

II . REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA ESPECIE

La tilapia se ha introducido en todo el mundo y se cría de manera generalizada en los trópicos y las zonas subtropicales. Este pez presenta muchos atributos adecuados para su domesticación y cría. Entre ellos se incluyen la buena calidad y el sabor de su carne, una gran tolerancia a distintos entornos, su resistencia a muchas enfermedades habituales de los peces y la relativa facilidad de reproducción que presenta en cautividad. Durante los años de introducción de especies de tilapia se fué creando una equivocada creencia de que las tilapias tenían sabor a tierra, asumiendo, según esa creencia, que estos peces comían tierra; este sabor especial se debe al alga *oscillatoria* que florece en aguas con alto contenido de materia orgánica y bajo recambio; al industrializarse y tecnificarse esta explotación, se elimina dicha alga y por supuesto el sabor a tierra desaparece (Estevez, 1990).

2.1.1. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT.

Dentro de áreas originales de distribución, las tilapias han colonizado hábitats muy diversos; arroyos permanentes y temporales, ríos anchos y profundos, lagos profundos, lagos pantanosos, lagunas de agua dulce, salobres o saladas. Las tilapias cultivadas habitan por lo general en aguas lenticas (poca corriente), permaneciendo en zonas poco profundas y cercanas a las orillas donde se alimentan y reproducen (Arboleda, 1990).

2.1.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

| | |
|---------------|----------------------------------|
| Nombre común: | Tilapia Negra (tilapia del Nilo) |
| Familia: | Cichlidae (Cíclidos) |
| Subfamilia: | Pseudocrenilabrinae |
| Género: | Oreochromis |
| Especie: | <i>Oreochromis niloticus</i> . |

La tilapia roja es el resultado del cruzamiento de las siguientes especies: (Eckert, 1991).

Oreochromis mossambica (Tilapia Mozambique)

Oreochromis aureus (Tilapia Dorada)

Oreochromis homnorum (Tilapia Mojarra)

Oreochromis niloticus (Tilapia del Nilo)

La tilapia roja, pez que taxonómicamente no responde a un nombre científico, es el producto del cruce de cuatro especies de tilapia: tres de ellas de origen africano y una cuarta israelita; el cruce selectivo permitió la obtención de un pez cuya coloración fenotípica puede ir desde el rojo cereza hasta el albino, pasando por el animal con manchas negras o completamente negro (López, 1998).

2.2. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA

2.2.1. ESTRUCTURA

Los peces, en general, presentan una forma ahusada, con el cuerpo moderadamente aplanado en los lados y más afilados en la zona de la cola que en la cabeza. Sus principales rasgos son el juego de vértebras repetido en serie y los músculos segmentados que permiten al pez desplazarse moviendo se cuerpo en forma lateral (Bauer, 1959).

2.2.1.1. CABEZA

En ella se encuentra la boca, cuya forma varía según lo que come el pez. Igualmente los dientes están adaptados al tipo de alimento. Los orificios nasales están ubicados arriba de la boca, su función es solamente oler (no sirven para respirar) (Muñoz, 1991). Algunos peces (ej. el nicuro y el bagre) presentan unos filamentos (barbas o barbillas) más o menos largas cuya función es sensorial y le permiten hallar alimento (Bauer, 1959).

En la parte trasera y a cada lado se encuentran unos huesos con forma de tapas (opérculos) que protegen a las branquias (agallas) (Fig. 1). Cada una de ellas está formada por un hueso en forma de arco al que están adheridas unas laminas rojas llamadas láminas branquiales (sirven para respirar), al otro lado hay unos pequeños dientes en forma de peine (branquiespinas) que sirven de filtro a pequeños trozos de alimentos (Estevez, 1970).

2.2.1.2. TRONCO

Va desde la cabeza hasta el ano (Fig. 1). En ella se encuentran órganos como la vejiga natatoria, estomago intestino, hígado, riñones, ovarios o testículos (Hepher, 1959).

2.2.1.3. COLA

Inicia después del ano y termina en la aleta caudal (Fig. 1). Algunas veces las aletas anal y dorsal se encuentran sobre la cola (Arboleda, 1959).

2.2.1.4. ALETAS

Hay dos tipos de aletas (pares e impares), las pares corresponden a las patas de los animales terrestres, son por lo general cuatro: dos pectorales (situadas detrás de

los opérculos) y dos aletas pelvianas que pueden estar detrás de las pectorales o más atrás del vientre (Bauer, 1959).

Las aletas impares (Fig. 1) son la aleta dorsal (sobre el lomo, pueden ser dos), la aleta caudal (en la extremidad de la cola) y la aleta anal (detrás del ano). Hay peces que no tienen ciertas aletas (Bauer, 1959).

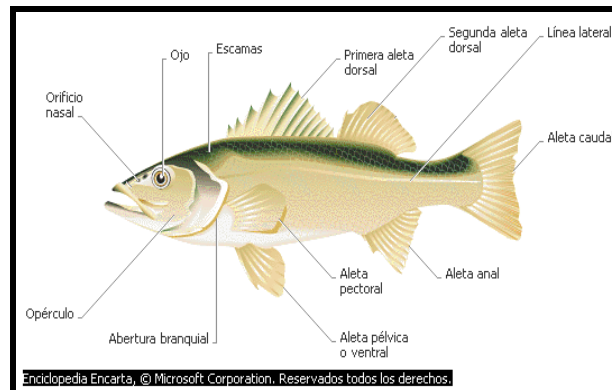


Fig. 1. Estructura externa del pez

2.2.2. SISTEMA OSEO

La cubierta escamosa de un pez constituye su esqueleto dérmico (Fig. 2). El endoesqueleto (o esqueleto óseo interno) de la mayor parte de los peces actuales está formado por un cráneo con mandíbulas equipadas de dientes, una columna vertebral, costillas, un arco pectoral y una serie de huesos ínter espinales que sustentan las aletas. (Braun, 1970).



Fig. 2. Sistema óseo de peces

2.2.3. SISTEMA DIGESTIVO

El aparato digestivo comienza en la boca, continuando con la faringe, la cual está perforada lateralmente por los arcos branquiales. La faringe se continúa en el esófago, que es muy elástico y disponiendo de células secretoras de una sustancia mucilaginoso que favorece el avance del bolo alimenticio hacia el estómago. Es de destacar que en algunos grupos de peces no existe el estómago y sus veces las realiza el intestino, caso de los Cipriniformes. Los peces no disponen de glándulas salivales, siendo estas sustituidas por glándulas mucosas (Braun, 1970).

Es característica una diferenciación en tamaño del intestino, dependiendo de la alimentación de los peces, es corto en los de los peces depredadores carnívoros y largos los de los herbívoros (Braun, 1970).

Órganos tales como el hígado o el páncreas forman parte del aparato digestivo, teniendo funciones de favorecimiento de la digestión, por ejemplo la regresión de bilis e incluso de generación de reservas como es el caso de formación de glucógeno (Braun F, 1970).

2.2.4. RESPIRACIÓN

La función respiratoria es realizada mediante las branquias o agallas, situadas a ambos lados de la cabeza. Estas cavidades están protegidas por los opérculos que tienen facultad de movimiento para ayudar a la renovación de agua en las branquias o cerrar y protegerlas de cualquier agente externo (Fig. 3). El intercambio gaseoso se produce al llegar la sangre venosa, cargada de anhídrido carbónico a las laminillas de las branquias, cediendo por ósmosis al agua y recogiendo oxígeno. Las laminillas de las branquias están constituidas por una delgada piel muy vascularizada implantadas sobre arcos rígidos. Para que se realice el intercambio gaseoso el agua ha de circular desde la boca hasta las branquias. En el borde interno de los arcos branquiales se encuentran las

branquiespinas utilizadas para retener los alimentos (Burrows y Chenoweth, 1970).

