



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO DE ESPECIES PRODUCTIVAS
NO TRADICIONALES

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS
APLICADAS PARA LA REPRODUCCIÓN DE TILAPIA
(*Oreochromis spp*)

INFORME FINAL
DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL
SUPERVISADA
MODALIDAD: PRODUCCIÓN PISCÍCOLA
2 0 0 1 - 2 0 0 2
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA
P R E S E N T A :
ALMA PATRICIA ROSAS TRIGUEROS

TUTORA: M. en C. MARÍA DEL CARMEN GALLO GARCÍA



MÉXICO, D.F.

ABRIL DEL 2009



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INFORME FINAL DE LA PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

**MODALIDAD: PRODUCCIÓN PISCÍCOLA
2001 – 2002**

TUTORA: M. en C. MARÍA DEL CARMEN GALLO GARCÍA

**DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS APLICADAS PARA
LA REPRODUCCIÓN DE TILAPIA (*Oreochromis spp*)**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA
PRESENTA:**

P. M. V. Z. ALMA PATRICIA ROSAS TRIGUEROS

NÚMERO DE CUENTA: 9428231- 3

FIRMA DE APROBACIÓN DEL TUTOR:

MÉXICO, D. F.


M. J. Alfonso Zozaya R.
Vete Depto. Esp. Tradicionales.
ABRIL DEL 2002

DEDICATORIA

A mis padres: Profra. María Olga Trigueros

Dr. Jorge Rosas Laguna

Por quererme y apoyarme, tanto en lo sentimental, moral, como en lo económico, gracias por estar conmigo en mis triunfos y en mis derrotas. Por darme tan oportunos consejos, por alentarme siempre a superarme, por prepararme en lo intelectual y en lo emocional, los quiero mucho.

A mi hermano: M. en C. Jorge Luis Rosas Trigueros

Por ayudarme a ser una mejor persona, por estar conmigo compartiendo vivencias e ideales, pero principalmente por ponerme el ejemplo de que se pueden lograr los sueños.

A mi abuelita: Pascuala Trigueros Pérez +

Gracias por darme tanto cariño, por cuidarme en mi niñez por enseñarme a amar y a respetar a todo lo que esta a nuestro alrededor.

A mis padrinos: Profra. Ma. Magdalena Rosaslanda U.

Ing. Daniel Ortiz Sánchez.

Por su cariño, apoyo e interés en mi carrera.

Al M. V. Z. Benito Muñoz Navarro

Por dejarme trabajar a su lado, cuidarme, escucharme y apoyarme. Gracias por existir gapy mu.

Dios mío te estoy muy agradecida por concederme tan linda familia y por darme muchas cosas más.

AGRADECIMIENTOS

Al Biól. Manuel García Ulloa Gómez, por permitirme realizar mi entrenamiento de conocimientos básicos en reproducción de tilapia en el Laboratorio de Ciencias Marinas, Barra de Navidad, Jalisco.

Al Biól. Arturo Castañeda Castillo responsable del Centro Acuícola Zacatepec, Morelos por permitirme terminar mi Práctica Profesional Supervisada en reproducción de tilapia dentro de sus instalaciones.

Al personal del Centro Acuícola Zacatepec, Mor., por compartir sus experiencias y por tan linda convivencia.

A mi tutora M. en C. María del Carmen Gallo García por todo el apoyo, con admiración y respeto por haberme brindado su tiempo, experiencia, orientación para el desarrollo y culminación de este trabajo.

A mi coordinador M. V. Z. José Antonio Zozaya Rubio por contactarnos con las personas indicadas para la realización de mi Práctica Profesional Supervisada.

A mi H. JURADO.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
TABLA DE CONTENIDO.....	5
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	8
Características generales de la tilapia.....	8
Características de importancia comercial.....	9
Hábitos alimenticios.....	9
Antecedentes del cultivo de la tilapia en el mundo	10
Introducción de la tilapia en México.....	11
Importancia comercial de la tilapia en México.....	12
Tecnologías del cultivo de la tilapia en México.....	12
Ciclo de vida de la tilapia.....	14
Características reproductivas de la tilapia.....	16
Técnicas de reproducción controlada.....	17
Técnicas aplicadas para el control de la reproducción (cultivo "todos machos").....	18
OBJETIVOS.....	22
CONTENIDO.....	23
Lugar de estudio, ubicación geográfica y condiciones climáticas.	23
Objetivo general y funciones del Centro Acuícola.....	23
Reseña histórica del Centro Acuícola Zacatepec.....	24
Descripción general de las instalaciones.....	25
Manejo de Reproductores.....	28
CONCLUSIONES.....	40
LISTA DE CUADROS	
1)Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de la tilapia.	15
2)Hibridaciones realizadas en México.....	20

3)Especies manejadas en el Centro Acuícola Zacatepec.....	24
4)Infraestructura existente en el Centro Acuícola Zacatepec.....	28
5)Promedios de las temperaturas registradas por semana.....	31
6)Parámetros hidrológicos óptimos para la tilapia.....	31
7)Enfermedades y tratamientos.....	33
8)Registro de Reproductores en el Centro Acuícola Zacatepec...	34

LISTA DE FIGURAS

1)Ciclo de reproducción de la tilapia.....	15
2)Sistema neuroendócrino de la tilapia.....	17
3)Diferencias entre los genitales de una hembra a un macho.....	19
4)Mapa de macrolocalización de Zacatepec Morelos.....	23
5)Distribución de estanques del Centro Acuícola Zacatepec.....	26
6)Caso de exoftalmia.....	35
7)Caso de deformidad del pedúnculo caudal.....	35
8)Tamizado del alimento.....	37
9)Pesado del alimento.....	37
10)Pesado de la hormona.....	37
11)Dilución de la hormona en alcohol.....	37
12)Esparcimiento de la hormona en el alimento.....	38

BIBLIOGRAFÍA.....	41
-------------------	----

RESUMEN

ROSAS TRIGUEROS ALMA PATRICIA. Descripción y análisis de las técnicas aplicadas para la reproducción de tilapia (*Oreochromis spp*) en el Centro Acuícola Zacatepec. Práctica Profesional Supervisada (PPS) en la modalidad de Producción Piscícola (bajo la supervisión de la M. en C. María del Carmen Gallo García). Durante el desarrollo de la PPS, cuya duración fue de 16 semanas, se realizaron y analizaron todas las actividades de manejo en el Centro Acuícola Zacatepec, Mor., el cual produce cría de tilapia bajo un sistema de producción semi-intensivo. En el presente trabajo se describen y evalúan de manera general las instalaciones, el manejo llevado a cabo durante la etapa de reproducción, alevinaje y cría. Asimismo, se describen y analizan las técnicas para el monitoreo de parámetros hidrológicos, control de la reproducción, selección de reproductores, transferencia de organismos, reversión sexual de las crías y la alimentación. Por otro lado, se mencionan los antecedentes sobre enfermedades que se han presentado en el Centro y las medidas profilácticas empleadas para su control.

INTRODUCCIÓN

Características generales de la tilapia

La mojarra tilapia, corresponde a un grupo de peces ciclidos de la tribu *Tilapiini* originarios del continente africano.¹⁷

A continuación se menciona la clasificación taxonómica de las especies de tilapia introducidas en México para su cultivo:

Phyllum	Vertebrata
Subphyllum	Craneata
Superclase	Gnathostomata
Serie	Pisces
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Cichlidae
Género	1) <i>Tilapia</i>
	a) <i>rendalli</i>
	b) <i>zilli</i>
	2) <i>Oreochromis</i>
	a) <i>aureus</i>
	b) <i>niloticus</i>
	c) <i>mossambicus</i>
	d) <i>urolepis hornorum</i>
	e) variedad <i>mossambicus</i> roja
	f) variedad <i>niloticus</i> roja
	g) variedad <i>niloticus</i> blanca (Rocky Mountain)
	h) variedad <i>niloticus</i> Stirling
	i) variedad <i>aureus</i> azul
	j) híbridos rojos ²³

Las especies de cultivo más importantes son: *Oreochromis aureus*, *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis urolepis hornorum*, *Tilapia zilli* y *Tilapia rendalli*.¹⁷

Características de importancia comercial

Estas especies presentan diversas cualidades de importancia comercial, entre las que destacan su gran resistencia física, capacidad de adaptación, rápido crecimiento, alta prolificidad, tolerancia a altas densidades, resistencia a enfermedades, tolerancia a bajas concentraciones de oxígeno disuelto y también presentan tolerancia a amplios intervalos de temperatura que van desde 12 °C hasta 42 °C.^{1, 17} Se sabe, que la *O. niloticus* y la *O. mossambicus* pueden resistir temperaturas de 10 a 11 °C por varios días, mientras que *O. aureus* es capaz de tolerar una temperatura de 8 °C por el mismo periodo. La literatura refiere que las especies más tolerantes a bajas temperaturas son *O. niloticus* variedad (var.) Stirling y la var. Rocky Mountain. Por otro lado, se sabe que algunas especies son eurihalinas, *O. mossambicus* es capaz de tolerar salinidades de 120 g / l.⁴ Finalmente, se ha reportado que *Oreochromis macrochir* vive en aguas encharcadas.

