

GENERACIÓN
2000 - B

CÓDIGO
695005756

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS



" MASCULINIZACIÓN HORMONAL DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)
EN TEOCALTICHE, JALISCO "

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE

INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO,
OPCIÓN SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

RAFAEL CUEVAS URIBE

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL

MAYO DEL 2003

CUCRA



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS

COORDINACIÓN DE CARRERA DE LA LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

COMITÉ DE TITULACIÓN

C. RAFAEL CUEVAS URIBE
P R E S E N T E .

Manifetamos a Usted que con esta fecha ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO**, opción Seminario de Investigación con el título "Masculinización Hormonal de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Teocaltiche, Jalisco", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos que ha sido aceptado como Director de dicho trabajo el **BIOL. MAURILIO SOTO ESPINOZA**.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Zapopan, Jal., 31 de marzo del 2003



DRA. MÓNICA ELIZABETH RIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUCRA

Leticia Hernández López
M.C. LETICIA HERNÁNDEZ LÓPEZ
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

c.c.p. BIOL. MAURILIO SOTO ESPINOZA.- Director del Trabajo
c.c.p. Expediente del alumno

MERL/LHL/mam

C. DRA. MÓNICA ELIZABETH TIOJAS LÓPEZ
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN
DE LA DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Por medio de la presente, nos permitimos informar a Usted, que habiendo revisado el trabajo de Titulación con la modalidad INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO, opción Seminario de Investigación que realizó el pasante: C. RAFAEL CUEVAS URIBE código 695005756 con el título: "MASCULINIZACIÓN HORMONAL DE LA TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) EN TEOCALTICHE, JALISCO, consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorización de impresión y, en su caso, programación de fecha de examen respectivo.

Sin otro particular, agradecemos de antemano la atención que se sirva brindar a la presente y aprovechamos la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Las Agujas, Zapopan, Jal., a 28 de abril del 2003

EL DIRECTOR DEL TRABAJO



BIOL. MAURILIO SOTO ESPINOZA

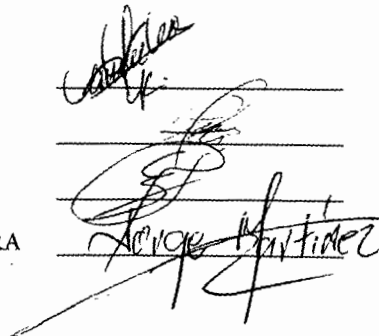


COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CUUCBA

SINODALES

- 1.- M.C. AGUSTÍN CAMACHO RODRÍGUEZ
 - 2.-M.C. MARTÍN PEREZ PEÑA
 - 3.-M.C. ELVA GUADALUPE ROBLES JARERO
- SUPL. M.C. JORGE ARTURO MARTINEZ IBARRA

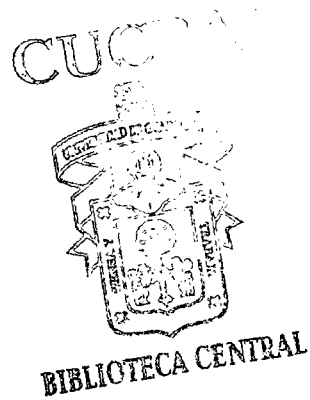


AGRADECIMIENTO

Mis sinceros agradecimientos a todas las personas que de alguna manera hicieron posible la elaboración de este trabajo

¡Gracias por su apoyo!

"There is no time like the present"



INDICE

APARTADO	PAGINA
INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	5
JUSTIFICACIÓN	7
OBJETIVOS	8
METAS	8
MATERIAL Y METODO	9
INSTANCIAS QUE PARTICIPAN	23
RESULTADOS ESPERADOS	24
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	25
FACTIBILIDAD DEL PROYECTO	26
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	28
ANEXO	29
LITERATURA CITADA	30



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el desarrollo de la acuicultura en México y otros países, ha adquirido una gran relevancia, repercutiendo en la producción de fuente de alimentación con un elevado valor nutricional, además de beneficios económicos, para las poblaciones que de ella se sustentan.

La tilapia por ser una especie con características biológicas muy particulares, ha sido utilizada exitosamente, obteniéndose una producción mundial para el año 2002 de 1,300,000 tons. (Fitzsimmons, 2003).

En México, la introducción de la especie se efectuó en 1964 (Morales Díaz, 1991). La producción de la tilapia ha sido registrada en el Anuario Estadístico de Pesca dentro del rango "Mojarra", junto con otras especies nativas. La mayor producción nacional acuacultural de mojarra fue en 1990 en donde alcanzó las 83,788 tons. (SEMARNAP, 2000).

En Jalisco se introdujo en 1972 (Ortiz Navarro *et al.*, s.f.) y para 2001 Jalisco ocupó el séptimo lugar en la producción acuacultural con 5,610 tons., de las que el 90% estuvo representado por la mojarra. Esto lo llevó a colocarse en el cuarto lugar a nivel nacional en lo correspondiente a producción de mojarra (SAGARPA, 2001).

La producción de mojarra del estado reportada en 2002, registró un total de 2,141.287 tons. de las cuales 2,121.057 tons. fueron aportadas por la acuicultura y 20.23 tons. reportadas de sistemas controlados. De estos últimos, 17.32 tons. son producidas con tilapias masculinizadas (Veloz Calvario, 2003).

Es importante hacer notar que la serie histórica en la producción de mojarra en el estado de Jalisco tiende a la baja. Un claro ejemplo es cuando observamos la producción de 1991 en donde alcanzó 8,658 tons., con relación a 2001 de 4,120

CUCBA

tons., siendo aún más notoria la diferencia comparándola con 2002 de 2,141.287 tons. Las cifras anteriores nos indican un claro problema dentro de la producción de la tilapia. Este problema se ha asociado principalmente a la precocidad de la especie, que en condiciones de sobrepoblación puede generar enanismo entre los organismos (Torres Orozco, 1991), así como el inadecuado número de descendientes que reducen la variabilidad genética debido a la entre-cruza ó disminución del flujo genético (Huang y Liao, 1990).

El presente trabajo tiene como propósito incrementar la producción de la tilapia en el estado de Jalisco, mediante la técnica de masculinización de la especie. Para lograrlo se sembrarán crías masculinizadas en 250 hectáreas de bordos tipo abrevaderos de los 3,491 con que cuenta el estado y que llevan agua de temporal. Esto quiere decir que para utilizar al máximo estos cuerpos de agua, se tiene que cultivar una especie que llegue al tamaño comercial en el tiempo que el bordo tenga agua. Se hace notar que cada año el número de bordos se incrementa, un ejemplo claro fue en el año 2002 donde se construyeron por parte de la SEDER 216 y se tiene planeado la construcción de otros 175 para el año 2003.

Uno de los objetivos de la masculinización es la siembra de machos, debido a las ventajas que ofrecen en relación a las hembras como: mayor capacidad y rapidez de crecimiento, mejor conversión alimenticia y una alta sobrevivencia.

La masculinización es la producción de poblaciones masculinas a través de la administración de andrógenos. Este método es considerado el más efectivo y económicamente factible para la obtención de machos de tilapias ya que estos andrógenos tienen 2 acciones fisiológicas, la primera es la actividad androgénica promoviendo el desarrollo de las características sexuales masculinas y la segunda, es la actividad anabólica que estimula la biosíntesis de proteínas (Phelps y Popma, 2000).

