance metabólico ocasionadas por la disponibilidad de alimento así como la condición sexual antes y después del desove (Lagler, 1984; Weatherley y Gill, 1987).

La población de peces del lago Coatetelco presentó dos marcados descensos en los valores de mediana del factor de condición en los meses de enero y abril; esto probablemente coincide con la época de reproducción, ya que Garduño y Avelar (1996) reportan que para peces de *O. niloticus* del lago Coatetelco las épocas de reproducción fueron enero y junio-julio. Sin embargo, en las hembras se da otro descenso del factor de condición en el mes de agosto, lo que se puede deber a que el periodo de reproducción masiva en este año se haya extendido, ya sea por efecto de temperatura, disponibilidad de alimento para las crías así como por el periodo de lluvias durante este mes. Así mismo, Weatherley y Gill (1987) menciona que en muchas especies esta diferencia del factor de condición entre los sexos se da después de que los individuos llegan a la maduración, ya que los machos presentaron mayores valores del factor de condición (0.2 a 0.45) en comparación con las hembras (0.035 a 0.055), debido a que estas últimas registraron menor peso total durante el periodo de muestreo.

De acuerdo a los valores del factor de condición obtenidos por Garduño y Avelar (1996) que trabajaron en el mismo sistema y con la misma especie, se observó que los peces con el paso del tiempo han mejorado su condición debido a que en la actualidad existen mejores condiciones ambientales, de calidad del agua así como un incremento en la profundidad y área superficial del sistema y por lo tanto, más disponibilidad de alimento.

En el caso de los organismos de la presa Emiliano Zapata por medio del factor de condición se detectaron dos épocas de reproducción: en noviembre y julio-agosto,

esto coincide con lo reportado por Cruz y Ramírez (2002) quienes mencionan que la época de reproducción fue durante la estación de lluvias (julio-agosto) y secas (enero-febrero).

Los organismos de los acuarios presentaron valores del factor de condición más altos que los obtenidos para las hembras de los sistemas naturales, comportamiento esperado, ya que existe menor competencia por alimento y las condiciones son adecuadas para su desarrollo. En el caso de los peces de los estanques se determinó que las condiciones en que se encontraron no fueron las óptimas y la disponibilidad de alimento no fue suficiente para su buen desarrollo, esto se refleja en los valores del factor de condición obtenidos ya que están por debajo a los obtenidos por Flores (1994) y Bernal (1998) que reportan valores mayores de 3.5.

Con lo que respecta a la talla de primera maduración sexual los organismos de Coatetelco alcanzan dicha talla antes que los peces de la presa Emiliano Zapata y en los acuarios. Las tallas registradas en los sistemas naturales para este estudio son similares a las reportadas por Peña-Mendoza *et al.* (2004, en revisión), quienes obtuvieron 15.13 cm hembras y 15.20 cm machos. Gómez-Márquez (2002) para *O. niloticus* en el lago de Coatetelco reportó que las hembras alcanzan su primer maduración sexual a los 12 cm y los machos a los 11.7 cm. Morales (1991) para *O. aureus* reporta que la talla mínima de madurez es a los 16 cm y Ramos-Cruz (1995), reporta que *O. aureus* alcanza la madurez sexual a los 22 cm de longitud total y seis meses de edad. Esto se podría deber a que la madurez sexual es una función del tamaño del animal y puede estar influenciada por la abundancia y disponibilidad estacional del alimento, la temperatura, el fotoperiodo y por otros factores ambientales en las diferentes regiones donde se localiza la especie como lo menciona Nikolsky (1963), Babiker e Ibrahim (1979) y Morales (1991). También podría deberse que las tilapias canalizan la mayor parte de su energía para reproducirse y su mantenimiento metabólico y no para crecer

tanto en longitud como en peso por carecer de depredadores naturales en los sistemas donde ha sido introducida.

Asimismo, la talla también está supeditada a la selectividad al arte de pesca que se utilice en la captura de los peces, ya que dependiendo de la luz de malla, esta permitirá que al menos los peces que se capturen por arriba de la primera talla de madurez sexual se reproduzcan una vez en el sistema y por lo tanto, exista un reclutamiento hacia la población con la finalidad de sostener la pesquería. Este factor es importante porque permite que exista una retroalimentación de crías al sistema acuático y que las Sociedades Cooperativas que dependen del recurso, no soliciten a la SAGARPA el repoblamiento del embalse para mantener la producción de manera continua.

