



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CULTIVO DE TILAPIA EN MÉXICO

SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA

ILDA ARCOS GUZMÁN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

ASESOR

MC. JOSÉ LUIS CARLOS BEDOLLA CEDEÑO

MC. ROBERTO MARCOS ANTONIO

MORELIA, MICHOACÁN. ENERO DE 2011.





**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS
DE HIDALGO**

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

CULTIVO DE TILAPIA EN MÉXICO

SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA

ILDA ARCOS GUZMÁN

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

MORELIA, MICHOACÁN. ENERO DE 2011.



DEDICATORIAS

DEDICATORIAS

A Dios, primeramente por ponerme en este camino de la medicina veterinaria, en el cual he encontrado satisfacción personal; porque Dios da la sabiduría, y de su boca viene el conocimiento y la inteligencia y nunca me ha dejado en ningún momento. Eternamente vivo agradecida contigo por todo lo que has sido para mi vida. Millones de gracias por siempre a ti.

A MIS PADRES

Pascual Arcos López y Rosa Guzmán Peñate, les doy las más sinceras gracias por el apoyo incondicional durante mi formación como profesionista, que en todo momento estuvieron conmigo apoyándome y aconsejándome para salir adelante, aun en los momentos más difíciles nunca me dejaron sola, los amo.

A MIS HERMANOS

Elisa y Alfonso

Roberto y Cristóbal, gracias por ser mis hermanos, gracias por todo el apoyo que me brindaron, los quiero mucho.

A MI PASTOR

CP. Neftali Ballesteros Carreón y su esposa Mónica Mondragón, por sus oraciones y apoyo. Gracias por ser una bendición en mi vida.

A MIS ASESORES

MC. José Luís Carlos Bedolla Cedeño y MC. Roberto Marcos Antonio, por el apoyo invaluable al brindarme sus conocimientos y sus conceptos en la materia.

A MIS AMIGOS

Edith y Fredy, por ser siempre personas en las cuales se puede confiar, y por los bellos momentos que hemos vivido y compartido.

Con toda mi admiración y respeto para las personas que sin importar el dar sin recibir nada a cambio, me han enseñado que la responsabilidad y el esfuerzo que se ponga a lo que realiza es la base para realizar cualquier objetivo que uno se proponga.

El corazón del entendido adquiere sabiduría; y el oído de los sabios busca la ciencia.

Proverbios 18: 15
Que Dios les bendiga.

ÍNDICE

PAG.

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Distribución mundial de la tilapia	3
1.2. Cultivo de tilapia en México	3
1.3. Biología de la tilapia	5
1.3.1. Morfología externa	5
1.3.2. Caracteres sexuales	6
1.3.3. Hábitos reproductivos de género <i>Oreochromis</i>	7
1.3.4. Principales especies del género <i>Oreochromis</i> cultivadas en México	9
1.3.5. Hábitos alimenticios	9
1.3.6. Requerimientos medioambientales	10
1.3.7. Selección de reproductores	11
1.4. Etapas de cultivo de tilapia	13
1.4.1. Siembra	13
1.4.2. Crianza	14
1.4.3. Pre-engorda	14
1.4.4. Engorda	15
1.5. Alimentación	15
1.5.1. Métodos de alimentación	16
1.5.2. Horarios de alimentación	17
1.5.3. Selección del alimentos	20
1.5.4. Aspectos nutricionales del alimento	21
1.6. Sistema de producción acuícola en tilapia	24
1.6.1. Extensivo	24
1.6.2. Semi-intensivo	24
1.6.3. Sistema intensivo	26
1.7. Sanidad acuícola	29
1.7.1. Limpieza de instalaciones	29
1.7.2. Cuarentena	30

1.7.3. Instalación de filtros.....	31
1.7.4. Manejo de organismos de cultivo.....	31
1.7.5. Tratamiento preventivo de estanques.....	31
1.8. Principales enfermedades.....	32
1.8.1. Causadas por Hongos.....	32
1.8.2. Causadas por Bacterias.....	33
1.8.3. Causados por protozoarios.....	33
1.8.4. Causados por helmintos.....	34
1.8.5. Causados por crustáceos.....	34
1.9. Cosecha.....	35
1.9.1. Métodos de cosecha.....	35
1.9.2. Cosecha de producto vivo.....	35
1.9.3. Cosecha de producto fresco.....	36
1.10. Normatividad del sector acuícola.....	37
1.10.1. Ley de pesca.....	38
1.10.2. Ley general de equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente.....	38
1.10.3. Ley general d salud.....	38
1.10.4. Programa de inocuidad de Alimentos.....	38
1.10.5. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Acuicultura, Inocuidad, Seguridad, Higiene y Manejo de Desechos.....	39
II. CONCLUSIONES.....	41
III. BIBLIOGRAFÍA.....	42

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la posibilidad de alimento y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos (Castillo, 2001).

La acuicultura como actividad multidisciplinaria, constituye una empresa productiva que utiliza los conocimientos sobre biología, ingeniería y ecología, para ayudar a resolver el problema nutricional, y según la clase de organismos que se cultivan, se ha dividido en varios tipos, siendo uno de los más desarrollados la piscicultura o cultivo de peces en estanques y dentro de éste, el pez más cultivado a nivel mundial es la tilapia (Castillo, 2001).

La tilapia es un pez teleósteo del orden perciforme, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo, donde las condiciones son favorables para su reproducción y crecimiento (Garduño, 1998).

Son tan antiguos como la historia del hombre, pues en una antiquísima tumba de Egipto fechada en el año 2005 a. de C. Se encontraron algunas pinturas que ilustran su captura. Presentan una gran resistencia física, un crecimiento acelerado, alta productividad, adaptación al cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos y carne de excelente calidad (Figueroa, 1988).

Estos peces viven en aguas cálidas y su óptimo desarrollo se logra en temperaturas superiores a los 20° C. La temperatura crítica inferior está alrededor de los 12 – 13° C. Otra característica por la que es fácil su cultivo es que viven tanto en aguas dulces como salobres e incluso pueden acostumbrarse a las aguas poco oxigenadas (Landau, 1992).

Se encuentra ampliamente distribuida por el sureste asiático, América Central, Sur del Caribe y el sur de Norteamérica. Son varias especies agrupadas bajo este nombre en común. Las especies existentes pertenecen a los géneros *Oreochromis* y *Tilapia*, diferenciados principalmente por la forma de incubar los huevos. Aunque pueden alcanzar un peso de unos 3,0 kg, la talla comercial es de 230 gramos. La tilapia es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques o en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la potencialidad alimenticia de los estanques y puede ser manipulada genéticamente (Basurto, 2008).

Brugère y Ridler, (2005). Señala que los peces de este género son nativos de África, encontrándose ahora distribuidos en muchas áreas tropicales y subtropicales del mundo. Fueron introducidos a México en 1964, siendo especies eurihalinas (toleran amplios rangos de salinidad) y euritérmicos 12 a 42 °C (Mena, 2002).

Las especies más cultivadas son las del Género *Oreochromis* y entre ellas tenemos: *Oreochromis aureus*, *O. niloticus* y *O. mossambicus* así como varios híbridos de esta especie. La menos deseable es *O. mossambicus* debido a que crece más lento y alcanzan una menor talla que las otras especies del mismo género a pesar de que fue la primera especie en distribuirse fuera de África (Mena, 2002).

El desarrollo de este híbrido permitió obtener muchas ventajas sobre otras especies, como alto porcentaje de masa muscular que se traduce en un filete más grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia a enfermedades, excelente textura y sabor de su carne y una coloración de muy buena aceptación en el mercado (Lightfoot, 1995).

El objetivo del presente trabajo, fue hacer una revisión bibliográfica sobre el cultivo de tilapia en México, ya que existe poca información al respecto, por lo que pretende constituirse en un material de orientación y apoyo a los interesados en la explotación de esta especie.

1.1. DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE LA TILAPIA

Las tilapias son organismos tropicales dulceacuícolas principalmente, originarios de África, los cuales, debido a su facilidad de adaptación se encuentran actualmente distribuidos en la mayoría de los países tropicales y subtropicales con fines de cultivo.

Dentro de sus áreas originales de distribución, las Tilapias han colonizado hábitats diversos, pues es un pez de aguas cálidas, dulces, salobres o salinas que puede adaptarse a aguas con baja concentración de oxígeno, por lo que también es común que habiten en aguas de poca corriente (lénticas), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas (Wicki, 1998).

La tilapia se ha introducido en todo el mundo y se cría de manera generalizada en los trópicos y las zonas subtropicales. Aunque Asia domina la producción en la actualidad. Se encuentra naturalmente distribuida por América Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sureste asiático y Medio Oriente y África (Wicki, 1998).

1.2. CULTIVO DE LA TILAPIA EN MÉXICO

En México, la Tilapia se ha distribuido en una gran cantidad de cuerpos de agua continentales, representando así un recurso más en las actividades piscícolas. Originalmente, las primeras especies llegaron en 1964, procedentes de la Universidad de Auburn, Alabama, EUA. Y fueron llevadas al Centro Acuícola de Temascal, en el Estado de Oaxaca. Las especies introducidas en esa época correspondían a: *Tilapia redalli*, *Oreochromis mossambicus* y *O. aureus* (Cantor, 2007).

En 1979, llegaron a México los primeros ejemplares de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) procedentes de Panamá y fueron depositados en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama en Hidalgo, de donde fueron enviados al Centro Acuícola de Temascal, Oaxaca. A principios de 1981, la Secretaría de Pesca importó de Palmeto, Florida, EUA. Otra especie: *Oreochromis urolepis homorum*. Esta última especie de una línea genética roja, que fue depositada en el Centro Acuícola El Rodeo en el Estado de

Morelos, las que al igual que las especies anteriores fueron distribuidas en todo el territorio nacional (Vega *et al.*, 2009).

En julio de 1986, llegó otro lote de *Oreochromis niloticus* en el que venían algunos organismos de color rojo, que fueron donados a nuestro país por la Universidad de Stirling, Escocia y reclutados en las instalaciones del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV). No obstante, una parte de este lote se donó a la Secretaría de Pesca, quien se encargó de distribuirla en varios centros de investigación y acuícolas como el de Temascal, Oaxaca; Varejonal, Sinaloa y Zacatepec, Morelos, siendo esta variedad la que mayormente se ha cultivado en México, y que es conocida comúnmente como Tilapia nilótica Stirling. En épocas recientes se han introducido especies menos populares como *O. urolepis* que fue utilizada para la obtención de híbridos monosexo, así como diversas líneas o razas sintéticas con colores atractivos para el consumidor como la tilapia roja de Florida (Granados *et al.*, 2002).