Varios andrógenos sintéticos han influido en la transformación del sexo de las tilapias ya sea aplicados en baños o anexado en el alimento. Clemens e Inslee (1968) produjeron una población de machos de *Oreochromis mossambicus* incorporando 17 α -metiltestosterona en el alimento con una dosis de 10-40 mg/kg. Desde entonces ha sido la andrógena sintética más utilizada para inducir la transformación sexual de los peces, siendo efectiva en diferentes especies de tilapia y bajo una variedad de diversos manejos (Phelps y Popma, 2000). En el mercado existe una diversidad de anabólicos que se están utilizando para estos fines, sin embargo, la de mejor calidad y disponibilidad comercial es la 17 α -metiltestosterona (Camacho Berthely *et al.*, 2000). Además se ha visto que no causa daños en los humanos (Green y Teichert-Coddington, 2000) y su uso está autorizado por la Food Drug Administration de Estados Unidos de América (FDA, 2002).

Para que la masculinización sea efectiva, se debe empezar antes que la diferenciación sexual tome lugar, la cual sucede en algún momento después de la eclosión. En los recién eclosionados de *O. niloticus* y *O. mossambicus* las células primordiales germinales son encontradas en la raíz dorsal del mesenterio desarrollado dentro del mesodermo, ventralmente al intestino y dentro de las células endodérmicas del intestino. Las células germinales eventualmente migran hacia la región gonadal. Pares de gónadas análogas son observadas de 9 a 10 días después de la eclosión. La aparición del tejido ovárico y testicular indica la diferenciación sexual de las hembras y los machos, tomando lugar entre los 16-20 días después de la eclosión en *O. mossambicus* y tal vez más tarde entre 30-33 días después de la eclosión en *O. niloticus*. De acuerdo con Nakamura y Takahashi (1985) existe un periodo crítico de la determinación sexual de las células germinales dentro de la indiferenciada gónada sexual durante la cual las células germinales responden a los inductores exógenos y endógenos de la determinación sexual. La oogénesis empieza antes que la espermatogénesis en *O. mossambicus* y en *O. niloticus* (Phelps y Popma, 2000).

En *O. niloticus* los efectos de la adrenosterona se pueden dividir en 2 etapas. La primera etapa es cuando el desarrollo del tejido gonadal germinal se presenta, la segunda etapa es caracterizada por la sustitución a tejidos testiculares. Hackmann y Reinboth (1973) concluyeron que la administración de los andrógenos exógenos causan una degeneración total o parcial de los gonorites femeninos. Las gónadas de los peces feminizados genéticamente tal vez no sean capaces de producir estrógenos para el mantenimiento de la oogénesis y la ausencia de las hormonas femeninas trae consigo el desarrollo testicular así como la autodiferenciación (Phelps y Popma, 2000).

Ya sea que los esteroides son inductores naturales de la diferenciación sexual como fue propuesto por Yamamoto (1969) o que los esteroides exógenos del tipo farmacológicos sean los responsables de dicho cambio como sugirió Reinboth (1970), el proceso todavía no es claro. La esteroidogénesis no es evidente en la tilapia hasta que la diferenciación toma lugar. De los numerosos estudios con la tilapia, es claro que si los esteroides exógenos son administrados antes de que empiece la diferenciación gonadal y después de esta, entonces es posible alterar la relación de sexos (Phelps y Popma, 2000).

ANTECEDENTES

La masculinización es un método directo de reversión sexual; esta técnica es un proceso por el cual las crías de tilapias genéticamente femeninas son convertidas en machos funcionales a través de la manipulación hormonal (Tacio, 2002); que no altera el genotipo del pez pero dirige la expresión del fenotipo (Phelps y Popma, 2000).

El Dr. Yamamoto fue el primero en desarrollar la técnica de Reversión Sexual en Japón en 1950 en el pez de acuario, *Oryzias latipes* (Tacio, 2002) obteniendo la primera generación de peces masculinizados en 1954 (Phelps y Popma, 2000). En 1968 dos estadounidenses Howard Clemens y Theophils Inslee publicaron su trabajo acerca de la efectividad de la técnica en la tilapia mosámbica. En 1974 el Dr. Rafael D. Guerrero III publicó un artículo acerca de la reversión sexual de la tilapia azul en los Estados Unidos, el cual fue el cimiento para la aplicación práctica de esta técnica (Tacio, 2002); siendo este método desarrollado en la Universidad de Auburn, Alabama (Secretaría de Pesca, 1994).

Yamamoto (1951), estableció el rango de estrógenos y andrógenos utilizados en las investigaciones realizadas en Japón, concluyendo que el andrógeno 19-nor-etinilestotestosterona es más potente, pero menos que la hormona análoga artificial 17 α -metiltestosterona, que además es barata y fácil de conseguir. Por lo tanto, es el andrógeno que usualmente se utiliza en la práctica de la masculinización (Purdom, 1995).

Actualmente existen diversos estudios sobre la administración oral del esteroide 17 α -metiltestosterona, algunos ejemplos se encuentran citados en: Guerrero III 1982; Pandian y Varadaraj 1987; Varadaraj 1989; Popma y Green 1990; Phelps *et al.*, 1992; Bocek *et al.*, 1992; Hiott y Phelps 1993; Popma y Lovshin 1996; Shepherd 1996; Abucay y Mair 1997; Phelps 1998; Carrasco *et al.*, 1999; Phelps 2001; Ekwu y Sikoki 2001; Smith y Phelps 2001; todas las publicaciones de Smith y Phelps 2002; Phelps *et al.*, 2002; Chapman 2002; FAO 2002 y Bhujel y Luang 2002 y la conclusión que se obtiene de todos ellos es que la dosis con el porcentaje de mayor número de machos fue la de 60 mg de 17 α -metiltestosterona.

El masculinizar las tilapias con hormonas como la 17 α -metiltestosterona en México es una actividad que se ha realizado recientemente, iniciando de manera experimental en 1984 en Atlangatepec, Tlaxcala a cargo del Biol. Edmundo Urcelay Gutiérrez. Posteriormente se ha empleado de manera intensiva desde 1994 en Jala, Colima por el mismo biólogo y quien ha destinado la totalidad de la producción de crías a abastecer las granjas acuícolas de la zona (Urcelay Gutiérrez, 2002).

En los últimos 5 años, se han abierto diferentes centros en el país que se dedican a la venta de tilapias masculinizadas. Algunos de los estados en donde se lleva a cabo esta actividad son Colima, Veracruz, Campeche, Sonora, San Luis Potosí y Jalisco entre otros.

En el estado de Jalisco se cuenta con 3 granjas que producen crías masculinizadas para su venta. Piscimex inició estas actividades en 1998 en el municipio de Tomatlán, el segundo en el 2001 por el C. José Guerrero en el municipio de Puerto Vallarta y el último en 2002 por el C. Saúl Ruiz M. en la granja Michitlán en el municipio de Tomatlán. También dentro de la Universidad de Guadalajara se tiene al M.C. Arnulfo Hernández Díaz que masculiniza con fines de investigación, docencia y extensión, haciendo donaciones a granjas asesoradas.

CUC

JUSTIFICACIÓN

El estado de Jalisco cuenta con 164,450 hectáreas de aguas interiores o continentales repartidos en:

8 lagos

106 presas mayores de 20 ha.

362 presas menores de 20 ha.

315 presas derivadoras y

3,491 bordos (Veloz Calvario, 2003)

Los 3,491 bordos son abrevaderos conocidos como "temporaleros" por no conservar el agua durante todo el año, pudiendo por esta razón ser acuaculturalmente productivos, además de permitir un uso integral al agua. Es por eso que el presente trabajo, pretende enfocar su producción de crías masculinizadas a estos bordos preferentemente y a las granjas acuícolas de sistemas controlados. Por lo tanto se sembrarían un millón de crías de 4 cm. a estos bordos para aprovecharlos integralmente; esperándose una mortalidad del 20% de los organismos.