Hábitos alimenticios

Por otro lado, casi todas las especies de tilapia tienen hábitos alimenticios muy variados⁴; en el medio natural, su dieta está compuesta por algas bentónicas, fitoplancton,¹⁷ macrofitas, zooplancton, huevos de peces, larvas de peces y detritus, sin embargo, además de las fuentes de alimento antes mencionadas, bajo un cultivo comercial pueden alimentarse con salvado de arroz, arroz quebrado, tortas de aceite de semillas, harina, harina de maíz, desperdicios de cocina, fruta descompuesta, pulpa de café y subproductos de molinería.⁹

Antecedentes del cultivo de la tilapia en el mundo

Estos organismos tienen orígenes muy antiguos; en África Oriental se encontraron restos fósiles que datan de 18 millones de años. Los primeros registros de la presencia de estos peces en la vida rutinaria del hombre también fueron encontrados en África, particularmente en Egipto con pinturas realizadas 5 mil años a. C. que denotan detalladas observaciones de este pez. Un friso de una tumba egipcia, fechado 2,500 años a. C. ilustra la cosecha de tilapia y un bajorrelieve de la misma civilización sugiere la existencia de estanques para su cultivo.⁹ Una referencia bíblica (Isaías 19:10) confirmó la existencia de tales estanques hacia el año 1000 a. C. Las evidencias encontradas demuestran que para la civilización egipcia la tilapia era un objeto de culto que simbolizaba la esperanza de la reencarnación. Otros relatos bíblicos de las abundantes pesquerías en el mar de Galilea se refieren precisamente a éstos organismos, ya que los peces que San Pedro pescó en el Mar de Galilea y los que Cristo dio a las multitudes eran tilapias.⁹

El cultivo experimental de tilapia se inició en Kenia en 1924, continuándose de manera más organizada e intensiva en Zaire (Congo) y popularizándose en Sudáfrica y Rodesia. Simultáneamente, esta especie se difundió desde Java hacia todo el sureste asiático. Los resultados del cultivo obtenidos en Malasia contribuyeron a que, de 1950 a 1970, esta especie fuese distribuida al resto del mundo.²⁷ Aunque Israel fue uno de los países pioneros en el cultivo de estos peces,³⁰ actualmente el primer lugar mundial es China, seguido por Egipto, Tailandia, Filipinas, Indonesia y Uganda.³¹ En Latinoamérica, estos organismos se cultivan exitosamente en países como: México³¹, Ecuador³, Panamá⁷, Venezuela², Honduras²¹ y Colombia.¹⁵ Su importancia mundial es tal, que la tilapia es la segunda especie más cultivada, después de la carpa común.¹¹

Introducción de la tilapia en México

En nuestro país, el cultivo de tilapia comenzó desde el 10 de julio de 1964 con la importación de los primeros ejemplares procedentes de la Universidad de Auburn, Alabama, EE.UU., los cuales fueron recibidos en la Estación Piscícola ubicada a un costado de la Presa Miguel Alemán en Temascal, Oaxaca. Las especies introducidas en ese año fueron: *Tilapia melanopleura*, *O. mossambicus* y *O. aureus*. En 1978, se introdujo en el mismo lugar la tilapia del Nilo (*O. niloticus*) procedente de Panamá.²⁷

En 1981, se implementaron programas de reproducción controlada en jaulas flotantes con la introducción al país de reproductores originales de tilapia roja *O. mossambicus* y *Oreochromis urolepis hornorum* procedentes de Florida, EE.UU., los cuales fueron trasladados a los Centros Acuícolas de Zacatepec y El Rodeo en el estado de Morelos para su cultivo.¹⁷

En 1986, la primera línea roja de *O. niloticus*, fue introducida en México procedente de la Universidad de Stirling, Escocia. Esta variedad se introdujo en el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN, Unidad Mérida, de donde fue distribuida a los Centros Acuícolas de la entonces SEMARNAP.¹⁷

En 1987, nuevamente se introdujeron tres lotes procedentes de EE.UU. *O. urolepis hornorum*, y *O. mossambicus*, así como la *Tilapia zillii*. Algunos productores privados introdujeron tilapia híbrido rojo procedente de Puerto Rico y *O. aureus* de Cuba.¹⁷

En 1992, se introdujo *O. niloticus* procedente de Israel y en 1993 la tilapia blanca conocida con el nombre de Rocky Mountain White obtenida por la hibridación de ejemplares blancos de *O. niloticus* x *O. aureus* procedentes de EE.UU.

En 1996, fue introducido un lote de *O. niloticus* de la República de Costa Rica y en ese mismo año nuevamente se introduce *O. aureus*, *O. mossambicus* y *O. urolepis hornorum* procedentes de EE.UU.²⁷

Importancia comercial de la tilapia en México

Su explotación comercial constituye una de las actividades acuícolas con mayor potencial ya que, debido a sus cualidades antes mencionadas, es posible la obtención de grandes cantidades de proteína de origen animal a bajo costo.²⁵ Su producción controlada es una alternativa que podría satisfacer la gran demanda de alimento en México, debido a que en el censo del 2000 se reportó una población total de 97, 483, 412 mexicanos.³²

En el período de 1982 a 1986, México fue el primer país productor con una producción promedio anual de 60,200 toneladas métricas (tm)/año, no obstante, con el incremento de la producción a 78,800 tm/año, en el período de 1987 a 1991 ocupó el tercer lugar.¹⁷ En el año de 1999, México ocupó el séptimo lugar mundial y el primer lugar en América como productor de tilapia, con una producción de 66,366 tm/año.³¹ Actualmente, las especies más cultivadas en México son: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, y *Oreochromis aureus*.

Tecnologías del cultivo de la tilapia en México

El cultivo de la tilapia en nuestro país se ha realizado principalmente bajo tres sistemas de producción determinados por: el tipo de infraestructura, equipo empleado, la cantidad y calidad tanto del alimento suministrado, como del manejo para el control de los factores que inciden sobre la productividad.¹⁷

El sistema de cultivo más sencillo consiste en introducir crías de diferentes especies de tilapias en grandes cuerpos de agua, para que la población ubicada

cerca de los mismos obtenga proteína de origen animal a bajo costo. El manejo en este sistema es nulo, y los peces se alimentan exclusivamente de la productividad generada en el embalse. A esta actividad se le conoce como Acuicultura de Repoblación.¹⁷

En el cultivo semi-intensivo, se utiliza estanquería rústica, en donde se aplica una fertilización inicial para generar productividad primaria que sirve como alimento y los peces se alimentan en forma regular e intensiva con alimento comercial balanceado. Las densidades de siembra van de 4 a 6 organismos/m², cosechándolos a una talla comercial de 250 a 320 g. La producción semi-intensiva puede manejarse como un cultivo integral con otras actividades productivas como la agricultura, ganadería, porcicultura o avicultura, entre otras. Por otro lado, si las condiciones ambientales lo permiten, este sistema permite el cultivo simultáneo de tilapia con otros organismos acuáticos de importancia comercial como el langostino o el camarón, entre otras especies. A esta técnica se le denomina policultivo.¹⁷