La actividad piscícola industrial en México tiene un crecimiento lento; por otro lado, las pesquerías no sólo han disminuido sus volúmenes de captura, sino que enfrentan el incremento de las importaciones de tilapia para abastecer su mercado interno. Para enfrentar esta problemática se requiere establecer una política de ordenamiento del sector que trate los temas de capacitación, recursos genéticos, manejo productivo, comercialización, aspectos sociales y políticos, entre otros (Suresh, 2008).

No son muchos los países en América Latina que presentan un enorme potencial para la producción industrial de tilapia, y que puedan disputarle el liderazgo en el mercado internacional a Ecuador, Costa Rica y Honduras. Entre ellos se encuentran Brasil y México, basados en la enorme extensión en tierra, la disponibilidad de agua en grandes regiones y los elevados consumos internos de tilapia. Sin embargo, cuando evaluamos el volumen de toneladas producidas y reportadas oficialmente en las estadísticas anuales, hay que hacer una clara separación entre la producción tecnificada y las

pesquerías de tilapia en medios naturales y artificiales, que son tomadas como producción acuícola (FAO, 2002).

En este aspecto, Brasil tiene actualmente un mayor ritmo de crecimiento en la producción comercial de tilapia, reflejada en el progresivo incremento de sus exportaciones, manteniendo altos niveles de consumo interno. Mientras que la actividad piscícola industrial en México crece en forma muy lenta; en la actualidad no hay empresas que lideren su crecimiento y, por otro lado, las pesquerías no sólo han disminuido sus volúmenes de captura, sino que enfrentan el incremento de las importaciones de tilapia para abastecer su mercado interno (Arredondo, 1994).

Mientras que la calidad de la tilapia en ambientes artificiales de cultivo y producción; como estanques, jaulas, y tanques circulares- es buena o excelente, ya que se tiene un control directo sobre ella y su ambiente por la misma exigencia del cultivo, la tilapia proveniente de la captura en el medio natural presenta una calidad muy variable en olor, sabor, tallas y el riesgo constante de parasitismo, que no presenta normalmente la cultivada (Ponce, 2006).

1.3. BIOLOGÍA DE LA TILAPIA

1.3.1. Morfología Externa

Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal. El cuerpo es generalmente comprimido y discoidal, raramente alargado (Figura 1). La boca es generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos (Morales, 1974).

Para su locomoción poseen aletas pares e impares. Las aletas pares las constituyen las pectorales y las ventrales; las impares están constituidas por las aletas dorsales, la caudal y la anal. La parte anterior de la aleta dorsal y anal es corta, consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta (Morales, 1974).

La aleta caudal es redonda, trunca y raramente cortada, como en todos los peces, esta aleta le sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación y al lanzarse en el agua (Figura 1).

El cuerpo de estos peces es robusto comprimido, a menudo discoidal, raramente alargado, con aleta dorsal que tiene de 23 a 31 espinas y radios; la boca es proctatil, mandíbula ancha, a menudo bordeada por labios gruesos con dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos, en otros casos puede presentar un puente carnosos (freno) que se encuentra en el maxilar inferior, en la parte media debajo del labio. La línea lateral es bifurcada: la porción superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, en la porción inferior, aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral de la parte superior hasta la terminación de la aleta caudal; la aleta caudal truncada redondeada. Generalmente, el macho se desarrolla más que la hembra (Basurto, 1984).

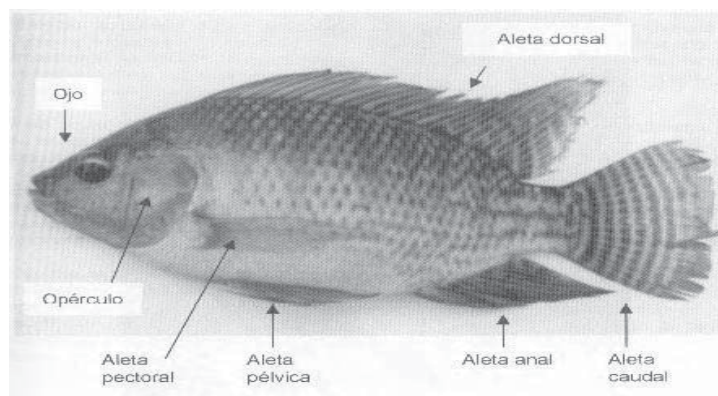


Figura 1. Anatomía externa de la tilapia.

1.3.2. Caracteres Sexuales

La diferenciación externa de los sexos se basa en que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital (Figura 2), mientras que la hembra posee tres: el ano, el poro genital y el orificio urinario (Figura 3). El ano está siempre bien visible; es un agujero redondo. El orificio urogenital del macho es un pequeño punto (Morales, 1991).

El orificio urinario de la hembra es microscópico, apenas visible a simple vista, mientras que el poro genital se encuentra en una hendidura perpendicular al eje del cuerpo (Morales, 1991).

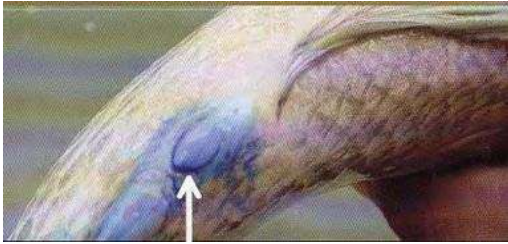


Figura 2. Macho



Figura 3. Hembra

1.3.3. Hábitos Reproductivos del Género *Oreochromis*

Es una especie muy prolífera, a edad temprana y tamaño pequeño. Se reproduce entre 20 - 25 °C (trópico). El huevo de mayor tamaño es más eficiente para la eclosión y fecundidad. La madurez sexual se da a los 2 ó 3 meses. En áreas subtropicales la temperatura de reproducción es un poco menor de 20 - 23 °C. La luz también influye en la reproducción, el aumento de la iluminación o disminución de 8 horas dificultan la reproducción (Auburn, 2001).

El tamaño del huevo indica cuál será el tamaño a elegir para obtener el mejor tamaño de alevín. A continuación se describe la secuencia de eventos característicos del comportamiento reproductivo (apareamiento) del Género *Oreochromis* en cautividad: Después de 3 a 4 días de sembrados los reproductores se acostumbran a los alrededores (Auburn, 2001).

En el fondo del estanque el macho delimita y defiende un territorio, limpiando un área circular de 20 a 30 cm. de diámetro forma su nido. En estanques con fondos blandos el nido es excavado con la boca y tiene una profundidad de 5 a 8 cm (Figura 4).

La hembra es atraída hacia el nido en donde es cortejada por el macho (Figura 5).



Figura 4. Macho excavando el nido

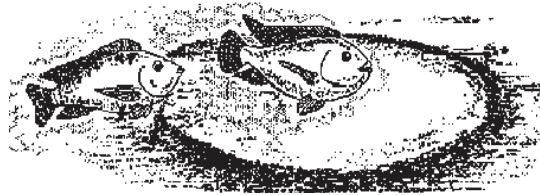


Figura 5. Hembra atraída por el macho

La hembra deposita sus huevos en el nido para que inmediatamente después sean fertilizados por el macho Figura 6 y posteriormente recoge los huevos fertilizados con su boca y se aleja del nido (Figura 7).

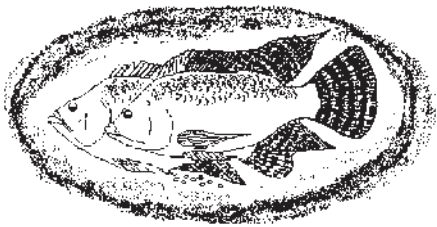


Figura 6. Hembra depositando huevos

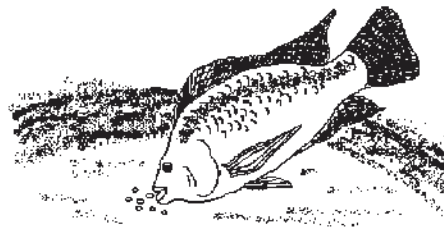


Figura 7. Hembra recogiendo huevos

El macho continúa cuidando el nido y atrayendo otras hembras con que aparearse. Para completarse el cortejo y desove requieren de menos de un día.

Antes de la eclosión los huevos son incubados de 3 a 5 días dentro de la boca de la hembra. Las hembras no se alimentan durante los períodos de incubación y cuidado de las larvas (Figura 8). Las larvas jóvenes (con saco vitelino) permanecen con su madre

por un periodo adicional de 5 a 7 días, escondiéndose en su boca cuando el peligro acecha (Figura 9).

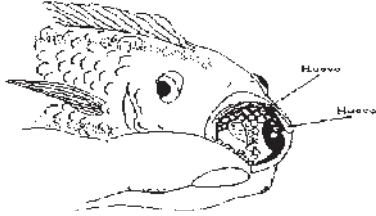


Figura 8. Hembra incubando huevos

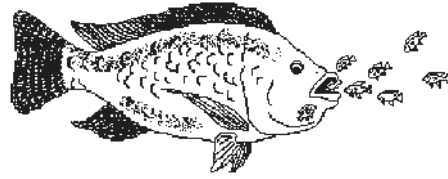


Figura 9. Hembra protegiendo sus crías

La hembra estará lista para aparearse de nuevo aproximadamente una semana después de que ella deja de cuidar a sus alevines. Después de dejar a sus madres los pececillos forman grupos (bancos) que pueden ser fácilmente capturados con redes de pequeña abertura (ojo) de malla. Bancos grandes de pececillos pueden ser vistos de 13 a 18 días después de la siembra de los reproductores (Arredondo, 1986).

1.3.4. Principales especies del Genero *Oreochromis* cultivadas en México

Las líneas genéticas de Tilapia que normalmente se deben producir en función del fenotipo de los animales y de su adaptabilidad a la altitud en la que se localizan las granjas de producción en México son las siguientes: *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus*, *Oreochromis hornorum*, y *Oreochromis aureus* (Villegas, 1990).