Con esto se pretende impulsar el desarrollo de la acuicultura semi intensiva en el estado de Jalisco y fomentar el consumo de pescado. Se calcula un incremento de un mínimo de 240 toneladas en la producción acuícola del estado.

Estas 240 toneladas generarían un valor económico al estado de \$7,200,000.00 estimando un precio por kilogramo de \$30.00 y además 800,000 raciones alimenticias de 300 grs. cada una.

OBJETIVOS

General: Incrementar la producción de tilapia (*O. niloticus*) en el Estado de Jalisco, mediante la siembra en bordos temporales de crías de tilapia obtenidas a través de la implementación del método de masculinización en la unidad de producción piscícola de Ajojúcar, llevando a cabo al mismo tiempo importantes acciones de beneficio social.

Particulares:

- 1) Obtener crías F2 masculinizadas a partir de reproductores línea pura F1 desarrollados en la unidad de producción de Ajojúcar.
- 2) Sembrar las crías masculinizadas en bordos principalmente y en granjas acuícolas controladas
- 3) Incrementar la producción acuícola de tilapia del estado de Jalisco.
- 4) Lograr un impacto social en donde se beneficie la población Rural.

METAS

Se pretende obtener un millón de crías masculinizadas anuales, las cuales se sembrarían en 250 hectáreas de bordos temporales principalmente y granjas acuícolas controladas, que generen un incremento de 240 toneladas anuales a la producción acuícola del estado de Jalisco y que beneficien aproximadamente a 80 personas.

MATERIAL Y METODO

Área de Estudio

El presente trabajo se propone realizar en la Unidad de Producción Piscícola de San José de Ajojúcar, ubicada en el Municipio de Teocaltiche (Fig. 1). Dicho Municipio está localizado en la Región 02 Altos Norte. El clima del municipio es semiseco con otoño, invierno y primavera secos, y semicálido con invierno benigno. La temperatura media anual es de 18.6° C, y tiene una precipitación media anual de 647.7 milímetros con régimen de lluvias en los meses de junio a septiembre. Los vientos dominantes son en dirección noreste. El promedio de días con heladas al año es de 22 (Secretaría de Gobernación, 2000).

Actualmente la Unidad de Producción Piscícola de Ajojúcar (Fig. 2) ubicada en el municipio de Teocaltiche, tiene un espejo de agua de 4,741 m², distribuida en 7 estanques rústicos y 4 de concreto (Cuadro 1); el abastecimiento de agua se realiza a través de una canaleta de derivación recubierta, a cielo abierto y con extensión de 1 Km de largo que llega bordeando el margen derecho del Río Verde. El agua proviene de la presa de Ajojúcar y el flujo proporcionado es de 8 lt/seg.

Esta Unidad de Producción de crías pertenece al Gobierno del Estado de Jalisco y es manejada por el Instituto de Acuacultura y Pesca del Estado de Jalisco; que a su vez pertenece a la Secretaría de Desarrollo Rural.

Cuadro 1. Tipo de estanques y extensión

Número de Estanque	Tipo de Material	Dimensiones m ²
1	Rústico	1,013
2	Rústico	84
3	Rústico	196
4	Rústico	245
5	Rústico	1,312
6	Rústico	770
7	Rústico	716
8	Concreto	125
9	Concreto	100
10	Concreto	100
11	Concreto	80

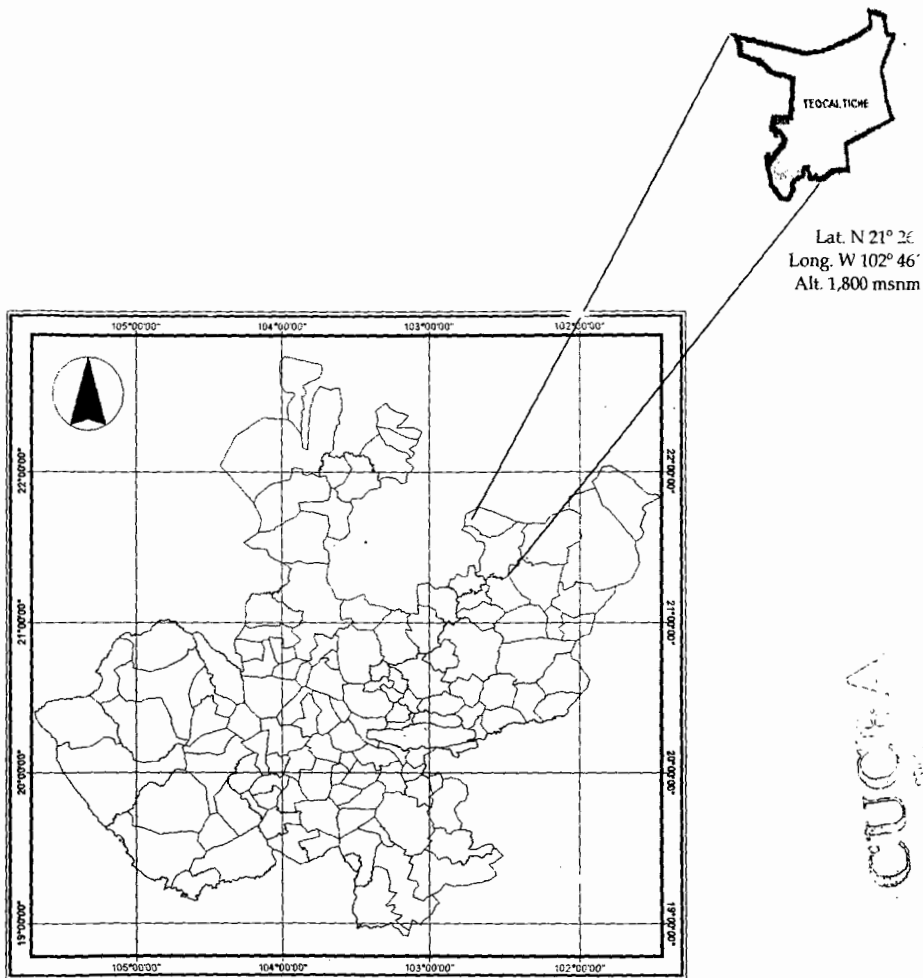


Fig. 1. Ubicación del municipio de Teocaltiche
 (Fuente: Instituto de Geografía Universidad de Guadalajara, 1993).

