

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIA NARRO”**



DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

Cría y manejo de la mojarra “Tilapia” (*Oreochromis spp*)

Por:

ISABEL MICHACA HERRERA

MONOGRAFÍA

Presenta como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2010

18494

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIA NARRO”

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL

Cría y manejo de la mojarra “Tilapia” (*Oreochromis spp*)

POR:

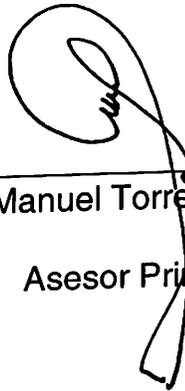
ISABEL MICHACA HERRERA

MONOGRAFÍA

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador, como Requisito Parcial
para Obtener el Titulo de:

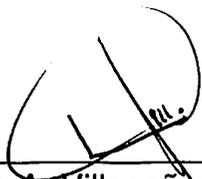
INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

Aprobado por el Comité Tesis



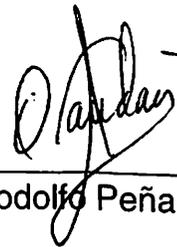
M.C. Manuel Torres Hernández

Asesor Principal



M.C. Roberto A. Villaseñor Ramos

Asesor



M.C. José Rodolfo Peña Oranday

Asesor



M.C. Lorenzo Suarez García

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre del 2010.

Universidad Autónoma Agraria
“ANTONIA NARRO”



COORDINACION DE
CIENCIA ANIMAL

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
OBJETIVOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	4
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Clasificación taxonómica.....	5
Descripción de la tilapia.....	6
Características generales.....	6
Especies de tilapias.....	7
Clasificación de las tilapias.....	8
Generalidades de la mojarra tilapia.....	10
Diferenciación de sexos.....	12
Comportamiento animal.....	13
Ciclo de vida y reproducción.....	14
Desarrollo embrionario.....	14
Alevín.....	15
Cría.....	15
Adulto.....	16
Reproducción.....	17
Madurez sexual.....	17
Anatomía y fisiología de la mojarra tilapia.....	19
Generalidades.....	19
Sistema esquelético o locomotor.....	20
Sistema respiratorio.....	22
Sistema digestivo.....	23
Sistema circulatorio.....	25
Sistema urinario.....	26
Sistema nervioso central.....	27
Sistema reproductor.....	27
Sistemas de producción.....	29
Sistema extensivo.....	29
Sistema semi-intensivo.....	30

Intensivo.....	31
Producción en estanques.....	32
Producción en jaulas.....	32
Superintensivo.....	33
Instalaciones.....	34
Selección del Sitio.....	34
Sector de reproducción.....	36
Selección de los Reproductores.....	36
Estanques de Reproducción.....	38
Siembra de Reproductores.....	39
Sector de alevinaje y crías.....	39
Recolección de las crías.....	39
Recolección de alevines de criaderos establecidos.....	41
Sector de engorde o engorda.....	43
Etapas de Desarrollo de la Tilapia.....	43
Siembra.....	43
Recolección de semilla.....	44
Proceso de reversión sexual.....	45
Manipulación.....	47
Diseño y manejo.....	47
Preparación del alimento de reversión.....	48
Siembra.....	48
Crianza.....	49
Pre-engorda.....	49
Engorda.....	50
Estrategias de la Piscicultura que previenen	51
la sobrepoblación e impedimentos del crecimiento	
Métodos usados en la obtención de machos.....	52
Requerimientos físico- químico y ambientales.....	55
Oxígeno.....	55
Tipos de aireación.....	57
Temperatura.....	57
Dureza.....	58

P H.....	59
Amonio.....	60
Nitritos.....	62
Alcalinidad.....	63
Dióxido de carbono.....	63
Gases tóxicos.....	63
Sólidos en suspensión.....	64
Fosfatos.....	64
Cloruros y sulfatos.....	65
Calidad del suelo.....	65
Turbidez.....	66
Luz o Luminosidad.....	67
Nutrición y alimentación.....	67
Nutrición.....	67
Requerimientos nutricionales.....	70
Método de Alimentación.....	72
Horario de Alimentación.....	73
Aspectos Nutricionales del Alimento.....	74
Proteínas.....	74
Aminoácidos.....	76
Lípidos.....	76
Carbohidratos.....	77
Vitaminas y Minerales.....	78
Selección del Alimento.....	80
Manejo del Alimento.....	80
Niveles de alimentación.....	84
Cosecha.....	87
Cosecha de Producto Vivo.....	87
Cosecha de Producto Fresco.....	88
Control de Plagas.....	89
Sanidad.....	90
Factores que afectan a los peces en el cultivo.....	93
Factores físicos.....	93

Factores Químicos.....	94
Factores Biológicos.....	94
Manejo.....	95
Consideraciones previas a un tratamiento.....	95
Organismos patógenos más comunes.....	96
Bacterias.....	97
Hongos.....	97
Ectoparásitos.....	98
Los copépodos.....	98
Métodos de tratamientos.....	98
Comercialización.....	100
Situación económica en México.....	103
Situación económica internacional.....	103
Tendencias futuras en América.....	104
CONCLUSIONES.....	105
LITERATURA CITADA.....	106

INDICE DE CUADROS

No. De cuadro	Página
Cuadro 1. Taxonomía de la tilapia.....	5
Cuadro 2. Híbridos más comunes de tilapia.....	10
Cuadro 3. Líneas más comunes de híbridos.....	10
Cuadro 4. Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de la tilapia	16
Cuadro 5. Comparativa de los patrones de coloración..... en especies Introducidas en México	20
Cuadro 6. Efecto del oxígeno en las tilapias.....	57
Cuadro 7. Alimentación de la Tilapia con base a su..... Etapa de Desarrollo	75
Cuadro 8. Requerimiento Proteico de la tilapia según su peso.....	76
Cuadro 9. Aminoácidos esenciales en dietas experimentales para tilapia en la universidad de Arizona	77
Cuadro 10. Mezcla de vitaminas y minerales usadas en dietas..... de tilapias en la Universidad de Arizona	79
Cuadro 11. Niveles de alimentación recomendados diariamente,..... expresados como porcentaje de peso corporal, para tilapia de diferentes tamaños	85
Cuadro 12. Tabla referencial de alimentación.....	86

ÍNDICE DE DE FIGURAS

No. De Figura	Página
Figura 1. Diferenciación de sexos.....	13
Figura 2. Proceso del desarrollo embrionario de la tilapia.....	14
Figura 3. Alevines recién eclosionados se observa saco vitelino.....	15
Figura 4. Cría de tilapia de 45 días de nacida.....	15
Figura 5. Cría de tilapia de 45 días de nacida.....	16
Figura 6. Sistema locomotor.....	21
Figura 7. Morfología interna.....	25
Figura 8. Estanque de explotación extensiva.....	30
Figura 9. Estanque de explotación Semi-intensivo.....	31
Figura 10. Estanque de explotación Intensivo.....	33
Figura 11. Estanque de explotación Superintensivo.....	34
Figura 12. Estanques de reproducción.....	38
Figura 13. Alevines.....	40

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y su entorno:

Por acogerme y darme la oportunidad de de ser educado en seno.

Al MC. Manuel Torres Hernández:

Por su gran apoyo e interés ya que sus sugerencias fueron pilares en la preparación, realización y culminación de este trabajo.

Al MC. José Rodolfo Peña Oranday:

Por haberme brindado su apoyo incondicional, infinitamente agradecido por su tiempo y sus consejos.

Al MC. Roberto A. Villaseñor Ramos:

Por su apoyo brindado en la revisión de este trabajo además de sus valiosos consejos al transcurso de la carrera.

A la Biol. Silvia Pérez Cuellar:

Por sus sabios consejos y orientación al inicio de la carrera que sirvieron para culminar la carrera

DEDICATORIA

A mis padres: Federico Michaca Silva y Adelina Herrera Cariño:

Que sin el apoyo, educación, consejos, y ganas de vivir, no hubiera realizado con éxito la carrera infinitamente estaré agradecido de todo lo que me han dado, este triunfo es de ustedes también, los amo.

A mis hermanos: Mariano, Leonel, Anita, Manuel, Carlos, por los mementos que hemos compartido juntos, su apoyo, consejos y su gran cariño, los amo.

A mi abuela: Carmen Silva, por su cuidado y consejos que me han brindado

A mi novia: Karla Serrano Almodovar, que con su comprensión, dedicación y apoyo me han motivado y ayudado a concluir mi carrera. Te amo.

A mis amigos: (no tomen en cuenta el orden) que me han demostrado una amistad y apoyo incondicional.

Gabino (Ochentas), Juan Manuel (Charrito), Eleael Tablas, Vladimir, Edgar (Machin), Pancho, Luis, Raul, Luis Antonio, German, Molina, Ruben, Nahun, Beto, Rosalino, Ariday, Dalia, Karmelita, Karina.

Por haberme enseñado que nunca debo dejarme caer y por compartir grandes momentos.

A mi país.... Mexico: por ser el suelo que me vio nacer y crecer por ser mi tierra y mi gente por los desafíos y suelos que encierran su sol, en sus mares en sus pequeños pueblos y en sus grandes ciudades.

RESUMEN

La acuicultura se presenta como una nueva alternativa de producción en el sector agropecuario, con excelentes perspectivas, sin embargo, es necesario desarrollar tecnología en este campo que optimicen los sistemas de producción y transformación de las especies acuícolas. Para ello, es de suma importancia considerar los aspectos fundamentales de la explotación racional de las especies acuícolas, en este caso de la mojarra denominada tilapia, como son la alimentación, procurando depender esencialmente, de alimentos de la región o bien, utilizar alimentos balanceados nutricionalmente completos para este pez en sus diferentes fases de crecimiento, además de un buen manejo, estricta sanidad, animales de alta calidad genética y un canal adecuado de comercialización. Estos son los pilares sobre los cuales descansa el éxito de la actividad piscícola. La tilapia es un pez de excelente sabor y es, además, de rápido crecimiento. Esta especie se puede cultivar en varios sistemas de explotaciones, desde los más rústicos hasta los más tecnificados. Es una especie acuícola que soporta altas densidades en los estanques, situación que le permite que soporte bajas concentraciones de oxígeno, es resistente a condiciones ambientales adversas y algo muy importante es que puede ser manipulado genéticamente para mejorar su productividad y producción.

Palabras clave: mojarra tilapia, piscicultura, alimento hormonado, estanques, jaulas, manejo.

INTRODUCCIÓN

El incremento constante y acelerado de la población, ha generado la necesidad de encontrar alternativas de alimentación y empleos que permitan al hombre el logro de satisfactores apropiados en un mundo globalizado y cambiante.

La acuicultura es una de las mejores ocupaciones ideadas por el hombre para incrementar la posibilidad de alimento, además de buscar nuevas fuentes de proteína de origen animal y, así mismo, se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos (Gonzales, 2002).

La producción mundial de pescado creció sustancialmente a un promedio de 12% al año en el periodo 1989 – 2001 contribuyendo enormemente a la seguridad alimentaria mundial, y de la cual la tilapia es el segundo grupo de peces más importantes en el ámbito mundial después de las carpas chinas, con una contribución a la producción de aproximadamente el 20% del volumen total de peces (CEA, 2001; Castillo, 2003).

En México, el cultivo de peces, en particular el de la tilapia, ha cobrado interés durante los últimos años, de tal manera que actualmente ocupa el primer lugar en producción a nivel nacional y a nivel Latinoamérica, por lo cual se ubica a México

como el país con mayor potencial de crecimiento, beneficiado por sus condiciones y preferencias económicas (Castillo, 2003).

Masser (1997) menciona que la tilapia ha sido cultivada por todas las partes del mundo tropical y probablemente se posicione como el pez de agua dulce más extensamente cultivado.

La tilapia representa una alternativa para provechar el recurso acuático produciendo carne de calidad y de atractivo valor comercial, tanto a nivel interno como externo, ya que se adapta a diversas condiciones o sistemas de cultivo sea en estanques, jaulas flotantes, cuerpos de aguas naturales, en los que la aplicación de una mejor tecnología continuará siendo clave para el éxito económico (CENDEPESCA, 2001).

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* (Nicovita, 2010).

Objetivos

Integrar la información actualizada de una forma relacionada con la cría y manejo de la mojarra tilapia y de esta manera, fomentar un mayor conocimiento y promover un desarrollo planificado de todas las actividades de la acuacultura en el país, con especies reconocidas en el mercado internacional.

Justificación

Los campesinos y agricultores pequeños, de recursos limitados, están viendo por otras alternativas a seguir con los mismos cultivos tradicionales de la agricultura; en este sentido la acuacultura, parece ser una industria que se expande cada vez más rápido y que incluso puede ofrecer oportunidades a pequeña escala, así, la demanda de peces de agua dulce en el mercado y la oportunidad de utilizar los recursos existentes, justifica el desarrollo de este sistema de cultivo contribuyendo a la seguridad alimentaria del país y por supuesto a mejorar la economía de los productores y, consecuentemente, su calidad de vida.

REVISIÓN DE LITERATURA

Clasificación taxonómica

El nombre de tilapia fue empleado por primera vez por Smith en 1940, es un vocablo africano que significa “pez” y se pronuncia (tula peu), derivado de la palabra “Thlapi” o “Ngege” en el idioma “Swahili” población indígena que habita en la Costa del Lago Ngami en Africa (Castillo, 2003). En el cuadro 1 se señala la clasificación taxonómica de la mojarra tilapia

Cuadro 1. Taxonomía de la tilapia

Phylum:	Vertebrata.	Subphylum:	Craneata.
Superclase:	Gnathostomata.	Seria:	Pisces.
Clase:	Aetinopterygii.	Orden:	Perciformes.
Suborden:	Percoidei.	Familia:	Cichlidae.
Género:	<i>Tilapia.</i>	Especie:	<i>rendalli (melanopleura)</i>
Género:	Oreochromis.	Especie:	<i>niloticus.</i>
			<i>aureus.</i>
			<i>mossambicus.</i>
			1984 <i>urolepis hornorum.</i>
			<i>mossambicus, variedad roja.</i>
			1987 <i>niloticus, variedad roja.</i>
			1992 Rocky mountain white.

(Fuente: Berg, modificado por Trewavas, 1983)

Descripción de la tilapia

Los peces que comúnmente se conocen como Tilapias pertenecen a la familia Cichlidae, las tilapias han sido agrupadas en cuatro géneros de la Tribu Tilapiini, cuenta con alrededor de cien especies, algunas de las cuales han sido recientemente descubiertas. Esta situación, aunada a la diferencia de criterios en cuanto a su posición taxonómica, han dificultado la determinación de las especies, lo que ha ocasionado confusiones en cuanto a su identidad, así como el manejo de las diferentes cruzas que se han realizado con propósitos comerciales (Trewavas, 1973).

Características generales

La tilapia tiene un cuerpo comprimido; la profundidad del pedúnculo caudal es igual a su longitud. Escamas cicloideas. Protuberancia ausente en la superficie dorsal del hocico. El primer arco branquial tiene entre 27 y 33 filamentos branquiales. La línea lateral se interrumpe. Espinas rígidas y blandas continuas en aleta dorsal. Aleta dorsal con 16 ó 17 espinas y entre 11 y 15 rayos. La aleta anal tiene 3 espinas y 10 u 11 rayos. Aleta caudal trunca. Las aletas pectorales, dorsal y caudal, adquieren una coloración rojiza en temporada de desove; aleta dorsal con numerosas líneas negras (Popma y masser, 1999).