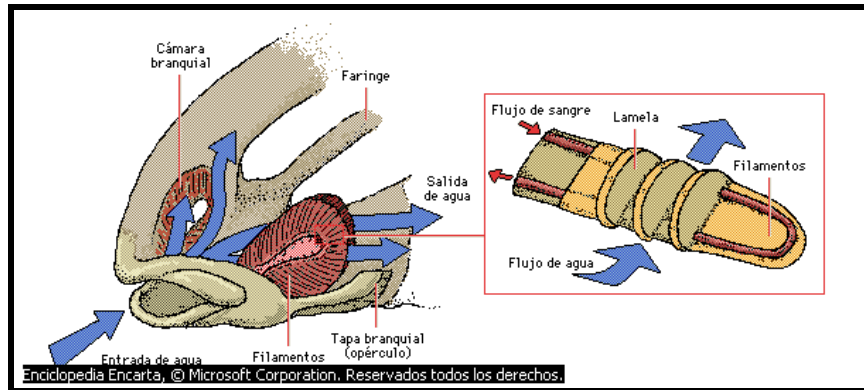


Fig. 3. Forma de respiración de los peces

2.2.5. ÓRGANOS REPRODUCTORES

Los órganos reproductores de los peces son como un saco de cuya pared interior nacen los huevos o el espermatozoos (lecha). En los individuos que todavía no han llegado a la madurez, las gónadas son muy pequeñas y aparecen vacías, pero tan pronto como se inicia la maduración se llenan de células germinales. La emisión de los productos sexuales tiene lugar a través de un corto canal que desemboca inmediatamente detrás del ano (Burrows, 1970).

Al acercarse el momento de la madurez sexual los peces buscan un lugar adecuado para efectuar la puesta. Para realizar esta puesta son necesarias unas condiciones particulares para cada especie, algunas son tan exigentes en cuanto a la temperatura del agua se refiere que sólo frezan dentro de límites muy estrechos (Burrows, 1970).

2.4.6. CIRCULACIÓN SANGUÍNEA

La característica de la sangre de los peces los hace calificarse como hemácrinos, es decir animales de sangre fría y roja. Esa temperatura está en consonancia con la

del medio en el que se encuentran. El corazón se caracteriza por presentar una sola aurícula y un ventrículo circulando por la sangre venosa. El corazón impele esta sangre hacia las branquias donde se realiza el intercambio de gases y posteriormente circula por las arterias a los diferentes órganos donde cede el oxígeno y recoge el dióxido de carbono, circulando por la venas hasta el corazón reiniciándose el proceso (Chesness, 1971).

2.4.7. VISION

Provisto de un cristalino duro y esférico el ojo de los peces resulta vital para la gran mayoría de ellos. El ojo de gran tamaño se caracteriza además por presentar el mismo índice de refracción que el agua, encontrándose que el cristalino se proyecta algo por detrás de la pupila, garantizando de esta manera que lleguen más halos de luz al mismo. El campo visual por ojo está comprendido entre los 150° verticales y los 170° horizontales poseyendo visión binocular entre 20° y 30° de forma frontal. Igualmente posee una gran capacidad de visión nocturna lo que les hace ser en su mayoría noctámbulos (Fig. 4).

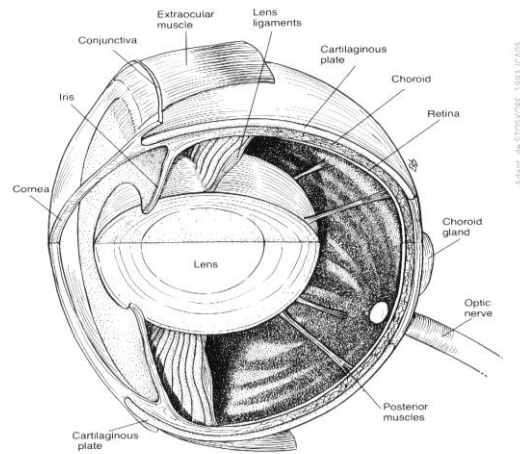


Fig. 4. Anatomía del ojo.

Características generales del ojo de peces

- Sin parpados - algunas especies de teleósteos (ej. escómbridos, clupeidos) poseen un “párpado adiposo” NO MÓVIL
- Aplanado anteriormente
- Cristalino esférico
- Escasa o nula capacidad de cambiar el diámetro pupilar.

Con “cuerpo coroideo” (glándula coroidea) en muchos teleósteos. Es una *rete mirabile* en forma de herradura, ubicada alrededor del nervio óptico “importante para la visión en predadores activos” (Chesness, 1971).

2.4.8. AUDICIÓN

Del mismo modo que el resto de los vertebrados los peces están dotados de oído interno que les dota de gran capacidad de audición, teniendo en cuenta que además en el medio acuoso el sonido se desplaza a mayor velocidad que en el aire. Este oído interno está conformado por el laberinto, que posee tres conductos de sección semicircular y tres cavidades que alojan el órgano responsable del equilibrio (Fig. 5).

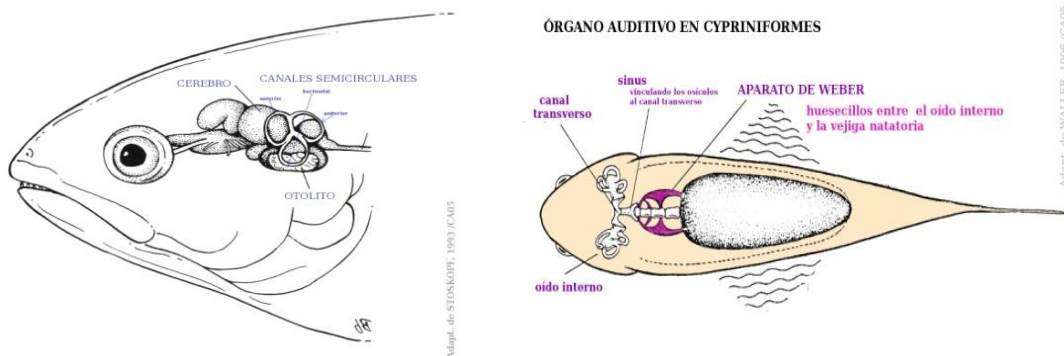


Fig. 5. Anatomía de la audición.

Estas tres cavidades contienen los otolitos, concreciones calcáreas, que reposan sobre pelos sensoriales. La tercera cavidad es la responsable de controlar el equilibrio. En algunas especies la capacidad de audición se ve ampliada por la interrelación entre el laberinto y la vejiga natatoria a través de una cadena de huesecillos que forman el llamado órgano de Weber. Por las partes laterales la vejiga natatoria se encuentra unida a la piel por lo que actúa de caja de resonancia, amplificando los residuos y transmitiéndolos al oído por el citado órgano de Weber (Chesness, 1971).

2.2.9. MOVIMIENTO

El desplazamiento de los animales se realiza mediante el movimiento ondulatorio de la región caudal, que se ve favorecido por la forma fusiforme de los peces. Algunas especies han desarrollado aletas dorsales y anales largas que contribuyen a ampliar la facultad de desplazamiento (Eckert, 1991).

Debido a que el flujo sanguíneo muscular es pequeño, los peces no mantienen velocidades de crucero elevadas puesto que su resistencia no es elevada. (Eckert, 1991).

2.2.9.1. ALETAS PECTORALES.- los movimientos lentos están efectuados por las aletas pectorales que les facultan para realizar planeos o bruscas detenciones (Eckert R, 1991).

2.2.9.2. ALETAS VENTRALES.- las aletas ventrales tienen función estabilizadora o punto de apoyo para aquellas especies cuya vida se desarrolla por completo en los fondos marinos.

2.2.9.3. VEJIGA NATATORIA

Es el órgano encargado de mantener el nivel de los animales. La vejiga natatoria esta consiste en una gran cámara de aire. En un principio esta vejiga carece de aire

pero prontamente es recargada en algunas especies, los alevines ascienden a la superficie para recoger aire puesto que en un principio la vejiga se encuentra unida al esófago a través de un conducto neumático que prontamente desaparece (Chesness, 1971).

2.2.10. OLFATO

El sentido olfativo se realiza a través de dos orificios situados a cada lado del rostro, no estando los conductos nasales comunicados con la boca. El olfato es de gran importancia ya que cuando la visibilidad en las aguas es escasa bien en épocas de crecidas o por movimiento de las mareas, esta sirve de guía para la obtención de los alimentos (Burrows, 1970).

En la gran mayoría de las especies cada orificio del olfato esta dividido por un tabique cutáneo que los divide en dos cámaras, la primera sirve para la entrada de agua y la segunda para su salida (Burrows, 1970).