CUCUM

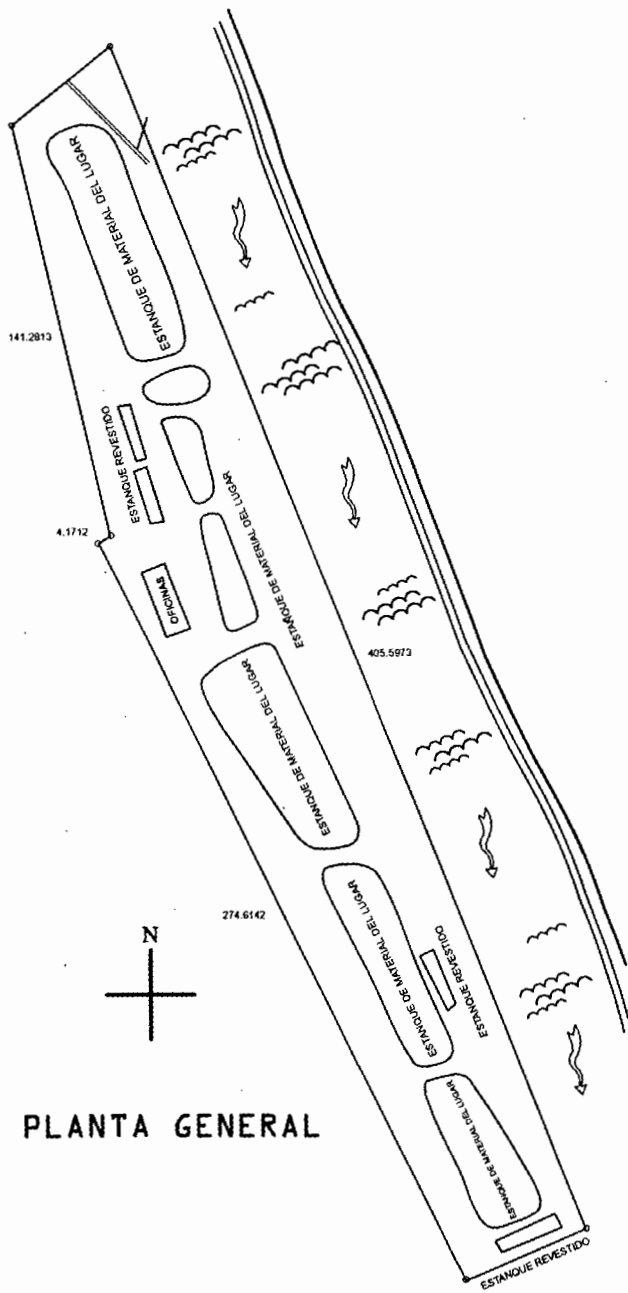


Fig. 2 Unidad de Producción Piscícola de Ajojúcar, Teocaltiche, Jal.

Material

- 1) 7,000 reproductores de tilapia *O. niloticus* F1 desarrollados en el centro
- 2) 4 corrales de malla de mosquitero de 20 x 5 m y 1.5 m
- 3) 4 hapas de polietileno con luz de malla de 2", 18 x 4 m y 1.5 m
- 4) 9 clasificadores de malla metálica de 3.2 mm
- 5) 20 gramos de la hormona 17α -metiltestosterona
- 6) 24 litros de alcohol etílico
- 7) 1 kilogramos de glicerina
- 8) 5 baldes blancos con capacidad de 20 litros
- 9) 5 coladeras
- 10) 5 redes de cuchara
- 11) Báscula digital de precisión

Método

El presente trabajo iniciará con la obtención de 7,000 reproductores de línea pura F1, los cuales se desarrollarán en el centro. Se recomienda obtenerlos en la granja de Acuicultura del Desierto ubicada en San Luis Potosí. Estos reproductores se renovarían cada 5 años.

Se recomienda la construcción de los corrales mediante el método descrito en el manual para la construcción de jaulas y corrales del Biol. Juan Manuel Gómez Barrón 1997. Las hapas, las cuales se diferencian de los corrales por tener en la parte superior una estructura rígida con flotadores, se recomienda construirlos con el método descrito por Popma Y Green, 1990.

Se construirán 9 clasificadores, según lo descrito por Popma y Green, 1990. Se recomienda hacerlas con malla metálica o "vexar" de 3.2 mm (1/8 de pulgada). Sus medidas son de 90 cm de largo y 70 cm de ancho

Se comprará la hormona 17 α -metiltestosterona así como alcohol etílico. Actualmente en la Unidad de Producción Piscícola de Ajojúcar se cuenta con el material de laboratorio necesario para llevar a cabo la masculinización.

Para lo anterior se necesita realizar una previa limpieza de los estanques de concreto, posteriormente se llenarán de agua evitando la posible entrada de peces indeseables. Se procederá al acomodo de los corrales en cada uno de los estanques y sobre los corrales se pondrán las hapas. Se tomarán dos veces al día los parámetros físico-químicos durante todo el proceso.

Una vez preparado los estanques se seleccionarán los reproductores maduros y se pondrán dentro de las hapas. El método de reproducción será el descrito por Bhujel y Suresh, 2000 y Suresh, 2000. Dicho método consiste en la proporción de 2 hembras por cada macho a una densidad de 6 organismos por metro cuadrado de hapa. Se les

proveerá de alimento balanceado con 30% de proteína a un 2% de su biomasa al día en tres presentaciones iguales a lo largo del día.

En el mes de mayo se preparará la mezcla para masculinizar con el método descrito por Popma y Green, 1990. Dicho método consiste en la selección de ingredientes nutricionales: el alimento balanceado preparado con hormona debe ser de excelente calidad. Se utilizará niveles de proteína cruda de 40%, con al menos la mitad de origen animal. Es necesario tamizar los ingredientes secos a fin de retirar las partículas demasiado grandes para ser ingeridas por las crías. Un tamiz con abertura de 0.6 mm puede ser el más apropiado, pero no se han detectado problemas con tamices fabricados con tela de mosquitero.

Solución alcohol-hormona

A los ingredientes secos se debe añadir una cantidad suficiente de la solución alcohol-hormona para asegurar la distribución equilibrada de la hormona, normalmente se mezclan aproximadamente 0.5 lts. de solución con 1 Kg. de dieta; sin embargo, la pequeña cantidad necesaria de hormona (60 mg. en 1 Kg. de alimento balanceado) puede ser disuelta en un volumen bastante menor de alcohol. Por consiguiente, resulta práctico preparar una solución "madre" concentrada de la hormona que será utilizada luego para diluir en un volumen mayor antes de mezclarla con los ingredientes secos. El alcohol de esta solución concentrada debe ser etílico al 90-95%, pero no necesariamente reactivo o grado USP. Puede adicionarse glicerina al 0.5% por volumen con el fin de hacerlo no apto para consumo humano. El alcohol con el cual se mezcla la solución "madre" puede ser etílico 80-95% o isopropílico.

Solución "madre de hormona"

Disolver exactamente 6 grs. de 17 α -metiltestosterona en exactamente 1 litro de alcohol etílico 90-95%. Esta cantidad es suficiente para tratar aproximadamente 300,000 crías.

La solución "madre" debe ser conservada en frasco oscuro. Puede mantenerse a temperatura ambiente, pero es preferible en refrigeración. Dura 2 meses como máximo.

Procedimiento para la mezcla de ingredientes

- a) Preparar los ingredientes secos, molidos y tamizados.
- b) Mezclar la solución "madre" hormona con el alcohol.
- c) Agregar lentamente la solución anterior y mezclarla con los ingredientes secos.
- d) Dejar evaporar el alcohol en una estufa a 60°C o a temperatura ambiente fuera de la luz solar directa, distribuyendo la mezcla en una capa con grosor máximo de 3 a 5 cm., mezclarla suavemente a mano dos o tres veces.
- e) Si la mezcla ha sido completamente desecada en estufa debe guardarse en recipientes herméticos y/o almacenarse en refrigerador con el fin de retardar su contaminación bacteriana o fúngica. Cuando ha sido desecada a temperatura ambiente puede aumentarse su duración sellándola en bolsas plásticas cuando se sienta seca al tacto, pero una vez haya desaparecido todo olor a alcohol normalmente de 6 a 12 horas. Refrigerarla o congelarla para que dure dos meses como máximo. La dieta puede ser guardada a temperatura ambiente por lo menos durante una semana.

Cantidad necesaria de alimento preparado

Para reversión sexual generalmente se necesitan entre 250 y 400 grs. de dieta preparada por cada 1000 crías.