La tilapia *niloticus* es una especie tropical que prefiere vivir en aguas someras, con temperaturas ideales que varían de entre 31 y 36 °C y no resisten temperaturas de 10 a 11 °C. Es un alimentador omnívoro que se alimenta de fitoplancton, perifiton,

plantas acuáticas, pequeños invertebrados, fauna béntica, desechos y capas bacterianas asociadas a los detritus. La tilapia del Nilo puede filtrar alimentos tales como partículas suspendidas, incluyendo el fitoplankton y bacterias que atrapa en las mucosas de la cavidad bucal, La mayor fuente de nutrición la obtiene pastando en la superficie de las capas de perifiton (Saavedra, 2006)

Especies de tilapias

Basándose en los hábitos reproductivos y alimenticios, se establecen dos géneros distintos que son *Tilapia* y *Sarotherodon*. En 1982, se separa a la tribu Tilapiini en cuatro géneros: *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y *Danakilia*; En 1983 se dividió a esta misma tribu en seis géneros distintos: *Tilapia*, *Tristamella*, *Danakilia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* y otro género menos especializado que es *Pelmatochromis*, dicha especie retiene ciertas características que son primitivas en cíclicos (Salazar 1995.)

El género *Oreochromis* que está presente en México, ha tenido una excelente adaptación a las aguas intercontinentales, específicamente en las presas de reciente construcción. Es por eso que han sido distribuidas ampliamente en todo el territorio nacional (Nicovita, 2010).

Clasificación de las tilapias

Tilapia azul (*Oreochromis aureus*)

Cuerpo alto y comprimido lateralmente. Boca protráctil, por lo general ancha a menudo bordeada por labios hinchados. Las mandíbulas presentan dientes cónicos. Como característica típica a nivel familia tiene la línea lateral interrumpida, la parte anterior termina por lo regular como al final de la dorsal y se inicia de nuevo dos o tres filas de escamas más abajo, con aletas dorsales largas. Presentan en todo el cuerpo un color azul verde metálico, en particular en la cabeza. El vientre es claro. Aleta dorsal y parte terminal de la aleta caudal de color roja. Longitud patrón máxima observada de 35 cm (Alamilla, 2009).

Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Conocida como tilapia plateada, este pez puede medir hasta 60 cm y pesar hasta 4 kg. Es fácilmente reconocible debido a su cuerpo comprimido, a las líneas verticales separadas de color oscuro y a la barra en la aleta caudal. En época reproductiva el color de las aletas se vuelve rojizo. En cuanto a su hábitat, tiene una gran

adaptabilidad, se encuentra en variedad de hábitat dulceacuícolas como ríos, lagos y canales. Entre otras tilapias esta especie es la menos tolerante al frío por lo que prefiere climas subtropicales y tropicales, aunque tolera variaciones en la temperatura y oxígeno. Su dieta es amplia, se alimenta de algas bentónicas, fitoplancton, huevos de otras especies de peces y larvas. (Alamilla, 2009).

Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* X spp.)

La Tilapia roja, también conocida como mojarra roja, es un pez que taxonómicamente no responde a un solo nombre científico. Es un híbrido producto del cruce de cuatro especies de tilapia (Cuadro, 2 y 3), tres de ellas de origen africano y una cuarta israelí. Son peces con hábitos territoriales, agresivos en su territorio el cual defiende frente a cualquier otro pez, aunque en cuerpos de aguas grandes, típicos de cultivos comerciales, esa agresividad disminuye y se limita al entorno de su territorio. Esta tilapia come todo tipo de alimentos vivos, frescos y congelados. Asimismo aceptan alimentos secos para peces, en particular pellets humectados previamente. Los machos de la tilapia crecen más rápidamente y alcanzan un tamaño mayor que la hembra. En cultivo comercial alcanzan dimensiones de hasta 39 cm (Alamilla, 2009).

Cuadro, 2. Híbridos más comunes de tilapia

O. niloticus X O. aureus = Rocky mountain	O. mossambicus X O. uroleptis hornorum = Híbrido rojo	O. niloticus (roja) X O. niloticus stirling = chocolata
--	--	--

(Fuente: Gómez, 200)

Cuadro, 3. Líneas más comunes de híbridos

Nilótica stirling	Nilótica roja	Nilótica egipcia
Mossambica roja	Áurea blanca	Áurea azul

(Fuente: Gómez, 2000)

Generalidades de la mojarra tilapia

Características distintivas de la Mojarra Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

La tilapia es de forma muy similar al pez luna o crappie pero puede ser identificado fácilmente por una interrupción de la línea lateral característica de los peces de la familia *Ciclidae*. Son de cuerpo comprimido lateralmente y profundo con aletas dorsales largas. La porción delantera de la aleta dorsal es fuertemente espinosa. Las espinas también se encuentran en las aletas de las pelvis y las anales. Tienen generalmente barras verticales anchas hacia abajo de los costados de los alevines, pececillos, y algunas veces en los adultos (Popma y Masser, 1999).

Las tilapias, pertenecen a una gran familia de peces conocida como cichlidae de origen africano, habitan principalmente en regiones tropicales del mundo, donde existen las condiciones necesarias para su reproducción y crecimiento.

Es un pez de buen sabor y rápido crecimiento, se puede cultivar en estanques y en jaulas, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de oxígeno, es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques, y puede ser manipulado genéticamente. El óptimo rango de temperatura para obtener un mayor rendimiento en términos de crecimiento es de 25 a 39 °C, su crecimiento se ve afectado cuando esa temperatura desciende por debajo de los 15°C, si la temperatura se acerca a los 9 °C, su muerte es inminente (Popma y Masser, 1999).

- Rango de pesos adultos: 1.000 a 3.000 gramos.
- Edad de madurez sexual: machos (4 a 6 meses), hembras (3 a 5 meses)
- Número de huevos/hembra/: en buenas condiciones mayor de 100.
- Vida útil de los reproductores: 2 a 3 años.
- Tiempo de incubación: 3 a 6 días.

- Tipo de incubación: Bucal.
- Proporción de siembra de reproductores: 1.5 a 2 machos por cada 3 hembras (Popma y Masser, 1999).

La tilapia silvestre es de color oscuro, desde la más pálida variedad tienden a ser más altamente apreciado entre los consumidores. El cuerpo de estas tilapias, está adornado con rayas verticales regulares en toda la profundidad de la aleta caudal, la aleta caudal con barras verticales, el margen de la aleta dorsal es de color negro o gris (Hepher, 1988).

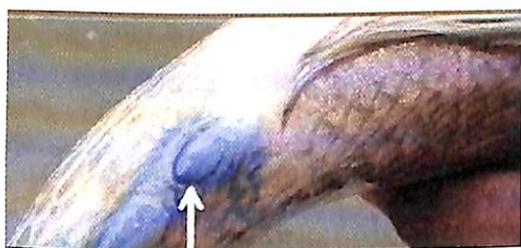
Diferenciación de sexos

Los machos reproductores presentan una coloración azul brillante en la cabeza, extendiéndose al cuerpo en un azul gris pálido metálico. Como característica distintiva, en las aletas presentan una coloración rojiza muy tenue y al igual que en la aleta dorsal y caudal respectivamente, con peso máximo hasta 700 gr de 7 meses de edad.

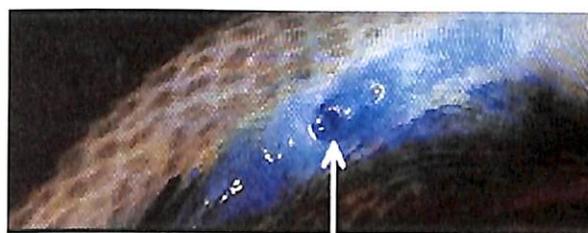
Las hembras tienen una similitud en la coloración con los machos excepto el tamaño a los 7 meses que pueden pesar 450 gr, todo a va depender de la alimentación, en el caso de las hembras dirigen el gasto de energía a la producción de huevos y no a engordar.

La diferenciación externa de los sexos (figura 1) se basa en que el macho presenta dos orificios bajo el vientre: el ano y el orificio urogenital, mientras que la hembra posee tres, el ano, el poro genital y el orificio urinario. El ano está siempre bien visible; es un agujero redondo. El orificio urogenital del macho es un pequeño punto.

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 (Saavedra, 2006).



Macho



Hembra

Figura 1. Diferenciación de sexos

(Fuente: Saavedra, 2006).

Comportamiento animal

Todas las tilapias cuidan a sus crías, algunas construyen nidos en los que depositan los huevos y los cuidan con celo, ahuyentando a los intrusos. Otras reúnen a las crías en su boca, donde las protegen cuando están amenazadas. La mayoría de las especies son muy territoriales y los machos manifiestan mucha agresividad contra otros de su propia u otra especie (Saavedra, 2006).

Ciclo de vida y reproducción

El ciclo de vida de la tilapia comprende solo 4 etapas básicas:

Desarrollo embrionario

Cuando se lleva a cabo la fecundación (figura 2), a medida que avanza la división celular las células comienzan a envolver el vítelo hasta rodearlo completamente, dejando en el extremo una abertura que más tarde se cierra. Posteriormente, una vez formada la mayor parte del organismo, el embrión comienza a girar dentro del espacio peri-vitelino, ese movimiento giratorio y los demás movimientos se hacen más enérgicos antes de la eclosión. Los metabolitos del embrión contienen algunas enzimas que actúan sobre la membrana del huevo y la disuelven desde adentro, permitiendo al embrión romperla y salir fácilmente (Abdel-fattah, 2006).

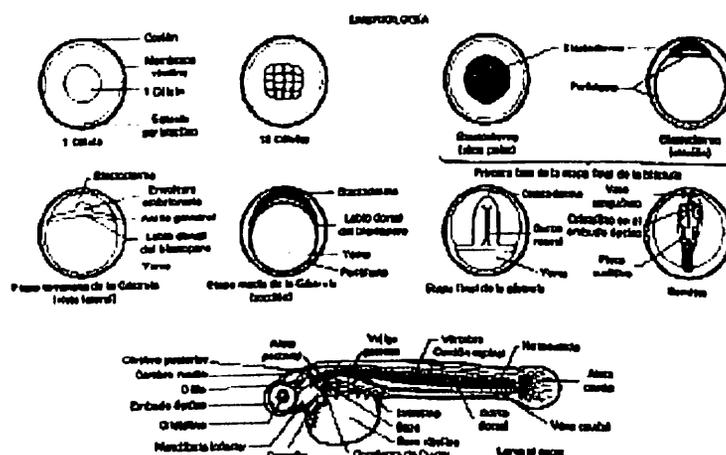


Figura 2. Proceso del desarrollo embrionario de la tilapia

(Fuente: (Abdel-fattah, 2006))

Alevín

Es la etapa del desarrollo subsecuente al embrión y a la eclosión (figura 3), dura alrededor de 3 a 5 días; en esta fase, el alevín, se caracteriza porque presenta un tamaño de 0.5 a 1 cm y posee un saco vitelino en el vientre que es de donde se alimenta los primeros días de nacido. (Abdel-fattah, 2006)

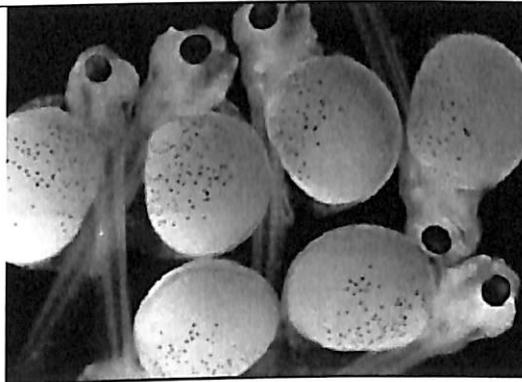


Figura 3. Alevines recién eclosionados se observa saco vitelino

(Fuente: (Abdel-fattah, 2006)

Cría

Se les llama cría (figura 4) cuando los peces han absorbido el saco vitelino y comienzan a aceptar alimento balanceado, y han alcanzado una talla de 1 a 5 cm, de longitud. (Abdel-fattah, 2006)

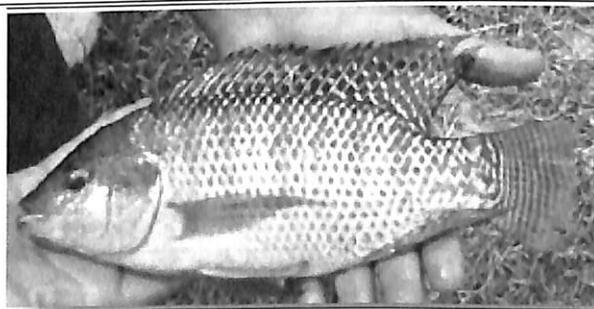


Figura 4. Cría de tilapia de 45 días de nacida.

(Fuente: (Abdel-fattah, 2006)

Adulto

Es la última etapa del desarrollo (figura 5), los individuos presentan tallas entre 10 y 18 cm y pesos de 70 a 100 gr, características que obtienen alrededor de los 3.5 meses de edad.

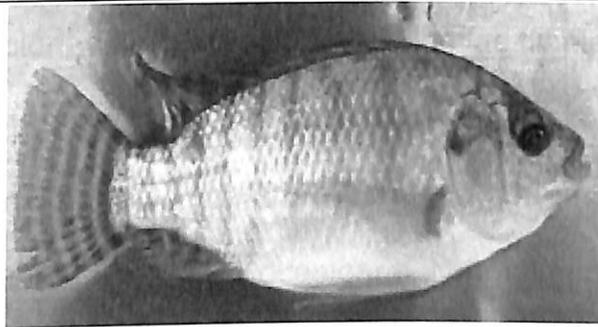


Figura 5. Cría de tilapia de 45 días de nacida.

(Fuente: Abdel-fattah, 2006).

El cuadro 4 ilustra las tallas y pesos estimados para cada etapa de la vida de la tilapia

Cuadro 4. Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de la tilapia.

Estadio	Talla (cm)	Peso (gr)	Tiempo (días)
Huevo	0.2-0.3	0.01	3-8
Alevín	0.7-1.0	0.10-0.12	10-15
Cría	1-5	0.5-4.7	15-30
Juvenile	5-10	10-50	45-60
Adulto	10-18	70-100	70-90

(Abdel-fattah, 2006)

Reproducción

Madurez sexual

Todas las especies de tilapia son conocidas por su madurez temprana. Las especies de tilapia más comunes, *O niloticus*, alcanzan su madurez sexual entre los 30 – 40 g, sin embargo, en condiciones ambientales favorables las tilapias pueden crecer 30-40 g en un intervalo de 2-4 meses. Una vez que ha madurado, la tilapia puede realizar la puesta todo el año mientras la temperatura del agua sea superior a los 24°C. Las tilapias hembras desovan en múltiples ocasiones. Normalmente, una hembra realiza 8-12 puestas en un año en condiciones favorables de temperatura. Cada puesta puede contener entre 200 y 2000 huevos (Trewavas, 1983; Suresh, 2000).