Para conocer más adecuadamente cuando se da el proceso reproductivo en los sistemas acuáticos en cuestión, se utilizó la variación del índice gonadosomático (IGS) cuyos valores de mediana máximos registrados correspondieron a los meses de junio, julio y agosto, por lo que se puede determinar que la época de reproducción coincide con los valores más altos de temperatura ambiental y del agua registrados, así como con la época de lluvias lo que conlleva a una mayor disponibilidad de alimento por aporte de materia orgánica. Gómez-Márquez (2000) señala que la época de reproducción para *O. niloticus* en el lago Coatetelco se realiza en junio y enero. Peña-Mendoza *et al.* (2004, en revisión) reportan para la presa Emiliano Zapata que la época de reproducción se lleva a cabo en agosto y febrero.

Independientemente de la variación de los estadios de maduración de los machos y las hembras, la periodicidad del desove indica que los peces la realizan dos veces durante el año. Babiker e Ibrahim (1979) para *T. niloticus* (= *O. niloticus*) y Castrejón *et al.* (1995) así como Admassu (1996) para *O. niloticus*, reportan que las hembras desovan más de una vez en un estación reproductiva. Bardach *et al.* (1986) mencionan que cuando las tilapias alcanzan la madurez sexual, ellas

pueden reproducirse cada tres o seis semanas mientras el agua este cálida y cuando las condiciones ambientales son desfavorables, la actividad reproductiva se suspende.

Babiker e Ibrahim (1979) señalan que el índice gonadosomático incrementa con el desarrollo progresivo de la gónadas hasta el momento del desove; sin embargo, Erickson *et al.* (1985) y García-Berthou y Moreno-Amich (1993) (citados en Gómez-Márquez, 2002) mencionan que el uso del índice gonadosomático con individuos de diferentes tamaños puede ser incorrecto, porque el crecimiento gonádico frecuentemente es alométrico y se parte del supuesto erróneo de una relación lineal entre las dos variables que se utilizan para el cálculo. Por lo tanto, sería adecuado utilizar algún otro procedimiento estadístico que eliminara ese error para una mejor determinación de la época de reproducción bajo los supuestos que establece el índice gonadosomático.

Con respecto al índice hepatosomático (IHS) se esperaría que su comportamiento fuese a la par del IGS, ya que en el hígado se lleva a cabo el proceso de la vitelogénesis, el cual está relacionado con el desarrollo y maduración del óvulo. Sin embargo no fue así, puesto que en los meses que se presentaron los valores máximos y mínimos tanto para hembras como para machos no coincide con lo esperado, lo cual probablemente se deba a que el número de muestra no fue suficiente para tener un buen análisis tanto del IGS como del IHS.

Durante el proceso de obtención de las gónadas se registró que las hembras al prepararse para la reproducción tienden a almacenar grasa, misma que fue observada al llevar a cabo la disección de dichas hembras, la cual sirve como fuente de energía de reserva, ya que pasan de 20 a 30 días de ayuno, mientras incuban y protegen a las crías.

Al comparar a los organismos del lago Coatetelco y los de la presa Emiliano Zapata, se registraron algunas diferencias en cuanto al diámetro de los testículos,

ya que los peces del lago Coatetelco presentaron diámetros ligeramente mayores mientras que los testículos de los peces de la presa son más delgados en promedio al compararlos con animales en desarrollo gonadal similar. A pesar de eso, se identificaron los estadios II, III y IV de maduración gonadal.

Asimismo, se observó que conforme avanza el desarrollo los testículos estos incrementan en diámetro y longitud, hasta alcanzar más del doble de su tamaño inicial, excepto en el estadio V, en tal caso solo aumenta el largo de los testículos pero no el diámetro ya que están en un estado de reposo o recuperación para la siguiente época de reproducción.