Después de que el lote de reproductores permanecieron entre 13 y 23 días en las hapas, se procederá a capturarlos y trasladarlos por sexo a los estanques rústicos. Esta captura se hace alzando la hapa hasta que los reproductores queden accesibles para ser colectados con una red de cuchara, y se retira la hapa del estanque.

El factor de mayor importancia para decidir el momento más apropiado para capturar los reproductores es la temperatura del estanque, se sugiere el cuadro 2.

Cuadro 2. Duración de reproducción según temperatura
(Popma y Green 2000)

Temperatura promedio	Duración del ciclo
Inferior a 25°C	20 a 23 días
25 a 28°C	17 a 21 días
Superior a 28°C	14 a 18 días

Después de retirar los reproductores, habrán permanecido crías dentro del corral ya que dichas crías pudieron escapar por la luz de malla de la hapa.

Se procederá a cosechar las crías según lo descrito por Popma y Green, 1990.

Antes de cosechar las crías se verificará que el estanque receptor de las crías tenga características físico-químicas similares al estanque donde se tienen las crías.

Se procederá cuidadosamente a quitar el corral y a coleccionar por medio de coladera las crías. La operación debe realizarse temprano en la mañana, antes de que el calor creciente ponga en peligro la sobrevivencia de las crías. Los niveles de oxígeno del agua deben estar por encima de 4 mg/l.

Las crías de este tamaño son muy delicadas, así que resulta necesario evitar el estrés por manipulación y turbidez.

Se pasarán las crías rápidamente a agua limpia, evitando mantenerlas fuera del agua durante más de 20 o 30 segundos.

Se mantendrán las crías en el balde colector máximo 10 minutos, antes de transferirlas a agua limpia y bien oxigenada.

Las crías se clasificarán de inmediato a fin de desechar las mayores de 14 mm. Se colocarán 3 clasificadores dentro de un estanque de concreto que contenga un corral. Las crías del tamaño indicado atraviesan la malla del clasificador y quedan dentro del corral. Estas crías sirven para reversión sexual, mientras las de mayor tamaño permanecerán en el clasificador y son desechadas del proceso.

Debe probarse la selectividad de un clasificador nuevo, debido a que el grosor del hilo de la malla y el proceso de cubrimiento influyen en el tamaño de los huecos. La malla que se escoja debe ser suficientemente pequeña para retener todas las crías de 16 mm. y la mayor parte de las de 15 mm. pero también suficientemente grande para permitir el paso de la mayoría de las de 13 mm. Si retiene más de 10 a 15% de crías de 13 mm., será necesario ensayar un filtro de malla con huecos de mayor tamaño. Si más de 5 a 10% de crías de 15 mm. pasan a través del clasificador, puede aplicarse a la malla, por aspersión una capa uniforme de pintura cuyo efecto va a ser la disminución del tamaño de los huecos.

Un clasificador que tenga 1 m² de área efectiva es suficiente para clasificar por lo menos 50,000 crías. Pueden emplearse clasificadores más pequeños pero su capacidad se reduce proporcionalmente. Es posible disminuir el tamaño de un clasificador flotante y aumentar al mismo tiempo su eficiencia doblando la malla del fondo para conformar una superficie corrugada, lo que orienta la malla en sentido más perpendicular con respecto a la posición normal del nado de las crías.

Pasando las crías al clasificador, después de unos 15 minutos se levanta y se baja varias veces con el fin de estimular las crías remanentes a que se escapen atravesando la malla. Se intenta amontonar las crías sin sacarlas completamente del agua. Enseguida se procede a retirar el clasificador. Las crías que hay en la hapa tienen tamaño aceptable para reversión sexual, pero las de mayor tamaño que fueron retenidas por el clasificador no son aceptables. Las crías retenidas por el clasificador se sembrarían en las presas del estado.

Una vez teniendo las crías clasificadas, se procederá a sembrarlas en un estanque de concreto en donde se llevará acabo su masculinización. Es importante hacer notar que se necesitan revisar los parámetros físico-químicos del estanque receptor así como de donde provienen las crías. Estos parámetros deberán estar en un rango donde se produzca el mínimo estrés posible.

Densidad de siembra en el estanque de concreto

Se aconseja sembrar 3,000 a 5,000 crías por m² en el estanque de concreto. Se han efectuado reversiones sexuales exitosas utilizando densidades más bajas, pero entonces no se aprovecha eficientemente el estanque, y la abundancia relativa de alimento natural puede poner en peligro el tratamiento cuando la dieta no es muy palatable. También es factible utilizar densidades más elevadas, pero la competencia por espacio de alimentación puede resultar en una mayor cantidad de crías de poco tamaño que no han consumido hormona suficiente.

Conteo

Antes del tratamiento, las crías son aún demasiado pequeñas y delicadas para contarlas mediante métodos basados en cálculos de peso promedio. El procedimiento siguiente se basa en la comparación visual con un estándar conocido y es aconsejable:

- a) Escoger dos recipientes de color claro y forma idéntica con lados verticales y fondo plano de unos 30 cm de diámetro. Son apropiados los baldes plásticos blancos con 20 litros de capacidad.
- b) Echar unos 5 cm de agua limpia de cada balde
- c) Contar 1,000 crías en uno de los baldes (las crías se segregan naturalmente por tamaños, así que conviene amontonarlas momentáneamente cuando se quiere tomar una muestra representativa para conteo).
- d) Poner el segundo balde a un lado del estándar. Utilice una nasa de poca profundidad y malla fina con 10 a 15 cm de diámetro para pasar crías al otro balde hasta cuando las densidades de ambos baldes parezcan visualmente idénticas.
- e) Pasar las crías del segundo balde al estanque de concreto donde van a ser tratadas y repetir el proceso de comparación.

Este método de comparar frente a un estándar es rápido y relativamente preciso. En una hora, dos personas procesan normalmente entre 50,000 y 100,000 crías clasificadas. El error rara vez supera un 15%.

El siguiente paso es suministrar el alimento preparado con hormona.

Frecuencia: de 2 a 4 veces al día durante las horas diurnas, 7 días a la semana (no se notaron efectos nocivos cuando un día a la semana se suministró la totalidad del alimento en una sola comida). Se pretende utilizar alimentadores automáticos.

No hay necesidad de repartir la ración diaria en porciones del mismo peso exacto. El procedimiento normal consiste en pesar la ración diaria para el estanque de concreto y calcular visualmente una porción de ese total para cada suministro. La cantidad diaria debe ser pesada, pero puede utilizarse un recipiente pequeño calibrado para medición, lo cual permite ahorro de tiempo.

Tasa de alimentación

Se proporcionará alimento preparado entre 15 y 20% de la biomasa por día hasta cuando las crías alcancen longitud promedio de 15 mm; luego se disminuye gradualmente hasta un 10% y se continúa suministrando esta proporción hasta la terminación del tratamiento.

Cálculo de la ración diaria

La ración diaria para el estanque de concreto se basa en la tasa de alimentación que se quiera aplicar, la cantidad total conocida de crías por el estanque de concreto, y el peso promedio calculado a partir de la longitud conocida o calculada. Para crías, la relación longitud/peso es aproximadamente como sigue:

$$W = 0.02 * L^3$$

Donde:

W = peso de 1,000 crías en gramos y

L = Longitud total promedio en mm.

Basados en estas relaciones y recomendaciones, sugerimos el cuadro 3 donde están las cantidades diarias de alimento preparado con hormona.