EL CENDEPESCA (2001) cita que la tilapia generalmente alcanza la madurez e inicia la reproducción a un tamaño de 10 – 12 cm (32 g), aunque en altas poblaciones se han observado hembras de 9 cm incubando huevos. Con el incremento de peso también se incrementa el número de huevos producidos.

Popma y Masser (1999) mencionan que la madurez sexual en la tilapia está en función de la edad, el tamaño y las condiciones ambientales. La tilapia Mozambique alcanza su madurez sexual a un tamaño más pequeño y a una edad más joven que las tilapias del Nilo y azul. Las poblaciones de tilapias en lagos grandes maduran a una edad más tarde y a un tamaño más grande que la misma especie criada en pequeños estanques. Por ejemplo, la tilapia del Nilo madura alrededor de 10 a 12 meses y de 350 a 500 g en varios lagos del este de África. Bajo buenas condiciones

de crecimiento esta misma especie llega a alcanzar la madurez sexual en estanques a una edad de 5 a 6 meses y de 150 a 200 g, cuando el crecimiento es lento, la madurez sexual en la tilapia del Nilo se retrasa uno o dos meses pero de menos de 20 g bajo buenas condiciones de crecimiento en estanques, la tilapia Mozambique puede alcanzar la madurez sexual siendo tan pequeña como a los 3 meses de edad, cuando rara vez pesan más de 60 o 600g. En estanques de fertilización pobre, la madurez sexual de la tilapia Mozambique puede presentarse desde los 15 g.

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. Los hábitos reproductivos y la organización social de las tilapias tienen grandes implicaciones en su cultivo, pues estos factores guardan estrecha relación con su madurez sexual.

El tipo de reproducción es dioica y el sistema endócrino juega un papel importante en la regulación de la reproducción. La diferenciación de las gónadas ocurre en etapas tempranas, entre los 16 y 20 días de edad (tomando como referencia el primer día que deja de ser alevín).

Posteriormente, las gónadas empiezan a definirse como masculinas o femeninas, éstas últimas se desarrollan entre 7 a 10 días antes que las masculinas. Tiene 7 etapas de desarrollo embrionario, después del desove completa 4 etapas. El tamaño del huevo indica cuál será el tamaño a elegir para obtener el mejor tamaño de alevín (Poot-Delgado, 2009).

Anatomía y fisiología de la mojarra tilapia

Generalidades

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. La boca es protráctil, generalmente ancha, a menudo bordeada por labios gruesos; las mandíbulas presentan dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. 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. 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 (Saavedra, 2006).

La coloración de estas especies (Cuadro, 5) cambia de acuerdo con el tipo de alimentación en donde se encuentren. El género *Oreochromis* presenta a lo largo de su vida, hasta 10 coloraciones diferentes (Fryer e lles, 1972).

Cuadro, 5. Comparativa de los patrones de coloración en especies Introducidas en México.

Área de pigmentación	<i>O. niloticus</i>	<i>O. aureus</i>	<i>O. mossambicu</i>	<i>O. urolepis hornorum</i>
Cuerpo	Verde metálico macho: ligeramente gris.	Gris azulado	Negro acentuado en el macho.	Gris oscuro
Cabeza	Verde metálico	Gris oscuro	Gris	Gris oscuro
Color de ojos	Cafés	Cafés	Negros	Negros
Región ventral	Gris plateado	Gris claro algunas veces manchas difusas rojizas.	Gris	Gris claro
Papila genital	Blanca	Blanca a brillante claro	Rosada	Blanca
Borde de la aleta dorsal	Negra a oscura	Fuertemente roja o rojiza	Roja	Ligeramente roja
Porción terminal de la aleta dorsal	Roja, bandas negras bien definidas y uniformes en forma circular	Roja, bandas difusas y punteadas	Roja	Ligeramente roja
Perfil dorsal	Convexo	Convexo	Convexo	Convexo
labios	Negras	Labio inferior blanco gruesos.		

(Fuente: Rothbard, 1979).

Sistema esquelético o locomotor

Con el fin de desplazarse de la mejor manera en el medio acuático (figura 6), los peces han desarrollado una serie de aletas, con diferentes funciones, algunas de ellas son:

- **Aletas dorsales:** Ubicadas en la zona dorsal, su función principal es entregar estabilidad y maniobrabilidad.

- **Aleta caudal:** Ubicada en la cola, su función es impulsar el nado.
- **Aletas anales:** Ubicadas ventrales al ano, su función es estabilizadora.
- **Aletas pectorales:** Ubicadas detrás de las branquias, su función principal es estabilizadora, aun cuando existen interesantes modificaciones de estas aletas.
- **Aletas pélvicas o ventrales:** Ventrales a las aletas pectorales. (Rothbard, 1979)

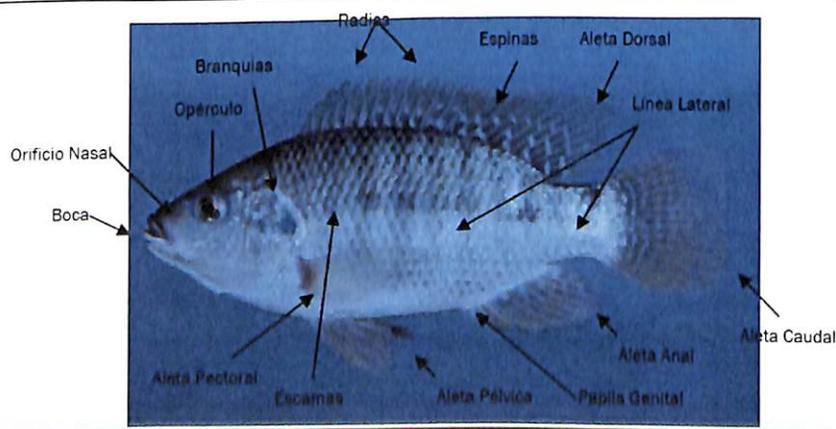


Figura 6. Sistema locomotor

(Fuente: Rothbard, 1979).

Sistema respiratorio

Las tilapias realizan la mayor parte del intercambio gaseoso mediante el uso de las branquias, que se encuentran a ambos lados de la faringe. Las branquias están constituidas por estructuras filiformes denominadas filamentos branquiales. Cada uno de estos filamentos contiene capilares, que permiten una gran superficie para el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono. Este intercambio se produce cuando el pez aspira agua, que pasa a través de las branquias. Las tilapias poseen branquias protegidas por una cubierta llamado opérculo (Anonimo, 2010)

Ser capaz de respirar directamente aire es resultado de la adaptación para tilapias que habitan aguas poco profundas, donde sus niveles varían o donde la concentración de oxígeno en el agua puede disminuir en ciertas épocas del año. Los mecanismos para ello son variados. intercambio eficaz de gases dante, lo mismo por otra parte que en los pulmones, de forma que incluso en animales tegumentos reforzados, como la piel escamosa de los peces, las branquias están siempre al menos cubiertas de tejidos blandos y frágiles, las branquias se presentan en dos formas. La más común es la de apéndices ramificados de gran superficie relativa. En éstos las branquias son estructuras especializadas organizadas entre las hendiduras faríngeas, o hendiduras branquiales, orificios que comunican lateralmente el tubo digestivo con el exterior. El agua que entra por la boca sale por las hendiduras, oxigenando la sangre que circula por vasos que recorren los tabiques situados entre

ellas, que son las branquias. En las dos modalidades anatómicas las branquias pueden quedar más o menos protegidas dentro de una cavidad abierta por la que se hace circular el agua. (Anónimo, 2010).

Sistema digestivo

La Tilapia posee una gran habilidad para colonizar lagos y otros cuerpos de agua, aún en presencia de depredadores y de una fuerte competencia. Esta adaptación evolutiva puede ser atribuida a una característica morfológica de máxima versatilidad, el complejo mandibular-faríngeo.

Esta especialización altamente integrada es inherente a los Cíclidos y no solo sirve para la deglución y preparación del alimento, sino, que además, se han involucrado numerosas especializaciones hacia la colecta de diferentes tipos de alimentos. Esto ha dado una ventaja evolutiva sobre otras familias de especies.

El sistema digestivo de la tilapia se inicia en la boca, que presenta en su interior dientes mandibulares que pueden ser unicúspides, bicúspides y tricúspides según las diferentes especies, continúa el esófago distinguiéndose dos tipos de esófagos: esófago corto y esófago largo.

El esófago corto es un simple pasaje muscular entre la boca y el estomago, no encontrándose actividad enzimática, el esófago largo actúa en la regulación osmótica siendo en algunas especies impermeables a ciertos iones como sodio y magnesio, siguiendo a continuación con el estómago.

El intestino es en forma de tubo hueco que se adelgaza después del píloro diferenciándose en dos partes; una anterior corta que corresponde al duodeno y una posterior más larga, pero de menor diámetro.

El intestino es siete veces más largo que la longitud del cuerpo, característica que predomina en las especies herbívoras. Presenta dos glándulas muy importantes asociadas con el tracto digestivo, siendo una de ellas el hígado, que es el órgano grande de forma alargada (Anónimo, 2010).

En la parte superior se presenta la vesícula biliar, la cual se comunica con el intestino por un pequeño tubo, la cual recibe el nombre de conducto biliar, por el que se vierte la bilis, que facilita el desdoblamiento de los alimentos. Otra glándula digestiva importante es el del páncreas, representando por pequeños fragmentos redondos, de difícil observación a simple vista por estar incluido en la grasa que rodea los ciegos pilóricos. Posee una vejiga que se encuentra pegada por debajo de la columna

vertebral, presentándose en forma de bolsa alargada y es un órgano hidrostático que le sirve para flotar a diferentes profundidades (Figura 7).

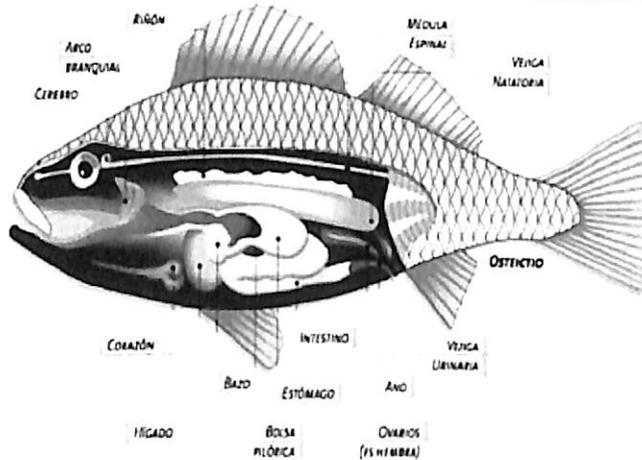


Figura 7. Morfología interna

(Fuente: Anónimo, 2010, www.wikipedia.org. com)

Sistema circulatorio

El sistema circulatorio está constituido por el corazón, es un órgano de forma redonda, generalmente bilobular, compuesto por tejido muscular y localizado casi en la base de la garganta.

Tienen un sistema circulatorio cerrado con un corazón que bombea la sangre a través de un circuito único por todo el cuerpo. La sangre va del corazón a las branquias, de éstas al resto del cuerpo, y finalmente regresa al corazón. El corazón consta de cuatro partes: el seno venoso, el atrio, el ventrículo y el bulbo arterioso,

además consta de dos cavidades situadas en serie, una aurícula y un ventrículo. El seno venoso es una cámara de paredes delgadas que recibe la sangre de las venas del pez antes de permitirle fluir al atrio, una cámara muscular grande y que sirve como un compartimento de dirección única que dirige la sangre hacia el ventrículo. El ventrículo es una bolsa muscular de paredes gruesas encargada del bombeo hacia el corazón. El ventrículo se contrae y empuja la sangre a un tubo amplio llamado bulbo arterioso. Al final de la parte opuesta, el bulbo arterioso se une con un gran vaso sanguíneo llamado aorta, por la cual la sangre fluye hacia las branquias del pez (Anónimo, 2010).

Sistema urinario

El sistema excretor está constituido por un riñón, que es un filtro de forma ovoide que presenta un solo glomérulo, la sangre fluye a través de este mediante unos tubos hacia los uréteres, que secretan en la vejiga natatoria y posteriormente hacia el exterior. Las tilapias excretan residuos nitrogenados en forma de amoníaco. Parte de sus excreciones se difunden a través de las branquias en el agua circundante. El resto es expulsado por los riñones, órganos excretorios que filtran la basura de la sangre. Estos ayudan a controlar la cantidad amoníaco en sus cuerpos. Los peces de agua salada tienden a perder agua debido a la ósmosis (Anónimo, 2010).

Sistema nervioso central

Tienen un cerebro pequeño en relación al tamaño de su cuerpo, el cerebro está dividido en varias regiones. En la parte frontal se encuentran los lóbulos olfativos, un par de estructuras que reciben y procesan señales de las narinas a través de dos nervios olfativos. Conectando el cerebro anterior al cerebro medio se encuentra el di encéfalo, este realiza varias funciones asociadas con las hormonas y la homeostasis. La glándula pineal se sitúa justo encima del di encéfalo. Esta estructura realiza muchas funciones diferentes, incluida la percepción de la luz, el mantenimiento del ritmo cardíaco y el control de los cambios de pigmentación.

El metencéfalo está particularmente implicado en natación y equilibrio. El cerebelo es una estructura mono lobular por lo general de gran tamaño y habitualmente la parte más grande del cerebro. El mielencéfalo es la parte más posterior del cerebro. Además de controlar las funciones de algunos músculos y órganos del cuerpo, en los peces óseos también se encarga de la respiración y la osmorregulación (Anónimo, 2010).

Sistema reproductor

Este sistema, como en otros animales, es el responsable de la reproducción y multiplicación de los animales, por lo tanto la conservación de la especie.

Esta multiplicación en la naturaleza, se desarrolla dentro de determinados límites y circunstancias. En un sistema de producción intensivo, con métodos de reproducción adecuados, alimentación racional y un buen manejo, se puede conseguir que la reproducción se realice en mejores condiciones, exigidas para una producción comercial. Las tilapias poseen sexos separados, existiendo en muchos casos una clara diferencia entre macho y hembra, que puede ser por la coloración del cuerpo o su tamaño, siendo generalmente los machos de mayor peso y talla que las hembras (Devoto, 1999).

A diferencia de otros peces cultivados, tienen la característica de reproducirse fácilmente en cautiverio sin necesidad de intervención del hombre. De hecho, puede considerarse como uno de los principales problemas, la gran facilidad con la que se reproducen estos organismos así como la precocidad en la que comienza, pues al iniciar ésta, reducen su tasa de crecimiento a la vez que hay una sobrepoblación en los estaqués, motivo por el cual se prefiere el cultivo monosexo, principalmente de machos.

El aparato reproductor está constituido por un par de gónadas. En las hembras, los ovarios son de forma alargada y tubular de diámetro variable. En los machos los testículos también son pares y están situados en la parte superior por arriba del hígado y por debajo de la vejiga natatoria (Alceste, 2002).

Sistemas de producción

Los sistemas de producción de tilapia 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 y súper intensivo (Saavedra, 2006.)

Sistema 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. El estanque tiene un sistema de drenaje, no hay control completo 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. El tamaño de los estanques oscila entre 10 a 20 ha (figura 8). De este sistema se puede esperar una producción que oscila entre 300-700 kg/cosecha 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 (Saavedra, 2006.)



Figura 8. Estanque de explotación extensiva.