2.2.11. GUSTO

El gusto se encuentra reflejado en las papilas gustativas, en las especies que las poseen y en las células sensoriales enclavadas en la barbilla que se encuentran en la zona inferior de la boca, repartidas por todo el cuerpo del animal (Burrows, 1970).

2.2.12. TACTO

En algunas especies, radica en órganos táctiles propios, pero en general el tacto radica en la línea lateral. Este órgano se encuentra comunicado con el oído y es muy sensible a cualquier tipo de vibración de temperatura o variación de salinidad, etc. (Burrows, 1970).

2.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS

2.3.1. REPRODUCCIÓN.- La tilapia presenta un comportamiento reproductivo muy particular, los machos eligen el sitio de desove. Estos construyen un nido en forma de batea y defiende el área con movimientos agresivos el cual es limpiado constantemente esperando atraer a una hembra, la cual después del cortejo deposita los huevos en el nido o mecas (Fig. 6). El macho después de que la hembra expulsa los huevos inmediatamente expulsa el esperma cubriendo a estos para su fecundación. Una vez fertilizado los huevos son recogidos en la boca de la hembra para su incubación, la que tiene una duración de 6 a 20 días dependiendo de la temperatura del agua. Es un pez de una alta eficiencia reproductiva (una hembra de 160 gramos puede producir 100 larvas). (Cedeño, 1993)

En su reproducción la mayoría aprovecha aspectos específicos de conocimiento y de los hábitos reproductivos y/o alimenticios de la especie, en cuestión lo que les confiere diversas ventajas en cuanto a eficiencia, facilidad de manejo, ahorro de mano de obra, energía, agua, etc. (Estévez, 1990).



Fig. 6. Mecas o nidos de reproducción.

2.3.2. FECUNDACIÓN.- Las ovas o huevos como se les conoce son esféricos recubiertos por una membrana porosa, transparente y rugosa cuando se desprenden, pero al entrar en contacto con el medio se distiende volviéndose tersa. La membrana presenta un orificio llamado micrópilo por el que tiene que

penetrar el espermatozoide para realizar la fecundación. El tiempo que tiene el espermatozoide para pasar por el micrópilo es muy reducido puesto que al distenderse la membrana por el contacto con el agua se cierra, resultando imposible entonces la fecundación del huevo (Burrows, 1970).

2.3.3. TÉCNICAS DE DESOVE E INCUBACIÓN.

2.3.3.1. DESOVE.- Una vez liberados y fecundados los ovocitos, los huevos quedan librados al azar, sin protección o cuidado parental. Esta característica diferencia al “randiá” del “catfish americano”, que desova y fertiliza los óvulos dentro de nidos que construyen en los fondos de los estanques (o en contenedores especiales), no necesitándose entonces de una inducción previa. En el caso de esta última especie, el macho protege el desove hasta la eclosión y posterior reabsorción del saco vitelino de las larvas. Otra diferencia notable entre estos dos silúridos, está dada por el tipo de desove: mientras que en *Rhamdia* los óvulos son libres y caen a los fondos, en *Ictalurus* son de fondo pero adherentes, quedando aglutinados en masas gelatinosas que permiten una rápida cuantificación; aunque el eclosionador necesitará contar con sistemas más sofisticados de incubación. Básicamente, los desoves inducidos de *R. quelen*, pueden obtenerse de dos formas: a) “naturalmente” logrando la ovulación y fertilización en cautiverio en contenedores apropiados, contando con los peces ya inducidos y b) “artificialmente”, extrayendo la pareja ya inducida y obteniendo los productos sexuales por masaje abdominal (“stripping”) o sea, fecundando artificialmente los óvulos en seco, en un contenedor. En unos 10 a 15 minutos posteriores se les agrega agua y se van “lavando”; retirando el exceso de semen utilizado. Ambas técnicas ofrecen buenos resultados, sugiriéndose la “natural”, por ser los tiempos de latencia o período de inducción más cortos y obtenerse una mayor fertilización, con mucho menor estrés de los individuos; factores ambos, que favorece su recuperación (Cedeño, 1993).

2.3.3.2. INCUBACION

Periodo que comprende desde la fecundación del huevo hasta el nacimiento del alevín. Tiene una duración aproximada de 25 a 30 días, dependiendo de la temperatura del agua (a mayor temperatura menor tiempo y viceversa); esta etapa es delicada y requiere de mayor cuidado pues se necesita que el agua corra constantemente y sea de la mejor calidad posible, la temperatura deberá estar en los 22-24°C. Generalmente a los 8 a 15 días se observa la aparición de los ojos y la formación de la columna vertebral, entonces se les llaman "ova embrionada". En esta etapa la ova es fuerte y se puede manipular, siendo posible su transporte hacia otros lugares (Baroiller, 1997).

Cuando una hembra *Oreochromis* está lista para desovar, visita la zona de reproducción o *lek*. Esta zona consiste en una parte del fondo en la que varios machos han establecido nidos individuales bien defendidos. Después de un breve cortejo, la hembra deposita los huevos mientras que simultáneamente el macho los fertiliza. Entonces la hembra recoge los huevos fertilizados en su boca para *incubarlos* y abandona la zona de apareamiento (Fig. 7). Después de un periodo de incubación de 25-30 días, los alevines eclosionados son liberados en aguas poco profundas. Luego la hembra reanuda su actividad alimenticia y reacondiciona sus ovarios durante 2-4 semanas y de nuevo está lista para una nueva puesta (Arrigon, 1994).

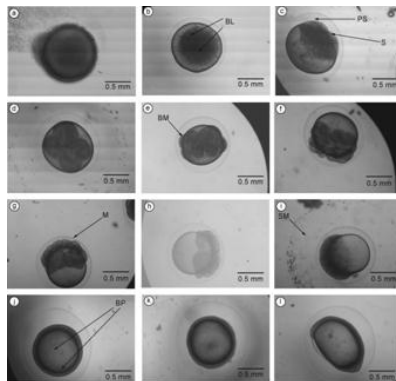


Fig. 7 A. Proceso de incubación.

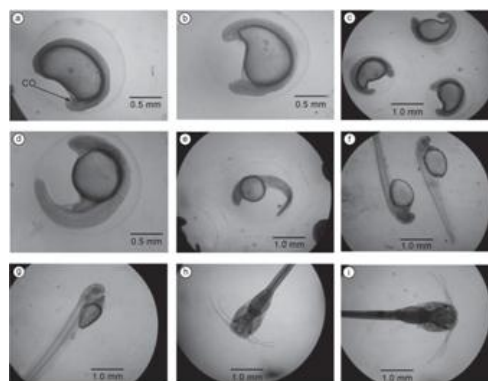


Fig. 7 B. Proceso de eclosión.

Los huevos libres se incuban en vasijas tipo Mac Donald o Chasse de diferentes volúmenes, siendo las técnicas de manejo, simples. La incubación se realiza con flujo vertical y suave movimiento del agua. La cantidad de huevos a incubar, dependerá del volumen de los dispositivos disponibles. Al nacer, las larvas son arrastradas por una suave corriente hacia canaletas que desaguan a su vez en adecuadas bateas de recepción. El desarrollo embrionario y la eclosión abarcan entre 30 y 40 horas, a 22 - 24°C. La temperatura es el factor que regula la incubación, junto al oxígeno disponible; existiendo un límite superior e inferior, por encima y por debajo del cual, se detiene el proceso o el porcentaje de eclosión disminuye ampliamente. El tiempo más corto registrado en Salto Grande, (31° S, 58° W) ha sido de 36 horas, con temperaturas de 26 y 28 °C. El Oxígeno disuelto, se mantiene en niveles no inferiores a los 5 mg/l. Si la fertilización ha sido pobre, las pérdidas serán altas; pero en una fecundación considerada normal, esta se acerca al 5 - 8% o menos (Baroiller, 1997).

2.3.4. ECLOSIÓN.- Al terminar la incubación, se rompe la cáscara y nace el pequeño pez, al que se le denomina larva; esta presenta una bolsa con vitelo, adherida a su cuerpo; por esta razón se le denomina alevín con saco vitelino. De este saco va a tomar su alimento durante 15-18 días aproximadamente; por su tamaño y peso permanece en el fondo del estanque o canal (Figura 8). Cuando ha reabsorbido un 60 - 75% de la bolsa comienza a nadar y es necesario iniciar el suministro de alimentos (López, 1998).