Lo mismo se observó para los ovarios, ya que las hembras del lago Coatetelco contenían relativamente mayor número de óvulos en comparación con los peces de la presa Emiliano Zapata y de los acuarios, lo que significa que para Coatetelco las hembras presentan mayor índice de fecundidad, ocasionado probablemente por las condiciones físicas, químicas y biológicas del sistema, ya que es somero y por lo tanto tiende a ser más productivo (Granados, 1990; Dorantes y Zavala, 2003) además de que es más fácil que alcance temperaturas del agua mas altas que favorecen el proceso reproductivo de la especie. Bagenal (1978) cita que las especies de tilapia exhiben amplias fluctuaciones en la fecundidad entre peces de la misma especie, tamaño y edad y que esta se encuentra relacionada con la longitud de los peces, es decir a mayor longitud es mayor el número de óvulos presentes en el ovario.

Fryer e Iles (1972), reporta una fecundidad de 3 706 óvulos de una hembra de *T. nilotica* (= *O. niloticus*) con una longitud total de 57 cm. Babiker e Ibrahim (1979) mencionan un intervalo de fecundidad de 300 y 2800 óvulos para *T. nilotica* (= *O. niloticus*) cuya longitud varió entre 11 y 32 cm. Basurto (1984) da a conocer un intervalo de 1500 a 5595 óvulos para organismos de 23.5 a 32.5 cm. Morales (1991) estima una fecundidad de 100 a 1800 óvulos para tallas de 31 a 33 cm en tilapias, resultados que apoyan lo registrado para los organismos del presente

estudio, ya que estos presentan mayor o menor número de óvulos con respecto a su talla por efecto de la manipulación cuando son capturadas

Asimismo, se encontró que los ovarios presentaron diferentes diámetros de óvulos, debido a que la especie tiene un desarrollo de tipo asincrónico similar a lo reportado para *Tilapia zilli* por Coward y Bromage (1998), es decir, los ovarios presentan diferentes tamaños de óvulos por lo que se clasificaron en chicos (100 – 1000 μm), medianos (1100 - 2000 μm) y grandes (2100 – 3000 μm), excepto los de los acuarios que tienen óvulos con diámetros más pequeños debido al tamaño registrado, pero esto no tiene que ver con el desarrollo y maduración de las gónadas.

El análisis histológico de los ovarios apoya la clasificación sobre los diferentes tamaños de óvulos que se realizó a nivel macroscópico. Lo Nostro *et al.* (2003) menciona que la etapa de maduración temprana que se conoce como folículo primario presenta las siguientes características: células de la teca (interna y externa), células de la granulosa, membrana basal, núcleo prominente y central en donde se encuentran los nucleolos, que corresponden a lo que se denomina en este apartado como óvulos pequeños.

Selman y Wallace (1989) mencionan que durante la etapa de crecimiento primario, en muchos teleósteos el crecimiento de los ovocitos oscila de 10-20 μm a 100-200 μm de diámetro, por lo que los ovarios que contienen sólo ovocitos en esta etapa son relativamente pequeños, ya que presentan valores de índice gonadosomático <2 , por lo que se pueden catalogar como ovarios inmaduros.

En los óvulos medianos se pudo identificar las estructuras de un folículo vitelogénico; existe una separación de la teca con la membrana basal completamente diferenciada, se forman vesículas o vacuola proteicas que se dispersan en el ovocito, los nucleolos desaparecen y el núcleo permanece en la parte central de acuerdo a lo citado por Coward y Bromage (1998).

Para el caso de los óvulos grandes, estos presentaron las características de un folículo maduro, en el cual existe acumulación de glóbulos de vitelo en el citoplasma del ovocito, el núcleo migra hacia la periferia del folículo (polo animal), los cromosomas se condensan, las células de la teca y la granulosa que consisten de una capa sencilla de células de la teca y una capa cuboidal de la granulosa, proceso que se lleva a cabo durante la vitelogénesis activa (Coward y Bromage, 1998). Posteriormente se rompe la membrana nuclear para dar paso al ovocito maduro que va ser desovado y fertilizado (Selman y Wallace, 1989; García, 1995 y Grier, 2000).

No se pudo realizar la observación y obtención del corte histológico de un ovocito maduro, debido a que éste aparece exactamente al momento del desove y por lo tanto es difícil la toma de muestra.

Toda la información obtenida en función de los cortes histológicos se apoya en la descripción que realizan algunos autores como Selman y Wallace (1989), García (1995), Coward y Bromage (1998), Grier (2000) y Patiño y Sullivan (2002).