Cuadro 3 Raciones diarias de alimento según longitud total de peces
(Popma y Green, 2000)

Longitud promedio	Ración diaria por 1,000 crías	Longitud promedio	Ración diaria por 1,000 crías
8 mm	2 g	17 mm	13 g
9 mm	3 g	18 mm	15 g
10 mm	4 g	19 mm	16 g
11 mm	5 g	20 mm	17 g
12 mm	6 g	21 mm	19 g
13 mm	7 g	22 mm	21 g
14 mm	8 g	23 mm	24 g
15 mm	10 g	24 mm	27 g
16 mm	11 g	>24 mm	30 g

Las crías pueden duplicar su peso en una semana: por consiguiente las raciones deben ser ajustadas diariamente. La ración para el primer día del tratamiento se toma de el cuadro anterior después de medir una submuestra de crías en el momento de la siembra. Los incrementos diarios subsiguientes en longitud se calculan en base a tasas de crecimiento conocidas o supuestas. Las tasas normales de crecimiento a temperaturas entre 25 y 28°C (cuadro 4) a las densidades de siembra y con la calidad de alimento previamente establecidas.

Cuadro 4 Tasas de crecimiento a 25 y 28°C (Popma y Green, 2000)

Longitud de crías	Tasa de crecimiento
8 a 12 mm	0.2 a 0.3 mm/día
12 a 17 mm	0.3 a 0.6 mm/día
17 a 25 mm	0.6 a 1.2 mm/día

Estas cifras deben ser utilizadas solamente como un estimado inicial del crecimiento esperado en razón de que la productividad natural, la temperatura y la calidad del alimento varían ampliamente. Para cada lugar específico deben determinarse las tasas de crecimiento durante el tratamiento, mediante muestreos semanales de las crías en los primeros ciclos de producción. Una vez que se conozca la tasa de crecimiento bajo determinadas condiciones, se puede elaborar una tabla de alimentación para facilitar el manejo a largo plazo.

Como último paso para concluir el método de la masculinización es la cosecha de las crías reversadas.

Duración del tratamiento

Se reversarán las crías durante 28 días. Que correspondería a todo el mes de junio.

Tamaño mínimo aceptable

Después de 28 días de tratamiento habrá pocas crías con menos de 14 mm. Pero si ocurre que más del 5% miden 13 mm o menos estos peces deberán descartarse porque hasta un 25% de ellos podrían ser hembras. Para este propósito resulta apropiado el clasificador anteriormente utilizado para la separación de las crías demasiado grandes para ser sometidas al proceso de reversión.

En el mes de julio se volverá a seleccionar los reproductores y a trasladarlos a las hapas de dos pulgada de luz de malla dispuestas dentro de los estanques de concreto y se volverán a repetir los mismos pasos anteriores, esperando que la masculinización termine en agosto.

Después del proceso de masculinización se pasarán las crías a ser desarrolladas en estanques rústicos hasta alcanzar la talla de 4 cm, en la que se pondrán sembrar en los bordos o granjas acuícolas de sistemas controlados asimismo se recomendará la fertilización de los bordos o estanques, 10 días antes de la siembra, utilizando

gallinaza, cerdaza o vacaza en proporción de 1500 a 2000 Kg/hectárea, los estanques normalmente presentan floraciones de plancton con visibilidad al disco Secchi de 30 a 40 cm en 7 a 10 días. También puede aplicarse urea (10-15 Kg) para complementar el abonamiento inicial. Se sembrarán de entre 4 a 5 crías por metro cuadrado proporcionándoles alimento balanceado tres veces a la semana. El número exacto dependerá de la cantidad, calidad y duración del agua.

Con fin de comprobar el porcentaje de masculinización se mantendrá una submuestra de aproximadamente 200 peces reversados en un ambiente más controlado (tanques o jaulas de malla fina). La determinación posterior del sexo mediante examen de las gónadas ayudará a poner en claro si un porcentaje inaceptablemente elevado de hembras encontradas se debió a la invasión de peces indeseables o a la reversión sexual incompleta. También se recomienda observar esta precaución cuando se proyecte vender peces tratados a otros productores garantizando la calidad de la semilla.

INSTANCIAS QUE PARTICIPAN

Debido a que la unidad de producción piscícola de Teocaltiche pertenece al gobierno del estado de Jalisco, la participación directa será de la Secretaría de Desarrollo Rural (anexo), que proveerá todos los insumos necesarios para llevar con éxito la masculinización. Otras instancias a participar serían los ejidos y productores rurales, dueños de los bordos los cuales obtendrían beneficios con las siembra de las crías de tilapia hormonada.

RESULTADOS ESPERADOS

Se calcula el valor mínimo de 2 huevos por cada gramo de hembra pensando que algunas hembras se queden sin desovar. En cada ciclo reproductivo se emplearán alrededor de 1,152 hembras de 350 grs. aproximadamente. Esto nos da un total de 806,400 huevos de los cuales se considera una mortalidad del 35% hasta alcanzar la talla de 4 cm., lo que nos da un total de 524,160 crías masculinizadas por ciclo y 1,048,320 por año considerándose solamente dos ciclos.

El porcentaje de masculinización que se pretende obtener es del 97%, cuyas crías serán sembradas en bordos y granjas acuícolas con sistemas controlados cuando alcancen la talla de 4 cm. para aumentar la sobrevivencia. El cultivo será semi intensivo mediante el cual se engorden a los peces con alimento balanceado. Se calcula una mortalidad del 20% durante el desarrollo y un peso promedio de cosecha de 300 grs. lo que nos genera una producción de 240 toneladas de tilapia anuales.

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

CONCEPTO	COSTO
7,000 crías F1	\$ 80,000.00
Construcción de hapas y clasificadores	\$ 10,000.00
4 alimentadores automáticos	\$ 8,000.00
Red de arrastre para crías	\$ 6,000.00
Cucharas y overoles	\$ 3,500.00
Equipo y herramientas menores	\$ 1,500.00
Reparación y mantenimiento de las artes de pesca	\$ 1,000.00
Evaluación del proyecto	\$ 5,000.00
Viáticos	\$ 10,000.00
Gastos de trabajo de campo	\$ 2,000.00
Asistencia técnica y capacitación	\$ 80,000.00
Alimento para peces (2 ton.)	\$ 12,000.00
Hormona (20 gr.)	\$ 3,000.00
Bascula de precisión Digital	\$ 3,260.00
Reactivos y medicamentos	\$ 2,000.00
Salario del coordinador	\$ 120,000.00
Salario de 2 técnicos	\$ 120,000.00
Corriente eléctrica	\$ 2,000.00
Imprevistos	\$ 3,000.00
TOTAL	\$472,260.00

FACTIBILIDAD Y PERTINENCIA DEL PROYECTO

Las figuras 3 al 6 nos muestran los parámetros físico-químicos de la unidad de producción piscícola de Ajojúcar. Estos parámetros fueron tomados por el Instituto de Acuicultura y Pesca del Estado de Jalisco. El proyecto está hecho en base a estos parámetros, por ejemplo el inicio de la reproducción que concuerde con las temperaturas más altas. Cabe hacer la aclaración que los datos no se modificaron protegiendo los derechos del autor. En la figura 3 se consideran erróneos los parámetros mayores a 10 ppm.