(Fuente: Saavedra, 2006.)

Sistema semi-intensivo

En los sistemas semi-intensivos (figura 9) 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.

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, sub productos agrícolas (afrecho de trigo, semolina de arroz), maíz y/o algún alimento fabricado localmente.

Las tasas de siembra en estos sistemas varían de 50,000 a 100,000 peces/ha, generalmente la duración del ciclo de producción es de cinco a seis meses, desde sembrar el alevín de 5-20 gramos hasta la cosecha. El tamaño de los estanques es variado desde 2 Ha hasta pocos metros cuadrados (Saavedra, 2006.)



Figura 9. Estanque de explotación Semi-intensivo.

(Fuente: Saavedra, M. A. 2006.)

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

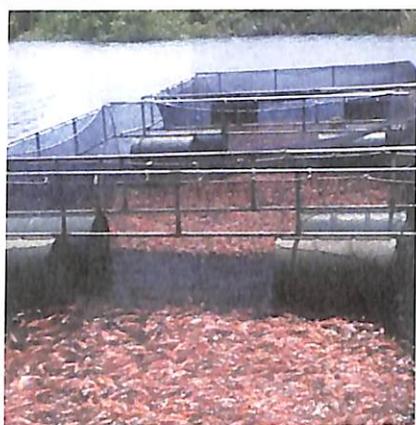
de aireación de emergencia o con recambios diarios) y todo nutriente necesario para el crecimiento que proviene del suministro de un alimento completo. En este sistema se pueden utilizar estanques de tierra, de concreto o jaulas flotantes (Saavedra, 2006).

Producción en 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. 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 (Saavedra, 2006.)

Producción en jaulas

Las jaulas pueden ser de bajo volumen, o sea menos de 5 metros cúbicos o de volumen alto, mayor de 5 metros cúbicos; se pueden sembrar hasta 600 tilapias/m³ en las jaulas de volumen bajo y de 50-100 tilapias/m³ en las jaulas de volumen alto (Figura 10). Las producciones esperadas oscilan entre 50-300 Kg/m³; las de volumen bajo son más productivas debido a que hay mayor recambio de agua dentro de las jaulas, lo cual mantiene la calidad de la misma (Saavedra, 2006).



Alto volumen



Bajo volumen

Figura 10. Estanque de explotación Intensivo.

(Fuente: Saavedra, M. A. 2006.)

Superintensivo

En este sistema (Figura, 11) las densidades son superiores; en estanques deben hacerse recambios diarios de agua, de hasta un 100%/hora; también se utilizan aireadores mecánicos. Los estanques son generalmente de concreto y de tipo “race-ways” para que pueda darse un mejor intercambio de agua y una mayor oxigenación. También puede darse en jaulas, en las que se superan las densidades de 600 tilapias/m³ (Saavedra, 2006).



Figura 11. Estanque de explotación Superintensivo.

(Fuente: Saavedra, M. A. 2006.)

Instalaciones

Selección del Sitio

En la selección del sitio de construcción (Arredondo y Lozano, 2003), de la explotación para la producción acuícola de tilapia, deben tomarse en cuenta ciertos principios que garanticen que se tienen en cuenta las condiciones físico-químicas óptimas para el cultivo y que se han tomado en consideración los peligros potenciales que ponen en riesgo la inocuidad del producto final durante cada una de las fases del proceso productivo.

Para elegir el lugar y el diseño adecuado del área de cultivo, deben tomarse en cuenta distintos factores, como son: el suelo, el clima, la fuente de agua más cercana, la tecnología a emplear, el diseño de estanques, la densidad del cultivo, parámetros físico-químicos idóneos, cosecha, transporte y área de procesos, así

como la cantidad de personal involucrado en el proceso. Todo esto con la finalidad de realizar un trabajo más eficiente, de mayor calidad y en menor tiempo.

Existen ciertos puntos a considerar, estandarizados y de gran importancia para la selección del sitio ideal de construcción de la granja, de acuerdo a los principios de

Buenas Prácticas:

- Estudio de suelo para determinar las concentraciones y magnitud de cualquier parámetro de importancia en la inocuidad del producto final. Planes de desarrollo de la zona.

- Verificar parámetros físico-químicos idóneos para el cultivo de tilapia.
- La granja no debe localizarse en sitios expuestos a descargas de plaguicidas u otros químicos agrícolas o industriales.

- La granja debe construirse en áreas donde el riesgo de contaminación (química o biológica) sea mínima y pueda ser controlable.

- El suelo donde se van a construir los estanques o canales de corriente rápida, debe estar libre de concentraciones de químicos que puedan ocasionar la presencia de sustancias tóxicas en el producto.

- No debe construirse en área de frágil equilibrio o lugares donde no se puedan corregir los problemas relacionados con el sitio.
- Debe haber separación entre entradas y salidas de agua, de manera que las fuentes y afluentes no se mezclen.
- La granja, estanques y canales deben estar protegidos con la finalidad de evitar la introducción de especies no deseadas.

Sector de reproducción

Selección de los Reproductores

La edad promedio de los reproductores va entre los 10 y 20 meses. Éstos deben provenir de lotes seleccionados cuidadosamente, su alimentación debe ser baja en grasa para que al llegar a la edad reproductiva, posean buena capacidad abdominal.

Los lotes de donde provienen, deben tener condiciones superiores a los demás. Y deben cumplir con las siguientes características:

- Poseer cuerpo proporcionalmente más ancho comparado con su longitud, es decir que su cabeza ocupe aproximadamente 1.5 veces más el ancho del cuerpo.

- La alimentación durante su crianza debe de contener cerca del 30% de proteína, para que logre un desarrollo corporal adecuado.
- Su cabeza debe ser pequeña y redonda.
- Poseer buena conformación corporal (filete de buen tamaño, cabeza pequeña, pedúnculo caudal corto).
- Libre de cualquier malformación.
- Ser cabezas de lote y estar sexualmente maduros
- Poseer buena coloración de acuerdo a la variedad a elegir. En caso de ser Tilapia roja, no debe poseer manchas de otro color.

Después de cada ciclo, es importante que los reproductores se separen, y proporcionar un descanso de 15 días aproximadamente para mantener picos de producción constantes, vigilar el estado de los reproductores y prevenir cualquier enfermedad (Arredondo y Lozano, 2003).

Estanques de Reproducción.

Los estanques de reproducción, deben tener un área adecuada que facilite la recolección de alevines y la cosecha. Estos estanques generalmente son exteriores para la fase de maduración de reproductores y desove. Es importante monitorear una vez por semana los parámetros como oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos y temperatura, para asegurar una producción alta y constante (Figura, 12.) (Arredondo y Lozano, 2003).



Figura, 12. Estanques de reproducción

(Fuente: Lozano, 2003).

Estos peces presentan un comportamiento reproductivo muy particular: los machos eligen el sitio de desove y construyen el nido en forma de batea, que es limpiado constantemente para atraer a las hembras. Para defender el área, utilizan movimientos agresivos de ataque hacia otros machos. Una vez que han cortejado a la hembra, ésta nada dentro del nido expulsando los huevos, y posteriormente se lleva a cabo una fecundación externa de los mismos.

Hecho esto, se realiza el proceso de aclimatación, donde los alevines son colocados en bolsas plásticas que no se encuentren expuestas al sol con suficiente oxígeno (infladas como si fuera un globo), posteriormente se colocan en el estanque donde crecerán, sin sacarlas de la bolsa para que la temperatura del agua exterior y la de interior se iguale, pasados unos 15 minutos, se pueden abrir las bolsas y dejar salir las crías al nuevo estanque (Martins, 1994).

Recolección de alevines de criaderos establecidos

Lo primero que se realiza después de la construcción de la granja, es una selección adecuada de las crías de la tilapia, para comenzar el proceso de cultivo.

- En primer lugar la selección de las crías y los huevos debe realizarse cuidadosamente por un experto, y deben provenir de criaderos confiables que garanticen la calidad del producto.

- Los huevos y las crías deben estar libres de patógenos, enfermos o con mal aspecto.

- La fuente de huevos o juveniles debe ser registrada y especificar de dónde proviene (proveedor comercial, laboratorio propio o capturado del medio natural.)

- Antes de transportar a los organismos al lugar donde serán cultivados, deben de proporcionárseles las condiciones adecuadas de oxígeno, temperatura y protección.
- Dentro de la unidad nueva de producción, se deberá de asignar un número de lote.
- Para llevar a cabo la aclimatación, deben de colocarse los nuevos organismos dentro de tanques, con la finalidad de proporcionar las condiciones necesarias para su recuperación después del transporte.
- Una vez aclimatados, son trasladados a los estanques/jaulas para su cultivo.
- Una vez seleccionados, debe mantenerse una densidad de siembra adecuada, pues los peces necesitan un espacio amplio para crecer y desarrollarse. Esto se realiza mediante técnicas de cultivo especiales para la tilapia, que consideran entre otras cosas: la edad y talla de los peces, la capacidad de o estanques o jaulas, y la talla esperada al momento de la cosecha.
- Deben de quedar plenamente satisfechas las necesidades nutrimentales de los peces recién adquiridos, para que puedan crecer satisfactoriamente. Esto debe realizarse mediante alimentos especializados, balanceados y de buena calidad.

- La calidad del agua también influye en el correcto crecimiento y desarrollo de los peces. Por eso es necesario vigilar la densidad adecuada de acuerdo a la capacidad de carga. La alimentación debe consumirse por completo, para que no deje residuos en el medio.
- Es necesario que en todo el ciclo productivo, se realicen monitoreos periódicos en busca de enfermedades y patógenos que afecten de alguna forma a los peces, en caso de encontrarse algún problema deberá ser tratado de inmediato para evitar pérdidas considerables.
- Si por alguna causa, hay mortandad de peces, debe investigarse a fondo la razón y desecharse de forma sanitaria para evitar la aparición de enfermedades.
- Debe monitorearse el número de lote, la siembra de las crías, densidad, fecha etc., para tener un control completo de la cosecha (Alceste, 2002).

Sector de engorde o engorda

Etapas de Desarrollo de la Tilapia

Siembra

a) 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).

b) 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 (Anónimo, 2010).

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 cuadrado, ya que en el exceso tanto en biomasa como en el número reproductores puede provocar disminución de la postura.

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). (Anónimo, 2010, www.Alicopor.com).

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 angeo y copos de tela mosquitera, para evitar el maltrato de los alevines y su mortalidad.

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 de pesca y utensilios de recolección, para evitar el contagio de epidemia por reproductores que hubieran estado enfermos.

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 (Hurtado, 2010).

Proceso de reversión sexual

Debido a las diferencias de crecimiento entre el macho y la hembra, es necesario que los cultivos de tilapia sean mono sexo (mayor porcentaje posible de machos). En la producción de tilapia es posible realizar el cultivo mono sexo. El cultivo de solo machos se recomienda debido a la mayor tasa de crecimiento, mayor eficiencia en la tasa de conversión de alimento además, es posible alcanzar tamaños de hasta un kilogramo de peso vivo en un año de producción y mayor rendimiento de filete. El cultivo mono sexo se puede lograr de varias formas (Gómez, 2009):

- Realizando el sexado manual de los peces al alcanzar tamaños de 30 50 gramos de peso.
- Realizando reversión sexual utilizando alimento con 60 ppm de 17 alfa metil testosterona durante los primeros 30 días de edad. Esta hormona es incluida a través de un vehículo (alcohol) en el alimento, cuyo nivel de proteína es generalmente alto (45%) y suministrado a razón de un 15% de la biomasa/día repartido en 8 raciones como mínimo.
- Realizando producción e híbridos que provienen y son garantizados de reproductores genéticamente manipulados.

La tilapia alcanza la madurez sexual entre los 80 a 100 gramos o a la edad de 5 a 6 meses y de ahí en adelante puede producir cría cada 4 semanas dependiendo de las condiciones del estanque y de la condición nutricional del reproductor. A nivel práctico, se ha visto la importancia del estímulo ambiental sobre la reproducción de la tilapia, el cual consiste en contar con agua de buena calidad; básicamente se requiere alta productividad primaria además para inducir la reproducción se debe eliminar los alevines residentes de camadas anteriores (recolección con mallas), ya que los mismos producen un efecto inhibitorio en las hembras.

De las características genéticas y de la condición nutricional del reproductor va a depender la tasa de crecimiento, la resistencia a las enfermedades y forma del pez adulto. Por lo tanto, se recomienda la selección constante de los reproductores que

se utilizarán; así como una dieta especial rica en contenido de proteína (35%), 3.5 a 4%de grasas y premezcla de vitamina y minerales completa, con especial interés en el nivel de vitamina C (Gómez, 2009).

Existen factores determinantes en la sobrevivencia de los alevines, a saber:

Manipulación

El empleo de mallas suaves es la forma más recomendable de manipular alevines, dado que evita el contacto directo y permite un manejo rápido de gran volumen de animales. Los métodos desde la orilla son los más indicados, pero también se pueden realizar barridas totales de los estanques de reproducción. (Gómez, 2009).

Diseño y manejo

Los estanques se deben llenar y vaciar fácilmente. Además se debe evitar la proliferación de algas y la acumulación de sólidos disueltos porque causan problemas en los procesos respiratorios a nivel de branquias. Los estanques de reversión varían en tamaño de 200 a 600 m. Lo importante como se anotó anteriormente, es el control de las variables que causan mortalidades masivas en los procesos de reversión (temperatura, oxígeno, sólidos y patógenos) (Gómez, 2009).

Preparación del alimento de reversión

Al alimento molido y tamizado, se le adicionan entre 60 y 120 miligramos de la hormona 17-alfa-metil testosterona por kilogramo de alimento, la cual se ha disuelto previamente en 500 a 800 mililitros de etanol por kilogramo, tratando de hacer una mezcla muy homogénea.

Posteriormente se seca a temperatura ambiente por espacio de 1 a 2 días, tratando de que este proceso se realice a la sombra con el fin de que el alcohol se volatilice lo más lentamente posible; y así asegurar una adherencia completa de la hormona a cada una de las partículas de alimento.

Eventualmente se puede adicionar algún tipo de antibiótico como la oxitetraciclina o terramicina, como medida preventiva. También se agregan aceite de pescado y de origen vegetal como fuente adicional de energía. Es común adicionar vitamina C disuelta con el alcohol a razón de 250 ppm, como activador del sistema inmunológico y promotor natural de crecimiento (Hurtado, 2010).

Siembra

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

Conteo preciso de una muestra o del total de la semilla (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 lómenos durante 30 minutos con el agua del estanque que se va a sembrar (Anónimo, 2010).

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, 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 antipájaros para controlar la depredación. 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 (Anónimo, 2010).

Pre-engorda

Para la etapa de pre-engorda los peces se encuentran en la etapa de juveniles a partir de los 10 hasta los 100 grs de peso, en esta etapa se debe administrar alimento con 40 y 30% de proteína cruda, y la densidad de siembra es de 50 hasta 65 peces/ m³.

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 (Gómez, 2009).

Engorda

Para la etapa de engorda, el peso es de los 100 grs en adelante hasta su cosecha. La cantidad de proteína cruda contenida en el alimento para esta etapa es de 35 hasta 25% y la densidad de siembra para esta etapa es de 9 a 10 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, sami-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 (Gómez, 2009).