Es importante considerar que la etapa de vitelogénesis se basa principalmente en la síntesis y secreción hepática de las vitelogeninas, las cuales se producen como respuesta a factores endógenos y ambientales que activan el eje neuroendocrino hipotálamo-hipófisis-gónada, que a su vez induce la producción en el hígado de una glicofosfolipoproteína, que es transportada vía torrente sanguíneo al ovario y es utilizada para el crecimiento de los oocitos (Patiño y Sullivan, 2002).

Finalmente el proceso de maduración se lleva a cabo por eventos caracterizados de la continuación de la meiosis: a) la vesícula germinal migra hacia la periferia del oocito, b) los cromosomas se condensan y proceden a la primer metafase meiótica, seguida de la eliminación del primer cuerpo polar, y c) Los cromosomas restantes proceden a la segunda metafase meiótica, donde son detenidos una vez

más. En teleósteos como en otros vertebrados ésta segunda detención ocurre (y no antes) cuando los oocitos han madurado y se han fertilizado, por lo que ahora se pueden nombrar huevo (Selman y Wallace, 1989).

Con respecto a las características ambientales de la calidad de agua se tiene que la temperatura, la concentración de oxígeno disuelto en el agua y el pH juegan un papel muy importante en el desarrollo y reproducción de las especies, ya que estos factores influyen en los procesos bióticos y abióticos del agua que tiende a favorecer la productividad de los cuerpos de agua y asimismo la producción íctica (Boyd, 1990).

Los valores de la temperatura del agua de los sistemas naturales se encuentran dentro de los valores óptimos para la reproducción (25° a 32° C), reportados por Anónimo (1988); Lowe-McConnell (1991); Morales (1991) y Philipport y Ruwart (1982, citados en Pizarro y Rojas, 1993). Fryer e Iles (1972) mencionan que la temperatura de desove es superior a los 20° C.

La concentración de oxígeno para los sistemas donde se realizaron los diferentes trabajos, en términos generales, se encuentran dentro del intervalo requerido para el desarrollo y crecimiento óptimo de la especie. SEPESCA (1988), Lowe-McConnell (1991) y Morales (1991) mencionan que las tilapias son resistentes a bajas concentraciones de oxígeno de hasta 1 mg/l. En el caso de los valores de pH, Swingle (1969) y Arredondo (1986) citan que para un adecuado desarrollo de la especie y para todos los teleósteos en general el intervalo recomendado es entre 6 y 9 unidades, valores que se registraron en este estudio.

Con base en los resultados obtenidos se concluye que *O. niloticus* tiene una mejor tasa de reproducción bajo las condiciones de los sistemas del lago Coatetelco y la presa Emiliano Zapata, por sus características físicas, químicas y biológicas, que en los sistemas experimentales (acuarios y estanques) aunque en estos últimos se controlaron ciertas variables (temperatura, oxígeno disuelto y alimentación).

CONCLUSIONES

- ◆ La proporción sexual de los organismos del lago Coatetelco fue 3:1 (macho:hembra) y para la presa Emiliano Zapata fue de 6.9:1.
- ◆ El tipo de crecimiento para ambos sexos en el lago Coatetelco, la presa Emiliano Zapata, los acuarios y estanques fue alométrico negativo con tendencia a la isometría.
- ◆ La talla de primera madurez sexual para los machos del lago Coatetelco fue de 14.45 cm y para las hembras de 14.15 cm; para los peces de la presa Emiliano Zapata dicha talla corresponde a 15.45 cm y 15.17 cm para machos y hembras respectivamente y por último, la talla para las hembras de los acuarios fue de 7.5 cm.
- ◆ Con base en la proporción de estadios gonádicos y el Índice gonadosomático, se establece que la época de reproducción máxima para la especie es de junio-julio en el lago de Coatetelco y de julio a septiembre para los peces de la presa Emiliano Zapata.
- ◆ El diámetro de los testículos y ovarios de los individuos del lago fueron mayores que los de la presa.
- ◆ Las hembras del lago presentaron un intervalo de número de óvulos de (897-1177) mayor que el de las hembras de la presa (1017) y los acuarios (467 - 674).
- ◆ Se registró en el estadio II dos tamaños de óvulos, pequeño (100-1000 μm) y medianos (1100 – 2000 μm), en el estadio III tres tamaños, pequeños (100-1000 μm), medianos (1100 – 2000 μm) y grandes de (2100 - 3000 μm), y para el estadio IV solo pequeños (100-1000 μm) y grandes (2100 - 3000 μm), en los organismos del lago y la presa.