El sistema intensivo, se realiza en estanquería pequeña, jaulas introducidas en canales de corriente rápida, construidos de cemento, en canales de riego secundarios y terciarios con altas densidades de tilapias (80 a 100 organismos/m³). Las jaulas flotantes también pueden ubicarse en cuerpos de agua muy extensos y ociosos (presas, lagunas, bordos), en regiones donde las técnicas de producción en estanquería no son factibles ni redituables. El cultivo intensivo en tanques maneja altas densidades que varían de 10,000 a 30,000 peces/hect.¹

Por otro lado, el 100% de los requerimientos nutricionales de los peces estabulados bajo este sistema se satisface con alimento comercial balanceado y, debido a que el control de la calidad del agua es sumamente importante para obtener una buena sobrevivencia, los parámetros fisicoquímicos del agua son revisados frecuentemente.¹

En México los cultivos más utilizados son en estanquería de tipo semi-intensivo y las jaulas flotantes.¹

Ciclo de vida de la tilapia

El ciclo de vida de la tilapia comprende las siguientes etapas:

a) Desarrollo embrionario. Etapa que comprende desde el momento de la fertilización, hasta que el pez comienza a alimentarse en el medio externo y ha perdido el saco vitelino el cual contiene sustancias de reserva. Este período comprende dos etapas, la de desarrollo dentro del huevo y la prelarvaria fuera de éste.

b) Estadio larval. En este período, los peces se alimentan en el medio externo cuando aún no han desarrollado completamente sus órganos internos y externos.

c) Período de inmadurez. La apariencia externa es similar a la de un ejemplar adulto, pero las gónadas todavía son inmaduras y los caracteres sexuales secundarios comienzan a desarrollarse.

d) Período reproductivo. Características fenotípicas definitivas se manifiestan claramente con el dimorfismo sexual y las gónadas se encuentran maduras y aptas para la reproducción.

e) Período de senectud. Los organismos dejan de reproducirse y su crecimiento es más lento.¹⁶

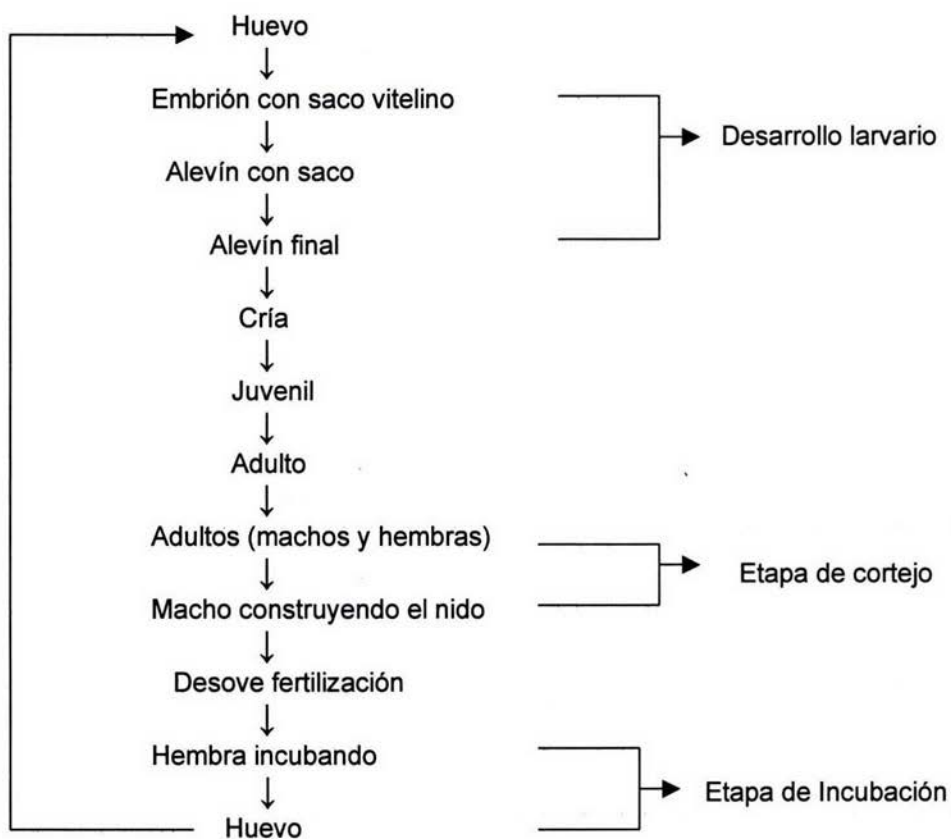
Cuadro 1

Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de la tilapia.¹¹

ESTADIO	TALLA (cm)	PESO (g)	TIEMPO (días)
Huevo	0.2 – 0.3	0.01	3 – 5
Alevín	0.7 – 1.0	0.10 – 0.12	10 – 15
Cría	3 – 5	0.5 – 4.7	15 – 30
Juvenil	7 – 12	10 – 50	45 – 60
Adulto	10 – 18	70 – 100	70 – 90

Figura 1

Ciclo de reproducción de la tilapia.



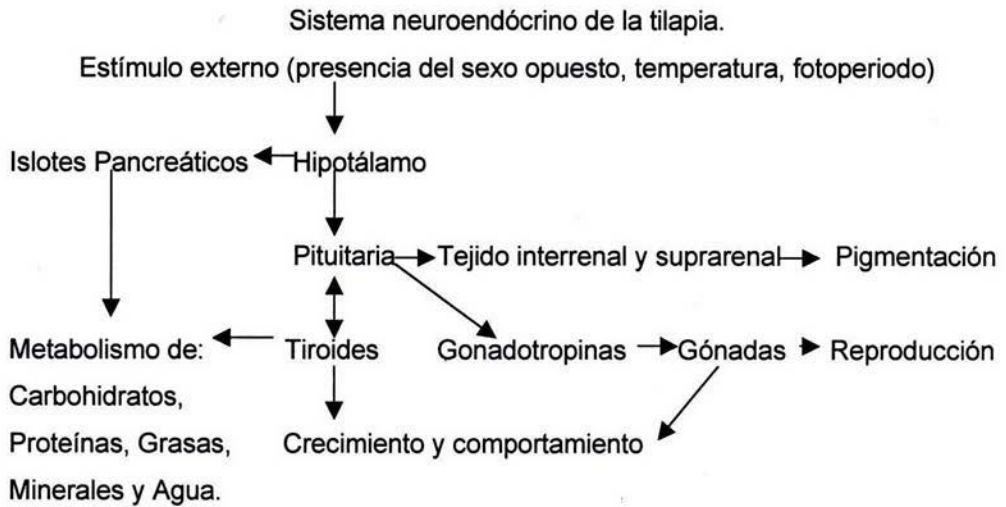
Características reproductivas de la tilapia

La tilapia es un organismo dióico, es decir que existen sexos separados. La función reproductora corresponde primordialmente al sistema reproductor, compuesto por las glándulas sexuales llamadas gónadas que corresponden a los ovarios en la hembra y los testículos en el macho. En la tilapia, la diferenciación de las gónadas hacia hembras y machos ocurre en etapas tempranas de su desarrollo (entre los 15 y 20 días de edad). Las gónadas femeninas se diferencian de 7 a 10 días antes que las gónadas masculinas.²³

Estos peces presentan precocidad sexual debido a que son capaces de reproducirse desde las ocho o diez semanas de edad, cuando alcanzan una talla de 7 a 16 cm.¹⁷ Asimismo, tienen la característica de ser muy prolíficos; una hembra de 200 g produce de 800 a 1000 huevos por desove y la frecuencia de desove puede ser de 6 a 16 veces al año dependiendo de las condiciones climáticas.²³

Las variables que repercuten sobre la madurez sexual y las actividades reproductivas de estos organismos son: el fotoperiodo, la temperatura, diversas condiciones ambientales como la lluvia, por ejemplo, y la presencia del sexo opuesto, entre otros. Estos factores están estrechamente vinculados con los ciclos fisiológicos que afectan directamente el sistema neuroendócrino, disparando los procesos de maduración y crecimiento gonadal que concluyen en la postura de huevecillos.²⁰

Figura 2



Técnicas de reproducción controlada

La vida útil de un reproductor es de cinco años. El número de reproductores a manejar a nivel productivo por m^2 está en función del tamaño del macho, de manera que se recomienda proporcionar una superficie tres veces mayor a su longitud total.²⁷ En los estanques de reproducción, la proporción de machos y hembras debe ser de un macho por cada dos hembras por m^2 de estanque.²³

El macho del género *Oreochromis* spp. construye nidos en el fondo del estanque, generalmente de tres a diez hoyos de aproximadamente 12 a 18 cm de diámetro en un área de dos a tres m^2 , ejerciendo cierta territorialidad, cuidando el nido y cortejando hembras para aparearse. Una vez concluido el proceso de cortejo, la hembra deposita los óvulos dentro del nido y el macho los fecunda con esperma. Los huevecillos fertilizados son colectados por la hembra depositándolos en la cavidad inferior de la mandíbula y los conserva en ella durante el tiempo que dure el desarrollo embrionario. El macho, después de fecundar a la hembra, puede

aparearse con otra hembra madura, mientras que la hembra requiere de un período de recuperación de 20 a 30 días para volver a aparearse.