1.3.5. Hábitos Alimenticios

El género *Oreochromis* se clasifica como Omnívoro, por presentar mayor diversidad en los alimentos que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares y bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton (Akiyama, 1995).

Las tilapias son peces provistos de branqui-espinas con los cuales los peces pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de

absorción en el intestino, el cual mide de 7 a 10 veces más que la longitud del cuerpo del pez (Cardenete, 1987).

Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para el cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente (Kubaryk, 1997).

1.3.6. Requerimientos Medioambientales

Para el óptimo desarrollo de la tilapia se requiere que en el sitio de cultivo se mantengan los requerimientos medio ambientales en los siguientes valores:

Temperatura: Los rangos óptimos de temperatura oscilan entre 20-30 °C, pueden soportar temperaturas menores. A temperaturas menores de 15 °C no crecen. La reproducción se da con éxito a temperaturas entre 26-29 °C. Los límites superiores de tolerancia oscilan entre 34-36 °C (Kitaev, 2002).

Oxígeno Disuelto: Soporta bajas concentraciones, aproximadamente 3 mg/l, e incluso en períodos cortos valores menores. A menor concentración de oxígeno el consumo de alimento se reduce, por consiguiente el crecimiento de los peces. Lo más conveniente son valores mayores de a 3 mg/l, particularmente en ausencia de luz (Springborn, 1992)

PH: Los valores óptimos de pH son entre 7 y 8. No pueden tolerar valores menores de 5, pero sí pueden resistir valores alcalinos de 11.

Transparencia: Se deben mantener 30 centímetros de visibilidad

Altitud: 850 a 2,000 metros sobre el nivel del mar.

Luz o Luminosidad: La radiación solar influye considerablemente en el proceso de fotosíntesis de las plantas acuáticas, dando origen a la productividad primaria, que es la cantidad de plantas verdes que se forman durante un período de tiempo (Pérez y Castillo 2008).

1.3.7. Selección de reproductores

Las tilapias presentan un comportamiento reproductivo muy particular. Los machos eligen el sitio de desove. Construyen el nido en forma de batea y defiende el área con movimientos agresivos, el cual es limpiado constantemente esperando atraer a una hembra, la cual después del cortejo deposita los huevos en el nido. El macho le sigue inmediatamente expulsado el esperma en la cercanía de los huevos para su fecundación. Una vez fertilizados los huevos son recogidos y colocados en la boca de la hembra para su incubación, la que tiene una duración de 3 a 6 días dependiendo de la temperatura del agua. Para la reproducción de la tilapia se recomienda una temperatura de 28 a 31°C (Valdés y Montemayor, 1994).

Los reproductores deben tener entre 10 y 20 meses de edad y provenir de lotes seleccionados previamente, que hayan tenido una alimentación baja en grasa para llegar a su edad reproductiva con una buena capacidad abdominal (Haylor, 2001)

Estos animales deben ser levantados en lotes con condiciones superiores a los demás. El porcentaje de proteína debe estar cercano al 32% para que tenga el desarrollo corporal adecuado al momento de alcanzar la etapa reproductiva (Haylor, 2001)

Es importante luego de cada ciclo, separar los reproductores y proporcionarles un descanso de 15 días como mínimo, para mantener picos de producción constantes y para realizar tratamientos preventivos con el fin de evitar cualquier tipo de enfermedad (Haylor, 2001)

Un reproductor debe cumplir con las siguientes características:

- ❖ Poseer un cuerpo proporcionalmente ancho comparado con su longitud, es decir, que su cabeza quepa más de 1.5 veces el ancho del cuerpo.
- ❖ Tener cabeza pequeña y redonda.
- ❖ Poseer buena conformación corporal (buen filete, cabeza pequeña, pedúnculo caudal corto, etc.).
- ❖ Libre de toda malformación.
- ❖ Ser cabezas de lote y estar sexualmente maduro.
- ❖ Poseer buena coloración y en el caso de la tilapia roja estar libre de manchas.

Estanques de Reproducción

Deben tener un área entre 500 y 1 500 m para facilitar la recolección de alevines y la cosecha. Para asegurar una producción alta y constante, es importante monitorear con frecuencia parámetros como oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos (Martínez, 2005)

Los estanques pueden ser exteriores e interiores. Generalmente se emplean estanques exteriores para las fases de maduración de reproductores y desove. Los estanques interiores se utilizan para los procesos de reversión y precría y son cubiertos con algún tipo de plástico para mantener la temperatura constante. En los estanques de reproducción es necesario tener sistemas anti pájaros como mallas, para evitar la depredación de camadas y ataques a reproductores adultos (Arredondo y Lozano 2003).

Siembra de Reproductores

Para obtener una buena producción de larvas se recomienda emplear una proporción de 1.5 a 2 machos por 3 hembras, sin exceder 1.0 kg de biomasa por metro cuadrado, debido a que se disminuye la postura (Aquatic, 2008).

Es necesario tener un plantel de reproductores de reemplazo para ponerlos a producir mientras los otros se encuentran en período de descanso. Alcanzar más de 200-300

alevines efectivos por hembra/ ciclo es difícil y requiere un manejo muy selectivo (trabajo genético eficiente en los parentales) (Aquatic, 2008).

Recolección de Semilla

Una vez eclosionados los huevos, la hembra mantiene las larvas en la boca, hasta que terminan de absorber el saco vitelino.

Se deben recolectar los lotes máximo cada 5 días para entrar en la fase de reversión. Un número mayor de días implica problemas con la eficiencia de la hormona en el proceso de reversión y pérdida de alevines en los estanques de reproducción por efectos de canibalismo. La recolección de la semilla debe realizarse en la mañana, antes de alimentar, con sistemas de redes muy finas, cucharas de anejo y copos de tela mosquitera, para evitar el maltrato de los alevines y su mortandad (Vargas, 2002).

Luego de sacar los alevines del estanque de reproducción, es necesario separar los reproductores (machos y hembras) en estanques independientes para darles el descanso necesario. Se deben realizar medidas profilácticas sobre cada uno de los estanques, artes de pesca y utensilios de recolección, para evitar una epidemia por reproductores que han estado enfermos (Hernández, 2002).

Luego de la pesca se debe realizar una selección a través de un tamiz de 8-10 milímetros. Los animales que no logren atravesarlo, se descartan y los que pasen, entran al proceso de reversión (Hernández, 2002).

1.4. ETAPAS DE CULTIVO DE LA TILAPIA

1.4.1. Siembra

Es importante tener en cuenta para la siembra de cría los siguientes aspectos:

- ❖ Conteo preciso de una muestra o del total de la cría (volumétrico, por peso o manual, es decir conteo individuo por individuo).

- ❖ Aclimatación de temperatura: el agua de las bolsas de transporte de alevines se debe mezclar por lo menos durante 30 minutos con el agua del estanque que se va a sembrar.

1.4.2. Crianza

Esta fase comprende la crianza de alevines con pesos entre 1 a 5 gramos. Generalmente, se realiza en estanques con densidad de 100 a 150 peces por m³ (Figura 10), buen porcentaje de recambio de agua (del 10 al 15% día) y con aireación, mientras que para esta misma fase pero sin aireación, se sugiere densidades de 50 a 60 peces por m³ y recubrimiento total del estanque con malla sombra para controlar la depredación (pájaros). Los alevines son alimentados con alimento balanceado conteniendo 45% de proteína, a razón de 10 a 12% de la biomasa distribuido entre 8 a 10 veces al día (Reta, 2000).

1.4.3. Pre-engorda

Esta comprendido entre los 5 y 80 gramos. Generalmente se realiza en estanques con densidad de 20 a 50 peces por m³ (Figura 11), buen porcentaje de recambio de agua (5 a 10% día) y recubrimiento total de malla para controlar la depredación (en caso de que sean exteriores) (Bernales, 2002).

Los peces son alimentados con alimento balanceado cuyo contenido en proteína es de 30 o 32%, dependiendo de la temperatura y el manejo de la explotación. Se debe suministrar la cantidad de alimento equivalente del 3% al 6% de la biomasa, distribuidos entre 4 y 6 raciones al día (Bernales, 2002).



Figura 10. Estanque de crianza



Figura 11. Estanque de pre- engorda

1.4.4. Engorda

Esta fase comprende la crianza de la tilapia desde los 80 gramos hasta el peso de cosecha. Generalmente se realiza en estanques con densidades entre 1 a 30 peces por m³.

En densidades mayores de 12 animales por m³ es necesario contar con sistemas de aireación o con alto porcentaje de recambio de agua (40 a 50%). En esta etapa, por el tamaño del animal, ya no es necesario el uso de sistemas de protección anti-pájaros. Los peces son alimentados con alimentos balanceados de 30 o 28% de contenido de proteína, dependiendo de la clase de cultivo (extensivo, semi-intensivo o intensivo), temperatura del agua y manejo de la explotación. Se sugiere suministrar entre el 1.2% y el 3% de la biomasa distribuida entre 2 y 4 dosis al día (Edwards, 1997).

1.5. ALIMENTACIÓN

Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para el cultivo se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua y cuyo contenido proteico es de un 55% (peso seco) aproximadamente (Moreno *et al.*, 2000).

El éxito del correcto desarrollo de los peces se debe principalmente a la alimentación y a las técnicas utilizadas.

La Tilapia es un organismo omnívoro, y su requerimiento y tipo de alimento varía con la edad. Durante la fase juvenil se alimentan tanto de fitoplancton, zooplancton y pequeños crustáceos. El alimento representa aproximadamente el 50% de los costos de producción, es por esto que un mal manejo de alimento, o un programa inadecuado de alimentación disminuye la rentabilidad de la granja considerablemente (Vargas, 2003).

La cantidad y el tipo de alimento a suministrar debe ser controlado y evaluado periódicamente para evitar costos excesivos. Así mismo, del alimento también depende el sabor del producto, si el pez no tiene cubierto los requisitos diarios, entonces buscare alimentos del fondo del estanque, y su carne adquirirá un sabor desagradable (Vargas, 2003).