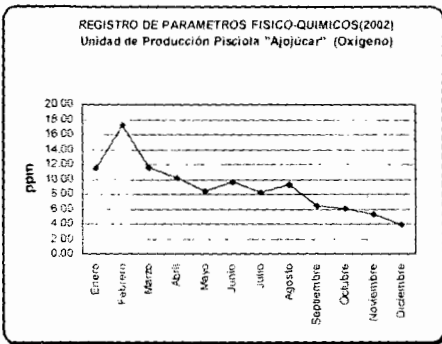


Fig. 3 Oxígeno registrado en el 2002

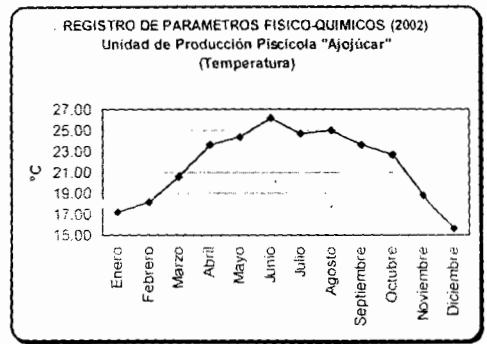


Fig. 4 Temperatura registrada en el 2002

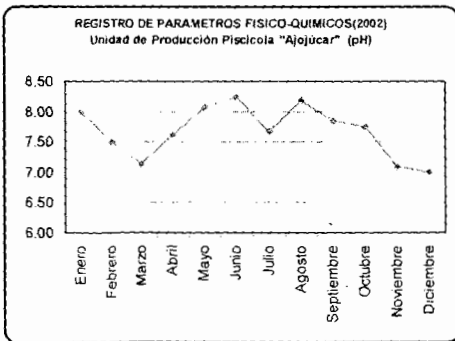


Fig. 5 pH registrado en el 2002

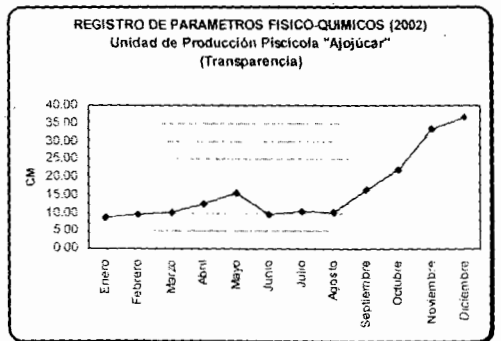


Fig. 6 Transparencia registrada en el 2002

Según los parámetros físico-químicos registrados en el 2002, es factible la implementación del método de masculinización en la unidad de producción piscícola de Ajojúcar. Las gráficas nos muestran dicha factibilidad.

Las causas más frecuentes de fracaso en el logro de los resultados esperados para un determinado ciclo de producción incluyen las siguientes:

- a) Cosecha en fechas inapropiadas. Tanto el desove como el desarrollo de ovas y crías están relacionados con la temperatura del agua. Cuando se cosecha el estanque tardíamente, aumenta considerablemente el porcentaje de crías de tamaño mayor al requerido. Por el contrario, si se vacía el estanque muy tempranamente se hallará un porcentaje demasiado bajo de larvas en la fase libre de desarrollo.
- b) Fallas referentes a la desinfección del estanque o a la prevención del ingreso de peces indeseables. Una presencia abundante de larvas en el estanque al momento de sembrar los reproductores puede ocasionar disminución hasta del 90% en la cosecha de crías del tamaño necesario.
- c) Problemas surgidos en el momento del vaciado como roturas en la malla, drenaje demasiado lento a consecuencia de la fosa de pesca antes de la recolección de las crías, etc.
- d) Enfermedades, parásitos, predadores y mala calidad del agua son causas poco frecuentes de cosechas escasas, esto si se utiliza el manual de reversión sexual de Popma y Green, 1990.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad/mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Obtención de 7,000 reproductores F1	■											
Construcción de hapas, corrales y clasificadores	■	■	■									
Preparación de los estanques de concreto				■								
Selección y sexado de reproductores					■							
Sembrar reproductores F1 a las hapas					■		■					
Preparación de la mezcla para masculinizar					■		■					
Obtención de crías F2						■		■				
Masculinización de las crías F2						■		■				
Siembra de crías masculinizadas en bordos							■	■	■	■	■	■
Crecimiento de sub muestra							■	■	■	■	■	■
Comprobación del porcentaje masculinizado												■



SEDER

SECRETARIA
DE DESARROLLO RURAL



GOBIERNO DE JALISCO

Guadalajara, Jal. a 9 de Marzo del año 2003

**COMITÉ DE TITULACIÓN DE LA
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE**

Por medio de la presente le hacemos de su conocimiento que el seminario de investigación titulado "Masculinización Hormonal de la Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en Teocaltiche, Jalisco" que el alumno de la Carrera de Biología Rafael Cuevas Uribe, presenta para poder alcanzar su Titulación a la Licenciatura de Biología, se ha considerado de interés para llevarlo acabo dentro de nuestra Unidad de Producción Piscícola de "Ajojúcar" en el municipio de Teocaltiche.

El proyecto que se muestra en dicho seminario de investigación es factible para que se lleve acabo.

El Instituto de Acuacultura y Pesca del Estado de Jalisco, organismo dependiente de la Secretaría de Desarrollo Rural, considera pertinente el desarrollo de este proyecto, siendo la instancia que pudiera participar para llevar acabo el proyecto. Su participación constaría de abastecer el material requerido para que se lleve acabo dicho proyecto.

Sin mas por el momento me pongo a sus ordenes para aclarar cualquier duda al respecto.

ATENTAMENTE

Biol. Adriana Durán López
Director de Acuacultura del I.A.P.E.J.

Secretaría de Desarrollo
Rural
Instituto de Acuacultura
y Pesca
Carretera Nogales y Perifericos s/n
2do piso C.P. 45010
Zapopan, Jalisco, Mex

Dirección General
Tel. 33 40 13 16
Fax. 33 40 13 19

"2003, Año de la Equidad en Jalisco"

LITERATURA CITADA

- Abucay J.S. y Mair G.C. 1997. Hormonal sex reversal of tilapias: implications of hormone treatment application in closed water systems. *Aquaculture Research*. Vol. 28, No. 11. pp. 841-846.
- Bhujel R.C. y Luang K. 2002. Feeding Management for Tilapia. Ed. Panorama Acuícola. 25 de Enero de 2003. En: <http://www.panoramaacuicola.com/edimpresa/archivo/mayo2002/edimpresa/edim2.thm>
- Bhujel R.C. Y Suresh A.V. 2000. Advances in Tilapia Broodstock Management. *Advocate*, Vol. 3: 19-22
- Bocek A., Phelps R.P. y Popma T.J. 1992. Effect of Feeding Frequency on Sex Reversal and on Growth of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Aquaculture*. Vol. 1(3) pp. 97-103.
- Camacho Berthely E., Luna Romo C., Moreno Rodríguez M.A. 2000. Guía para el cultivo de tilapia. Ed. SEMARNAP. Dirección General de Acuicultura. México. 136 p.
- Carrasco L.A.P., Penman D.J., Villalobos S.A. y Bromage N. 1999. The effects of oral administration with 17 α -methyltestosterone on chromosomal synapsis in *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae). *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*. Vol. 430. Ejemplar 1. pp. 87-98.
- Chapman F.A. 2002. Culture of Hybrid Tilapia: A Reference Profile. 7 de mayo de 2003. En: <http://edis.ifas.ufl.edu/FA012>
- Ekwu A.O. y Sikoki F.D. 2001. Comparison of Hormonally Induced Sex Direction in two Strains of *Oreochromis Niloticus* (Trewavas). *Journal of Aquatic Sciences*: Vol. 16, No. 2. 7 de mayo de 2003. En: <http://www.inasp.info/ajol/journals/jas/vol16no2abs.html>
- FAO. 2002. Estudio "Evaluación Del Impacto De La Introducción de Especies Exóticas En La Cuenca Del Rio Huallaga". 7 de mayo del 2003. En: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/rla128/iiap/iiap12/iiap12-02.htm>
- FDA. 2002. Code of federal regulations exempt anabolic steroid products. 25 de Enero del 2003. En: <http://www.deadiversion.usdoj.gov>
- Fitzsimmons K. 2003. Producción y mercadeo de Tilapia en E.U.A. y América Latina. En: 1er. Foro Internacional de Acuicultura. Guadalajara, Jal. México.