Estrategias de la Piscicultura que previenen la sobrepoblación e impedimentos del crecimiento.

Una de las limitaciones biológicas más fuertes para el desarrollo comercial del cultivo de tilapia es su madurez sexual precoz que da lugar a frezar (desovar) antes de que los peces alcancen el tamaño de mercado, lo cual origina superpoblación e impedimentos del crecimiento en los peces. Para prevenir esto se implementan las siguientes estrategias (Popma y Masser, 1999):

- 1.- Cría en jaula donde los huevos caen a través de la malla del fondo del estanque antes de que la hembra pueda colectar estos para incubarlos.
- 2.- Policultivo con un pez predador, tal como pececillos de perca de la boca grande, a razón de 1000 por hectárea.
- 3.- Cultivar solamente machos (monosexo).

Cultivar puros machos es deseable en estanques no solo para evitar la sobrepoblación e impedimentos del crecimiento sino también porque los machos crecen aproximadamente dos veces más rápido que las hembras. Las hembras, debido a la ovulación, gastan mucha energía, lo cual impide su crecimiento. Después de sexar los pequeños peces, los machos se dejan en el estanque, mientras que las hembras son sacrificadas para que sirvan como abono agrícola (Popma y Masser, 1999; Monteverde, 2003).

Métodos usados en la obtención de machos

Los métodos para obtener predominancia de peces machos incluyen (Devoto, 1999).

- 1.- separación manual de sexos basada en la exanimación visual de la papila genital de los peces juveniles (“sexado manual”)
- 2.- Hibridación entre dos especies seleccionadas que produzcan progenie de puros machos (por ejemplo, hembras Nilo o Mozambique cruzadas con machos azules o Zanzíbar).
- 3.- Alimentación de los alevines recién salidos del huevo con alimento tratado con hormona masculina por 3 o 4 semanas para producir machos funcionales reproductivamente (“reversión sexual”).
- 4.- Tecnología del macho YY.

El sexo de los pececillos de tilapia de 25 g puede determinarse por exanimación de la papila genital localizada inmediatamente detrás del ano. En machos la papila genital tiene solamente una abertura (el poro urinario del uréter) a través del cual pasa tanto la leche como la orina. En hembras la salida de los huevos es a través de un oviducto separado y solamente la orina pasa a través del poro urinario. Colocar una gota de tinta (azul de metileno o colorante de alimento) en la región genital ayuda a destacar la papila y sus aberturas (Popma y Masser, 1999).

Alamilla (2002) menciona que el sexado debe realizarse cuidadosamente para evitar introducir hembras al cultivo y de esta manera prevenir su reproducción indeseada en los estanques.

Es conveniente realizar esta operación tan pronto como sea posible para ahorrar espacio y no desperdiciar alimento que ocuparían y consumirían respectivamente las hembras.

Puesto que el sexado no se puede efectuar con facilidad antes de que los alevines hayan alcanzado los 50 g de peso, conviene prolongar la crianza de los juveniles hasta dicha talla, y en una misma operación efectuar el sexado y la siembra en los estanques o jaulas de engorda.

En la práctica es posible lograr que la población a engordar esté dispuesta hasta por un 95% de machos.

Los inconvenientes de este método radican en la posibilidad de error humano y en el desperdicio de las hembras.

Delgadillo (1998) hace mención que la reversión sexual es una técnica que consiste en transformar a las crías que genéticamente son hembras en machos funcionales.

En la reversión sexual la hormona 17-alfa-metil testosterona modifica directamente las características sexuales secundarias (fenotipo), y tiene un efecto adicional sobre

las gónadas, al afectar su normal desarrollo, pero en ningún momento afecta el genotipo, por lo que los individuos genéticamente mantienen la segregación normal esperada en el momento de la fertilización, lo que ocasiona una disparidad de tallas típicas de machos y hembras, pero con menor incidencia de enanismo.

Se debe tener presente que los países de la unión europea, EU e india, prohíben el empleo de hormonas en peces cultivados con destino al consumo humano (Pheleps y Popma, 2000; Castillo, 2001).

La tecnología del macho YY permite obtener tilapia genéticamente machos (GMT) a partir de machos reproductores YY que son conocidos como "Supermachos" (Super Male) sin emplear ingeniería Genética, ni modificación genética, simplemente se emplea una primera fase de fertilización (hormonal) y una segunda fase de pruebas de progenie, estos machos fértiles y viables solo producen machos. Estos individuos GMT tiene excelentes resultados en supervivencia, disminución de la territorialidad, alta eficiencia en la conversión alimenticia, mínima variación en talla, alto porcentaje de crecimiento, grandes rendimientos en peso y disminución del tiempo de cosecha, con los siguientes rendimientos: en EU con excelente calidad de agua alcanza 800 g en 6 meses, en Europa en tanques con recirculación de agua han alcanzado los 900 g en 6 meses y en Centroamérica en condiciones súper intensivas 1 kilogramo en 6 meses.

Actualmente, se ofrecen supermachos de *O. niloticus* y líneas puras de tilapias nilotica roja GMT, tilapia nilotica "pearl" GMT, tilapia mozambica GMT; la

optimización de la tecnología fue desarrollada en Filipinas desde 1995, Tailandia desde 1997 e Inglaterra desde 1999 (Dunham et al., 2001).

Requerimientos físico- químico y ambientales

Dentro de sus áreas de distribución, las tilapias han colonizado hábitats mucho muy diversos: arroyos permanentes y temporales, ríos anchos y profundos, lagos pantanosos, lagunas dulces, salobres o saladas, lagos profundos, lagos pantanosos, lagunas dulces, salobres o saladas, alcalinas, estuarios y lagunas costeras e incluso hábitats marinos. Las tilapias cultivadas habitan por lo general aguas lenticas (poca corriente) permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas donde se alimentan y reproducen (Alamilla, 2002).

La tilapia es mas tolerante que la mayoría de los peces de agua dulce mas comúnmente cultivados a la alta salinidad, temperaturas altas del agua, a bajo oxígeno disuelto, y a altas concentraciones de amoníaco (Devoto, 1999).

Oxígeno.- El estrés por oxígeno es el problema más frecuente (cuadro, 6) encontrado en la calidad del agua en el cultivo en jaulas. El grado de saturación del oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y pH (Masser, 1997).

Factores que disminuyen el nivel de oxígeno disuelto (Anónimo, 2010):

- Descomposición de la materia orgánica.
- Alimento no consumido.
- Heces.
- Animales muertos.
- Aumento de la tasa metabólica por el incremento en la temperatura (variación de la temperatura del día con respecto a la noche).
- Respiración del plancton (organismos microscópicos vegetales y animales que forman la cadena de productividad primaria y secundaria).
- Desgasificación salida del oxígeno del agua hacia la atmósfera.
- Nubosidad en días opacos las algas no producen suficiente oxígeno.
- Aumento de sólidos en suspensión residuos de sedimentos en el agua, heces, etc.
- Densidad de siembra.

La tilapia es capaz de sobrevivir a niveles bajos de oxígeno disuelto (1,0 mg/l), pero esto provoca efecto de estrés, siendo la principal causa de origen de infecciones patológicas. Para mantener un cultivo exitoso de tilapia, los valores de oxígeno disuelto deberían estar por encima de los 4 mg/l, el cual debería ser medido en la estructura de salida del estanque (desagüe). Valores menores al indicado, reducen el crecimiento e incrementa la mortalidad (Masser, 1997).

Cuadro, 6. Efecto del oxígeno en las tilapias.

Oxígeno (ppm)	Efectos
0 - 0.3	Los peces pequeños sobreviven en cortos períodos.
0.3 2.0	Letal a exposiciones prolongadas.
3.0 4.0	Los peces sobreviven pero crecen lentamente.
> 4.5	Rango deseable para el crecimiento del pez.

(Fuente: Masser, 1997)

Tipos de aireación

Natural. Caídas de agua, escaleras, chorros, cascadas, sistemas de abanico.

Mecánica: Motobombas, difusores, aireadores de paletas, aireadores de inyección de O, generadores de oxígeno líquido (Anónimo, 2010):

Temperatura

La temperatura es el factor físico más importante que controla la vida de los animales de sangre fría. La temperatura es crítica en el crecimiento, reproducción y algunas veces la sobrevivencia. Cada especie de peces tiene un rango de temperatura óptimo para crecer, así como temperaturas letales superiores e inferiores.

Los peces son animales poiquilotermos (su temperatura corporal depende de la temperatura del medio) y altamente termófilos (dependientes y sensibles a los cambios de la temperatura).

El rango óptimo de temperatura para el cultivo de tilapias fluctúa entre 28°C y 32°C, aunque ésta puede continuarse con una variación de hasta 5°C por debajo de este rango óptimo. Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y, por ende, mayor consumo de oxígeno.

El efecto negativo sobre el crecimiento del pez cultivado, que pudiera originar las variaciones grandes de temperatura entre el día y la noche, podría subsanarse con el suministro de alimentos con porcentajes altos de proteína (30%, 32%, etc.). (Masser, 1997).

Dureza

Es la medida de la concentración de los iones de Ca y Mg expresados en ppm de su equivalente a Carbonato de calcio.

- Existen aguas blandas (< 100 ppm) y aguas duras (>100 ppm).
- Rangos óptimos: entre 50-350ppm de CaCO₃.
- Por estar relacionada directamente con la dureza, el agua para el cultivo debe tener una alcalinidad entre 100 ppm a 200 ppm.

- Durezas por debajo de 20 ppm ocasionan problemas en el porcentaje de fecundidad [se controlan adicionando carbonato de calcio (CaCO_3), o cloruro de calcio (CaCl_2)].
- Durezas por encima de 350 ppm se controlan con el empleo de zeolita en forma de arcilla en polvo, adicionada al sistema de filtración (Nicovita, 2010).

PH

El pH es una medida relativa de la agua. El pH de un estanque fluctúa diariamente debido a la captura y liberación de CO_2 durante la fotosíntesis y respiración. El pH es el más bajo en o cerca del amanecer y más alto a medio día. El punto de acidez letal es un pH de 4 aproximadamente y el punto de alcalinidad letal es aproximadamente un 11. Cuando el pH está fuera del rango deseado, el crecimiento de los peces es alto, se reduce la reproducción, y se incrementa la susceptibilidad a enfermedades (Masser, 1997a).

El pH es la concentración de iones de hidrógeno en el agua.

- El rango óptimo está entre 6.5 a 9.0.
- Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letargia, inapetencia, retardan el crecimiento y retrasan la reproducción.

- Valores de pH cercanos a 5 producen mortalidad en un período de 3 a 5 horas, por fallas respiratorias; además, causan pérdidas de pigmentación e incremento en la secreción de mucus de la piel.
- Cuando se presentan niveles de pH ácidos, el ion Fe^{++} se vuelve soluble afectando las células de los arcos branquiales y por ende, disminuyendo los procesos de respiración, causando la muerte por anoxia (asfixia por falta de oxígeno).
- El pH en el agua fluctúa en un ciclo diurno, principalmente influenciada por la concentración de CO_2 , por la densidad del fitoplancton, la alcalinidad total y la dureza del agua. El pH para tilapia debe de ser neutro o muy cercano a él, con una dureza normalmente alta para proporcionar una segregación adecuada del mucus en la piel (Masser, 1997).

Amonio

El amoníaco es el desecho nitrogenado primario producido por el pez de la gestión proteico. Cualquier desecho nitrogenado contenido en el abono hacia el estanque, fertilizantes inorgánicos, descomposición vegetal, y/o alimento no consumido es transformado e amoníaco por las bacterias en el estanque.

La reacción que ocurre es la siguiente:



Forma no ionizada	Su velocidad de conjugación	Forma ionizada.
Forma tóxica	con el agua depende del pH.	Forma no tóxica.
Producto de excreción de los peces.		
Degradación de la materia orgánica.		

La toxicidad del amonio en forma no ionizada (NH_3), aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto es bajo, el pH indica valores altos (alcalino) y la temperatura es alta. Cuando los valores de pH son bajos (ácidos), el amonio no causa mortalidades, los valores de amonio deben fluctuar entre 0.01 ppm a 0.1 ppm (valores cercanos a 2 ppm son críticos). El amonio es tóxico, y se hace más tóxico cuando el pH y la temperatura del agua están elevados, los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el rango de 0.6 a 2.0 ppm. La concentración alta de amonio en el agua causa bloqueo del metabolismo, daño en las branquias, afecta el balance de sales, produce lesiones en órganos internos, inmunosupresión y susceptibilidad a las enfermedades, reducción del crecimiento y sobrevivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen) (Dunham et al., 2001).

El nivel de amonio se puede controlar con algunas medidas de manejo como son:

- Secar y encalar el suelo dependiendo de los valores de pH (pH < 5: 2500 3500 kg/ha, pH de 5 a 7: 1500 a 2500 kg/ha, pH > de 7: de 1000 a 500 kg/ha).
- Adición de fertilizantes inorgánicos, fosfatados (SPT (25kg/ha) o al20% (45kg/ha), durante 5 días continuos.
- Implementar aireación: aireadores de paletas para estanques de profundidad de 1.5 m o aireadores de inyección para estanques con profundidades mayores de 1.8 m (Dunham et al., 2001).

Nitritos

Las bacterias del genero *Nitrosomas* convierten el amoniaco en nitrito. El nivel de toxicidad por nitrito depende de la especie de peces y de la concentración de iones cloruro en el agua del estanque.

Son un parámetro de vital importancia por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Se generan en el proceso de transformación del amoniaco a nitratos La toxicidad de los nitritos depende de la cantidad de cloruros, temperatura y concentración de oxígeno en el agua

Es necesario mantener la concentración por debajo de 0.1 ppm, haciendo recambios fuertes, limitando la alimentación y evitando concentraciones altas de amonio en el agua (Dunham et al., 2001).

Alcalinidad

Es la concentración de carbonatos y bicarbonatos en el agua. Los valores de alcalinidad y dureza son aproximadamente iguales. La alcalinidad afecta la toxicidad del sulfato de cobre en tratamientos como algicida (en baja alcalinidad aumenta la toxicidad de éste para los peces). Para valores por debajo de 20 ppm es necesario aplicar 200 g/m de carbonato de calcio, entre dos y tres veces por año (Alceste, 2002).

Dióxido de carbono

Es un producto de la actividad biológica y metabólica, su concentración depende de la fotosíntesis. Debe mantenerse en un nivel inferior a 20 ppm, porque cuando sobrepasa este valor se presenta letargia e inapetencia (Nicovita, 2010).

Gases tóxicos

Son compuestos químicos producidos en los estanques por la degradación de materia orgánica. A continuación, se presenta los más comúnmente hallados y cuyas concentraciones deben estar por debajo de los valores siguientes:

- Sulfuro de hidrógeno < 10ppm.
- Acido cianhídrico < 10ppm.
- Gas metano < 25ppm.

Estos gases incrementan su concentración con la edad de los estanques y con la acumulación de materia orgánica en el fondo, produciendo mortalidades masivas y crónicas. Se pueden controlar mediante la adición de cal y zeolita a razón de 40 kg/ha, además, del secado de estanques (entre cosechas) (Alamilla, 2002).