Las hembras son sumamente agresivas con otros peces durante la etapa de incubación, que dura de tres a cinco días. Este comportamiento continúa aún cuando las crías ya nadan en cardumen ocho días después de la eclosión.⁷ En las temporadas de desove masivo, durante los meses de mayor temperatura del agua, las generaciones de crías se confunden entre sí y son protegidas por todas las hembras de la misma talla, pero si existe la presencia de juveniles de desoves anteriores éstos se alimentarán de las crías en grandes cantidades.²³

Técnicas aplicadas para el control de la reproducción (cultivo “todos machos”)

El objetivo del manejo de un cultivo “todos machos” es evitar la sobrepoblación derivada de la precocidad sexual de estos organismos. Las ventajas que presenta un cultivo de esta naturaleza son: la reducción en la variabilidad de tamaños y del comportamiento sexual agresivo y la obtención de un mayor crecimiento.¹⁰ Sin embargo, se ha reportado que las hembras *O. niloticus* pueden crecer más rápido que los machos porque consumen menos oxígeno y su conversión alimenticia es mejor siempre y cuando se les críe por separado, por lo tanto los estudios que reportan la superioridad de crecimiento en machos es probablemente causada por el comportamiento sexual más que por factores fisiológicos.²⁶

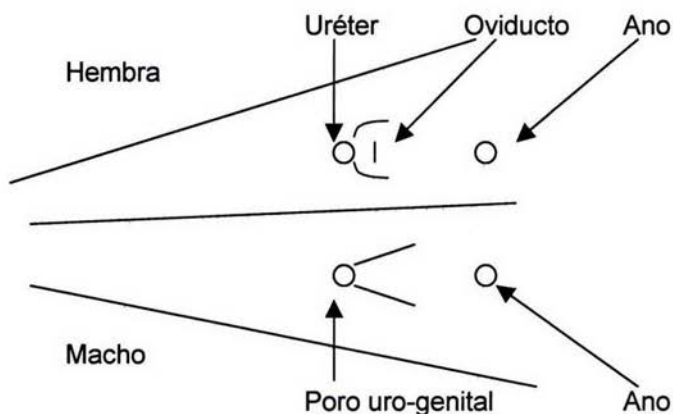
Existen varias técnicas para obtener crías de un solo sexo. A continuación se explican brevemente las más utilizadas:

1.- Sexado manual. Consiste en la separación manual de sexos mediante la inspección visual de los genitales de cada uno de los juveniles teñidos con

diversos colorantes como el azul de metileno, violeta de genciana, iodo y tinta china, entre otros. Generalmente, las hembras de tilapia son excluidas en los estanques de levante, para evitar la sobrepoblación. La desventaja de esta técnica, es que el porcentaje de eficacia depende de las habilidades del trabajador.⁶

Figura 3

Diferencias entre los genitales de una hembra con respecto a un macho.



2.- Técnica de reversión sexual. Se realiza antes de la diferenciación de las células gonadales primarias del tejido ovárico. En esta técnica se administran hormonas y otros compuestos químicos como: 17α -metiltestosterona, fluoxymesterona, mibolona, acetato de noretisterona, 17α -etinytestosterona, 17α -metilandrostandinol, acetato de trembolona y el inhibidor aromatasa. La utilización de hormonas para la reversión sexual no produce efectos secundarios al consumidor de tilapia cultivada, ya que la mayor parte de esa pequeña cantidad de hormona es metabolizada y eliminada antes de que el pez crezca a la talla comercial.²⁴

Existen factores ambientales que pueden favorecer la reversión sexual. Se ha observado que la temperatura de 35°C produce un mayor índice de machos,

mientras que en regiones termales intermedias se produce una población heterogénea de hembras y machos. Y a bajas temperaturas la diferenciación de las gónadas es tardía.¹³

3.-Hibridación. Se originó en África en el año de 1960, cuando Hickling llevó a cabo la primera cruce de tilapia con la idea de producir híbridos estériles pero lo que obtuvo fue un lote de híbridos todos machos. En México, Delgadillo y Morales (1976) realizaron las primeras cruces de tilapia para evitar el sexado manual.²³

Cuadro 2
Hibridaciones realizadas en México.²³

MACHO		HEMBRA	%MACHOS
<i>O. aureus</i>	X	<i>O. mossambicus</i>	75
<i>O. hornorum</i>	X	<i>O. mossambicus</i>	75
<i>O. hornorum</i>	X	<i>O. mossambicus</i>	75
<i>O. mossambicus</i>	X	<i>O. niloticus</i>	80
<i>O. hornorum</i>	X	<i>O. mossambicus</i>	83
<i>O. hornorum</i>	X	<i>O. niloticus</i>	80

4.-Inmersión en soluciones esteroidales. Consiste en la aplicación de baños de inmersión con acetato trembolona (que como ya se mencionó anteriormente, también puede ser administrado en el alimento). La aplicación de esta hormona genera la diferenciación de las gónadas como testas en lugar de ovarios, y el pez se desarrolla con características morfológicas de macho; no obstante, su efectividad varía de un tratamiento a otro.⁶

5.-Manipulación de cromosomas. Es usada para producir organismos triploides que generalmente no gastan energía en la reproducción, por el problema en el desarrollo de órganos reproductivos. Inicialmente se pensaba que esta energía

reservada se destinaba a un crecimiento en la talla pero el beneficio real de estos animales triploides es su esterilidad.⁶ Consiste en producir machos mediante ingeniería genética; esta tecnología requiere un método de feminización para producir hembras YY y XY a fin de obtener machos con un genotipo YY.²³

6.- Esterilización por radiación. Una de las técnicas más sofisticadas, consiste en exponer a las crías durante 35 días a una radiación gamma de 60 Co. Otra técnica es la castración química, que se realiza mediante la aplicación de compuestos químicos que bloquean la acción de las hormonas gonadotrópicas a nivel de pituitaria, el compuesto químico utilizado para este fin es el metaliburo (N-metil 1-N-(1-metil-2-propenil)-1, 2-hidrazinedicarbotiamida).²³

De las técnicas anteriormente mencionadas, las más utilizadas en todo el mundo son: hibridación, reversión sexual y sexado manual.⁶

OBJETIVOS

- 1.-Conocer el manejo y selección de reproductores en el Centro Acuícola Zacatepec.
- 2.-Describir la técnica de alimentación, formulación de raciones para reproductores y alevines.
- 3.-Describir las técnicas utilizadas para el cultivo todos machos.
- 4.-Definir los principales problemas del Centro Acuícola Zacatepec.

CONTENIDO

Lugar de estudio, ubicación geográfica y condiciones climáticas

La Práctica Profesional Supervisada fue realizada en el Centro Acuícola Zacatepec, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Zacatepec, Mor., entre los 18 grados, 14 minutos, 100 segundos de latitud norte, 99 grados, 11 minutos, 11 segundos de longitud oeste y a una altitud de 920 metros sobre el nivel del mar. Estos datos significan que Zacatepec está en el paralelo 18 y en el meridiano 99. El clima, de acuerdo a la clasificación de Köppen modificado por García (1988) y aplicada por Taboada (1996), es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 23.8° C y una precipitación total anual de 840.6 mm.²⁹

Figura 4

Croquis de Macrolocalización.