1.5.1. Método de Alimentación

El método en el que se va a llevar a cabo la alimentación depende del manejo de la granja, del tipo de explotación, de la edad y los hábitos de la especie, sin embargo se han determinado ciertos mecanismos para facilitar este procedimiento:

- ❖ Alimentación en un solo sitio: se lleva a cabo como su nombre lo indica, únicamente en un lugar del estanque, es altamente eficiente en sistemas intensivos (300-500 peces/m³), y en animales con un peso de hasta 50 gramos, pues no exige una gran actividad de nado. Sin embargo es la menos conveniente si se trata de otro tipo de cultivo, pues la acumulación de materia orgánica se realiza en un solo lugar, provocando que solo una parte de la población coma, incrementando el porcentaje de peces pequeños
- ❖ Alimentación en forma de “L”: se lleva a cabo en dos orillas del estanque. Está sugerida para animales que pesan de 50 a 100 grs, y se recomienda que se realice en la orilla de salida del desagüe y en uno de los dos lados, con la finalidad de sacar la mayor cantidad de heces en el momento de la alimentación.
- ❖ Alimentación Periférica: se realiza por todas las orillas del estanque. Sugerida para peces mayores a los 100 grs, dados que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de la Tilapia.
- ❖ Alimentadores Automáticos: de péndulo, automatizado, por bandejas, etc. De fácil utilización, sin embargo requieren de una fuerte inversión inicial, por lo que

es necesario que la relación costo-beneficio se encuentre sobrepasada para que no represente una pérdida considerable (Vargas, 2003).

1.5.2. Horario de Alimentación

Debido a que los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo, los picos máximos de asimilación se obtienen cuando la temperatura ambiental alcanza los valores máximos (Velasco *et al.*, 1996).

En cultivos extensivos a semiintensivos no es recomendable agregar una cantidad de alimento cuyo consumo supere los 15 minutos, ya que esta misma abundancia tiende a que el animal coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento. En sistema intensivo a superintensivo el alimento debe permanecer menos de 1 a 1.5 minutos (Velasco *et al.*, 1996).

La transición de la dieta desde las etapas de juvenil hasta la de adulto es gradual aunque también puede presentarse abruptamente. Las Tilapias normalmente son omnívoras, sin embargo su alimentación varía según la variedad (Velasco *et al.*, 1996).

En el cultivo comercial, es necesaria la utilización de alimentos y suplementos balanceados, diferentes para cada etapa de crecimiento, cuyo suministro debe estar perfectamente controlado para evitar carencias o excesos. Se debe recordar que a parte del alimento suministrado, los peces se alimentarán también del fitoplancton que crece en los estanques. La alimentación debe realizarse manualmente, observando ciertas características como: la demanda del alimento, tamaño del bocado, talla de los peces, densidad de la población, entre otras (Cuadro 1) (SAGARPA, 2002).

Cuadro 1 tabla de Alimentación de la Tilapia con base a su Etapa de Desarrollo

Edad en semanas	Peso promedio (g/pez)	Tasa alimenticia (%/día)	Tipo de alimento	Raciones de alimento/día
0	0.25	20	Indicador 300 u 45% proteína	12

CULTIVO DE TILAPIA EN MÉXICO

1	1	15	Indicador 300 u 45% proteína	12
2	3	10	Indicador 300 u 45% proteína	12
3	5	8	Indicador 300 u 45% proteína	12
4	7	5.8	Indicador 500 u 45% proteína	12
5	10	5.7	Indicador 500 u 45% proteína	12
6	13	5.5	Indicador 500 u 45% proteína	12
7	17	5.1	Indicador 500 u 45% proteína	12
8	22	5.1	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
9	29	5	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
10	37	4.5	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
11	46	4.3	Extruido 1.5 mm 45% proteína	12
12	56	4.2	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
13	69	4.1	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
14	83	4	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
15	100	4	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
16	120	3.5	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6

CULTIVO DE TILAPIA EN MÉXICO

17	140	3.4	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
18	162	3.2	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
19	184	2.9	Extruido 3/32" mm 35% proteína	6
20	207	2.8	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
21	231	2.6	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
22	256	2.4	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
23	282	2.3	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
24	309	2.2	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
25	337	2.1	Extruido 1/8" mm 32% proteína	4
26	365	1.9	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
27	393	1.8	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
28	422	1.7	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
29	451	1.6	Extruido 3/16"	4

			mm 32% proteína	
30	480	1.5	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
31	509	1.4	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
32	538	1.4	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
33	567	1.4	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
34	596	1.3	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
35	625	1.3	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4
36	654	1.2	Extruido 3/16" mm 32% proteína	4

Fuente: Nicovita y Alicorp, 2008. Achitralada granja acuícola.

1.5.3. Selección del alimento

El alimento es el factor determinante para alcanzar los objetivos de producción adecuados de la Tilapia. Sin embargo puede ser una fuente de contaminación que ponga en riesgo la calidad e inocuidad del producto (Jover *et al.*, 1993).

La alimentación apropiada, elaborada con ingredientes de calidad y formulado adecuadamente de acuerdo a los requerimientos de la tilapia, permitirá un crecimiento y desarrollo óptimo, permitiendo que a partir de una buena nutrición (Cuadro 2), los peces sean más resistentes a enfermedades y a factores adversos. Es muy importante que a parte de una selección adecuada del alimento, se realice una selección de acuerdo al

tamaño de las partículas adecuado para la talla de los peces, de manera que puedan ingerirlos por completo y que no haya sobrantes en los estanques (Jover *et al.*, 1993).

1.5.4. Aspectos nutricionales del alimento

Proteínas

El nivel de proteína va a determinar el crecimiento del organismo. A medida en que el cultivo avanza, el requerimiento de ésta disminuye. En la elaboración de alimentos balanceados para el cultivo intensivo de Tilapia, el suplemente de proteína puede llegar a representar más del 50% del costo del alimento.

El nivel de proteína, se ve influenciado por múltiples factores:

- ❖ El contenido de energía en la dieta.
- ❖ El estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez)
- ❖ Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto).
- ❖ La calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales).
- ❖ Tasa de alimentación.

El consumo de proteína depende del estadio del organismo (Cuadro 2).

Cuadro 2 Requerimiento Proteico de la tilapia

Peso de la Tilapia (g)	Requerimiento Proteico (%)
Larva (0.5)	40-45%
0.5-10	35-40%
10-30	30-35%
30-250	30-35%
250-talla de mercado	25-30%

Fuente: Nicovita y Alicorp, 2008. Achitralada granja acuícola.

Lípidos

Los lípidos en el alimento tienen dos funciones principales:

- a) Recurso de energía metabólica
- b) Recurso de ácidos grasos esenciales

Constituyen el mayor recurso energético y está ligado al nivel de proteína en la dieta de la siguiente manera:

- 40% de Proteína- 6-8 % Lípido.
- 35% Proteína-4.5-6% Lípidos
- 25-30% Proteína-3-3.5 Lípidos

Carbohidratos

Los carbohidratos son la fuente más barata de energía en la dieta; además de contribuir en la conformación física del pez y su estabilidad en el agua. Los niveles de carbohidratos en la dieta de tilapia deben de estar alrededor del 40%.

Vitaminas y Minerales

La mayor parte de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, por que deben estar suplementadas en una dieta balanceada. Su importancia radica en el factor de crecimiento, ya que catalizan todas las reacciones metabólicas. Los minerales son importantes ya que afectan los procesos de osmorregulación (intercambio de sales) a nivel de las células. También influyen en la formación de huesos, escamas y dientes (Jindal *et al.*, 2007).

Técnica de alimentación

En el cultivo de tilapia es muy importante considerar la frecuencia de alimentación y la cantidad de alimento calculada por unidad de producción como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Frecuencia de alimentación para tilapia.

Rango de peso (g)	Frecuencia de alimentación (Raciones/día)
Larvas a 1.0	8-12
1.0-30	8
30-250	6
250-talla de mercado	3-4

Fuente: Nicovita y Alicorp, 2008. Achitralada granja acuícola.

El alimento se puede proporcionar a las tilapias de dos formas, manual (por la orilla del estanque o en bote) o mecánica (Blower movidos por carretas o camiones, alimentadores de demanda, alimentadores de reloj, alimentadores automáticos), estos van a depender del sistema de producción utilizado y del grado de tecnificación deseado de la unidad de producción (Arredondo *et al.*, 2003).

Monitoreo y control del alimento

Se requiere tener formatos que controlen adecuadamente la alimentación del cultivo y evitar así pérdidas, riesgos, etc. Esta hoja de control debe considerar:

- ❖ Lugar y fecha (nombre de la granja, localización, etc.)
- ❖ Lote de alimento (características, descripción, fecha de compra, arribo, apertura).
- ❖ Tipo de alimento (calidades)
- ❖ Utilización (fecha, cantidad, estanques, etc.
- ❖ Observaciones (presencia de peligros, uso de fármacos, químicos, etc.
- ❖ Nombre y firma del responsable.

Todo esto se realiza con la finalidad de tener un control adecuado sobre la granja, un control que pueda ser comprobable en caso de que se presentara algún tipo de problema, así como una identificación oportuna de algún peligro para el cultivo y el consumidor (Arredondo *et al.*, 2003).

1.6. SISTEMA DE PRODUCCIÓN ACUÍCOLA EN TILAPIA

Los sistemas de producción de tilapia en México, varían desde sencillos a muy complejos; los sistemas de manejo sencillo se caracterizan por poco control sobre la calidad del agua, el valor nutricional del alimento y por producciones bajas. Los sistemas de cultivo tradicionales son: Extensivo, Semi-intensivo, Intensivo (Saldarriaga, 2004).

1.6.1. Extensivo

Se caracteriza por un grado mínimo de modificación del medio ambiente, existiendo muy poco control sobre el mismo y la calidad y la cantidad de los insumos agregados para estimular, suplementar o reponer la cadena alimenticia (Saldarriaga, 2004).

El estanque no tiene un sistema de drenaje, no hay control sobre el abastecimiento del agua; la tasa de siembra varía de 10,000 a 20,000 peces/ha; la productividad natural que es la base de la cadena alimenticia de la nutrición del pez, es estimulada sólo por los nutrientes contenidos en el agua que se usa para llenar el estanque o proveniente del suelo (Saldarriaga, 2004).

De este sistema se puede esperar una producción que oscila entre 300-700 kg/ha y este tipo de sistema es viable sólo cuando el valor de la tierra y el costo de construcción del estanque son muy bajos o que el estanque es de doble propósito, hay muy poco control, no justifica la inversión, pero no significa que no puedan ser utilizados (Wandel, 1996).