Gómez Barrón J.M. 1997. Cultivo de Tilapia. Manual para la construcción de jaulas y corrales. Ed. Secretaría de desarrollo agropecuario forestal y pesquero. Veracruz, México. 46 p.

Green B.W. Y Teichert-Coddington D. 2000. Human Food Safety and Enviromental Assessment of the Use of 17 α -Methyltestosterone to Produce Male Tilapia in the United States. En: Journal of the World Aquaculture Society: Vol. 31, No.3 pp. 337-357.

Guerrero III, R.D. 1982. Control of tilapia reproduction. P. 309-316. En: R.S.V. Pullin y R.H. Lowe McConell, eds. The Biology and Culture of Tilapias. ICLARM Conference Proceedings 7, 432 p. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Filipinas.

Hiott A.E. Y Phelps R.P. 1993. Effects of initial age and size on sex reversal of *Oreochromis niloticus* fry using methyltestosterone. Aquaculture. 112. pp. 301-308

Huang, C.M. y Liao, I.C. 1990. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus*. En: Aquaculture, 85. Ed. Elsevier. Holanda. pp. 199-205

Morales Díaz A. 1991. La Tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. Ed. AGT. México. 190 p.

Ortiz Navarro G., Dueñas López A., Bourguetts López J.C., Estrada Saucedo R., Rosales Jiménez X.D., Encalada Rodríguez E. y Minero Alvarez N.E. s.f. Cultivo de Tilapia. SEDER. México. 18 p.

Pandian T.J. y Varadaraj K. 1987. Techniques to regulate sex ratio and breeding in tilapia. Current Science. Vol. 56, No. 8.

Phelps R. 1998. Masculinization of Tilapia Fry by Immersion in MDHT at a Production Level. Ed. PD/A CRSP Publications: Details of Selected Publication. 25 Enero del 2003. http://biosys.bre.orst.edu/crspDB/publications/view_detail.cfm?PubIndex=326

Phelps R. P., Lovshin L.L. y Green B.W. 2002. Sex Reversal of Tilapia: 17 α -Methyltestosterone Dose Rate by Environment and Efficacy of Bull Testes. 7 de Mayo del 2003. En: <http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/technical/14tchhtml/2/2b/2b4/2b4.html>

Phelps R.P. 2001. Sex Reversal: The Directed Control of Gonadal Development in Tilapia. 7 de Mayo de 2003. En: <http://pdacrsp.oregonstate.edu/aquanews/fall2001/p11.html>

Phelps R.P. y Popma T.J. 2000. Sex reversal of tilapia. En: B.A. Costa-Pierce y J.E. Rakocy. Ed. Tilapia Aquaculture in the Americas. Vol. 2. The World Aquaculture Society. E.U. pp. 34-59

CICRA

Phelps R.P., Cole W. y Katz T. 1992. Effect of fluoxymesterone on sex ratio and growth of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) Aquaculture and Fisheries Management.

Popma T.J. y Green B.W. 1990. Aquaculture production manual: sex reversal of tilapia in earthen ponds. Ed. Auburn University. Research and Development Series No. 35. International Center for Aquaculture. Alabama E.U. 15 p.

Popma T.J. y Lovshin L.L. 1996. Nursery and Growout of Tilapia. Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia. Research and Development series No. 41. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Auburn University, Alabama. E.U.

Purdom C.E. 1995. Genetics and Fish Breeding. Ed. Chapman and Hall. Fish and Fisheries Seires 8. Gran Bretaña.277 p.

SAGARPA. 2001. Anuario Estadístico de Pesca 2001. 25 Enero del 2003. En: <http://www.sagarpa.gob.mx/pesca>.

Secretaría de Gobernación. 2000. Enciclopedia de los Municipios de Jalisco. Ed. Centro Nacional de Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Jalisco. 7 de mayo de 2003. En: <http://www.e-local.gob.mx/enciclo/jalisco/mpios/14091a.htm>

Secretaría de Pesca.1994. Ed. Dirección General de Organización y Capacitación Pesquera. Cultivo de Tilapia. Colección Nacional de Manuales de Capacitación. México. 46 p.

SEMARNAP. 2000. Anuario Estadístico de Pesca 1999. México. 271 p.

Shepherd B.S. 1996. Growth-Promoting Actions of Environmental Salinity and 17 α -Mehtyltestosterone (MT) in the Euryhaline Tilapia (*Oreochromis mossambicus*) Examining the Role of Endogenous Hormones as Mediators. En: The Physiology of Migratory Fish Symposium Proceeding. International Congress of the Biology of Fishes. Ed. American Fisheries Society. San Francisco State University. pp. 75-79.

Smith E.S. y Phelps R.P. 2001. Impact of Feed Storage Conditions on Growth and Efficacy of Sex Reversal of Nile Tilapia. North American Journal of Aquaculture: Vol. 63, No.3, pp. 242-245

Smith E.S. y Phelps R.P. 2002a. Reproductive Efficiency of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) and "Red" Tilapia (*Oreochromis spp.*) and Comparative Growth and Efficacy of Sex Reversal of Nile Tilapia and "Red" Tilapia. 7 de Mayo de 2003. En: <http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/technical/13techhtml/2.c.4/2.c.4.html>

Smith E.S. y Phelps R.P. 2002b. Reproductive Efficiency, Fry, Growth, and Response to Sex Reversal of Nile and Red Tilapia. 7 de Mayo de 2003. En:
<http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/technical/14tchhtml/2/2c/2c5/2c5.html>

Smith E.S. y Phelps R.P. 2002c. Growth and Efficiency of Sex Reversal of Nile Tilapia Fed Hormone Treated Feed Stored Under Different Storage Regimes. 7 Mayo de 2003. En:
<http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/technical/13techhtml/2.c.5/2.c.5.html>

Smith S.S. y Phelps R.P. 2002. Effect of Feed Storage Time and Storage Temperature in Growth Rate of Tilapia Fry and Efficacy of Sex Reversal. 7 Mayo de 2003. En:
<http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubs/technical/14tchhtml/2/2c/2c4/2c4.html>

Suresh A.V. 2000. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. Revista AquaTIC, No. 10. 10 de Junio. En: <http://aquatic.unizar.es/N2/art1005/tilapia.htm>

Tacio, H.D. 2002. Transsexual tilapia may hold key to more bountiful harvest. En. The Manila Times. 13 -Agosto. Sección Business - Agribusiness.
<http://www.manilatimes.net/national/2002/aug/13/business/20020813bus13.html>

Torres Orozco, B.R.E. 1991. Los Peces de México. Ed. AGT. México. 236 p.

Urcelay Gutiérrez, E. 2002. Comunicación personal. CUCBA. Septiembre. México.

Varadaraj K. 1989. Feminization of *Oreochromis mossambicus* by the Administration of Diethylstilbestrol. Aquaculture, 80. Ed. Elsevier Science Publishers. Holanda. pp. 337-341.

Veloz Calvario, J.A. 2003. Comunicación personal. SAGARPA, Subsecretaría de Pesca. Enero. Guadalajara, Jalisco.