Objetivo general y funciones del Centro Acuícola

El objetivo general del Centro, es la producción y donación de crías de las diferentes especies del género *Oreochromis* spp., a fin de apoyar el programa de extensionismo y acuacultura rural con la siembra y repoblación de los cuerpos de agua en el estado, así como el programa de estanquería familiar. El personal profesional y técnico que labora en dicho Centro, proporciona asistencia técnica

mediante asesorías sobre el manejo del recurso pesquero, armado de artes de pesca y apoyo en el manejo de la cosecha. En este programa, también se destina parte de la producción de crías y futuros reproductores a programas de extensionismo en otros estados del país. Los municipios del estado de Morelos que se benefician con estos servicios son: Amacuzac, Axochiapan, Cd. Ayala, Coatlan del Río, Cuautla, Jantetelco, Jonacatepec, Puente de Ixtla, Tepalcingo, Yautepec, Zacualpan y Miacatlán, entre otros.

El ciclo de reproducción del año en curso (2002), se inició en marzo teniendo como meta estimada 2 millones de crías heterosexuales y 300 mil crías revertidas.

Reseña histórica del Centro Acuícola Zacatepec

Desde 1942, la Secretaría de Agricultura y Ganadería determinó fabricar adobe con el objetivo de construir viviendas para los trabajadores, quedando las excavaciones en el terreno que ocupa actualmente el Centro. El terreno fue expropiado mediante decreto presidencial hasta 1952 y los “pozos” fueron destinados para el cultivo, reproducción y producción de crías de peces creándose de esta manera el primer centro ciprinícola del país (Centro Acuícola Zacatepec).¹²

Cuadro 3

Especies Manejadas en en Centro Acuícola Zacatepec desde su introducción.

Año	Especie manejada
1965	<i>O. mossambicus</i> , <i>Tilapia melanopleura</i> y <i>Tilapia rendalli</i> .
1980	<i>O. hornorum</i> y <i>O. mossambicus</i> .
1986	<i>O. niloticus</i> variedad Stirling y línea F1 denominada “chocolata”; <i>O. aureus</i> y <i>O. mossambicus</i> variedad roja proveniente de Costa Rica.
1994	Tilapia Albina proveniente de las Montañas Rocallosas (EE.UU.) resultado de la cruce de <i>O. aureus</i> x <i>O. niloticus</i> .
1995	<i>O. niloticus</i> (Lote Israel) traídas de Costa Rica.
2002	Rocky Mountain, <i>O. niloticus</i> , <i>O. mossambicus</i> , <i>O. aureus</i> .

En el año 2001 se estableció el primer programa de reversión sexual y durante el mes de abril se aplicó el tratamiento al primer lote de alevines (40,000) de *O. niloticus* procedente de Costa Rica, utilizando la hormona 17 α -metiltestosterona.¹² El cultivo "todos machos" se hacía anteriormente utilizando la técnica de sexado manual.

Descripción general de las instalaciones

El Centro tiene una superficie de 7,000 m² con un espejo de agua de 5,000 m², del cual la superficie en producción es de 4,500 m². Cuenta con una capacidad de mantenimiento de 2,500,000 organismos pero actualmente se utiliza una capacidad 2,000,000 organismos. Cuenta con un total de 64 estanques encementados de diferentes formas, tamaños, capacidades y profundidades (0.50m a 1.20 m).

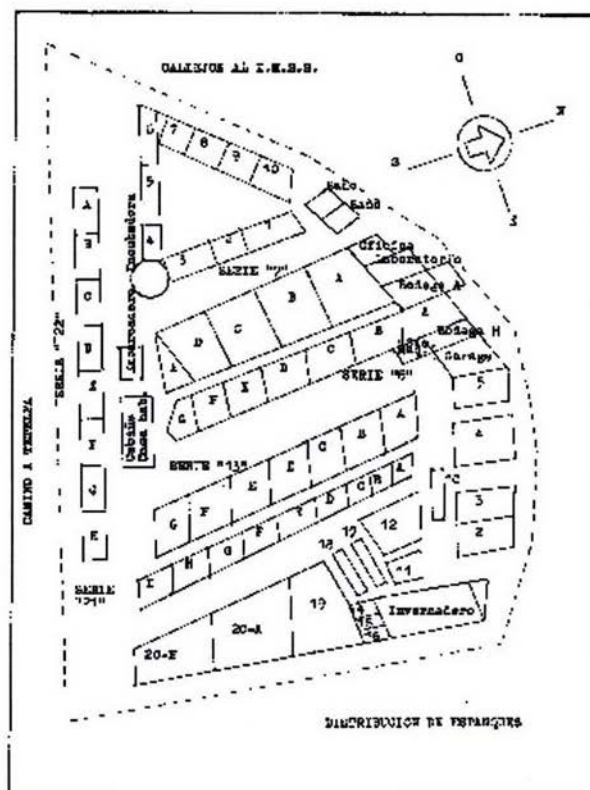
Durante la PPS no se utilizaron todos los estanques, ya que algunos presentaron grietas y existía pérdida de agua por filtración. En el desarrollo de las operaciones hicieron falta vehículos para transportar a los organismos, aireadores para oxigenar el agua durante la etapa de reversión sexual, una bomba eléctrica de succión para bombear agua de un estanque a otro y artes de pesca a fin de realizar más rápida y eficiente la captura de organismos.

El Centro Acuícola Zacatepec obtiene el agua de dos fuentes de alimentación: la primera es agua de manantial que proviene del canal de las Estacas; la segunda fuente es del Río Apatlaco. Una vez utilizada el agua que sale del Centro, desemboca en un canal que alimenta la estanquería de otras granjas particulares, pero principalmente es utilizada para el riego de los cultivos de caña de azúcar.

Una problemática actual es la falta de alimentación de agua del canal de las Estacas debido a la limpieza en el sistema de canales, presentándose de 3 a 4 cortes de agua al año con 19 días de suspensión en cada uno.

Figura 5

Distribución de la estanquería del Centro Acuícola Zacatepec, Mor.



Cuando se realiza el corte de alimentación del canal de las Estacas al Centro Acuícola, se sustituye por el suministro de la sexta toma del Río Apatlaco. Por tal motivo, el Centro no cuenta con su principal fuente de abastecimiento durante un período de dos meses discontinuos en cada ciclo, afectando con ello la producción de crías sobre todo en los meses más productivos (Marzo - Julio).

Además, la dotación de agua de este sistema ha disminuido debido al incremento en su demanda para riego y a que la calcificación ha reducido el diámetro interior del tubo de alimentación. Estas condiciones, en conjunto, han disminuido la utilización real de 20 l/seg obtenida hace quince años, a 10 l / seg en la actualidad.¹²

Una solución sería el cambio de la tubería de alimentación del canal de las Estacas a un diámetro mayor al actual. Otra opción sería el implementar la construcción de un pozo de agua para abastecimiento del Centro Acuícola a fin de mantener los niveles de producción de crías.

A todos los estanques se les programó un recambio de agua del 10 al 15% en un período de 4 a 5 horas al día. El recambio diario de agua se debe ajustar de acuerdo a la biomasa existente, se recomienda que sea de un 10 a un 20% de recambio, dependiendo de la disponibilidad de agua.¹¹

En caso de que un estanque no se llenara al nivel marcado, se destinaba agua de otro estanque para subir el nivel.

Cuadro 4

Infraestructura existente para reproducción en el Centro Acuícola Zacatepec

Nombre	Largo	Ancho	Alto	Area m ²	Especie	Uso
estanque#5	16.0	10.0	0.64	160.0	<i>O. niloticus</i>	desove
estanque#6A	10.0	10.0	0.74	100.0	Rocky Mountain	desove
estanque#6B	10.0	10.0	0.60	100.0	Rocky Mountain	reproducción
estanque#6C	10.0	10.0	0.72	100.0	Rocky Mountain	reproducción
estanque#6D	10.0	10.0	0.69	100.0	<i>O. niloticus</i>	reproducción
estanque#6E	10.0	10.0	0.71	100.0	<i>O. niloticus</i>	reproducción
estanque#6F	10.0	10.0	0.66	100.0	<i>O. niloticus</i>	reproducción
estanque#6G	10.0	9.5	0.87	95.0	Rocky Mountain	reproducción
estanque#7A	15.5	10.0	0.57	155.0	<i>O. aurus</i>	reproducción
estanque#7B	15.5	10.0	0.53	155.0	<i>O. aurus</i>	reproducción
estanque#7C	15.5	10.0	0.72	155.0	<i>O. niloticus</i>	crías
estanque#7D	15.0	10.0	0.58	155.0	<i>O. niloticus</i>	crías
estanque#13A	11.0	8.5	0.74	93.5	<i>O. niloticus</i>	reproducción
estanque#13B	11.0	8.5	0.72	93.5	<i>O. niloticus</i>	reproducción
estanque#13C	11.0	8.50	0.70	93.5	<i>O. niloticus</i>	reproducción
estanque#13D	11.0	8.50	0.70	93.5	<i>O. niloticus</i>	reproducción

Manejo de reproductores.