1.6.2. Semi – intensivo

En los sistemas semi-intensivos, se ha realizado una modificación significativa sobre el ambiente, se tiene control completo sobre el agua, las especies cultivadas y las especies que se cosechan. Se utilizan fertilizantes para lograr una máxima producción; también puede usarse un alimento suplementario no completo, para complementar la productividad natural sin necesidad de utilizar aireación mecánica (Fitzsimmons, 2005).

Este es el nivel más común de manejo para productores pequeños y medianos que no tienen recursos económicos para grandes inversiones y que cuentan con capital limitado y/o donde alimentos de buena calidad no son disponibles. Generalmente es un estanque de tierra que se puede llenar y drenar al gusto del productor; los insumos incluyen fertilizantes orgánicos e inorgánicos, alimentos suplementarios (Fitzsimmons, 2005).

En este sistema de producción se utilizan estanques de 0,5 a 3 hectáreas con recambios de agua del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo del grado de intensidad de siembra del sistema (se utilizan desde 2 HP a 12 HP por hectárea) (Huet, 1978).

Las densidades utilizadas son muy variables y se encuentran en el rango de 4 a 15 peces /m obteniendo una producción en el rango de 20 a 50 toneladas / hectárea / año con factores de conversión de 1,6 a 1,9 para peces de 700 gramos. En este sistema es muy importante el monitoreo de los niveles de amonio, pH, temperatura y el nivel de oxígeno disuelto. Para la alimentación de los peces en este sistema se utiliza alimento peletizado o extrusado, con niveles de proteína desde 35 a 30% de proteína dependiendo de la fase de producción (Huet, 1978).



Figura 12. Sistema Extensivo



Figura 13. Sistema Semi-intensivo

1.6.3. Sistema intensivo

Se ha hecho una modificación sustantiva sobre el medio ambiente, con control completo sobre el agua, especies sembradas y cosechadas; se usa una tasa de siembra mayor, ejerciendo mayor control sobre la calidad de agua (ya sea a través de aireación o con recambios diarios) y todo nutriente necesario para el crecimiento que proviene del suministro de un alimento completo. En este sistema se pueden utilizar estanques de tierra, de concreto o jaulas flotantes (Gómez, 2005).

Estanques

Las densidades oscilan entre 100,000 a 300,000 peces/ha, se utiliza un alimento complementario de buena calidad, de 25 a 30% de proteína. El alimento se suministra a razón de 2-4% de la biomasa/día y generalmente la tasa máxima de alimentación no debe exceder los 80 a 120 Kg/ha/día (Gómez, 2005).

Hay disponible aireación mecánica de emergencia que se inicia cuando la concentración de oxígeno disuelto baja hasta el 10% de saturación. La producción total varía de 5,000 a 12,000 Kg/ha (Gómez, 2005).

Cultivo en Jaulas

El cultivo de tilapia se puede realizar en jaulas permitiendo una explotación intensiva de un cuerpo de agua.

El cultivo intensivo de peces en jaulas de bajo volumen (1 a 4 m³), a altas densidades (200 a 500 peces o 200 kg/ m³) en jaulas podría convertirse en el medio de expansión más importante y simple en la producción de tilapia (Reta, 2006).

Se caracteriza por evitar la reproducción, por lo que puede utilizar machos y hembras en el cultivo, se puede realizar varios tipos de cultivo en un mismo cuerpo de agua, intensifica la producción de peces, facilita el control de depredadores y reduce el costo de inversión inicial (Reta, 2006).

El cultivo de tilapia en jaulas puede desarrollarse en canales, lagunas, esteros, etc. Las características del medio en donde se instalarán las jaulas van a depender de la intensificación del cultivo y el tipo de jaula a utilizar. En jaulas con un alto recambio (15-25 cm³/ segundo) se pueden lograr producciones de 80 a 100 kg/ m³ y factores de conversión de 1.6 a 1.8 para peces de 700 - 800 gramos y crecimientos de 3 a 4 gramos/ día (Reta, 2006).

Las ventajas del cultivo en jaula son la baja inversión inicial debido a que la tecnología es relativamente económica y simple, es aplicable a la mayoría de cuerpos de agua con profundidades mayores a 2 metros. Es técnica y económicamente aplicable a cualquier escala.

- ❖ Incrementa la producción comparada con los cultivos convencionales como estanques de tierra.
- ❖ No requiere construcciones permanentes, dado que son fácilmente desmontables.
- ❖ Posibilita la combinación de diversas edades dentro de un mismo cuerpo de agua, suministrando a cada grupo de peces el alimento adecuado para su edad.
- ❖ Permite la aplicación de tratamientos terapéuticos a un grupo específico de peces.
- ❖ Facilita la observación y control de la población, la reproducción, los depredadores y los competidores.
- ❖ Se reduce la manipulación y la mortandad.
- ❖ Permite cosechar parcialmente de acuerdo con una programación.
- ❖ Con una calidad de agua excelente es posible alcanzar rendimientos máximos de 20 toneladas métricas por hectárea/ ciclo en este tipo de cultivo.

Las jaulas permiten una manipulación fácil de los peces, siembras a altas densidades, la máxima utilización de los recursos de agua disponibles, un retorno rápido del capital invertido y facilitan el inventario (Reta, 2006).

Tipos de Jaulas

- ❖ Jaulas que descansan en el fondo, ocupando completamente la columna de agua.
- ❖ Jaulas flotantes de las cuales sobresale entre un 15 a un 20% de su altura.

Jaulas sumergidas que pueden estar flotando a ras de la superficie, a media agua o inclusive en el fondo del estanque (Reta, 2006).

Se recomienda una distancia mínima de 1 metro entre el fondo de la jaula y el fondo del cuerpo de agua, con el fin de reducir la incidencia de parásitos, disminuir los sólidos en suspensión y evitar las zonas de fondos que son más susceptibles a niveles bajos de oxígeno (Álvarez, 1999).

En cuanto a la densidad de siembra, en este sistema de cultivo se encuentra sujeta a la calidad del agua, tamaño del cuerpo de agua, profundidad, especie, tipo de alevines, sistemas de alimentación, etc. En lagos, embalses o ríos con buena corriente, la densidad de siembra puede llegar hasta 1 000 a 1 500 peces por m³, mientras que en cuerpos de agua con movimiento lento o moderado, sólo se recomienda de 300 a 1 000 animales por m³. Si se van a sembrar peces para obtener tallas entre 100 a 200 gramos la densidad se reduce a 250 peces por m³ (Rivera, 2006).

En el caso de jaulas se han observado frecuentemente pérdidas de alimento por corrientes pasivas como las que inducen los peces mientras se alimentan, por tal razón surge la necesidad de utilizar alimentos extruidos, con sistemas de alimentadores para cada uno de los casos. Los valores normales de conversión en la producción intensiva de tilapia en jaulas están entre el rango de 1.8: 1 y 2.3: 1 dependiendo de la semilla, densidad, manejo y tipo de alimento. Es importante para los cultivos en jaulas suministrar alimentos con un porcentaje de proteína por encima del 30%. Las mortandades reportadas para un manejo normal se encuentran entre el 10 y el 15% con respecto a la siembra inicial (Rivera, 2006).



Figura 14. Jaulas flotantes



Figura 15. Oxigenación del agua

1.7. SANIDAD ACUÍCOLA

El mantenimiento de organismos en cautiverio en densidades a las que se encuentran en el medio natural, representa un riesgo de incidencia de enfermedades debido a la tensión fisiológica; efectos de confinamiento, presencia de patógenos y parásitos, así como el deterioro del agua y procesos de competencia y agresión entre los organismos cultivados. La incidencia de enfermedades en los cultivos, es un riesgo potencial de elevar la mortalidad y la pérdida parcial o total de la producción (Bardach, 1972).

Las medidas preventivas de sanidad incluyen el mantenimiento de la salud de los organismos en cultivo y el mantenimiento de las condiciones de higiene en los sistemas de producción. Por otro lado las medidas de sanidad acuícola incluyen la prevención del contacto entre el parásito y el hospedero, además del manejo de variables ambientales que protegen a los organismos cultivados (Bardach, 1972).

1.7.1. Limpieza de instalaciones

La limpieza continua disminuye posibilidades de ofrecer condiciones de infestación a los agentes patógenos (Brummett, 1994).

La limpieza incluye el lavado de las instalaciones mediante el cepillado y el enjuague. Por otro lado, es preciso la extracción de organismos muertos, desperdicios de alimento y heces fecales, ya que representa un incremento en la materia orgánica que puede

aumentar el riesgo de desarrollar enfermedades debido al incremento de la actividad bacteriana, disminución del oxígeno disuelto y aumento en la concentración del amonio no-ionizado (Brummett, 1994).

La limpieza de canales de alimentación y distribución, tanques de sedimentación, estanquería rústica y estanques de concreto o de fibra de vidrio, requiere de su drenaje completo y exposición al sol. En estanques rústicos es necesaria la extracción de plantas acuáticas, rocas y materiales de desecho (Brummett, 1994).

1.7.2. Cuarentena

La cuarentena consiste en el mantenimiento de organismos en aislamiento total del sistema de cultivo, por un periodo determinado de tiempo. En donde se desarrollan actividades de observación, detección, identificación y prevención de enfermedades, antes de ingresar al sistema de cultivo (Andrade, 1991).

En este proceso se pretende identificar cualquier enfermedad de la que sean portadores los organismos potenciales de cultivo y en cualquier fase de su desarrollo, para prevenir la introducción y dispersión de enfermedades. Al final del periodo de cuarentena, es necesario tomar la decisión sobre la aplicación de un tratamiento específico o el sacrificio de los organismos. Lo anterior consiste en mantener en observación durante un periodo mínimo de 40 días los organismos, verificando con frecuencia el comportamiento de los individuos así como la aparición de signos de enfermedad, para su posterior diagnóstico (Andrade, 1991).

Para el manejo del lote de organismos en cuarentena es necesario colocarlos ya sea en instalaciones construidas específicamente para este propósito o en algún sistema aislado del sistema de cultivo. Es necesario tomar en cuenta factores como:

- ❖ Ubicación lejana de las instalaciones.
- ❖ Abastecimiento y drenaje.
- ❖ Desinfección de instrumental y materiales utilizados.