Fig. 8 A. Ovas en estado de ojo

Fig. 8 B. Alevines con saco vitelino.

2.3.5. ALEVINAJE.- Esta fase comprende desde la absorción del saco vitelino hasta que el pez alcanza una talla de 8cm. En esta fase se debe tomar en cuenta una buena alimentación con altos contenido de proteína (35 a 45%) (López, 1998).

2.3.6. SEXADO.- Este proceso se realiza a través de dos métodos manual y hormonal, provocando así una reversión sexual. A continuación detallamos los dos métodos (Baroiller, 1997).

2.3.6.1. SEXADO MANUAL.- Este se lo realiza manualmente y se necesita de cierta destreza por el personal que lo realiza ya que resulta muy laborioso. En muchas de las especies de tilapia que se cultiva de ambos sexos pueden ser diferenciados a simple vista debido al desarrollo diferencial de la papila genital que presentan al alcanzar un peso de 50 a 70g (Arboleda, 1990).

En el caso del macho la papila genital posee solamente un orificio, mientras que la hembra posee dos orificios y por lo general la papila es más pequeña. Puesto que la reversión no se puede efectuar con facilidad antes de que los alevines hayan alcanzado los 50g de peso, conviene prolongar la crianza de los peces hasta dicha talla y en una misma operación efectuar el sexado y la siembra en los estanques de engorde. En la práctica, es posible lograr que la población a engordar esté compuesta hasta por un 95% de machos (Fig. 9).



Fig. 9. Clasificación de reproductores

2.3.6.2. SEXADO HORMONAL (REVERSIÓN SEXUAL).- Conforme se intensifican los sistemas de engorde de tilapia, hay una creciente demanda de producción de larvas y alevines machos. Este método, ampliamente practicado de producir sólo tilapias machos, es desarrollado mediante la reversión sexual por hormonas. Este método tiene la ventaja del hecho de que el sexo de la tilapia se determina en las primeras semanas después de la eclosión y puede ser influido por la administración de andrógenos (para producir lotes exclusivamente de machos) o estrógenos (para producir lotes exclusivamente de hembras) durante esas primeras semanas. La forma preferida de administración es a través del pienso. Para que sean efectivas, las hormonas deben administrarse tan pronto como sea posible después de la eclosión. También es importante que los piensos tratados con hormonas sea la principal fuente de alimento de las larvas. Estas condiciones exigen que las larvas sean separadas de sus madres tan pronto como sea posible, lo que supone un considerable desafío en los sistemas tradicionales de producción de larvas de tilapia (Arboleda, 1990).

2.3.7. SIEMBRA DE ALEVINES.- Cuando el pez presenta una talla de los dos a tres cm. se realiza la siembra. Los alevines pueden ser transportados, dependiendo del lugar, en bolsas plásticas con oxígeno o en tanques apropiados para el efecto. Los sitios de siembra deben ser los adecuados para favorecer la sobrevivencia de los pequeños peces (Blanco, 1995).

2.3.8. REPRODUCTORES Y SU ACONDICIONAMIENTO.- En el inicio, un productor que quiera desarrollar el ciclo completo, deberá recurrir a la captura de reproductores silvestres en ambientes naturales seleccionados, manteniendo los ejemplares, bajo control de alimentación y estado sanitario. Así, el productor irá formando su propio plantel inicial, del que se extraerán posteriormente los mejores ejemplares para su reproducción controlada. También puede iniciarse con alevines o juveniles adquiridos, seleccionando y cultivando los futuros ejemplares progenitores. Los reproductores se mantienen a densidades de 400-800 kg/ha. El proceso de maduración se favorece con aumento de la corriente de agua interna en

los estanques y la alimentación es un factor preponderante, que repercute en su posterior producción de huevos y larvas (sanidad, número, tamaño y calidad de las ovas producidas). La ración empleada para mantenimiento de los reproductores es de alta proteína (35%), ofreciéndose junto a ésta, pescado fresco o congelado o bien, hígado crudo, durante los meses previos a la reproducción, para mejoramiento de los productos sexuales (últimos meses de invierno). En la época invernal se disminuye la ración peletizada a 1 - 2 veces/semana en los días de mayor temperatura y en primavera se aumenta nuevamente la oferta de ración (Hepher, 1993).

El éxito de la sobrevivencia de los alevines y crías y la calidad en general de la producción dependen, en gran parte, de la buena selección de los reproductores, por lo tanto debemos tomar en consideración las siguientes características fenotípicas:

- Tener cabeza pequeña y redondeada. (Fig. 10)
- Poseer buena conformación corporal
- Ser cabezas de lote y estar sexualmente maduro.
- Poseer un cuerpo proporcionalmente ancho comparado con su longitud, es decir que su cabeza quepa más de 1.5 veces el ancho del cuerpo.
- Poseer buena coloración, y en el caso de la tilapia roja estar libre de manchas.

(Blanco, 1995)

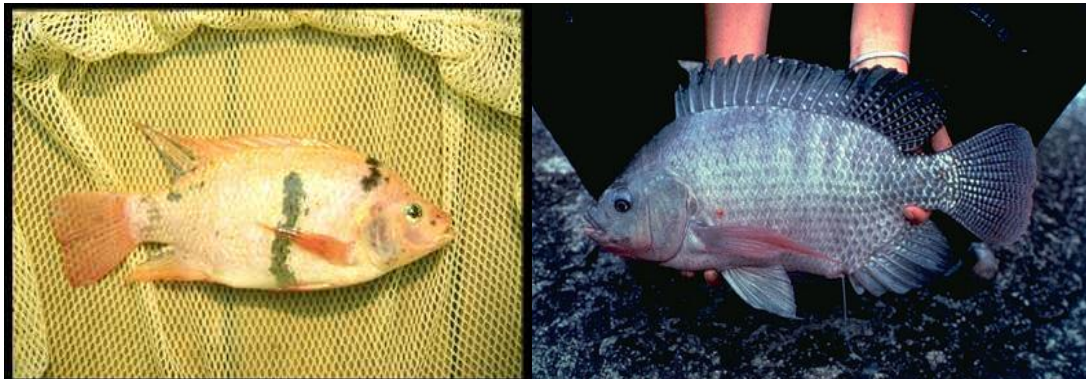


Fig. 10. Reproductores tilapia roja y negra.

2.3.9. FECUNDIDAD.- Es un pez de una alta eficiencia reproductiva (una hembra de 160 g. puede producir 372 larvas, su hábito es incubadora bucal y allí lleva los pececillos hasta cuando reabsorben el saco vitelino; esto sucede más o menos a los cinco días post-eclosión, en función de la temperatura (Cho, 1981).

La supervivencia de las larvas se verá fuertemente afectada por la cantidad de materia en suspensión, ejemplo: arcillas o carbones; conservan el instinto de recogerse todos en grupos grandes en las esquinas de los tanques de reversión sexual, lo que lleva a pensar que éstos deben ser circulares (Cho, 1981).

La tilapia es un pez con rápida maduración y numerosos desoves anuales, reproduciéndose en los estanques a temprana edad (dos a tres meses) y cada 30 días si la temperatura es apta; lo que genera una sobre población con exceso de peces pequeños, sin valor comercial (Cho, 1981).

2.3.10.- TALLA ÓPTIMA

Las características óptimas de los reproductores para el desove son: (Eckert, 1991).

- Rango de peso adulto: 1000 a 3000 g.
- Edad de madurez sexual: macho (cuatro a seis meses), hembra (tres a cinco meses).
- Número de desoves: cinco a ocho veces / año.
- Número de huevos/hembra/desove: bajo buenas condiciones mayor a 400 huevos hasta un promedio de 2500 dependiendo de las condiciones de la hembra.
- Vida útil de los reproductores; dos a tres años.
- Proporción de siembra de reproductores: tres hembras por cada macho

2.3.11. PARÁMETROS ÓPTIMOS DEL AGUA PARA LA REPRODUCCION.

- Temperatura: 24° a 29 °C
 - Dióxido de carbono: 5 a 6 ppm
 - Salinidad: 20 ppm
 - Turbidez: esta medición se procede a realizar con el disco secchy, el cual le sumerge hasta donde desaparezca el disco para tener una medición que se expresa por cm teniendo así una turbidez de 25cm.
 - pH 7 – 8
 - Amonio: 0.1 ppm
 - Nitritos: 4,6 a 5 ppm
 - Alcalinidad y dureza: 80 a 100mg de CaCO₃/l
- (Arrigon, 1994).