El ciclo productivo del Centro Acuícola es de nueve meses completos para la reproducción natural, la cual abarca de la segunda quincena de febrero a la primera de noviembre, excepto cuando se atrasa o adelanta la temporada de invierno.

El manejo de reproductores para la producción de cría inició con la selección de pie de cría (juveniles) tomando las características fenotípicas de la especie como cuerpo corto, altura, coloración adecuada, tasa de crecimiento y

ausencia tanto de malformaciones como de enfermedades. Los organismos jóvenes previamente seleccionados como futuros reproductores, se mantuvieron durante 90 días y posteriormente fueron sexados manualmente para confinar separadamente hembras y machos durante otros 90 días. Finalmente, se llevó a cabo otra selección eliminando a los peces que no presentaron las características deseables mencionadas anteriormente. El tiempo de maduración y crecimiento se obtuvo alrededor de los 185 días, edad en la que los organismos seleccionados pueden comenzar a utilizarse como reproductores. Aunque la tilapia es muy precoz, se recomienda que los reproductores seleccionados tengan una edad de cuando menos 6 meses o un peso mínimo de 180 g en machos, y 80 g en hembras. La vida útil de un reproductor en el Centro es de 2 años máximo.

Antes de iniciarse el ciclo reproductivo se realizó el lavado y la desinfección de estanques. El lavado se realizó con agua de otro estanque utilizando una motobomba para que salga a presión, las bolsas de plástico o piedras se quitaron manualmente y posteriormente el estanque se dejó secar al sol. Para desinfección algunas veces se utilizó cal apagada esparcida sobre el estanque ya seco.

Para el montaje de desoves, las densidades de siembra para cada estanque se calcularon de la siguiente manera: para reproductores de 125-150 g la densidad utilizada fue de 4 reproductores/m²; con reproductores de 500 g la densidad empleada fue de 3 reproductores/m²; para reproductores de peso promedio mayor a 800 g se manejaron 2 a 3 reproductores/m². La proporción de machos-hembras se manejó de 1:3, respectivamente. Durante esta etapa fue posible observar el comportamiento territorial que presentan los machos y aunque existe agresividad, la densidad de siembra utilizada fue efectiva para evitar el estrés. Algunos investigadores proponen manejar de 250 g a 750 g de biomasa de reproductor/m² y ejemplares no mayores a dos años.²⁷

En un experimento se indica que el espacio donde viven las hembras y sus nidos que tienen para ovopositar influye en la reproducción de tilapias, especialmente en la fecundidad. Si una hembra es de talla pequeña, tiende a tener más fecundidad que una de talla larga.¹⁴ Sin embargo otros autores indican lo contrario.⁸

Para el traslado de organismos de un estanque a otro, se introdujeron 20 hembras en una caja transportadora con 10 cm de agua, mientras que para distancias cortas se trasladaron hasta tres ejemplares por vez con una red de cuchara.

Durante el período de reproducción se alimentó diariamente a los reproductores de todos los estanques con alimento peletizado de 3.5 mm con 45% de proteína cruda. En el caso de realizar algún manejo como limpieza de estanques, traslado de los organismos de un estanque a otro, etc., la alimentación era suspendida.

El cálculo de la cantidad de alimento se llevó a cabo de la siguiente manera: A los reproductores se les proporcionó del 0.5 a 1.5 % de su biomasa en alimento diario. La cantidad total de alimento se calculó multiplicando la biomasa estimada del estanque por el porcentaje de biomasa mencionado anteriormente.

$$\text{Alimento por Estanque(g)} = \text{Biomasa(g)} \times 0.5 \text{ ó } 1.5\%$$

El 100% del alimento calculado por estanque se suministró en dos raciones durante el día. La primera ración correspondió al 40% de la cantidad de alimento total se suministró a las 10:00 horas; la segunda ración equivalente al 60% del total calculado se suministró a las 14:00 horas.

$$1^{\text{a}} \text{ ración (g)} = \text{Alimento por Estanque} \times 0.40\%$$

$$2^{\text{a}} \text{ ración (g)} = \text{Alimento por Estanque} \times 0.60\%$$

El alimento se administró al voleo utilizando un recipiente con capacidad de 640 g. Para alimentar diariamente a todos los peces del Centro Acuícola fueron suficientes 3 cubetas de 10 kg de alimento. Con respecto al monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua, diariamente se registraron las temperaturas de los estanques a las 8:00, 12:00 y 15:00 hr.

Cuadro 5

Promedios y desviaciones estándar de la temperatura obtenida semanalmente.

HORARIO	8am		12am		3pm	
	T°C	Desv.Est.	T°C	Desv.Est.	T°C	Desv.Est.
SEMANA 1	19.22	±1.46	21.82	±1.66	22.66	±1.82
SEMANA 2	20.05	±1.79	22.05	±1.82	23.92	±1.85
SEMANA 3	21.46	±1.82	23.66	±1.96	24.86	±2.21
SEMANA 4	22.34	±2.13	24.32	±2.40	26.33	±2.63
SEMANA 5	24.82	±3.59	27.33	±3.62	28.88	±3.78
SEMANA 6	23.87	±3.72	25	±3.75	27.33	±3.78

Cuadro 6

Parámetros hidrológicos para obtener una buena sobrevivencia, crecimiento y reproducción de la tilapia.¹⁷

PARÁMETROS	INTERVALO ÓPTIMO	INTERVALO CRÍTICO
Temperatura °C	24 a 29	29 a 32
Oxígeno Disuelto mg/l	>3 a 5	<1.0
CO ₂ mg/l	<30	>50
Salinidad 0/00	<20	<20
pH	6.5 a 7.5	<6.0 y >9
Turbiedad mg/l	<25	>100
NH ₄ + mg/l (amonio)	<0.1	>1.0
NO ₂ mg/l (nitritos)	<0.6	>2.0

El mejor momento para tomar parámetros como el oxígeno disuelto (O. D.) es en la madrugada y en la noche, ya que es donde se registran los niveles más bajos y como el consumo de este gas continúa en forma constante, desciende al amanecer a niveles críticos como 1mg / l si hay elevada biomasa de plancton.¹⁷

El estanque 21A fue el que presentó menores temperaturas, debido a que se manejó una columna de agua de 1 m, mientras que en los demás estanques la columna de agua fue de aproximadamente 50 cm.

Con el propósito de tener un control de la calidad del agua, existen 4 elementos ambientales fundamentales que permiten obtener buenos resultados: la densidad de peces, la concentración de O. D. en el agua, la concentración del amonio tóxico en el agua, en el fondo y los sólidos en suspensión.¹⁷

El Centro Acuícola tiene el problema que en los meses fríos (nov - dic) se detiene la producción por la temperatura la cual no permite una reproducción continua por lo que una alternativa para mantener una temperatura adecuada durante la reproducción, sería la utilización de estanquería cubierta con un sistema de invernadero, El estado de Louisiana, EE.UU. es de los que más han trabajado esta técnica.²²

Durante la PPS no se observaron peces enfermos y no se aplicaron tratamientos, no obstante, se tienen antecedentes de problemas relacionados con: copépodos (*Lerneae* spp), tremátodos monogéneos (*Dactylogirus*), hongos (*Saprolegnia*), bacterias (*Flexibacter columnaris*) y nemátodos (sanguijuelas) que se controlan mediante tratamientos preventivos. El porcentaje de mortalidad fue bajo (1% por estanque) y los peces muertos fueron desechados por el desagüe.