- ❖ Asignar instrumental de uso exclusivo para cuarentena.
- ❖ Mantener una baja densidad de huevecillos, crías, larvas, juveniles o reproductores.

1.7.3. Instalación de filtros

La instalación de unidades de filtración en los sistemas de alimentación y suministro de aguas representa una medida eficiente para controlar la entrada de parásitos, hospederos intermediarios y depredadores a los cultivos, incluyendo peces, moluscos, sanguijuelas, crustáceos, insectos, reptiles y plantas (Andrade, 1991).

1.7.4. Manejo de organismos de cultivo

Los daños físicos por el manejo ocasionan la caída de las escamas, lesiones, irritación en la piel, asfixia temporal y pérdida de las mucosas de protección. Estos daños disminuyen los mecanismos de inmunidad y defensa natural de los organismos y al mismo tiempo favorecen la entrada de patógenos al cuerpo. Por lo tanto, el manejo de organismos debe de efectuarse cuando sea absolutamente necesario. Los transportes y transferencias, así como los periodos de confinamiento deben de ejecutarse con cuidado y eficiencia. Sin embargo, si la especie cultivada es en extremo sensible, entonces se recomienda el uso limitado de anestésicos (Flores, 1998).

Para evitar daños o enfermedades es necesario seguir o implementar estrategias durante la operación de unidades acuícolas, que determinan las probabilidades de incrementar o disminuir la incidencia de enfermedades en los cultivos (Flores, 1998).

1.7.5. Tratamiento preventivo de estanques

La interacción que existe entre el agua con los sedimentos en los estanques rústicos, incrementa las posibilidades de completar ciclos de parásitos que se encuentren en el sedimento en forma de quistes. Por lo tanto, es necesario realizar un tratamiento preventivo a los estanques rústicos para poder llenarlos y realizar la siembra (cuadro 5) (Anderson, 1984).

Existen varios tratamientos generales que permiten desinfectar el estanque rústico y su eficiencia depende de la diversidad y la abundancia de organismos patógenos existentes en el sistema (Castillo, 2003).

Cuadro 5. Tratamientos para desinfectar estanques según la NOM-011-PESC-1993

SUSTANCIA	CONCENTRACIÓN	TIEMPO
Permanganato de potasio	4.0 mg/ L	48 h
Cloruro de sodio	7.0 g/ L	72 h
Formaldehído	25.0 mg/L	24 h
Sulfato de cobre	6.0 mg/ L	24 h
Cal viva	2.5 ton/ Ha	4 días

Fuente: Sagarpa, 2006.

1.8. PRINCIPALES ENFERMEDADES

1.8.1. Causadas por Hongos

La descomposición de las branquias por la acción del hongo filamentoso *Branchiomyces sanguinis* se caracteriza por las manchas que aparecen sobre las branquias. Posteriormente, las branquias adquieren un color blanquecino y disminuyen su intercambio gaseoso hasta provocar la asfixia y muerte. Esta enfermedad se encuentra asociada a grandes cantidades de materia orgánica en el agua y a florecimientos de fitoplancton. El tratamiento consiste en drenar el sistema y limpiarlo con eficiencia. En el caso de estanques es necesario tratar el estanque seco con cal viva para eliminar las esporas del hongo (Castro *et al.*, 2002).

Una enfermedad común en sistemas de cultivo asociada a los hongos, es aquella ocasionada por el género *Saprolegnia*. Este hongo ataca zonas de irritación, heridas y partes débiles, apareciendo como capas de algodón sobre diferentes partes del cuerpo. Aparece con bastante frecuencia en sistemas de incubación y alevinaje (Castro *et al.*, 2002).

1.8.2. Causadas por Bacterias

Una de las enfermedades causadas por bacterias de mayor importancia en acuicultura es la furunculosis ocasionada por la bacteria *Aeromonas salmonicida*. La bacteria ataca a través de la piel causando úlceras y abscesos en el tejido muscular. Esta enfermedad se presenta con frecuencia en salmónidos y se encuentra asociada a alta temperatura y baja concentración de oxígeno disuelto. En ocasiones también se encuentra asociada a hongos. Su control requiere eliminar individuos con casos avanzados de hemorragias. El sistema debe de ser limpiado y el resto de los organismos tratarlos con antibióticos. Entre los medicamentos de mayor uso se encuentra la oxitetraciclina, furacina y furazolina en una concentración de 75 mg/ kg. de pez durante un periodo de 10 días (Flores, 2003).

La bacteria *Flexibacterium columnaris* es la responsable de la enfermedad de columnaris ocasionando como la anterior lesiones en la piel cercana a la cabeza, el dorso y las branquias. La enfermedad se inicia como placas blanquecinas y zonas de irritación central e hiperanemia periférica. Las branquias posteriormente aparecen necróticas y son causa de muerte. En el cuerpo se presenta la caída de escamas, acompañada de ulceraciones y hemorragias. Aparecen inicialmente como manchas de coloración o anaranjado para finalizar en casos agudos en necrosis de la piel. Algunos tratamientos que se aplican son la solución de permanganato de potasio en una concentración de 5ppm por un periodo de una hora y con frecuencia de dos a tres veces diarias. Alternativamente se suministra furacina (Flores, 2003).

1.8.3. Causadas por protozoarios

Entre las enfermedades asociadas a protozoarios se encuentran aquella causada por *Ichthyophthirius multifiliis* (Cuadro 6). Este es un protozoario que produce manchas o pústulas blancas en la piel y branquias. Cada parásito produce miles de esporas que se depositan en el fondo y permanecen aquí en forma de quistes formando células infecciosas conocidas como tomitas por fisión binaria. Posteriormente, son liberadas al medio en donde parasitan. Su tratamiento tiene una serie de alternativas que se presentan en el siguiente cuadro (Cheng, 1973).

Cuadro 6. Tratamientos para *Ichthyophthirius multifiliis*

TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN	FRECUENCIA
Azul de metileno	2.00 ppm	Baño diario
Verde de malaquita	1.25 ppm	Baño diario 30 min.
Cloruro de sodio	7.00 g/L	3 baños diarios
Formaldehído	200-250 ppm	Baño diario
Acriflavina	10.00 ppm	3-10 baños diarios

Fuente: Cheng, 1973.

1.8.4. Causadas por helmintos

Los parásitos de este grupo son conocidos comúnmente por gusanos y son de tres cuatro tipos: trematodos, nematodos, cestodos e Hirudíneos. En el grupo de los trematodos se encuentra *Dactylogyrus vastator*, un gusano plano que por medio de anclaje bucal se aloja en las branquias de peces causando severa irritación y anemia. Si las infecciones ocurren en la etapa juvenil de los peces puede causar altas mortalidades (Roberts, 1981).

En el grupo de los cestodos el de mayor distribución es *Bothriocephalus acheilognathi*, con gran capacidad de transmisión, utilizando como hospedero intermediario a copépodos, los cuales representan una fuente de alimento para peces. Entre los efectos más evidentes son el adelgazamiento de la pared intestinal, inflamación, bloqueo del conducto digestivo, ulceraciones, inflamación abdominal y eventualmente la muerte (Roberts, 1981).

1.8.5. Causadas por crustáceos

Entre el grupo de los copépodos parásitos se encuentra *Lerne cyprinacea*, la cual es posible de distinguir en su forma alargada característica a simple observación, se aloja en cualquier parte del cuerpo, ocasionando ulceraciones y adelgazamiento. Sus huevecillos los deposita en las cavidades que elabora (Roberts, 1981).

Otro representante de los crustáceos parásitos es el género *Argulus*, conocido como piojo de los peces. Se presenta en forma de disco plano de color rosado y se adhiere a la piel, aletas, hocico o branquias. Posteriormente, succiona la sangre con un órgano que penetra al pez y a través del cual inyecta una sustancia tóxica (Roberts, 1981).

Los tratamientos más comunes contra estos organismos son baños de permanganato de potasio en una concentración de 20 – 25 ppm. Alternativamente puede utilizarse el baño de sal en una concentración del 3 al 5%, o formaldehído en una concentración de 250 ppm/ h (Chervin, 1996).

1.9. COSECHA

La cosecha es la etapa final del cultivo, se pueden realizar cosechas totales o parciales, dependiendo de la cantidad y frecuencia con que se desee tener producto disponible para la comercialización. Las cosechas se realizan cuando los animales han alcanzado un tamaño adecuado para su venta (Ramírez, 1997).

1.9.1. Métodos de cosecha

La cosecha y sacrificio de los organismos, se lleva a cabo una vez que ha transcurrido el tiempo necesario de los mismos en los estanques.

Esto se realiza dependiendo del proceso al que se va a someter el pescado hasta su presentación final (Bardach, 1990).

1.9.2. Cosecha de Producto Vivo

Se lleva a cabo extrayendo los peces del estanque de depuración, con redes de maya que no contengan nudos y transfiriendo a los animales inmediatamente a un transportador con agua limpia y fresca, con temperatura entre los 18 y 24 °C, con equipo de aireación y de oxigenación que garanticen que la Tilapia llegará viva a su destino (Figura16).



Figura 16. Cosecha con redes

En el transportador debe haber un máximo de 200 kg de Tilapia por cada 1,000 litros de agua, esto si el recorrido que se va a realizar con el producto tiene una duración menor a una hora. Si el tiempo es mayor, entonces debe colocarse un aproximado de 150 kg de tilapia en cada 1,000 litros de agua. Esto se realiza con la finalidad de reducir los daños por la densidad, así como efectos de estrés entre los organismos, que pongan en riesgo la calidad del producto (Bardach, 1990).

1.9.3. Cosecha de Producto Fresco

El sacrificio de los peces destinados a comercialización en fresco, se lleva a cabo transportando a los mismos desde los estanques, hasta un contenedor con agua fría y limpia.

Dentro de este contenedor, existen cuatro métodos que se pueden emplear para realizar el sacrificio de los animales, y son:

- ❖ Shock Eléctrico.
- ❖ Shock Térmico (haciendo descender drásticamente la temperatura con hielo).
- ❖ Insensibilización del pez con CO₂, y corte de los arcos branquiales en agua fría.