- ◆ Los diámetros de óvulos encontrados en las hembras de los acuarios fue para estadio II pequeños (200 – 700 μm) y medianos (800 – 1700 μm), el estadio III pequeños (200 – 700 μm) y medianos (800 – 1700 μm) y para un estadio IV pequeños (200 – 700 μm) y grandes (1800 – 2000 μm).
- ◆ En los ovocitos primarios se identifican las células de la teca, células de la granulosa, membrana basal, zona pelúcida, citoplasma, núcleo y nucleolos.
- ◆ En los ovocitos maduros se identifican las células de la teca, células de la granulosa, vesículas proteicas y lípidos.
- ◆ No se detectaron diferencias histológicas en las gónadas de los peces de los diferentes sistemas acuáticos.
- ◆ Las condiciones físicas, químicas y biológicas de los sistemas naturales son adecuadas para el crecimiento y reproducción de la especie.

REFERENCIAS

- (1) <http://e-municipio.e-morelos.gob.mx/Miacatlan/Miacatlan2.html>
- (2) http://emunicipios.emorelos.gob.mx/Puente_de_Ixtla/Puente_de_Ixtla2.html.
- Alejo P. M del C.; M. M. E. Laguna y T. P. Ramírez (1989). Estudios de algunos aspectos biológicos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: Cichlidae) en la laguna “El Rodeo” Estado de Morelos. Tesis de licenciatura, ENEP Zaragoza, U.N.A.M. México. 129 p.
- Alvarado C. R. M.; G. M. J. Fabila y D. V. A. Zamora (1990). Algunos aspectos reproductivos de *Oreochromis mossambicus* (Osteichthyes: cichlidae) en la laguna “El Rodeo”, Morelos. Tesis de licenciatura FES Zaragoza, U.N.A.M. México. 1-26.
- Anónimo (1981). Síntesis geográfica del Estado de Morelos. INEGI. México. 110 p.
- Anónimo (1988). Manual Técnico para el Cultivo de la Tilapia en los Centros Acuícolas de la Secretaría de Pesca. SEPESCA. México, D. F. 202 p.
- Anónimo (1999). Anuario estadístico del Estado de Morelos. INEGI. México, D. F. 305-306 p.
- Anónimo (2001). Anuario estadístico de Pesca 2000. Dirección General de Política y Fomento Pesquero. SEMARNAT. México. 47 p.
- Anónimo (2002a). Anuario estadístico del Distrito Federal. INEGI. 413 p.
- Anónimo (2002b). Cuaderno estadístico delegacional. Iztapalapa. D. F. Ed. 2001. INEGI. 140 p.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y M. Guzmán-Arroyo (1986). Actual situación taxonómica de las especies de la tribu tilapiini (Pises:Cichlidae) introducidas en México. An. Inst. de Biol.. U.N.A.M., Serie Zoología, México. 2:555-572.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y C. Aguilar-Díaz (1987). Bosquejo histórico de las investigaciones limnológicas realizadas en los lagos mexicanos, con especial énfasis en su ictiofauna: 91-133. En Gómez-Aguirre, S. y V.

- Arenas (Eds). Contribuciones en hidrobiología; Memoria de la Reunión "Alejandro Villalobos". Universidad Nacional Autónoma de México, D. F.
- Arredondo-Figueroa, J. L. y M. Tejeda-Salinas (1989). El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies, de la Tribu Tilapiini (pises Cichlidae) introducidas en México. An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol, U.N.A.M. 16(1): 59-68.
 - Babiker, M. M y H. Ibrahim, (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. J. Fish Biol. 14, 437-448.
 - Bagenal, T. (1978). Aspects of fish fecundity: 75-101. En Shelby, D. Gerking (ed) Ecology of freshwater fish production. Ed. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edimburgo, Melbourn.
 - Barbieri, G; D. M. T Giamas; F. A. R.; Teixeira; C. E. Campos y H. Vermuln (2000). Biología poblacional da tilápia, *Oreochromis niloticus*, Da represa Guarapiranga, São Paulo – II. Dinámica da reprodução. Boletim do Instituto de Pesca. São Paulo, 26(1):9-13.
 - Bardach, J. E.; J. H. Ryther y W. O. Mclarney (1986). Acuicultura. Crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce. AGT Editor. México. 288p.
 - Bernal, E. O. (1998). "Cultivo de *Oreochromis niloticus* en estanques de concreto con fertilización orgánica y química". Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, U.N.A.M. 50 p.
 - Boyd, C. (1990). Water Quality in ponds for Aquaculture, Department of Fisheries and Allied Aquaculture. Alabama. 447 p.
 - Contreras-Macbeath, T. (1995). Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. Ciencia y Desarrollo. 20(122):42-51
 - Cordova, C. A. (1994). "Influencia de la densidad y fotoperiodo con diferentes temperaturas en el crecimiento de la tilapia del nilo *Oreochromis niloticus* en condiciones controladas de laboratorio". Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, U.N.A.M. 71 p.