Cuadro 1 Características del agua para la reproducción.

| HABITAT | FAMILIA | NOMBRE CIENTIFICO | NOMBRE COMUN |
|----------------------------|-----------|-----------------------|------------------|
| Aguas cálidas 25 a 34°C | Cichlidae | Oreochromis aureus. | Tilapia plateada |
| Aguas lenticas | | Oreochromis niloticus | Tilapia plateada |
| | | Oreochromis spp. | Tilapia roja |

2.4. INSTALACIONES DE CULTIVO.

La calidad de los alevines depende también del diseño y construcción de los estanques.

2.4.1. ESTANQUES DE CULTIVO

La piscicultura tiene como elemento principal el estanque, esta palabra se entiende como aquellos recintos de agua de escasa profundidad que son empleados para el cultivo de los peces y que por sus características pueden ser

vaciados fácilmente. Los estanques no pueden ubicarse en cualquier zona, estando estos limitados por tres factores que son: la cantidad de agua, la calidad de agua, topografía del terreno. Presentan dimensiones muy variables desde escasos metros cuadrados a varias hectáreas (Arrigon J, 1994).

Estos estanques pueden tener formas diferentes en el fondo como son:

El de fondo de batea que sirve más para todo lo que es manejo de reproductores y engorde del animal (Fig. 11), en este modelo de estanque la captura de peces se realiza por medio de arrastre de redes facilitando el trabajo y la captura (Eckert, 1991).



Fig. 11. Esquema de estanques con fondo de batea.

El de doble fondo el cual tiene dos niveles de profundidad, el más profundo sirve para los animales de gran tamaño y la parte baja de este estanque para los alevines, este se usa más en cultivos donde la reproducción y eclosión se efectúa en el mismo estanque (Fig. 12). Para la captura de peces en este estanque se realiza con un vaciado del agua del estanque hasta la grada que divide a los dos pisos (Eckert, 1991).

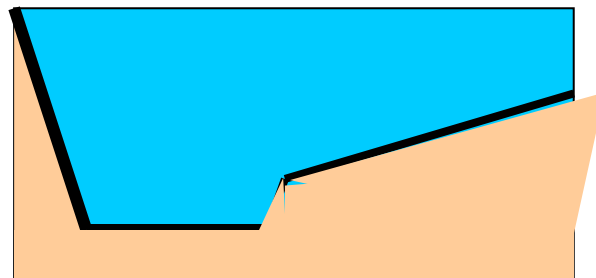


Fig. 12. Esquema de estanques de doble fondo.

Las piscinas circulares en las cuales es mejor la cría de alevines hasta dedinos, aprovechando al máximo la alimentación, manejo y control de enfermedades para luego pasarles a la fase de engorde (Fig. 13). Estos estanques pueden ser de cemento (Eckert, 1991).



Fig. 13. Piscinas circulares para crianza de alevines.

Luego de ver estos modelos de estanques se toma las siguientes precauciones:

- Dejar que el suelo se seque bajo el sol. Cuando la tierra esté llena de grietas, esparcir estiércol bien descompuesto o abono y llenar el estanque lentamente. El estanque debe tener un canal para el agua fresca que entra al estanque y uno para el agua que sale del estanque. El canal de salida no dejará que el estanque se desborde y se escapen las crías. No olvidarse de cubrir ambos canales con una red fina para mantener las crías dentro y los animales de rapiña afuera (Eckert, 1991).
- Si es posible, alimentar las crías primero con un poco de yema de huevo en polvo y luego con torta de aceite bien pulverizada (tratada al calor) y salvado de arroz. La cría de tilapia también se alimenta de pequeñas plantas y animales que viven en el agua, y llegarán a tener el tamaño de un dedo al cabo de seis a ocho semanas. Cuando las crías se hayan convertido en alevines, se pueden transferir a los estanques o vender a otros acuicultores (Eckert, 1991).

2.4.2. FERTILIZACIÓN DE ESTANQUES

La fertilización puede realizarse con sustancias inorgánicas y orgánicas. Las inorgánicas, tales como fertilizantes sintéticos conteniendo nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), sulfato de amonio, nitratos, etc., aumentan los nutrientes necesarios para el desarrollo del fitoplancton mismo, que constituye la base principal de la cadena alimenticia (Lagler, 1996).

Los fertilizantes orgánicos tales como abonos y esquiados verdes, estiércoles animales y desechos agroindustriales, a diferencia de los inorgánicos, no sólo suministran nutrientes al fitoplancton sino además constituyen directamente alimentos para los otros microorganismos animales que a su vez sirven de alimento para los peces (Fig. 14). La fertilización orgánica, por lo tanto permite subsistir parcialmente el suministro de alimento suplementario y se aplica en dosis de aproximadamente 100kg (peso seco) /ha/día (Lagler, 1996).

Al igual que en el caso de los policultivos de peces, la tilapia también puede incorporarse ventajosamente a la práctica de la Agro piscicultura, es decir a la crianza de peces simultáneamente a la de otros animales (por ejemplo: cerdos, aves, ganado) y a la de cultivos agrícolas. La Agro piscicultura permite incrementar la productividad del sistema debido al aprovechamiento integral de la materia orgánica y a la reducción de desperdicios de nutrientes (Lagler, 1996).



Fig. 14. Fertilización de estanques

2.4.3. ACONDICIONAMIENTO DE ESTANQUES DE PRE ENGORDE

Los estanques deberán prepararse previamente a las siembras y su objetivo será la obtención de las mejores condiciones sanitarias, disminución de la predación y aporte de alimento natural suficiente para las primeras semanas de cultivo, cuando la especie muestra un espectacular crecimiento. En general, la preparación se inicia ocho días antes de las siembras. Con estanques vacíos y en seco, se procede a encalar según el tipo de suelo o si los estanques han sido utilizados previamente, pudiendo consultarse al respecto, la bibliografía general. Al inicio el estanque se llena hasta 0,5m colocando a la entrada (si el agua es de superficie) y a la salida, una fina malla de retención. Se fertiliza con abono orgánico e inorgánico a una tasa dependiente del origen de cada abono, variable según el contenido del material nutriente que aporten. Utilizando abonos animales, los mejores provienen de criaderos de aves o de cerdos, pero también son efectivos los correspondientes a ganado vacuno y caballar. Otros abonos utilizados son de origen vegetal, como el afrecho de arroz. Cada uno de estos abonos ofrecerá diferente respuesta, de ahí las diferentes tasas empleadas. Para estiércol de bovino, se emplean 3000 kg/ha, mientras que para gallina, se disminuye a 400kg/ha, ambos con buenos resultados. El afrecho de arroz se aplica 150 kg/ha. Este abonado orgánico se acompaña del inorgánico, empleándose 1,5 y 5 kg/ha de urea y superfosfato triple, respectivamente (Lagler, 1996).

Para acelerar la respuesta en zooplancton, pueden sembrarse organismos de esta comunidad, originados en cultivos adjuntos, en concentrados de 2 a 10 l/ha. Las fertilizaciones pueden repetirse quincenal o mensualmente, si fuera necesario. Su efecto, se mide fácilmente con el disco de Secchi (disco de 20cm de diámetro con cuadrantes en blanco y negro), manteniendo la visibilidad del agua en los 30 - 40cm de profundidad (el disco lleva una soga con señales cada 10cm.). Si la visibilidad es mayor se agrega fertilizante y si es menor se diluye por medio de entrada de agua (Muñoz, 1991).

Entre los 3 a 4 días posteriores a la aplicación del abono, se iniciará el llenado en agua hasta la mitad del volumen del estanque, sembrando los peces, con control previo de la concentración de oxígeno disuelto. A los cuatro a cinco días de esta siembra, se completa el llenado y posteriormente se lleva a nivel máximo y se mantiene éste según pérdidas por evaporación o filtración.