Cuando se ha llevado a cabo el sacrificio de los organismos, el productor debe decidir si será eviscerada en la granja o no. En ambos casos el pescado debe ser lavado con agua y algún sanitizante permitido, así como enfriada con hielo y sal. El hielo debe estar

fabricado conforme a la norma, para evitar que sea fuente de contaminación del producto. Una vez que la tilapia ha sido enfriada, se empaqueta en una caja térmica en capas, es decir, una capa de pescado y otra de hielo, una de pescado y hielo y así sucesivamente, hasta que la última capa sea de hielo. Posteriormente, se coloca la caja en refrigeración, y se traslada en vehículos con sistemas de refrigeración, hasta su destino final (Arredondo, 1994).



Figura 17. Producto Fresco

1.10. NORMATIVIDAD DEL SECTOR ACUÍCOLA

Normatividad se define como el conjunto de criterios o fórmulas con las que se rige la conducta humana y que pueden ser de carácter voluntario. Toda normatividad jurídica debe cumplir con ciertos requisitos para ser válida, entre los que destacan:

- a) Ser proclamada por una autoridad reconocida
- b) Que comprenda reglas claras y de aplicación general
- c) Tener métodos de coerción o convencimiento
- d) Especificar la penalidad por las infracciones, entre otras.

En el sector acuícola existen una gran diversidad de legislaciones o normas que rigen el comportamiento de los productores. Entre estas encontramos:

1.10.1. Ley de Pesca

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Publicada el 25 de junio de 1992 en el Diario Oficial de la Federación. Ley de orden público en lo relativo a los recursos naturales que constituyen la flora y fauna cuyo medio de vida total parcial o temporal sea el agua. Garantiza la conservación, preservación y aprovechamiento racional de los recursos pesqueros y establece las bases para su adecuado fomento y administración.

2.10.2. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Publicada el 28 de enero de 1998 en el Diario Oficial de la Federación Ley reglamentaria que abarca la preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente en el terreno nacional y las zonas sobre las que la Nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

1.10.3. Ley General de Salud

Secretaría de Salud. Publicada el 7 de febrero de 1984 en el Diario Oficial de la Federación.

En el apartado referente a productos de pesca, acuicultura y sus derivados se establece que la secretaría en coordinación con otras dependencias competentes determinará lo salubre e insalubre de una zona de producción o extracción de productos de la pesca, así como del agua que se destine al abastecimiento de dichas zonas, de acuerdo con los resultados de diferentes análisis de esas aguas.

1.10.4. Programa de Inocuidad de Alimentos

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)

Establece políticas, lineamientos, criterios, sistemas, estrategias, programas, proyectos, procedimientos y servicios que coadyuven a mejorar la inocuidad de los alimentos de origen animal, vegetal, acuícola y pesquero. Propone disposiciones generales a través de reglamentos y normas que garantizan la inocuidad de los alimentos y de sus

procesos de producción, procesamiento, almacén, empaque, transporte y distribución. Reconoce y autoriza la certificación de los sistemas de producción, procesamiento, verificación e inspección de alimentos con el fin de garantizar su calidad sanitaria (SAGARPA, 2006).

1.10.5. Normas Oficiales Mexicanas en Materia de Acuicultura, Inocuidad, Seguridad, Higiene y Manejo de Desechos

a) NOM-010-PESC-1993. Secretaría de Pesca: establece los requisitos sanitarios para la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura u ornato en el Territorio Nacional.

b) NOM-011-PESC-1993. Secretaría de Pesca: regula la aplicación de cuarentenas, a efecto de prevenir la introducción y dispersión de enfermedades certificables y notificables en la importación de organismos acuáticos vivos en cualquiera de sus fases de desarrollo, destinados a la acuicultura y ornato en el Territorio Nacional.

c) NOM-027-SSA1-1993. Secretaría de Salud: bienes y servicios. Productos de la Pesca. Pescados frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones Sanitarias

d) NOM-048-SSA1-1994. Secretaría de Salud: establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales

e) NOM-128-SSA1-1994. Secretaría de Salud: bienes y servicios. Establece la ampliación de un sistema de análisis de riesgos y control de puntos críticos en la planta industrial procesadora de productos de la pesca.

f) NOM-129-SSA1-1995. Secretaría de Salud: bienes y servicios. Productos de la pesca: secos-salados, ahumados, moluscos cefalópodos y gasterópodos frescos-refrigerados y congelados. Disposiciones y especificaciones sanitarias.

g) NOM-001-SEMARNAT-1996. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

h) NOM-005-STPS-1998. Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacén de sustancias peligrosas.

- i) NOM-010-STPS-1999.** Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- j) NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002.** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Y Secretaría de Salud: Protección ambiental. Salud Ambiental. Residuos peligrosos biológicos infecciosos. Clasificación y Especificaciones de manejo.
- k) NOM-127-SSA1-1994.** Secretaría de Salud: Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano, Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.
- l) NOM-201-SSA1-2002.** Secretaría de Salud: Productos y Servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.
- m) NOM-031-ECOL-1993:** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agroindustriales de servicios y el tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado.
- n) NOM-028-SSA1-1993.** Secretaría de Salud: bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados en conserva. Especificaciones sanitarias.
- o) NOM-117-SSA1-1994.** Secretaría de Salud: bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, hierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica.
- p) NOM-23-SSA1-2002.** Secretaría de Salud: agua para uso y consumo humano. Requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo.
- q) PROY-NOM-089-ECOL-1994.** Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de las actividades de cultivo acuícola (Sagarpa, 2006).

II. CONCLUSIONES

La tilapia es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques o en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la potencialidad alimenticia de los estanques y puede ser manipulada.

El cultivo de tilapia en estanques rústicos es una alternativa de producción que se puede desarrollar en cualquier región, con temperaturas entre 20°C y 30°C.

El manejo del cultivo, desde la siembra de los peces hasta su cosecha, involucra el conocimiento de las diferentes etapas de desarrollo de la especie. Cada etapa de desarrollo tiene requerimientos específicos para su manejo en el cultivo. Por lo tanto, es importante tener conocimiento sobre ello.

La tilapia se adapta fácilmente a las condiciones de los diversos cuerpos de agua en que han sido introducidos, tales como arroyos, ríos, lagos, lagunas, presas, estanques, estuarios e incluso hábitat marinos.

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la posibilidad de alimento y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos. Representa una oportunidad que permite integrar a los jóvenes emprendedores rurales de México a la actividad productiva.

III. BIBLIOGRAFÍA

Akiyama, D. 1995. Nutrición, alimentos y alimentación de los peces. Soyanoicias. 253, pp. 20-23.

Álvarez, T.P., Ramírez, M. C., Orbe, M. A. 1999. Desarrollo de la Acuicultura en México y Perspectivas de la Acuicultura Rural. Dirección General de Investigación en Acuicultura. SEMARNAP. México.

Anderson, J. A., Jackson, J., Matty, A. J. y Capper, B. S. 1984. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus*. L. Aquaculture. 37. pp. 303-314.

Andrade, R. y García, J. L. 1991. "La acuicultura en palabras", México, AGT Editor, S.A.

Aquatic Environments Auburn University. 2008. Cultivo de Machos de Tilapia Sexados a Mano. Acuicultura y Aprovechamiento del Agua para el Desarrollo Rural. International Center of Aquaculture and Disponible en:
<<http://cals.arizona.edu/.../publications/Spanish WHAP/TIL6MONOSEXO.pdf>>

Arredondo, F., Espinosa, J. I., campos, R. Hernández I. C. 1994. Desarrollo científico y tecnológico del jurel. Secretaria de pesca. México.

Arredondo, y Lozano. 2003. La Acuicultura en México. Universidad Autónoma Metropolitana, México. Pp. 266

Arredondo, J. L. 1986. Actual situación taxonómica de las especies de la tribu Tilapini (Pisces: Cichilidae) introducidas en México, Serie Zoología. An. Inst. Biol. Universidad Autónoma de México pp. 555-572.

Auburn, University. 2001. Biología reproductiva de la *Oreochromis niloticus*. Disponible en. [En línea]. <<http://www.acuacultura-ca.orrghn>>. [Consulta: 20 de septiembre de 2010].

Bardach, J. E., Ryyther, J. H. Y Mclarney, W. O. 1990. Acuacultura.

Bardach, J. E., Ryther, J. H. y Mclarney, W. O. 1972. "Aquaculture; the farming and husbandry of freshwater and marine organisms", Wiley interscience.

Basurto, M. 1984. Estudio preliminar al conocimiento biológico y pesquero de la Tilapia Nilótica (Linneo) en la Laguna de Chila, Veracruz. Tesis Profesional. Universidad del Noreste, Tampico, Tamaulipas.

Basurto, O. M. 2008. Algunos aspectos reproductivos de la Tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneo) en la laguna de Chila, Veracruz. Centro Regional de Investigación Pesquera en Puerto Morelos, Q. Roo. [En línea].
<<http://ecologia.uat.mx/biotam/v6n3/art6.html>> [Consulta: 22 de agosto de 2010].

Bernales, J. 2002. Piscicultura amazónica con especies nativas. [En línea].
<<http://amazonas.rds.org.co/libros/47/base.htm>> [consulta: 25 de septiembre de 2010].

Brugére, C. y Ridler, N. 2005. Perspectivas de la acuicultura mundial en los próximos decenios: Análisis de los pronósticos para 2030 de la producción acuícola de los principales países. FAO Circular de Pesca No 1001 FIPP/C1001. Roma, Italia.

Brummett, R. E. y Alon, N. C. 1994. "Polyculture of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Australian red claw crayfish (*Cherax quadricarinatus*) in earthen ponds", *Aquaculture*, Vol. 122. pp. 47-54.

Cantor, A. F. 2007. Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Puebla, México. pp. 97.

Cardenete, G. 1987. Fuentes alternativas de proteína y energía en acuicultura. Industrias gráficas España, S.L. Madrid (España). pp. 59, 137.

Castillo, L.F. 2001. Tilapia roja 2001. Una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali, Valle, Colombia. URL. [En línea].
< <http://www.todomaiz.com/acquapia/> > [Consulta: 11 de agosto de 2010.

Castillo. 2003. Tilapia roja, una evolución de 22 años. Disponible en: [En línea].
<<http://www.promar.or.cr/oceanoticias/2003/diciembre/docs/Tilapia.pdf>>

Castro, E. G., Aguilera, A. M., Giono, C. S., Hernández, R. C. *et al.* 2002. El género *Aeromonas*. *Enf Infec Microbiol.* pp. 206-216.