Sólidos en suspensión

Aumentan la turbidez en el agua, disminuyendo el oxígeno disuelto en ella. Los sólidos se deben controlar mediante sistemas de desarenadores y filtros. De acuerdo a la concentración de sólidos disueltos se pueden clasificar los estanques de la siguiente manera (Alceste, 2002):

- Estanques limpios: Sólidos menores a 25 mg/l.
- Estanques intermedios: Sólidos entre 25 - 100 mg/l.
- Estanques lodosos: Sólidos mayores a 100 mg/l.

Fosfatos

Son productos resultantes de la actividad biológica de los peces y de la sobrealimentación con alimentos balanceados. La concentración alta, causa aumento en la población de fitoplancton; y éstas a su vez, provocan bajas de oxígeno por la

noche. Su valor debe fluctuar entre 0.6 y 1.5 ppm. Su toxicidad aumenta a valores de pH ácido (Alceste, 2002).

Cloruros y sulfatos

Al igual que los fosfatos, se derivan de la actividad metabólica de los peces y del aporte de los suelos y aguas subterráneas utilizadas en las granjas piscícolas. El límite superior para cada uno de estos compuestos, son 10 ppm y 18 ppm respectivamente (Alceste, 2002).

Calidad del suelo

Los mejores suelos para la construcción de estanques son los franco-arcillosos, puesto que retienen bien el agua y son fáciles de trabajar ya sea con maquinaria o mano de obra. El suelo debe tener por lo menos un 20% de arcilla, lo que puede determinarse con un examen de laboratorio. Existe sin embargo un método muy sencillo para determinar si el sitio donde se planea construir el estanque es adecuado:

a) Tomar un puñado de tierra de la superficie y apretarlo hasta formar una bola, tirar hacia arriba la bola y recogerla al caer. Si la bola se deshace quiere decir que el suelo contiene demasiada arena o grava y por esto no sirve para el propósito. Si la bola no se rompe, aún no se puede estar seguro si el suelo es apto para la construcción, así que es la hora de hacer una segunda prueba.

b) Cavar un hoyo de unos 80 centímetros de profundidad y llenarlo completamente de agua, luego cubrirlo con ramas frondosas o madera. A las 12 horas el agua se habrá filtrado, entonces habrá que llenarlo y taparlo nuevamente. Si a las 12 horas de hacer esto la mayor parte del agua está todavía en el hoyo, quiere decir que el suelo retiene el agua lo suficiente para que se pueda construir un estanque en ese lugar (Cabañas, 1995; Alamilla, 2002).

Turbidez

La turbiedad es el grado en el cual la luz penetra al agua. La penetración de la luz es bloqueada por partículas del suelo suspendido, material orgánico (detritos), y el plancton (plantas y animales microscópicos flotantes o suspendidos) del estanque (Masser, 1997). La turbiedad del agua tiene dos tipos de efectos: uno sobre el medio y se debe a la dispersión de la luz y el otro actúa de manera mecánica directamente sobre los peces.

Al impedir la libre penetración de los rayos solares, la turbidez limita la productividad natural del estanque, lo que a su vez reduce la disponibilidad de alimento para la tilapia. Es por ello que se recomienda que el agua de los estanques no sea turbia para que el fitoplancton se pueda desarrollar adecuadamente (Alamilla, 2002).

Masser (1997) menciona además, que la turbiedad causada por partículas de suelo suspendido y detritos pueden reducir la fotosíntesis y, por lo tanto, la producción de oxígeno. Se deben mantener 30 centímetros de visibilidad (lectura del Disco Secchi).

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 (Masser, 1997).

Nutrición y alimentación

Nutrición.

Una de las grandes ventajas de la tilapia para la acuicultura es que se alimentan con un nivel trófico bajo. Esto proporciona una ventaja a los productores porque los

peces pueden ser criados en condiciones extensivas que dependen de la producción natural de un cuerpo de agua o en sistemas intensivos que puedan operar con bajos costos de alimentación (Fitzsimmons, 1997).

Hoy la ciencia de la nutrición de peces ha progresado, al punto que dietas balanceadas y completas pueden ser formuladas para las especies de importancia comercial. Estas dietas completas se obtienen de fábricas de alimento comercial y se utilizan en los sistemas que no pueden proporcionar ninguna nutrición confiable (Fitzsimmons, 1997; Masser, 1997). Esta dieta debe de tener niveles adecuados de proteína y energía, balanceada en aminoácidos esenciales y en ácidos grasos esenciales, y suplementada con un arsenal completo de vitaminas y minerales. Muchas fábricas de alimento comercial fabrican tanto suplementos como dietas completas. El productor en jaulas debe estar seguro de que está comprando una dieta completa, que sea adecuada para la especie que cultiva.

El éxito de 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 del alimento, o un programa inadecuado de alimentación disminuye la rentabilidad de la granja considerablemente.

La cantidad y el tipo de alimento ha 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 buscará alimentos del fondo del estanque, y su carne adquirirá un sabor desagradable (Alceste, 2002).

Los alimentos balanceados para tilapias pueden ser fabricados de acuerdo con los diversos métodos, dependiendo de la intensidad del cultivo.

Las dietas balanceadas para tilapias pueden ser fabricadas de acuerdo con dos procesos principales (Monteverde, 2003):

- Peletización

Proceso de compactación mecánica que ocurre cuando la mezcla es presionada dentro de una cámara de presión y obligada a salir por unos orificios de un anillo externo (matriz).

Una característica de los alimentos peletizados para animales acuáticos es el requerimiento de aglutinantes ya sea artificiales o naturales para permitir una mayor estabilidad física una vez que este en contacto con el agua.

- **Extrusión**

Mezcla de materias primas, sometida a un proceso de precocido en acondicionadores, después es forzada a pasar por una rosca para llegar al cilindro extrusor. Este tipo de alimento tiene ciertas ventajas, como por ejemplo su alta estabilidad en el agua sin necesidad del uso de aglutinantes, en su proceso ocurre una mayor gelatinización de los almidones, la inactivación de los factores anti nutricionales, aumento de la digestibilidad, mejores condiciones sanitarias para la reducción de la carga bacteriana existente en la materia prima, obtención de productos de diferentes densidades con capacidad de flotar o de hundirse, mayor resistencia. La desventaja en el proceso es el elevado costo por la necesidad de implementar sistemas especiales para la adición en la dieta.

Requerimientos nutricionales

La tilapia exhibe sus mejores tasas de crecimiento cuando se alimenta con una dieta balanceada que proporcione una mezcla apropiada de proteína, carbohidratos, lípidos, vitaminas, minerales y fibra (Juancey y Rossen, 1982). El- Sayed y Teshima (1991) y Stickney (1996) realizaron revisiones completas y excelentes que examinan

los detalles de la nutrición de la tilapia. Los requerimientos nutricionales son ligeramente diferentes para cada especie y varían más notablemente con la etapa de vida. Los peces alevines y pececillos requieren una dieta más alta en proteína, lípidos, vitaminas y minerales y más baja en carbohidratos mientras que están desarrollando el musculo, órganos internos y el hueso con crecimiento rápido (Fitzsimmons, 1997).

Los requerimientos de proteína para un crecimiento máximo están en función de la calidad de la proteína y del tamaño del pez, y se han reportado tan altos como el 50% de la dieta de los pececillos pequeños. Sin embargo, en los alimentos comerciales para estanques el contenido de proteína cruda del alimento es generalmente de 26 a 30%, del cual un decimo o menos son de origen animal. El contenido de proteína y la proporción de proteína animal pueden ser altamente escasos en sistemas de recirculación o de fluido (Popma y Masser, 1999).

Los peces jóvenes necesitan más calorías de la grasa y de los carbohidratos para el metabolismo basal y un bajo porcentaje de proteína para crecer. Por supuesto que la cantidad absoluta que el pez está comiendo todavía aumentará, pues el pez es mucho más grande. Los peces grandes incluso necesitan menos proteína, no obstante los aminoácidos que compensan esa necesidad de proteína deben estar disponibles en ciertas relaciones. En las formulaciones de la alimentación se ajustarán fuentes de proteína para responder el patrón deseado de aminoácidos

durante el ciclo de crecimiento. Las reproductoras pueden requerir niveles altos de proteína y grasa para incrementar la eficiencia reproductiva (Santiago *et al* 1985; Chang *et al.*, 1988).

Los requerimientos de energía digestible para un crecimiento óptimo económicamente son similares a los del bagre de canal, y se ha estimado en 8.2 a 9.4 Kcal Ed (energía digestible) por gramo de proteína dietética (Juancey y Rossen, 1982).

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:

a) 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 (Purina-México, 2003).

b) Alimentación en forma de “L”: Se lleva a cabo en dos orillas del estanque. Está sugerida para animales que pesan de 50 a 100 gr 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.

c) Alimentación Periférica. Se realiza por todas las orillas del estanque. Sugerida para peces mayores a los 100 gr. dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de la tilapia.

d) 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 (Purina-México, 2003).

Horario de Alimentación.

Es conveniente alimentar a los organismos cuando la temperatura ambiental es la más elevada, pues los niveles de secreciones digestivas y la acidez aumentan con el incremento de la temperatura en el tracto digestivo. Se recomienda que en cultivos extensivos o semi-extensivos no se agregue una cantidad de alimento cuyo tiempo de consumo y flotabilidad supere los 15 minutos, ya que esta abundancia provoca que el pez coma en exceso y no asimile adecuadamente el alimento. En sistemas intensivos el alimento debe permanecer de 1 a 2 minutos.

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.

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 aparte del alimento suministrado, los peces se alimentarán también del fitoplancton que crece en los estanques. La alimentación de realizarse manualmente, observando ciertas características como: la demanda del alimento, tamaño del bocado, talla de los peces, densidad de la población, entre otras (Cuadro 7.) (Purina-México, 2003).

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 suplemento de proteína puede llegar a representar más del 50% del costo del alimento.

Cuadro, 7. Alimentación de la Tilapia con base a su Etapa de Desarrollo

Edad de la Tilapia (Días)	Etapa	Peso de la Tilapia (gramos)	Cantidad de Alimento (gramos)
10-15	Alevín (crecimiento)	0.12	0.048
15-30	Alevín (crecimiento)	4.7	0.0047
30-45	Juvenil (crecimiento)	50	0.0025
45-60	Juvenil (crecimiento)	100	0.0030
60-75	Adulto	150	0.0030
75-90	Adulto	200	0.0036
90-105	Adulto (engorda)	275	0.0046
105-120	Adulto (engorda)	325	0.0052
120-135	Adulto (engorda)	400	0.0060
135-150	Adulto (engorda)	450	0.0063
150-165	Adulto (engorda)	500	0.0065
165-180	Adulto (engorda)	550	0.0066
180-175	Adulto	600	0.0067

(Fuente: Purina-Mexico, 2003).

El nivel de proteína, se ve influenciado por múltiples factores (Popma and Masser, 1999):

- a. El contenido de energía en la dieta
- b. El estado fisiológico del pez (edad, peso y madurez)
- c. Factores ambientales (temperatura del agua, salinidad y oxígeno disuelto).

d. La calidad de la proteína (nivel y disponibilidad de aminoácidos esenciales).

e. Tasa de alimentación

El consumo de proteína depende del estadio del organismo. (Cuadro, 8.)

Cuadro, 8. Requerimiento Proteico de la tilapia según su peso

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: Fitzsimmons, 199.).

Aminoácidos

La tilapia requiere los mismos diez aminoácidos esenciales (Cuadro, 9) que otros peces de agua caliente y por lo que se ha investigado, los requerimientos de cada aminoácido son similares a los de otros peces (Popma y Masser, 1999).

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 (Popma, 1999):

- 40% de Proteína- 6-8 % lípido.
- 35% Proteína-4.5-6% lípidos
- 25-30% Proteína-3-3.5 lípido

Cuadro, 9. Aminoácidos esenciales en dietas experimentales para tilapia en la universidad de Arizona.

Aminoácidos esenciales	g/kg de dieta	% de proteína
Arginina	15	7.5
Histidina	5	2.3
Isoleusina	9	4.3
Leucina	15	7.0
Lisina	16	5.0
Metionina	5 (74% de costina)	1.7
Fenilalanina	15	4.5
Treonina	10	3.6
Triptófano	2	1.0
Valina	12	5.8

(Fuente: Fitzsimmons, 1997).

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%.

Los carbohidratos son provistos a menudo por ingredientes menos costosos en la dieta. El maíz, el trigo, el arroz y un número de subproductos agrícolas son fuentes típicas de carbohidratos. La proporción de la energía provista por los lípidos y los carbohidratos a las proteínas disponibles en la dieta es a menudo una medida crítica. Shiau (1997) proporciona una revisión comprensiva de la utilización del carbohidrato y de la fibra en tilapia.

Vitaminas y Minerales

La mayor parte de las vitaminas no son sintetizadas por el pez, porque 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 (Nicovita, 2002). Las vitaminas y minerales son críticos a la nutrición apropiada en tilapia e investigaciones considerables se han conducido para determinar estos requerimientos (Watanabe, *et al.*, 1997; ELSayed y Tshima 1991; Roem, *et al.*, 1990; Jauncey y Ross 1982). Las premezclas comerciales disponibles permiten que los fabricantes de alimento compren un grupo entero de micronutrientes más bien que procurar determinar cuánto está disponible de la productividad del sistema y de los otros ingredientes (Cuadro, 10). Las necesidades nutricionales específicas varían por especie, la edad de los peces, el sistema de producción y la sanidad.

La nutrición de la tilapia es crítica para favorecer los incrementos en la eficiencia y rentabilidad en el crecimiento de los pequeños productores para autoconsumo y los grandes productores en el comercio internacional (Fitzsimmons, 1997).

Cuadro, 10. Mezcla de vitaminas y minerales usadas en dietas de tilapias en la Universidad de Arizona.

Vitaminas	Mg/kg	Unidades internacionales
Tiamina	11	
Acido fólico	5	
Riboflavina	20	
Vitamina B12	0.01	
Pirodoxina	11	
Colina	275	
Acido pantotenico	35	
Acido nicotínico	88	
Acido ascórbico (C)	375	
Vitamina K	4.4	
Vitamina A		4,400
Vitamina D3		2,200
Vitamina E		66
Minerales	g/kg	
Calcio (Ca)	3.0	
Fosforo (P)	7.0	
Magnesio (Mg)	0.5	
Hierro (Fe)	0.15	
Zinc (Zn)	0.20 (Nota: No debe ser mayor a 0.3 (300 ppm))	
Cobre (Cu)	0.003	
Manganeso (Mn)	0.013	
Selenio (Se)	0.0004	
Yodo (I)	0.001	

(Fuente: Fitzsimmons, 1997).

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.

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, 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 (Anónimo, 2010).

Manejo del Alimento

Es de vital importancia que esto lo realice alguien que tenga un conocimiento adecuado sobre la forma de alimentación de los peces, ya que si se sobrealimentan puede resultar nocivo para el cultivo, así mismo si se lleva a cabo en una etapa de crecimiento distinta al indicado por el suplemento, etc.

Para conservar la calidad de los alimentos, se deben mantener en buenas condiciones, protegidos de cualquier tipo de contaminación y cuidada que su manejo (transporte, almacenamiento, etc.), se lleve a cabo por personal capacitado y adecuado. Se debe de tomar en cuenta también que el alimento no esté fabricado con fármacos o que la utilización de éstos sea justificada y controlada.