En el presente ciclo, tampoco se realizaron muestreos poblacionales ni de crecimiento. Al término de cada ciclo reproductivo, se eliminó un porcentaje variable de reproductores viejos.

Cuadro 7

Control o tratamiento requerido para las enfermedades que afectan a la tilapia.^{11, 17}

ENFERMEDADES	SIGNOS	CAUSA	TRATAMIENTO
BACTERIANAS			
<i>Flexibacter columnaris</i>	Lesiones y úlceras epidérmicas que ocasionan mortalidad	Epizootias asociadas a condiciones ambientales como estrés, heridas etc.	KMnO ₄ 2-3 ppm, Acriflavina 10ppm/hr, NaCl 1-3%, Terramicina 83g/40kg de alimento.
FUNGALES			
<i>Saprolegnia</i>	Crecimiento de micelio algodonoso sobre el epitelio lesionado.	Infección causada por lesiones de manejo con redes, equipo, etc.	Verde de Malaquita 67 mg/l/20 seg, KMnO ₄ 2 mg/l
PARASITARIAS			
NEMÁTODOS			
Sanguijuelas	Lesiones severas del tejido sobre el que se adhieren.	Consumen grandes cantidades de sangre	Masotén 0.50 mg/l
COPÉPODOS			
<i>Lernaea spp.</i>	Incrustación sobre la piel y branquias dando mal aspecto al consumidor.	Posibles infecciones secundarias	Masotén 0.25 mg/l NaCl 1-3%
TREMÁTODOS MONOGÉNEOS			
<i>Dactylogyrus spp.</i>	Deshilachamiento de aletas, irritación en piel.	Presencia de crustáceos y moluscos	Amonio 25,000 mg/l de 10 – 15 min. Formalina 170-270ppm en 1 h. Permanganato de potasio 3ppm NaCl 30g, durante 15-30 min

Cuadro 8

Registro de Reproductores en el Centro Acuícola Zacatepec.

ESPECIE	CANTIDAD DE		EDAD PROMEDIO		PESO PROMEDIO	
	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS	HEMBRAS	MACHOS
<i>Oreochromis niloticus</i>	1,622	548	0.5 - 2.5	0.5 -2.5	150-1800	150-2500
<i>Oreochromis spp. R. M.</i>	68	78	3.5	3.5	2000	2500
<i>Oreochromis aureus</i>	90	18	2.5	2.5	1500	2000
Observaciones:						
Total de reproductores por especie:						
				<i>O. niloticus</i>	2,170	
				<i>O. spp. Rocky M.</i>	146	
				<i>O. aureus</i>	108	
				TOTAL	2,424	

Desafortunadamente, en el presente ciclo no se realizaron muestreos poblacionales para la actualización de dichos registros.

Actualmente el Centro cuenta con un 95% de reproductores de *O. niloticus* y el 40% de este lote corresponde a la var. Stirling introducida en 1986. Los problemas derivados de la endogamia como malformaciones, baja tasa de crecimiento, mayor número de hembras que machos en poblaciones heterosexuales, así como una baja considerable en su tasa de fecundidad, fueron observados en años anteriores. En la actualidad este problema ha disminuido debido al manejo y a la selección genética de los ejemplares, particularmente en *O. hornorum* y *O. mossambicus*. Durante el ciclo de producción 1997, se reforzó la línea genética de *O. niloticus* var. Stirling con sangre nueva de un lote desarrollado en Israel pero proveniente de Costa Rica.

Sin embargo, también se han detectado problemas de endogamia en el lote de reproductores Rocky Mountain. Por esta razón, una de las prácticas realizadas

durante la práctica profesional fue la eliminación de tilapias con defectos físicos como deformidad del pedúnculo caudal, exoftalmia, cuerpo alargado, entre otros (Figs. 6 y 7). Las hembras "chocolatas" fueron sexadas y se eliminaron las más pequeñas debido a que no presentaron un adecuado crecimiento.

Figura 6

Caso de exoftalmia. Observado en el Centro Acuícola Zacatepec.



Figura 7

Caso de deformidad del pedúnculo caudal. Observado en el Centro Acuícola Zacatepec.



Debido a los antecedentes antes mencionado, es importante promover la introducción de nuevas líneas genéticas en el Centro Acuícola para evitar esta problemática.

Entre la tercera y cuarta semana después del montaje, comenzó la recolección de alevines en cada estanque con redes de malla mosquitera dos veces por semana. Los alevines recién cosechados presentaron una talla de 0.5 cm y se confinaron en un estanque de crecimiento durante dos semanas a una densidad de 800 a 1,200 org./m³. Posteriormente, se trasladó el 50 % de la densidad inicial a otro estanque hasta que alcanzaron una talla de 0.7 a 2 cm en aproximadamente dos semanas. El período de crecimiento de alevín a cría (apta para su donación), depende directamente de la densidad y flujos de agua utilizados en estas etapas; en Zacatepec esta etapa tuvo una duración de entre 30 y 45 días, tiempo en que las crías alcanzaron una talla de 1.2 a 4.5 cm y un peso promedio de 1.0 a 3.0 g. Para cosechar a las crías, se drenaron los estanques y se esperó a que salieran por el registro (desagüe) colectándolas en un costal.

Las crías fueron distribuidas en dos de los estanques en donde anteriormente se habían montado los desoves (20,000/estanque). Para evitar la depredación por peces forrajeros, éstos fueron capturados mediante costales asegurados a manera de red en la entrada de agua de cada estanque y posteriormente se les sacrificó por hipoxia. Como medida de control para el caracol de agua (el cual también es un depredador), se introdujeron carpas negras para que se alimentaran de este molusco y evitaran su proliferación.

Desde los 10 días de edad, los organismos fueron alimentados diariamente con alimento hormonado en polvo con 45 % de proteína cruda a fin de revertirlos sexualmente. El tratamiento tuvo una duración de 28 días.

La técnica para preparar el alimento se realizó de la siguiente manera: Inicialmente, el alimento a tratar se pasó por un tamiz para eliminar los grumos e impurezas. Por cada kg de alimento a preparar, se trabajó con una dosis de 60 mg de hormona 17^α-metiltestosterona (MT) disuelta en medio litro de alcohol. Para revertir 40,000 peces con un peso promedio individual de 0.009 g, se emplearon

0.1512 g de hormona disuelta en 1.260 l de alcohol para incorporarse en 2.520 kg de alimento. El alcohol con la hormona fue aplicado por aspersión en el alimento, el cual fue removido con una tabla y nuevamente rociado en repetidas ocasiones para impregnarlo adecuadamente (Figs. de 8 a 12).

Figura 8

Tamizado del alimento

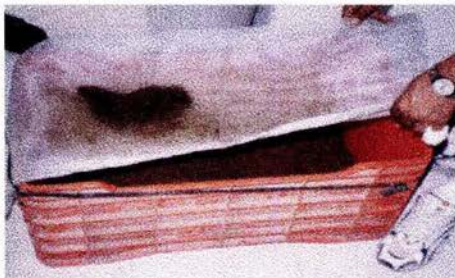


Figura 9

Pesado del alimento



Figura 10

Pesado de la hormona



Figura 11

Dilución de la hormona en alcohol



Figura 12

Esparcimiento de la hormona en el alimento



El procedimiento para el cálculo de la cantidad total del alimento para las crías fue similar al aplicado con los reproductores pero, durante la reversión sexual, diariamente se les proporcionó de un 15 al 100% de su biomasa total en alimento dividido en 5 raciones suministradas a las 10:00, 12:00, 14:00, 16:00 y 18:00 hr.

Al final del primer tratamiento de reversión sexual se cosecharon 31,600 crías con una talla promedio de 3.95 cm y 1.0 g de peso. En la etapa de tratamiento hormonal, este lote presentó una mortalidad del 12.5% y un 87.5% de sobrevivencia.