- Coward, K. y N. R. Bromage (1998). Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zillii*. J. Fish Biology 53: 285-302
- Dorantes, G. E. y Zavala, M. M. B. (2003). Estudio de la calidad de agua de tres cuerpos acuáticos en el estado de Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza; U.N.A.M. 92 p.
- Estrada, F. E.; Peralta, Z. L. y Rivas, M. P. (1982). Manual de técnicas histológicas. AGT Editor. México. 140 p.
- Erickson, L. D., J. E. Hightower y G. D. Grossman. (1995). The relative gonadal index: An alternative index for quantification of reproductive condition. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 81A. (1):117-120.
- Everhart, W. H. Y W. D. Youngs. (1981). Principles of Fishery Science. Second Edition. Cornell University Press. 350 p.
- Flores, M. O. (1994). "Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques con diferente fertilización, en un clima templado". Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 56 p.
- Fryer, G. y T. D. Iles. (1992). The Cichlid Fishes os the Great Lakes of Africa. Their Biology and Evolution. Oliver and Boyd, Edingburgh. 641 p.
- García, A. A. (1995). Establecimiento del patrón reproductivo en hembras de *O. mossambicus* Peters, 1852 (Pises: Cichlidae) cultivadas en estanques de concreto. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 62 p.
- García-Berthou, E. Y R. Moreno-Amich. (1993). Multivariate análisis of covariance in morphometric studies of the reproductive cycle. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50:1394-1399.
- Garduño P. M. y J. E. Avelar (1996). Edad y Crecimiento de la mojarra (*Oreochromis niloticus*) en la laguna de Coatetelco, Morelos. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, UNAM. 80 p.
- Gómez, M. J. L., R. M. A. Castillo, M. J. G. Fabila y V. A. D Zamora (1993). Reproducción de la tilapia en la Laguna "El Rodeo", estado de Morelos, México. Tópicos de Investigación y Posgrado, III(1):16-22.

- Gómez-Márquez, J. L. (2002). Estudio limnológico-pesquero del lago de Coatetelco, Morelos, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. UNAM. 181 p.
- González, R. J. M. y G. A. López. (1997). Aspectos hidrobiológicos de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, U.N.A.M. 81 p.
- Grier, H. (2000) Ovarian Germinal Epithelium and Folliculogenesis in the Common Snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei: Centropomidae). *Journal of Morphology* 243:265-281.
- Granados, R. J. G. (1990). El comportamiento del zooplancton en tres ambientes acuáticos epicontinentales del estado de Morelos, México. Tesis de maestría en Ciencias (Biología), Facultad de Ciencias, U.N.A.M. México, 64 p.
- Holden, M. J. y D. F. S. Raitt (Eds) (1975). Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para investigar los recursos y su aplicación: Doc, Téc, FAO. Pesca, (115) Rev. 1:211
- Jones, R. (1976). Growth of fishes: 251-279. En: Cushing, D.H. y J.J. Walsh (Editores). *The ecology of the seas*. W.B. Saunders Company.
- Lagler, K. F.; J. E. Bardach; R. R. Miller y D. R. M. Passino (1984). *Ictiología*. AGT Editor. México. 489 p.
- Lo Nostro, F.; Grier, H.; Andreone, L y Guerrero, G. A. (2003). Involvement of the Gonadal Germinal Epithelium During Sex Reversal and Seasonal Testicular Cycling in the Protogynous Swamp Eel, *Symbranchus marmoratus*. Bloch, 1795 (Teleostei, Symbranchydae). *Journal of Morphology* 257:107-126.
- Lowe-McConnell, R. H. (1991). Ecology of cichlids in South American and African waters, excluding the African Great Lakes. In Keenleyside, M. H. A. (Ed). *Behavior, ecology and evolution*. Chapman & Hall. London.60-85.
- Morales, D. A. (1991). *La Tilapia en México. Biología, cultivo y pesquerías*. AGT Editor. México, D. F. 189 p.