En esta fase del cultivo, el productor podrá agregar posteriormente mayor abono, teniendo en cuenta que el alimento suministrado y desperdiciado, también actúa como tal y que el control del oxígeno disuelto en estos casos, es vital. Existen indicaciones para tratar los estanques en caso de existir abundancia de insectos predadores (mezcla de querosene y aceite, de 20:1 en proporción de 18 litros/ha distribuida uniformemente en superficie). La capa grasosa impedirá la respiración de las larvas de insectos acuáticos, que morirán. Este tratamiento se efectúa lejos del horario de alimentación (Muñoz, 1991).

2.4.4. ACONDICIONAMIENTO DE ESTANQUES DE REPRODUCCION

Deben tener un área entre 500 y 1500m para facilitar la recolección de alevines y la cosecha. Para asegurar una producción alta y constante, es importante monitorear con frecuencia parámetros como oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos (Lagler, 1996).

Los estanques pueden ser exteriores e interiores. Generalmente se emplean estanques exteriores para las fases de maduración de reproductores y desove. Los estanques interiores se utilizan para los procesos de reversión y precría y son cubiertos con algún tipo de plástico para mantener la temperatura constante. En los estanques de reproducción es necesario tener sistemas antipájaros como mallas, para evitar la predación de camadas y ataques a reproductores adultos (Muñoz, 1991).

Las tilapias presentan un comportamiento reproductivo muy territorial, los machos eligen el sitio de desove, construyen el nido en forma de batea, el cual es limpiado constantemente esperando atraer a una hembra. Así mismo, el área es defendida continuamente de la invasión de otros machos, con movimientos de natación agresivos. La hembra después del cortejo, nada dentro del nido, soltando los huevos, seguida de cerca por el macho, quién expulsa el esperma en la cercanía del desove; por lo que la fecundación de los huevos es externa. Una vez fertilizados los huevos, la hembra los recoge y coloca en su boca para su incubación. Este periodo tiene una duración de 3 a 6 días dependiendo de la temperatura del agua. Para la reproducción de la tilapia es recomendable mantener la temperatura en el rango de 28 a 31° C (Muñoz, 1991).

2.4.4.1. RECOLECCIÓN DE “SEMILLA”

Una vez eclosionados los huevos, la hembra mantiene las larvas en la boca por un período de 12 a 28 días dependiendo de la temperatura y oxígeno del agua.

Se deben recolectar los lotes máximo cada cinco 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 (Muñoz, 1991).

La recolección de la semilla debe realizarse en la mañana, antes de la alimentación, con sistemas de redes muy finas, cucharas de angeo y copos de tela mosquitera, para evitar el maltrato de los alevines y su mortalidad (Fig. 15).

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 (Braun, 1970).

Se deben realizar medidas profilácticas sobre cada uno de los estanques, artes 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 con de 8-10 milímetros de luz; los animales que no logren atravesarlo, se descartan y los que pasen, entran al proceso de reversión (Braun, 1970).



Fig. 15. Recolección de semilla

2.4.5. SALA DE INCUBACION

En la sala de incubación es donde se realiza el proceso fisiológico de desarrollo de las ovas fecundadas, su disposición debe favorecer el paso y la consiguiente vigilancia de ellas. Cada pila está dotado de una toma de agua y otra de desagüe independientes (Braun, 1970).

2.4.5.1. TIPOS DE ECLOSIONADORES

2.4.5.1.1. ECLOSIONADOR TIPO SILO.- Llamadas también silos de incubación, son unidades cilíndricas, generalmente de poliéster plastificado y de dimensiones variables. El agua entra por la parte inferior, donde se dispone una bandeja perforada que mantiene los huevos alejados del fondo y colabora a frenar la corriente de agua (Blanco, 1995).

2.4.5.1.2. ECLOSIONADOR TIPO ARMARIO.- Son muy conocidos por los piscicultores; constan, generalmente de varias baterías de bandejas, cada una superpuestas una bajo de otra y el agua desde la bandeja superior va pasando o

cayendo a la inferior y así sucesivamente por otras, hasta llegar a la situada mas bajo (Blanco, 1995).

2.4.6. ALIMENTACION

La alimentación se basa principalmente en concentrados y suplementos que contengan todos los nutrientes necesarios. El concentrado puede esparcirse en el agua, sobre toda la superficie del estanque o depositarla siempre en el mismo sitio (Braun, 1970).

2.4.6.1. ALIMENTCIÓN EN ALEVINES Y JUVENILES

Los alevines se deben alimentar suministrándoles una cantidad de alimento igual al 5% de su peso total, diariamente, distribuidos en tres o cuatro raciones disminuyéndose paulatinamente al 3% cuando el pez ha alcanzado un peso promedio de 30 a 40g (Hepher, 1993).

Da Silva y colaboradores encontraron que un contenido de 34 - 36 % de proteína cruda en la dieta proporciona el mayor crecimiento en alevinos de tilapia, sin embargo, por un menor costo dietario, se recomienda un nivel de proteína cruda de entre 25 y 28%. Recientemente, se objeto el uso de niveles económicos en los nutrientes en lugar de a los niveles dietarios de los nutrientes que maximizan el crecimiento. Como los lípidos “have protein-sparing efects” (efectos económicos de la proteína) en alevinos de tilapia, se sugiere la inclusión de 6 – 8 % de lípidos. El aceite de soja parece ser el mejor. La relación de proteína - energía es apropiada para expresar los niveles de proteína y energía en la dieta. Para alevinos de tilapia nilótica, se ha informado que una relación de 120 y 75 mg de proteína por Kcal. de energía digestible es la mejor para agua dulce y salobre, respectivamente (Braun, 1970).

Las proteínas son degradadas finalmente en aminoácidos, que son utilizados tanto para la producción de energía, como para el crecimiento corporal. La cantidad en

aminoácidos limitantes ingeridos, influenciará los efectos de los otros. Por otra parte, debe enfatizarse la investigación en relación a los aminoácidos limitantes, ya que el aumentar los niveles de los otros aminoácidos hasta sus rangos óptimos es un desperdicio. Los minerales y vitaminas juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los alevinos de tilapia. El requerimiento de nutrientes y los rangos óptimos de vitaminas y minerales conocidos se presentan en las Tablas 1 y 2 (Cedeño, 1993).

Los alevinos de tilapia son alimentados con harina de pescado, afrecho de arroz, o tortas de aceite por separado o con una combinación de estos en forma de polvo o en pasta. Sin embargo, las prácticas de alimentación dependen de los sistemas de cultivo. Algunos operadores de hatcheries comerciales en Tailandia que utilizan bandejas en sistemas de recirculación de agua alimentan con una fina harina de pescado (~60% CP) para abastecer nutrientes e iniciar la alimentación. El inicio de la alimentación, antes de absorbido el saco vitelino, parece beneficioso para los alevinos, pero la acumulación del alimento no ingerido puede crear problemas en el sistema (Cedeño, 1993).

Los alevinos que ya presentan natación en los sistemas de recirculación son trasferidos a hapas suspendidas de tela muy fina, en estanques de agua verde donde son alimentados con harina de pescado fina (~60% PC) mezclada con vitamina C (10 g/kg) de 4 a 5 veces al día. Si se desea revertir el sexo de las tilapias, el alimento debe ser mezclado con la hormona Methyl testosterona (MT) 60 mg/kg y los peces alimentados durante 21 días con dicha preparación. Se utiliza una harina de pescado de buena calidad (alta proteína palatable) para asegurar una ingesta del nivel de hormona requerido para la completa reversión sexual de los alevinos. Las tasas de alimentación están en el rango de 30% al inicio hasta un 10% de la biomasa, al final. Si los alevinos no se revierten sexualmente, se alimentan con harina de pescado y afrecho de arroz (1:3). Usualmente, el cuidado de los alevinos comienza cuando estos alcanzan entre 0,2 – 1,0 g. Varios productores alimentan sólo con afrecho de arroz de 4 a 5 veces al

día, algunos otros confían en el alimento natural producido con ayuda de la fertilización orgánica e inorgánica mientras que también existen productores que alimentan hasta cerca de la saciedad, con pellets preparados para catfish o camarones (Cedeño, 1993).