Para un adecuado manejo del alimento dentro de la granja, y la prevención de peligro de cualquier tipo de contaminación es necesario seguir las siguientes recomendaciones:

Contar con un almacén o bodega que sirva únicamente para guardar y mantener el alimento. Si es posible debe contar con sistemas de ventilación y enfriamiento, evitar humedad y goteras, evitar la intromisión de animales o personal no autorizado (Purina-México, 2003).

La ubicación del almacén debe ser estratégica para facilitar la recepción del alimento y su distribución en la granja. Debe contar con un acceso separado que permita reducir el riesgo de transmisión de enfermedades. Debe contar con las dimensiones suficientes que permitan el almacenamiento del alimento en lotes etiquetados y diferenciados de acuerdo a su tipo, fecha de compra y caducidad. Se debe contar

con un registro constante de la alimentación brindada a los peces en el transcurso del día, para evitar confusiones, desaparición del alimento, etc.

El alimento no debe almacenarse cerca o en contacto con plaguicidas, herbicidas, combustibles u otros agentes químicos.

Se debe designar al personal que estará a cargo del manejo del alimento, capacitarlo para realizar esta tarea.

Cuando se realice la compra del alimento, debe hacerlo un técnico especializado en éste, y fijarse en las indicaciones, fecha de caducidad, características y otras cualidades del mismo.

El empaque del alimento no debe estar en contacto con la pared del almacén, ni situado directamente sobre el suelo. No deben amontonarse de forma que se ponga en riesgo la ventilación de todos los costales y por consiguiente su calidad.

La utilización se hace mediante el sistema PEPS, que quiere decir Primeras Entradas, Primeras Salidas, lo que significa que se debe utilizar aquél que llegó primero y que está almacenado con más antigüedad, para evitar el crecimiento de microorganismos y la producción de aflatoxinas.

La cantidad de alimento a ofrecer en cada uno de los estanques estará en función de la biomasa del cultivo y de la temperatura del agua. La frecuencia de la alimentación

también depende de las características de pez, así como del tipo de cultivo, puede variar entre 4 veces hasta 8 si el cultivo se realiza en canales de flujo rápido. (Anónimo, 2010).

Monitoreo, inspección y control de la alimentación. 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 (Anónimo, 2010).

Niveles de alimentación

Tablas o programas de índice de alimentación se requieren para hacer los incrementos periódicos en la ración diaria (McGinty y Rokocy, s/f).

McGinty y Rokocy, (s/f), Lovshin (1997) proporcionan reversiones excelentes en el cálculo de los niveles de alimentación aplicando metodologías muy similares en la alimentación de tilapias en cultivo. Mencionan que los ajustes en la alimentación pueden ser hechos diariamente, semanalmente o cada 2 semanas. Los peces deben ser muestreados cada 4 o 6 semanas para determinar sus pesos promedio y el índice de alimentación correcto para calcular los ajustes en la ración diaria. Los ajustes se pueden hacer entre periodos de muestreo estimando el crecimiento de los peces basado en una supuesta proporción de conversión alimenticia (peso de alimento dividido por la ganancia de peso). Ejemplo: con una proporción de conversión alimenticia de 1.5, el pez ganaría 10 g por cada 15 g de alimento. El índice de alimentación correcto, expresado como porcentaje de peso corporal, es

multiplicado por el peso estimado para determinar la ración diaria. Los niveles de alimentación recomendados se enlistan en el Cuadro 11 (McGinty y Rokocy, s/f).

Cuadro, 11. Niveles de alimentación recomendados diariamente, expresados como porcentaje de peso corporal, para tilapia de diferentes tamaños.

Peso de pez (g)	Nivel de alimentación (%)
1	11.0
2	9.0
5	6.5
10	5.2
15	4.6
20	4.2
30	3.6
60	3.0
100	2.5
175	2.5
300	2.1
400 +	1.5

(Fuente: McGinty y Rokocy, s/f).

Las tablas de referencia de niveles de alimentación sirven como guías o referencia para la estimación de la relación diaria óptima o cantidad de alimento a ser suministrado a los peces, pero no son siempre exactas, pues la cantidad de alimento consumido por las tilapias varía con las condiciones ambientales (temperaturas fluctuantes u OD, pH, amoníaco), condiciones de estrés y de salud, fase de desarrollo, densidad de siembra, etc. Su uso debe estar siempre asociado con el monitoreo del consumo, tanto de las dietas extrusadas como las peletizadas. (McGinty y Rokocy, s/f; Lovshin, 1997).

A este respecto, Lovshin (1997) también presenta una tabla similar de alimentación. (Cuadro, 12). Para estimar las cantidades de alimento a ser suministradas a los peces.

Cuadro, 12. Tabla referencial de alimentacion.

Peso promedio de los peces (g)	Porcentaje de biomasa	Frecuencia de alimentación (no. de veces por día)
< 5,0	7 – 10	4
5,0 a 20,0	4 – 6	4 a 3
20,0 a 100,0	3 – 4	3 a 2
100,0 a 200,0	2 – 3	2
200,0 a 400,0	1,5	1

(Lovshin, 1997).

Para el uso de la tabla del cuadro 11 se tomó como parámetro de base el concepto de biomasa que se obtiene a través del número de peces existentes multiplicados por el promedio de su peso. Para que este cálculo de biomasa sea técnicamente útil se hace necesario el muestreo de los peces cada 30-45 días.

La cantidad óptima de alimento que se les debe suministrar corresponde al 90% de la cantidad de alimento que consumirán para saciarse. Cantidades menores (por ejemplo 80%) resultan en una mejor conversión alimenticia pero un crecimiento reducido. Cantidades mayores (por ejemplo cerca de 100%) resultan en una mala conversión alimenticia pero mejor crecimiento.

El suministro de alimento diario debe aumentar a medida que los peces van creciendo, por tanto, la cantidad debe ser ajustada en intervalos aproximados de 7-14 días (Lovshin, 1997).

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 de depuración.

Esto se realiza dependiendo del proceso al que se va a someter el pescado hasta su presentación final (Anonimo, 2010).

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.

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 (Anónimo, 2010).

Cosecha de Producto Fresco

El sacrificio de los peces destinados a comercialización en fresco, se lleva a cabo transportando a los mismos desde el estanque de depuración hasta un contenedor con agua fría y limpia (McGinty y Rokocy, s/f; Lovshin, 1997).

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 empaca 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 (McGinty y Rokocy, s/f; Lovshin, 1997).

Control de Plagas

Debe entenderse como plaga a una situación en la cual un animal produce daños económicos, normalmente físicos, a intereses de las personas (salud, plantas cultivadas, animales domésticos, materiales o medios naturales). La situación en la que un organismo vivo (patógeno) ocasiona alteraciones fisiológicas en otro, normalmente con síntomas visibles o daños económicos. Generalmente, las plagas son insectos, roedores o cualquier otro animal que ocasione problemas de contaminación en el producto. Dichos animales no solo afectan al pez, sino que pueden transmitir enfermedades a través de la cadena alimentaria.

Debe existir un control adecuado de las plagas, ya sea fumigaciones, trampas u otro método que impida la proliferación de dichos organismos. Sin embargo con esto también se debe tener mucho cuidado. El uso inadecuado de sustancias químicas para el control de plagas, puede ocasionar una contaminación importante y un daño a los consumidores.

Generalmente, en un sitio con control de calidad adecuado, no existen problemas de proliferación de plagas, por lo que es necesario contar con una higiene correcta que evite la aparición de dichos organismos. También debe capacitarse al personal en cuanto al manejo de los desechos, alimentos y demás sustancias que pudieran atraerlos.

Cuando se trata de erradicar una plaga, es necesario que lo hagan especialistas o personal capacitado, así mismo se debe verificar que el químico o método empleado sea aprobado por la normatividad vigente, para evitar cualquier problema (Martins, 1994)

Sanidad

Dentro de la tecnología de cultivo, la sanidad acuícola ocupa un lugar de interés debido a la necesidad que existe de poner en práctica los procedimientos para prevenir y controlar las enfermedades que potencialmente limitan la producción. Es bien sabido que las enfermedades son causa de pérdidas económicas importantes y

son responsables de mortalidades masivas en las fases de cría y alevines. (Anonimo, 2010).

Los peces no mueren, en todos los casos, por causa de agentes patógenos, también pueden verse afectados por factores físicos, químicos, biológicos o de manejo. Con el fin de evitar la mortalidad o el desarrollo de enfermedades que puedan alcanzar la proporción de epidemia, es necesario brindar un medio adecuado, con el objeto de prevenirlas antes de tener que aplicar tratamientos correctivos.

En algunas ocasiones los peces pueden presentar comportamientos que pueden alertarnos sobre algún factor que está causando tensión o sobre el desarrollo de una infección. Entre otros, dentro de estos signos anormales se cuentan los siguientes (Martins, 1994)

- Letargia y pérdida del apetito.
- Pérdida del equilibrio, nado en espiral o vertical.
- Agrupamiento en la superficie y respiración agitada.
- Producción excesiva de mucus, lo que da al pez una apariencia opaca.
- Coloración anormal.

- Erosión en la piel o en las aletas.
- Branquias inflamadas, erosionadas o pálidas.
- Abdómen inflamado, algunas veces lleno de fluido o sangre, ano hinchado y enrojecido.
- Exoftalmia (ojos brotados).

Los alevines y larvas de tilapia son severamente atacados por parásitos, los que provocan mortalidades de hasta el 50%. Los alevines de tilapia son afectados por parásitos ciliados como epistilo, chilodonella, costia, coccidiosis, trematodos monogeneos y digeneos, además de larvas de moluscos y bivalvos. Los parásitos en las larvas pueden ser controlados en gran medida con la utilización de baños de formalina a concentración de 12.0 ppm (la formalina utilizada es al 70%).

En peces juveniles y adultos el efecto de los parásitos es menor, sin embargo las tilapias pueden verse afectadas principalmente por bacterias oportunistas, las cuales se aprovechan de la mala condición del pez y condiciones adversas en el sistema de producción. Específicamente, agua de mala calidad donde están incluidos niveles bajos de oxígeno disuelto, baja tasa de recambio, temperatura baja, etc. y uso de dietas deficientes. Las bacterias oportunistas del género *Streptococcus* pueden provocar altas mortalidades (10-15%) en éstas condiciones no existe tratamiento químico preventivo que demuestre alta eficiencia para contrarrestar este problema;

no obstante, la mejor forma de prevención es garantizar un ambiente adecuado y buena alimentación (Martins,1994) En la práctica, la influencia de cierto efecto estresante acumulativo, el cual por ejemplo puede ser: exposición prolongada por varios días a nivel bajo de oxígeno disuelto hacen que el animal esté más propenso a ser colonizado por las bacterias arriba mencionadas. Quizás, esto mismo, pudiera suceder con muchos otros parámetros físico-químicos y de operación (Anónimo, 2010).

Factores que afectan a los peces en el cultivo

Factores físicos

- **Temperatura.** Las variaciones altas condicionan al animal, haciéndolos más susceptibles a las enfermedades.
- **Luz excesiva.** En sistemas intensivos con poca profundidad, los rayos solares pueden ocasionar quemaduras en el dorso del animal.
- **Gases disueltos.** El exceso de nitrógeno puede producir la enfermedad conocida como burbuja de gas (Nicovita, 2010).

Factores Químicos

- Contaminación con pesticidas, residuos de metales pesados, desperdicios agrícolas e industriales.
- Desperdicios metabólicos como el amonio y nitritos son altamente tóxicos.
- Partículas en suspensión causan daños mecánicos sobre las branquias y tapizan las paredes de los huevos, con lo cual impiden el intercambio gaseoso y se convierten en substrato para el desarrollo de hongos (Nicovita, 2010).

Factores Biológicos

- Nutrición
- Microorganismos: bacterias, virus y parásitos.
- Algas: algunas producen toxinas.
- Animales acuáticos: los moluscos como los caracoles, son focos de infección y actúan como huéspedes intermediarios en el ciclo biológico de muchos parásitos (Nicovita, 2010).

Manejo

La producción eficiente y económica de cualquier especie acuática, requiere la conjugación de situaciones como:

- **Densidad:** a medida que se intensifican los cultivos, se incrementa la susceptibilidad de los peces al ataque de los distintos agentes patógenos.
- **Precauciones sanitarias:** se deben realizar tratamientos preventivos previos al despacho y recepción de la semilla, así como medidas de cuarentena a reproductores.
- **Sistemas de filtración:** evitar que entren organismos ajenos como caracoles, peces o huevos, que son transmisores de enfermedades (Purina-méxico, 2003).

Consideraciones previas a un tratamiento.

Antes de iniciar cualquier tratamiento, es necesario hacer el análisis para determinar las posibles causas que estén originando la enfermedad con el fin de decidir cuál será el tratamiento o para aplicar los correctivos necesarios. Para ello se requiere conocer varios aspectos;

- La calidad y cantidad de agua que se va a usar en el tratamiento. Así, factores como pH, dureza y temperatura pueden incrementar la toxicidad de algunos químicos o disminuir su efectividad terapéutica.
- La especie. el estado y edad del pez de diferentes especies y edades, reaccionan en forma diferente a la misma droga.
- La sustancia química a utilizar. Debería ser conocida la concentración porcentaje de ingrediente activo, tolerancia, dosis, tiempo de permanencia como residuo y forma de empleo, así como su interacción con factores tales como temperatura, pH, dureza y alcalinidad.
- El diagnóstico de la enfermedad o la identificación del patógeno que está afectando la población. El tratamiento que se escoja dependerá del número de peces, edad y tipo de explotación (Purina-México, 2003)

Organismos patógenos más comunes

Las tilapias se caracterizan por tolerar aguas adversas mejor que la mayoría de las especies acuícolas. La calidad ambiental juega un papel importante en el proceso de las enfermedades; las tilapias han sido clasificadas como “resistentes a las enfermedades”. Esto básicamente significa que a la mínima presencia de seres

patógenos, ellas son las últimas en enfermar. En otras palabras, las tilapias son más resistentes a enfermedades virales, bacterianas y parasitarias que otros peces comúnmente cultivados, especialmente a temperaturas óptimas de crecimiento. (Monteverde, 2003).

- **Bacterias**

Las más comunes que pudieran presentarse durante el cultivo son las de los géneros *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Corynebacterium*, *Vibrio*, *Flexibacter*, *Cytophaga*, *Mycobacterium* y *Nocardia*. Estas bacterias producen enfermedades como septicemias hemorrágicas bacterianas, enfermedad bacteriana del riñón, vibriosis, la enfermedad del pedúnculo caudal, enfermedad bacteriana de las branquias (Monteverde, 2003).

- **Hongos**

Los más importantes están representados por los géneros *Saprolegnias*, *Ichthyophonus*, *Branchiomyces* y *Dermocystidium*. Estos organismos son los responsables de enfermedades fúngicas de la piel, branquias, hígado, corazón y otros órganos que se infectan a través de la corriente sanguínea. Los hongos pueden causar la muerte por anoxia de gran número de huevos, crías, alevines y adultos. (Monteverde, 2003).

- **Ectoparásitos**

Dentro de los ectoparásitos más comunes se encuentran los *Ciliofora*, como: *Icthyophthirius*, *Chilodonella*, *Trichodina*, y *Trichophyra Apiosoma*.