- Nikolsky, V. G. (1963). The Ecology of Fishes. Part II. Academic Press London. 145-187.
- Palacios S. S. E. (1995). Estudio biológico pesquero de la tilapia *Oreochromis aureus* (Steindavhner, 1864) en la presa Adolfo López Mateos (El Infiernillo), Michoacán-Guerreo, México. Tesis de licenciatura, Fac. Ciencias, UNAM. 81 p.
- Patiño, R. Y Sullivan, C. V. (2002). Ovarian follicle growth, maturation, and ovulation in teleost fish. *Fish Physiology and Biochemistry* 26: 57-70.
- Pauly, D. (1984). Fish population dynamics in tropical waters: A manual for use with programmable calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila, Philippines, 325 p.
- Peña M. B. (1999). Análisis de los factores ambientales y neuroendocrinos que regulan al crecimiento y la maduración sexual de la tilapia *Oreochromis niloticus*. Tesis de doctorado. FES Zaragoza, UNAM, México. 91 p.
- Peña-Mendoza, B., J. L., Gómez-Márquez, C. L., Cruz-Miguel y D. Ramírez-Noguera. (2004). Reproductive biology of *O. niloticus* at Emiliano Zapata dan, Morelos Mexico. *Hidrobiologica*. (En revisión).
- Pérez O. G. y S. J. Patlani (2002). Edad y crecimiento de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) de la presa "Emiliano Zapata". Morelos. Tesis de licenciatura, FES Zaragoza, UNAM; México, D. F. 87 p.
- Pizarro, J. F. Y Rojas, R. J. (1993). Presencia de tilapia, *Oreochromis* (Oisces:Cichlidae) en la desembocadura del Río Bebedero, Golfo de Nocoya, Costa Rica. *Rev. Biol.. Trop.* Vol. 41(3-B): 921-924.
- Ramírez, M. C. y R. V. Sánchez (2000) Acuicultura: una alternativa al alcance de la mano. *Desarrollo Sustentable*. Agosto 2000. 13-15 p.
- Ramírez-Noguera, D. y Cruz-Miguel, C. L. (2002). "Aspectos reproductivos de *Oreochromis niloticus* en la presa Emiliano Zapata, Morelos. Tesis de Licenciatura, FES Zaragoza, UNAM. 53 p.

- Ramos-Cruz, S. (1995). Reproducción y crecimiento de la mojarra tilapia (*Oreochromis aureus*) en la presa Benito Juárez, Oaxaca, México. Ciencia Pesquera. No. 11 (Nueva Época):54 – 61.
- Ramos, M. S. (2001). Análisis de calidad de agua y biomasa del fitoplancton de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza, U.N.A.M. 78 p.
- Redding, J.M. y R. Patiño (1993). Reproductive Physiology: 503-534. In: Evans, D. H. (Ed). The Physiology of Fishes. CRC Press Inc.
- Ricker, E.W. (1968). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bull. Fish. Res. Bd. Canadá. (191):145-157.
- Rodríguez G. M. (1992). Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. AGT editor. México. 79 p.
- Selman, K. y Wallace, R. A. (1989). Cellular Aspects of Oocyte Growth in Teleosts. Zoological Science 6:211-231.
- Shoemith, E. (1990). A comparison of methods for estimating mean fecundity, J. Fish. Biology 36:19-37.
- Varadaraj, K., S. S. Kamuri and T. J. Pandian (1994). Comparison of conditions for hormonal sex reversal of Mozambique Tilapias. The Progressive Fish-Culturist 56: 81-90.
- Weatherley, A. H., H. S. Grill y J. M. Casselman (1987). The biology of fish growth. Academic Press, 443 p.