2.4.6.2. ALIMENTACIÓN EN CEBAS.

Se ha reportado que dietas conteniendo 27 y 35 % de proteína cruda son apropiadas para el crecimiento de la tilapia nilótica cultivada en sistemas de recirculación de agua. Desde el punto de vista de rentabilidad, los productores de tilapia pueden elegir el nivel más bajo de este rango, 25 - 27% de proteína cruda. El requerimiento absoluto de proteína puede también completarse mediante el manejo de la tasa de alimentación, aunque debe determinarse, el nivel económico necesario para cada sistema de cultivo en particular (Cedeño, 1993).

Comparada con otras especies, la tilapia es más eficiente en la utilización de carbohidratos que de lípidos para la producción de energía. Un estudio ha mostrado que dietas para tilapia basadas en almidón, son mejores que aquellas basadas en glucosa. Los almidones alfa, puede ser una fuente de cadenas cortas de ácidos grasos antes de su fermentación intestinal en la tilapia nilótica. De forma diferente a otros peces de agua dulce, que requieren ácidos grasos Omega-3, la tilapia requiere ácidos grasos Omega-6. Puede sintetizar vitamina B12 en su intestino, de manera que no necesita esta vitamina en el alimento. En agua dulce, necesitan Ca, P, Mg y algunos otros minerales, aunque la información respecto a minerales y vitaminas es limitada (Cedeño, 1993).

Los alimentos comerciales son utilizados como alimentos suplementarios en muchos países donde el uso de alimentos completos tiene una rentabilidad limitada. Comúnmente se utilizan alimentos preparados para catfish y carpas. Se ha ensayado con alimentos alternativos baratos para tilapia, por ejemplo; desechos de frutas y otros vegetales, subproductos agropecuarios, forraje y plantas

acuáticas. Entre ellas, las “duck weeds”, como la *Lemna sp*, se mostró adecuada en tasas diarias de alimentación del 3-5 % de la biomasa, en base a la materia seca para peces de hasta 100 g. Sin embargo la combinación de la *Lemna sp* con pellets producirá tilapias mayores a un bajo costo. Se llevaron a cabo varias experiencias a fin de evaluar proteínas vegetales alternativas, por ejemplo, harina de oleaginosas como reemplazo de la harina de pescado, que es cara y de difícil disponibilidad en varios países, aunque de calidad inferior a la harina de pescado. El reemplazo parcial (más del 50%) por estas harinas funciona bien. El jacinto de agua, una macrófita, también puede reemplazar hasta un 30% de la harina de pescado. Entre otras fuentes para reemplazar este insumo, se encuentran el ensilado de pescado, los subproductos de la producción avícola, harina de plumas y harina de carne y hueso (Muñoz, 1991).

Se han realizado intentos de producir tilapias de gran talla en varios sistemas, ya que las tilapias grandes alcanzan mejores precios tanto para exportación como para consumo interno en la mayoría de los países. En estanques, se ha encontrado que una combinación de alimento y fertilizantes es más eficiente en producir tilapia de talla grande (500g) comparado al uso de fertilizantes o la alimentación por separado. Un estudio similar encontró que el sistema más ventajoso para producir tilapia de talla grande es el que utiliza agua verde sólo hasta que el pez alcanza los 100g, ofreciendo entonces una alimentación suplementaria. Recientemente, productores de Tailandia han comenzado a engordar tilapia negra y roja en jaulas a lo largo de los ríos, lagos, embalses y en el mar, alimentándolas con una dieta conteniendo 25 – 35 % PC ad libitum para alcanzar un mayor crecimiento debido a que dan una impresión de estar más gordas y atractivas (Muñoz , 1991).

Esta metodología resultó en precios más altos (1 - 2 USD/kg) especialmente en el norte y noreste de Tailandia. Para tilapia se recomienda una alimentación restringida, debido a que la disponibilidad de energía bruta disminuye con el incremento de los niveles de alimentación y la utilización de la energía

metabolizable para el crecimiento en tilapia es constante e independiente del nivel de alimentación. Sin embargo, un estudio en el AIT mostró que la alimentación de la tilapia nilótica a las 8 am una vez al día, resulta en una producción neta de peces baja cuando se la compara con una frecuencia alimentaria de dos a tres veces al día. Al no observarse diferencias entre estas dos últimas, resulta más económico alimentarlas dos veces al día (Muñoz, 1991).

2.4.6.3. ALIMENTACIÓN EN REPRODUCTORES

La nutrición de los reproductores es considerada uno de los principales factores asociados a la calidad de las ovas y de las larvas. Especialmente en tilapia, que desova al menos una vez al mes e incuba los huevos en la boca, los niveles de nutrientes afectan la frecuencia de desove, número de huevos por desove y la calidad de los mismos y de los alevinos. Se han realizado varios intentos para determinar los niveles óptimos de nutrientes para reproductores. Como los alimentos comerciales no son formulados especialmente para reproductores, es necesaria su suplementación con varios nutrientes. Sin embargo, no se conoce cuales nutrientes o ingredientes deben suplementarse (Chesness, 1971).

Los reproductores de tilapia roja alimentados con una dieta conteniendo 44% de proteína (alimento para anguilas) producen mayor cantidad de semilla comparados a peces alimentados con un alimento para tilapia de bajo contenido en proteína (24%) y peces forrajeros (21,7% de proteína). Un estudio más elaborado en tanques de concreto con un sistema de recirculación de agua ha revelado que el número total de huevos y el número de huevos por kilogramo de hembra fue superior en peces alimentados con un promedio de proteína en la dieta de 27,6 y 35%) que aquellos alimentados con niveles proteicos más elevados (42,6 y 50,1%). Niveles superiores de proteína producen huevos más pesados y más grandes e intervalos de desove más prolongados (Chesness, 1971).

En general, alimentos conteniendo 25 – 35% de proteína cruda (CP) proveen los nutrientes necesarios para los reproductores de tilapia, que son similares a los de engorde. Durante el desarrollo embrionario, se producen cambios significativos y movilización de aminoácidos libres y lípidos. En una experiencia de 60 días, hembras alimentadas con una dieta conteniendo harina de calamar desovaron huevos de buena calidad a lo largo de la estación reproductiva. Grupos alimentados previamente sin el suplemento de harina de calamar desovaron mejor y con mejores tasas de eclosión cuando fueron alimentadas con harina de calamar durante 10 días.

La calidad de los huevos es afectada por la corta vida de ciertos ácidos grasos. Una experiencia alimentaria con dietas conteniendo 5 % de aceite mostró una mejor producción de semilla con peces alimentados con aceite de soja (una fuente de ácido graso 18:2, Omega 6) en la dieta, comparado al hígado de bacalao, maíz, palma y una combinación de hígado de bacalao y aceite de maíz. Recientemente, se ha encontrado que el aceite de anchoa y de soja, son beneficiosos en sistemas de agua limpia y verde, respectivamente, para la producción de semilla (Chesness, 1971).

Además de vitaminas, la suplementación en la dieta con ácido ascórbico posee efectos positivos en el desempeño reproductivo. En una experiencia en tanques con *O. mossambicus*, se ha visto que el ácido ascórbico mejora la eclosión de los huevos, y la condición y sobrevivencia de los alevinos. La deficiencia de vitamina E, causa la ausencia de la coloración sexual y reduce la actividad reproductiva en tilapia; sin embargo, no se ha investigado apropiadamente. Por otra parte, se ha encontrado que el agua verde fertilizada con urea y TSP contiene insuficiente fósforo para un normal crecimiento, siendo necesaria su suplementación para mantener la calidad y cantidad de los huevos, a lo largo del período de producción de semilla (Chesness, 1971).

2.5. CONTROLES PROFILACTICOS

El control profiláctico puede producir algún problema durante esta fase. Sin embargo, existiendo un buen manejo de la producción con control de calidad de agua y buena nutrición, pueden prevenirse. Algunas enfermedades son detectadas por los cambios en el comportamiento habitual de los peces, por reducción de su apetito, natación errática o bien, por presencia de aletas deshilachadas, ulceraciones, etc. Los peces que manifiesten algún signo como los mencionados, deberán diagnosticarse por envío de muestras a laboratorios, aplicando tratamientos adecuados al diagnóstico. Antes de efectuar cualquier tratamiento, (Bauer, 1959) es conveniente determinar: a) ¿De qué se trata? ¿Es tratable la enfermedad? ¿Cuál es la probabilidad de éxito? b) ¿Es factible tratar los peces en el lugar, considerando el diagnóstico efectuado, el costo de drogas y el manejo? c) ¿Es válido el tratamiento o será más costoso que los propios peces en cultivo? y d) ¿Pueden soportar los peces el tratamiento estimado en las condiciones detectadas? (Bauer, 1959).