Cheng, T. C. 1973. *General Parasitology*. Academic Press. pp. 965.

Chervin, K. J. Y Lahav M. 1996. The effect of exposure to low temperature on fingerlings of local tilapia (*Tilapia aurea*) (Steindachner) and imported tilapia (*Tilapia vulcani*) (Trewavas) and *Tilapia nilotica* (Linnaeus) in Israel. *Bamidgeh* 28. pp.25-29.

Edwards, P. y Demaine, H. 1997. *Rural aquaculture: Overview and framework for country reviews*.

FAO. 2002. Informe de la Reunión ad hoc de la Comisión de Pesca Continental para América Latina sobre la expansión de los diferentes tipos de acuicultura rural en pequeñas escala como parte del desarrollo rural sostenido. FAO, Informe de Pesca N ° 694 RLC/FIRI/R694 ISSN 1014-6547 Panamá, República de Panamá, 21–24 de mayo 2002.

Figuroa, J. L. 1988. El hueso faríngeo, una estructura útil para la identificación de especies de la tribu tilapini (pisces; cichlidae), introducidas en México. Secretaría de Pesca, Dirección General de Acuicultura.

Fitzsimmons, K. 2005. Conferencia overview Of. global tilapia trade and US markets. American tilapia association.

Flores, C. J. y Flores, C. R. 2003. Monogeneos, parásitos de peces en México: estudio recapitulativo. Revista Técnica Pecuaria en México. Año/vol.4. México. num. 002. pp. 175-192.

Flores, N. A. 1998. "La acuicultura industrial en el estado de Yucatán. Situación actual y perspectivas", en: La acuicultura en el sureste de México. Colegio de la Frontera Sur. ECOSUR. México. pp. 167-173.

Garduño, M. y Muñoz G. 1998. Comparaciones de parámetros reproductivos, de crecimiento, fenotípicas y económicas de tilapia roja. [En línea]. <http://www.ecologia.edu.mx/sigolfo/pagina_n3.htm> [Consulta: 15 de agosto de 2010].

Gómez, B. 2005. Cultivo de tilapia. Manual para la construcción de jaulas y corrales. SEDAP Jalapa, Ver. pp. 47.

Granados, A. I., Garduño, M. y Muñoz, C. 2002. Comparación de crecimiento y evaluación económica entre el genotipo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y el híbrido rojo (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). [En línea]. <http://www.ecologia.edu.mx/sigolfo/pagina_n2.htm> [Consulta: 5 de septiembre de 2010].

Haylor, G. y Bland, S. 2001. Integrating aquaculture into rural development in coastal and inland areas. In: Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium. Subasinghe R P, Bueno P, Phillips M J, Hough C, McGladdery S E and Arthur J R (Editors). Aquaculture in the Third Millennium., Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000.. NACA, Bangkok and FAO, Rome. pp 73-81.

Hernández, M. Reta, M.L., Nava, T.E., Gallardo, L.F. 2002. Tipología de productores de mejora tilapia (*Oreochromis spp*): Base para la formación de grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCCPS) en el estado de Veracruz, México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst*; 1. pp. 17-19.

Huet, M. 1978. *Tratado de piscicultura*. Ediciones Madrid. Mundi prensa.

Jindal, M., Garg, S. K., Yadava, N. K. y Gupta, R. K. 2007. Effect of replacement of fishmeal with processed soybean on growth performance and nutrient retention in *Channa punctatus* (bloch.) fingerlings. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 19, Article #165. Retrieved September 14, 2009, from.
<<http://www.lrrd.org/lrrd19/11/jind19165.htm>>.

Jover, M. L., Zaragoza, L. P. y Fernández, J. 1993. Resultados preliminares de crecimiento de tilapias (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con piensos extrusionados de diferente contenido en proteína. *Actas IV Congreso Nacional Acuicultura*. pp. 155-160.

Kitaev, S .P. 2002. Relationships between atmospheric precipitation, evaporation, temperature, and production of aquatic ecosystems. *Water Resources*, 29(1). pp. 90-94.

Kubaryk, J. 1997. *Nutrición de Tilapia: Alternativa para alimentar camarones*. Universidad de Puerto Rico. pp. 225-244.

Landau, M. 1992. "Introduction to aquaculture", John Wiley y Sons, inc. pp.3, 20, 290, 305.

Lightfoot, C., M.A.P. Bimbao, J.P.T. Dalsgaard y R.S.V. Pullin. 1995. *Acuicultura y sustentabilidad a través del manejo de los recursos integrados*. *Aquaculture and Sustainability throught Integrated Resources Management*. *Outlook on Agricultural*. pp. 143-150.

Martínez, M. 2005. Disadvantaged groups and aquaculture. Issues Fact Sheets. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 27 May 2005. [Citada 15 September 2010]. <<http://www.fao.org/fishery/topic/12370/>>.

Mena, H. A., Samano, L. H. y Macias, Z. R. 2001. Efecto de la salinidad en el crecimiento de tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus), cultivadas bajo condiciones de laboratorio. Veterinaria mexicana.

Morales, A. 1974. Datos biológicos. El cultivo de la tilapia en México. Instituto Nacional de la Pesca. INP/si. pp. 24-25.

Morales, A. 1991. La tilapia en México, biología, cultivo y pesquerías. AGT Editor, S.A. México. pp. 3-16.

Moreno, A. M. J., Hernández, R. R. A., Tablante y Rangel, L. 2000. Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscaras de naranja. Ciencia y Tecnología de los Alimentos. 3. pp.29-33.

Nicovita y Alicorp. 2008. Manual de Crianza Tilapia, Alimentos Balanceados. Disponible en. [En línea]. <http://www.nicovita.com.pe/pdf/esp/manuales/man_tilapia_01.pdf> [Consulta: 8 de julio de 2010].

Pérez, A. y Castillo, J. D. 2008. Perfil metodológico para el cultivo de Tilapia en estanques de tierra y jaulas flotantes. PRADEPESCA. Unión Europea-OSPESCA.

Ponce, P. J. T., Romero, C.O., Castillo V. S., Arteaga, N, P., García, U. M., González, S. R., Febrero, T. I. y Esparza, L. H. 2006. El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET Vol. VII, nº 07, Julio/2006, Disponible en. [En línea]. < <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070706.html>> [Consulta: 8 de septiembre de 2010].

Ramírez, M. C., Sánchez, V. 1997. La acuacultura y el sector social. Subsecretaría de Pesca. Dirección General de Acuacultura. México.

Reta, M. J. 2000. Grupos de crecimientos productivo simultaneo, una alternativa organizacional párale desarrollo acuícola regional. Memorias del XI congreso latinoamericano de acuicultura. Villahermosa, Tabasco. 2004.

Reta, M. 2006. Curso de cultivo de peces en jaulas flotantes. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz. Acuicultura Rural integral.

Rivera, C. M., Gómez, V. J., Villareal, L. C., Valdez, M. S. y Cabrera R. P. 2006. Diagnóstico de las unidades femeniles de producción rural (UFPR) de Mojarra Tilapia (*Oreochromis spp*) en la Península de Atasta, Campeche (México). Comunicación Científica. [En línea]. < (<http://www.civa2006.org>)>. pp. 907-915.

Roberts, R. 1981. Patología de los Peces. Ediciones Mundi-Prensa. pp. 182.

SAGARPA. 2002. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Programa Nacional de Acuacultura 2001-2006. México.

SAGARPA. 2006. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Tilapia. Sagarpa, Bancomext y Secretaria de Economía. México D. F.

Saldarriaga, D. y Bernuy, A. 2004. Cultivo semi-intensivo de tilapia roja hibrida (*Oreochromis mossambicus* x *O. prolepis hornorum*) a diferentes densidades de siembra en estanques.

Springborn, R. R., Jensen, A. L., Chang, W. Y. B. y Engle, C. 1992. "Optimum harvest time in aquaculture: an application of economic principles to a Nile tilapia, *Oreochromis*

niloticus (L.), growth model”, Aquaculture and Fisheries and Management, Vol. 23. pp. 639-647.

Suresh, A. V. 2008. Últimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. Revista Aquatic.

Valdés, A. y Montemayor, J. 1994. Cultivo monosexual de *Sarotherodon mossambicus* mediante la utilización de MT. Rev Biotam 1994 [fecha de acceso: junio 2005] URL. [En línea]. < <http://ecologia.uat.mx/biotam/v6n3/art2.html> > [Consulta: 26 de septiembre de 2010].

Vargas, W. 2002. Cultivo de tilapia. Compiladores: Cruz-Suárez, L. E., Tapia-Salazar, M., Ricque-Marie, D., García-Flores, A., Peña-Ortega, L. O., Navarro-González, H. A., II Curso LANCE en Acuicultura, 13 al 17 de Mayo del 2002. Monterrey, Nuevo León, México. Revista, acuicultura. pp. 45-47.

Vargas, R. 2003. Composición del mercado nacional de alimentos balanceados para tilapia en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 14. pp. 89-95.

Vega, V. F., Ceballos, B. J., Magaña Cupul, A.L., Galindo, L. J. y Cupu- Magaña, F. G. 2009. Manual de acuicultura de tilapia a pequeña escala para autoconsumo de familiar rurales y periurbanas de la costa del Pacífico. Universidad de Guadalajara y Centro de Investigaciones Pesqueras de Cuba (Editores). Guadalajara, Jalisco. pp. 87.

Velasco, M., Addison, L. L., y W. H. Neill. 1996. Efectos de la proteína y el fósforo dietario en la calidad de agua de acuicultura. Avances en Nutrición Acuícola III. Memorias del Tercer Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. pp. 1-79.

Villegas, C. T. 1990. Growth and survival of *Oreochromis niloticus*, *O. mossambicus*, and their F1 hybrids at various salinities. Pages 507-510 in Proceedings of the Second Asian Fisheries Society. Manila, Philippines.

Wandel, R. 1996. Avances en la acuacultura de las tilapias en aguas salobres. "Primer curso internacional de producción de Tilapia". UNAM. México, D. F. pp.20-22:239.

Wicki, G. A. 1998. Estudio de desarrollo y producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*)
Revista AquaTIC, 2, ISSN 1578-4541. [En línea].

<<http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=h&c=26>> [Consulta: 30 de agosto de 2010].