Otro tipo de manejo recomendado para reversión sexual sería que a los alevines de cinco a seis días de edad, obtenidos de reproductores criados en hapas, sean colocados en hapas de 3 x 1.8 x 0.9 m a una densidad de 12 org/l utilizando 60 mg de 17α -metiltestosterona en 240 ml de etanol / kg de alimento balanceado finamente tamizado con 21 días de duración del tratamiento. En la primera semana, se les dá una tasa de alimentación del 30 %, un 20 % en la

segunda semana y un 15 % en la tercera semana con una frecuencia de alimentación de 5 a 6 veces / día obteniendo con esto una eficiencia del 97%.²⁷

Una vez que concluyó el proceso de reversión sexual, las crías de una talla de 3.95 cm y 1.0 g de peso fueron alimentadas con alimento en polvo con 45% de proteína cruda por 15 días, en dos raciones al día. El procedimiento para el cálculo de la cantidad total del alimento es similar al utilizado con los reproductores, pero el porcentaje de biomasa utilizado en este caso fue del 3.0 al 5.0%.

Las crías revertidas y sexadas fueron transportadas a su destino final en contenedores de plástico con 100 litros de agua o de fibra de vidrio con oxígeno inyectado, o bien, en bolsas de plástico de polietileno con oxígeno inyectado, dependiendo del tamaño de las crías. Por cada litro de agua se pueden transportar aproximadamente 1,000 crías de .4 a .5 cm de longitud total. El oxígeno se inyecta al agua de los contenedores o bolsas mediante una manguera conectada a un cilindro de este gas para que las crías resistan alrededor de 3 horas de transporte. Si la distancia de transportación es superior a 200 km y en condiciones de alta temperatura atmosférica, lo cual es común en esta región, es conveniente disminuir la temperatura del agua y mantenerla siempre por debajo de 17 °C, de esta forma se evita la mortalidad de las crías y se aminora el estrés causado por la transportación.

Al término de cada cosecha, los estanques fueron lavados como se explicó anteriormente.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

CONCLUSIONES

- 1.-Es indispensable planificar una solución a corto plazo para el problema de escasez del agua.
- 2.-A fin de optimizar la productividad en el centro, es necesaria la inversión en equipo nuevo y en la rehabilitación de estanquería.
- 3.-Es necesario implementar un adecuado monitoreo de los parámetros hidrológicos y de las enfermedades presentes para la toma de decisiones en cuanto a manejo, alimentación y reproducción.
- 4.-Se sugiere la realización de biometrías de los organismos a fin de tener registros del crecimiento de cada una de las especies manejadas.
5. El correcto manejo y selección de reproductores es importante para obtener una mejor producción evitando problemas consanguíneos a largo plazo.
6. La técnica de reversión sexual permite obtener mayores ganancias y mejor control de la reproducción.
- 7.- La reproducción de tilapia es una actividad muy rentable que proporciona grandes beneficios a bajo costo en poco tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alceste, C. C.; An Overview of tilapia production systems. *Aquaculture Magazine*, Vol.26 No.1 jan-feb., Miami, Florida., 47-51 (2000).
2. Alceste, C. C.: Tilapia farming industry in Venezuela. *Aquaculture Magazine*, Vol. 27 No.4 jul-ago., Miami, Florida., 73-77 (2001).
3. Alceste, C. C.; Illingworth, and Jory, D. E.: Tilapia farming industry in Ecuador. *Aquaculture Magazine*, Vol. 27 No.3 may-jun Miami, Florida., 77-83 (2001).
4. Alceste, C.C.; Jory, D.E.: Best tilapia strains?. *Aquaculture Magazine*, Vol.26 No.2 march-april, Miami Florida., 80-84 (2000).
5. Alceste, C. C.; Jory, D. E.: Some fundamentals of tilapia nutrition. *Aquaculture Magazine*, Vol. 26 No.3 may-jun., Miami, Florida., 74 -78 (2000).
6. Alceste, C. C.; Jory, D. E.: Sex reversal in tilapia. *Aquaculture Magazine*, Vol.26 No.6 nov-dic., Miami, Florida., 60-63 (2000).
7. Alceste, C. C.; Pérez, H.A.: The tilapia farming industry in Panama. *Aquaculture Magazine*, enero-feb., Miami, Florida., 76-79 (2001).
8. Balfour, H.: *Cultivo de peces comerciales*. Editorial Limusa. México (2001).
9. Bardach, J.E.; Ryther, J. H.; Mdamag AGT Editor S.A. *Acuacultura, crianza y cultivo de organismos marinos y agua dulce México.*, 288-314 (1990).

10. Beardmore, J.A.; Mair, G.C.; Lewis, R. I.: Monosex male production in farmed fish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects. *Aquaculture Magazine*, Miami, Florida., 197, 283-301 (2001).
11. Camacho, B. E.; Luna, R. C.; Moreno, R. M. A.: Guía para el cultivo de tilapia, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Subsecretaría de Pesca. Dirección General de Acuicultura, México, D. F., Agosto (2000).
12. Castañeda, C. A. Biólogo. Responsable del Centro Acuícola Zacatepec, Morelos, Comunicación personal, abril (2002).
13. Deprez, D.; Melaed, C.: Effect of ambient water temperature on sex determinism in the blue tilapia *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Magazine*, Vol.162 Tihange, Belgium., 43-45, 50-52, 79-84 (1998).
14. Duponchelle, F.; Lefenfre, M.: Rapid phenotypic changes of reproductive traits in response to experimental modifications of spatial structure in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquatic Living Resources* mar-april. Vol.14 No.2., 145-152 (2001).
15. Espejo, G. C.: Red tilapia culture in Colombia. *Global Aquaculture ADVOCATE*, Alliance Vol.4 No.1 feb., Auburn University., 51-52 (2001).
16. Fernández y Benítez: Hormonas en la producción Piscícola, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F., (1988).
17. F. M. V. Z., SEMARNAP, UAM, SAGARPA.: Primer Curso Internacional de Producción de Tilapia. Del 20 al 22 de junio México, D. F., (1996).

18. Frese, T.: Sustainable Tilapia Culture, the potential of duckweed. Global Aquaculture ADVOCATE, Alliance Vol.3 No.2 april, Auburn University, 68-69 (2000).
19. Gale, W.L.; Fitzpatrick, M. S.; Lucero, M.; Contreras-Sánchez W.M.; Schreck C. B.: Masculinization of tilapia (*Oreochromis niloticus*) by immersion in androgens. Aquaculture Magazine, 178 abril, Miami, Florida., 349-357 (1999).
20. García, U.G.M.: Fundamentos de nutrición acuícola. Ed. Folia Universitaria. México, D. F., 43-45, 50-52 (2000).
21. Green, B. W.: Tilapia farming in Honduras. Global Aquaculture ADVOCATE, Alliance Vol.3 No.1 feb., Auburn University., 37-39 (2000).
22. Lutz, C.G.: Bioeconomics of greenhouse recirculating systems for tilapia production. Global Aquaculture ADVOCATE, Alliance Vol.3 No.3 jun., Auburn University., 32-34 (2000).
23. Morales, D.A.: La Tilapia en México. Editorial AGT editor, S.A. México (1991).
24. Popma, J. T. y Green, W. B.: Reversión sexual de tilapia en estanques de tierra. Alabama No.35, septiembre (1990).
25. PROFECO: Recetario de Cuaresma, Delegación Cuernavaca, Morelos. Muestra gastronómica Zacatepec (2002).
26. Schreiber, S.; Focken, U.; Becker, K.: Individually reared female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) can grow faster than males. Journal of Applied Ichthyology, Blackwell Wissenschafts-Verlag, Berlin., 43-47 (1998).

27. SEMARNAP: Actualización en Técnicas de cultivo de tilapia. Gobierno del Estado de Colima, Universidad de Colima Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, H. Ayuntamiento de Tecoman 3,4,5, de febrero (1999).
28. Stickney, R. R.: Tilapia update 2000, World Aquaculture Magazine sep. College Station Texas A&M University., 64-66 (2001).
29. Taboada, S.M.: Estaciones climatológicas del Estado de Morelos ubicación y clima, Base de Datos CIB-UAEM. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, 4 (1996).
30. Yitzhaka, S.: Culture and Marketing of tilapia in Israel. Aquaculture Magazine, Vol.18 No.3 may-jun., 32-34 (1992).
31. <http://apps.fao.org/fishery/fprod1-e.htm>
32. <http://www.inegi.gob.mx>
33. <http://mor.inegi.gob.mx/territorio/español/altitudmpal.htm>