Los monogeneos como *Gyrodactilus* y *Dactylogirus* los cuales provocan úlceras y lesiones, destruyendo tanto aletas como branquias; principalmente en los alevines y en menor grado en los adultos, debido a su actividad de nutrición y por la acción de los ganchos y del órgano de fijación (Monteverde, 2003).

- **Los copépodos**

Géneros como *Lernaea* y *Argulus* se encuentran entre los copépodos ectoparásitos más peligrosos.

Ellos, a través de un órgano de fijación producen heridas que son fácilmente adelgazantes y se tornan anémicos, lo que finalmente les produce la muerte (Monteverde, 2003).

Métodos de tratamientos

Es imprescindible la prevención, en cada una de las fases de cultivo, evitando situaciones de estrés a los organismos. En primer lugar, la mejor manera para evitar

enfermedades esta en comprar peces limpios (Monteverde, 2003; Wicki y Gromenida, 1998).

Externos

Cuando se realiza en forma de baño. Puede ser de varias formas:

- **Inmersión:** Altas concentraciones del producto terapéutico en el agua y tiempos cortos de exposición del pez a este producto.
- **Adición del químico a la entrada del agua** (es necesario conocer el flujo de entrada para evaluar la concentración).
- **Baño corto:** Se adiciona una solución patrón al estanque por período cortos y se distribuye de manera homogénea.

Baño largo: Similar al anterior pero en exposiciones prolongadas (Monteverde, 2003; Wicki y Gromenida, 1998).

Sistémicos

Incorporados al alimento

- **Inyección:** para reproductores de alto valor comercial y genético (intraperitoneal o intramuscular).

- **Tratamiento biológico:** está destinado para acabar con organismos hospederos como el caracol, aves o crustáceos. Puede ser manual, con sistemas de filtros en la entrada del agua o con mallas por encima de los estanques.

- **Incluido dentro del alimento:** debe adicionarse en el momento de la mezcla del alimento para que se incorpore dentro del pellet de manera homogénea.

Aspersión del alimento: el medicamento es rociado sobre el alimento por medio de un vehículo como el alcohol o aceite de pescado, pero su eficiencia depende de la solubilidad del producto en el agua (Monteverde, 2003; Wicki y Gromenida, 1998).

Comercialización

El sistema de entrega del producto puede variar desde la venta a pie de estanque en el establecimiento, hasta la presentación del producto empacado en pescaderías o supermercados (Monteverde, 2003).

En México existen tres puntos de la trayectoria del producto en que este es objeto de comercio: en el mercado de producción, en el mercado de mayoreo y semi-mayoreo, en el mercado detallista. Este último pone los productos al alcance del consumidor o comprador.

La compra venta de la producción de tilapia tiene lugar directamente entre los productores o pescadores y los introductores mayoristas, quienes acuden a los sitios de desembarque o a pie de granja y compran a los productores o pescadores y los introductores mayoristas, quienes acuden a los sitios de desembarque o a pie de granja y compran a los productores a precios muy bajos, ya que, en la mayoría de los casos, estos no tiene alternativas de venta, principalmente por la falta de agresividad del pescador o por falta de proceso post-cosecha que otorgue mayor vida o mayor precio al producto.

La tilapia es un producto con un amplio mercado, tanto en el interior del país como en el extranjero. La demanda comprende varias presentaciones, desde el pescado fresco entero, hasta congelado, eviscerado, fileteado, ahumado y otras más elaboradas (Alamilla, 2010).

A manera de ayudar al productor a obtener los mejores beneficios de su producto, idealmente debe identificar el mercado antes de sembrar, sin embargo planea siempre la comercialización hasta antes de que se coseche. No tener un plan de comercialización causará frustración y reducirá su oportunidad de tener una empresa de provecho. La mayoría de los pescadores pueden vender su producto vivo o procesado.

Varios mercados posibles existen para los peces. Cuales mercados son mejores para poder depender del número o volumen de peces que el productor tiene que vender, su capacidad de transportar los peces, su capacidad de procesar los peces, y su proximidad a mercados. Los posibles mercados incluyen (Masser, 1988):

- Venderlos vivos directamente a los consumidores.
- Venderlos directamente a los consumidores de pescados procesados.
- Venderlos vivos con cuotas de pesca o redadas al pie del estanque.
- Ventas a plantas de procesamiento local.
- Ventas a restaurantes locales o almacenes que venden alimentos comestibles o ultramarinos.

Los productos pesqueros, con solamente unos cuantos cientos de peces a vender encontrarán probablemente su máximo beneficio en las ventas directas al consumidor. Las ventas de pescados vivos o procesados reducen los costos del intermediario y traen todo el beneficio de regreso al piscicultor. Ventas de pescados vivos a la orilla del estanque o comercialización en el lugar de las granjas también eliminan la necesidad de procesar los pescados. Los mercados de venta en vivo pueden tomar un tiempo para desarrollarse pero son mercados excepcionalmente provechosos (Masser, 1988).

Situación económica en México

La tilapia es una especie de gran oferta y demanda en el país, su consumo es el más alto entre las especies de agua dulce. El análisis de mercado está basado en la tilapia común (gris o café oscuro), que es la que mas se comercializa en mayores volúmenes en el país, sin embargo, se considera que para el mercado nacional, la tilapia roja podrá atender el nicho más amplio de la sociedad (clase media), y por lo tanto, su comportamiento ira acorde al presentado por la tilapia común (Alamilla, 2002).

Situación económica internacional

El cultivo de las variedades rojas de tilapia, tendrá una vocación para la explotación, ya que el mercado internacional, especialmente el de los Estados Unidos, presenta una demanda creciente de este producto, principalmente en la presentación de pescado entero eviscerado. Sin embargo, se destaca que este mercado es en extremo exigente en lo relativo a calidad, tamaño y estado sanitario del producto. Derivado de lo anterior deberán incrementarse las medidas sanitarias, mejorarse y sostener las condiciones de calidad del producto (Gonzales, 2002).

Tendencias futuras en América

Según Fitzsimmons (s/f) las tendencias futuras de la producción de tilapia en las Américas incluyen:

- Se favorecerá la intensificación en cada país prácticamente.
- La producción será de 75% *O. niloticus*, 20% líneas rojas, *O. aureus* y *O. mossambicus* principalmente para hibridación.
- La producción será de 50% en estanques intensivos, 25% en jaulas y 10% en sistemas intensivos de recirculación.
- El procesamiento y “valor agregado” será intensificado en los países productores.
- La producción en las Américas alcanzará las 500,000 toneladas métricas para el 2010 y 1, 000,000 de toneladas métricas para el 2020.
- El policultivo con camarones llegará a ser común en la mayoría de las áreas camaroneras.

CONCLUSIONES

Conforme a la literatura revisada sobre este t3pico, se puede concluir:

- La tilapia es una de las especies de peces que por sus caracter3sticas puede tener un futuro promisorio en la acuicultura.
- En primer lugar, existen ya varias tecnolog3as de cultivo diferentes, algunas de las cuales permiten producir tilapias a costo relativamente bajo.
- La carne de tilapia es blanca en general y puede utilizarse para preparar filetes de pescado blanco, que constituyen los productos b3sicos del comercio pesquero internacional.
- Se ha difundido fuera de 3frica y ha sido cultivada en todas partes del mundo tropical y probablemente se posicione como el pez de agua dulce m3s extensamente cultivado.
- La tilapia es un pez de buen sabor y r3pido crecimiento, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas, tolera bajas concentraciones de ox3geno, es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques, y puede ser manipulado gen3ticamente.

LITERATURA CITADA

- Anónimo, 2010; <http://es.wikipedia.org/wiki/Tilapia>
- Anónimo, 2010; <http://es.wikipedia.org/wiki/Pisces>
- Anónimo, 2010, www.alicorp.com.pe
- Alceste, C. 2002, *Mercado y comercialización de Tilapia en los Estados Unidos y la Unión Europea*, Panorama Acuícola. Vol. 7 No. 2
- Alamilla T., H. 2002. Cultivo de tilapia. México
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/tilapia/tilapia.htm>.
- Arredondo, G. y M. Lozano. La acuicultura en México. Universidad Autónoma Metropolitana. México. 2003
- Arredondo, F., J. L. 1975. Algunos aspectos sobre la taxonomía de la tilapia. *Piscis* 1(2):24-28.
- Cabañas, L.P.1995. Diseño y operación de un sistema intensivo de cultivo de crías de tilapi (*Oreochromis spp*). Tesis de Licenciatura. UNAM. México, D.F.
- Castillo, L.F. 2001. Expectativas en la comercialización de tilapia roja en el año 2001. *Panorama Acuícola*. 6 (6):48-50.
- Espejo G. C. 2001. Manejo industrial de las tilapias. Especialista en Acuicultura Candidato a maestría Universidad Nacional de Colombia
<http://www.carlosespejo.com.co/>
- Castillo, L. F. 2003. Tilapia roja. Una evolución de 22 años, de la incertidumbre Al éxito. Cali, Colombia. <http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/Castillo.pdf>.
- CENDESPESCA (Centro de Desarrollo Pesquero). 2001. Guía técnica para el cultivo de la tilapia en estanques. Ministro de Agricultura y Ganadería. El Salvador. C.A. <http://www.Agronegocios.gob.sv/comoproducir/guias/GUIA%20TECNICA%20TILAPIA.pdf>.
- CEA (Centro de Estudios Agropecuarios). 2001. Piscicultura. Grupo Editorial Iberoamerica. México, D.F. Pp. 10,36-37, 91.
- Chang, S. L., C. M. Huang y I.c. Liao. 1988. Effects of varios feeds on seed production by Taiwanese red tilapia. *In: Proceedings of the 2nd International*

Sinposium on Tilapia in Acauculture. Pullin, R.S.V., Rhukaswan, T., Tonguthai, K. and Maclean, J.L. (eds.). ICLARM, Bangkok.

Delgadillo, S. M. 1998. Sincronización de la producción de *oreochromis mossambicus*, su reversión sexual y alevinaje a escala comercial. Taller: la planta experimental de la producción acuícola 5 años después de su creación. UAM-I. Pp. 67-75.

Dunham, R. A., k. Majumdar, E. Hallerman, D. Bartley, G. Mair, G. Huluta, Z. Liu, N. Pongnata, J Bakos, D. Penman, M. Grupa, P. Rothlisberg and G. Hoerstgen-Schwark. 2001. Review of the Status of Aquaculture Genetics. *In* The Third Millennium. Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium. R.P Subasinghe, P. Bueno, M.J Phillips, C. Hough, S.E. McCladdery and J.R. Athur. (eds.). Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000. NACA, Bangkok and FAO, Rome. Pp. 137-166.

El Sayed, A.F. M. and S.I. Teshina. 1991. Tilapia nutrition in aquaculture. *Reviews in aquatic sciences*. 5 (3-4): 247-265.

Fitzsimmons, K. 1997. Introduction to tilapia nutrition. *In*: Tilapia Acuaculture: Proceedings of the Fourth international Symposium on Tilapia in Acuaculture. Fitzsimmons, K. (ed.). Northeast Regional Agricultural Engineering Service Publication, No. NRAES – 106. Ithaca, N. Y. p.p. 0-12.
[Http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/nutrition.doc](http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/reports/nutrition.doc).

Fitzsimmons, K. s/a tilapia Production in the USA and Latin America. American Tilapia Association.
[Http://www.ag.arizona.edu/azacua7ista/Malasya/Tilapia%20production%20in%20the%20USA%20and%20andlatin%20America.doc](http://www.ag.arizona.edu/azacua7ista/Malasya/Tilapia%20production%20in%20the%20USA%20and%20andlatin%20America.doc).

Fitzsimmons, K. 2002. ¿What is the nutritional value of tilapia? American tilapia Association.
[Http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/nutrition.htm](http://ag.arizona.edu/azaqua/ista/nutrition.htm).

Gonzales, M., M. 2002. Comportamiento de la tilapia del Nilo (*oreochromis niloticus* variedad Stirling) en la reversión sexual, aplicando diferentes tasa de frecuencias alimenticias. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. pp. 1.

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

Jauncey, K. y B. Ross. 1982. A Guide to Tilapia Feeds and Feeding. University of Sterling, Scotland.

Lovshin, L. L. 1997. Tilapia farming: A Growing Worldwide Aquaculture Industry. *In: Simposio sobre Manejo e nutricao de Peixes. Anais. Campinas: Colegio Brasileiro de Nutricao Animal. Pp. 137-164.*

Nicovita, A. (s/f). Manual de Crianza de Tilapi. Alimentos Balanceados. Disponible en: http://www.nicovita.com.pe/pdf/esp/manuales/man_tilapia_01.pdf

Saavedra, M. A. (2003).- Introducción al Cultivo de Tilapia. Coordinación de Acuicultura, Departamento de Ciencias Ambientales y Agrarias, Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua. Mayo, 2003.

Martins, D. 1994. Manual de Piscicultura Tropical, Proenca, IBAMA, Brasilia, Brasil.

Masser, M.P. 1988.. ¿What is Cage Culture? Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 160. USA. <http://srac.tamu.edu/160fs.pdf>.

McGinty, A. S. y J. E. Rokocy. (s/f). Cage Culture of Tilapia. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 281. USA.

Morales D.A. 2003, Biología Cultivo y Comercialización De Tilapia, 1ª. Edición, AGT Editor, S. A. México 03.

Monteverde R. P. 2003. Perfil de Productot. Tilapia. Proyecto CORPEI – CBI. Expansion de la oferta exportable de acuator
http://www.ecuadorexporta.org/productos_down/perfil_de_tilapia_en_ecuador342.pdf.

Phelps, R. P. y T. J. Popma. 2000. Sex Reversal of Tilapia. *In: Tilapia Aquaculture en the Americas. B. A. Costa-Pierce and J.e. Rakocy, (eds.). Vol. 2. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Lousiana, States. Pp. 34-59.*

Popma, T. J. y L. Lovshin. 1994. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Auburn, Alabama, USA.

Popma, T. and M. Masser. 1999. Tilapia. Life History and Biology. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Publication No. 283. USA. <http://srac.tamu.edu/283fs.pdf>.

Purina-México. 2003. <http://www.agribands.com.mx/Screens/Tilapia.aspx>.

Santiago, C.B., M. B. Aldaba, E. F. Aubuan, y M.A. Laron. 1985. The effects of artificial diets on fry production and growth of *Oreochromis niloticus* breeders. *Aquaculture*. 47:193.

Shiau, S. Y. 1997. Utilization of carbohydrates in warmwater fish – with particular reference to tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*. 151:79.96.

Stickney, R.R. 1996. Tilapia update, 1995. *World Aquaculture* 27 (1):45-50.

Suresh, A. V. 2000. Ultimos avances en el manejo de reproductores de tilapia. *Revista Aqua TIC*, No. 10

Trewavas, E. 1983. Tilapine Fishes of the Genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), London.

Trewavas, E. 1973. On the Cichlid Fish of the Genus [Pelmatochromis] on the Relationships between Pelmatochromis and Tilapia and the Recognition of Sarotherodon as a Distintic Genus. *Mus. (Nat. Hist.)*.1-26.25. *Bull. Brit.*

Wicki, G. A y N. Gromenidad. 1998. Estudio de desarrollo y produccion de Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Aqua TIC*, n° 2. <http://www.revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=c=26>.