La tilapia como otros peces de agua dulce es sensible al ataque de un protozoo (unicelular) que produce la enfermedad denominada del “punto blanco”, que puede resultar un serio problema en alevinos y juveniles. Raramente afecta a los adultos, si las condiciones de manejo de la producción son las adecuadas. Para controlar el punto blanco se utilizan baños de formol; formol + verde de malaquita o sulfato de cobre (Bauer, 1959).

También pueden utilizarse concentrados de ClNa a una tasa de 4 g/l, tratando a los peces afectados hasta por 15 días consecutivos. Las aplicaciones deben realizarse con aireación constante y a canilla cerrada, en días intermedios (a excepción del ClNa). Para tratamientos de este tipo, deberá conocerse, con precisión, el volumen de cada estanque (largo x ancho x profundidad) y la dureza del agua. La mezcla de 15 - 50 ppm de formol + 0,05 ppm de verde de malaquita (libre de Zinc), ha sido la que ha mostrado mejores resultados contra protozoos

externos, en general. También puede combatirse solo con formol (en Estados Unidos, se prohíbe el uso de verde de malaquita) (Cedeño, 1993).

Al finalizar el período de cultivo es conveniente secar y asolear las unidades afectadas.

Para el caso de enfermedades causadas por bacterias (especialmente columnaris), estas se controlan con inclusión de oxitetracyclina (Terramicina) en el alimento, a razón de 2,5g de terramicina activa por cada 45,4kg de peces. En general, este antibiótico debe actuar durante un lapso de 7 a 10 días, sin interrupciones (el uso de antibióticos debe ser cuidadoso, pues de interrumpirse los tratamientos, la enfermedad se hace crónica por haberse vuelto resistente al tratamiento, las cepas bacterianas que le dieron origen). Estos ataques suelen presentarse cuando existe un manejo inadecuado que produce estrés en los peces, disminuyendo sus defensas. En este caso y el de heridas mecánicas, el uso de Vitamina C en mayor proporción ha resultado positivo (Cedeño, 1993).

2.6. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL AGUA

2.6.1. CONTENIDO DE OXÍGENO.- Dentro de los parámetros físico-químicos, el oxígeno es el elemento más importante en el cultivo de especies acuáticas. El grado de saturación del oxígeno disuelto es inversamente proporcional a la altitud y directamente proporcional a la temperatura y el pH (Bauer, 1959).

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 incrementan la mortalidad (Bauer, 1959).

2.6.1.1. FACTORES QUE DISMINUYEN EL NIVEL DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA

Entre los factores se pueden citar los siguientes (Cedeño, 1993):

- 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.

2.6.1.2. CONSECUENCIAS DE LAS EXPOSICIONES PROLONGADAS A VALORES BAJOS DE OXÍGENO DISUELTO EN EL AGUA.

Cedeño (1993), señala las siguientes:

- Disminuye la tasa de crecimiento del animal.
- Aumenta la conversión alimenticia (relación alimento consumido/aumento de peso).
- Se produce inapetencia y muerte.
- Causa enfermedad a nivel de branquias.
- Produce inmunosupresión y susceptibilidad a enfermedades.
- Disminuye la capacidad reproductiva.

2.6.2. TEMPERATURA.- Según Cedeño Los (1993), peces son animales poiquiloterms (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 y 32 °C, aunque ésta puede continuarse con una variación de hasta 5 °C, por debajo de este rango óptimo (Lagler, 1996).

Los cambios de temperatura afectan directamente la tasa metabólica, mientras mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica; y por ende, mayor consumo de oxígeno (Lagler, 1996).

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 (Cedeño, 1993) con el suministro de alimentos con porcentajes altos de proteína (30%, 32%, etc.).

2.6.3. DUREZA.- Es la medida de la concentración de los iones de Ca y Mg, expresadas en partes por millón (ppm), de su equivalente a carbonato de calcio.

Existen aguas blandas (< 100 ppm) y aguas duras (> 100 ppm).

Rangos óptimos: entre 50 - 350 ppm de CaCO.

Por estar relacionada directamente con la dureza, el agua para el cultivo debe tener una alcalinidad entre 100 - 200ppm (Lagler 1996).

Durezas por debajo de 20 ppm ocasionan problemas en el porcentaje de fecundidad se controlan adicionando carbonato de calcio (CaCO), o cloruro de calcio (CaCl).

Durezas por encima de 350 ppm se controlan con el empleo de zeolita en forma de arcilla en polvo, adicionada al sistema de filtración (Cedeño, 1993).

2.6.4. RANGO DE pH.- Es la concentración de iones de hidrógeno en el agua. El rango óptimo está entre un valor de pH de 6,5 a 9,0. Valores por encima o por debajo, causan cambios de comportamiento en los peces como letárgica, 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 (Cedeño, 1993).

Cuando se presentan niveles de pH ácidos, el ion $F\bar{e}$ 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 (Lagler, 1996).

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 secreción adecuada del mucus en la piel (Lagler, 1996).

2.6.5. AMONIO.- Es un producto de la excreción, orina de los peces y descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces, es un elemento tóxico (Lagler, 1996).

La reacción que ocurre es la siguiente:

| $(\text{NH}_3 + \text{H}^2\text{O})$ | NH_4OH | $\text{NH}_3 + \text{OH}^-$ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| Forma no ionizada Forma tóxica Producto de excreción de los peces. Degradación de la Materia orgánica. | Su velocidad de conjugación con el agua depende del pH | Forma ionizada. Forma no tóxica. |

La toxicidad del amonio en forma no ionizada (NH_3), aumenta cuando la concentración de oxígeno disuelto es baja, el pH indica valores altos (alcalino) y la temperatura es alta. Cuando los valores de pH son bajos (ácidos), el amonio no causa mortalidades (Cedeño, 1993).

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 (Cedeño, 1993).

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 sobre vivencia, exoftalmia (ojos brotados) y ascitis (acumulación de líquidos en el abdomen). El nivel de amonio se puede controlar con algunas medidas de manejo como señala Lagler (1996):

- 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 al 20% (45kg/ha), durante 5 días continuos.
- Implementar aireación: aireadores de paletas para estanques de profundidad de 1,5m o aireadores de inyección para estanques con profundidades mayores de 1,8m.

2.6.6. NITRITOS.- 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 amoníaco a nitratos. La toxicidad de los nitritos depende de la cantidad de cloruros, temperatura y concentración de oxígeno en el agua (Lagler 1996).

Cedeño (1993), señala la necesidad de mantener la concentración por debajo de 0,1 ppm, haciendo recambios fuertes, limitando la alimentación y evitando concentraciones altas de amonio en el agua.

2.6.7.- 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 alcalinizada 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 (Cedeño, 1993).

2.6.8. DIOXIDO 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 inapetencia y muerte de los individuos (Baroiller, 1997).

2.6.9. GASES TOXICOS.- Son compuestos químicos producidos en los estanques por la degradación de materia orgánica (Baroiller, 1997). A continuación, se presenta los más comúnmente hallados y cuyas concentraciones deben estar por debajo de los valores siguientes:

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

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 entre cosechas mediante la adición de cal y zeolita a razón de 40 kg/ha, además del secado de estanques (Baroiller, 1997).

2.6.10. SÓLIDOS EN SUSPENSION.- Aumentan la turbidez en el agua, disminuyendo el oxígeno disuelto en ella. Los sólidos se deben controlar mediante sistemas de desarenadores y filtros (Cedeño, 1993).

De acuerdo a la concentración de sólidos disueltos se puede clasificar a los estanques así:

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

2.6.11. 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 a su vez, provocan bajas de oxígeno por la noche. Su valor debe fluctuar entre 0,6 y 1,5 ppm como PO₄. Su toxicidad aumenta a valores de pH ácido (Baroiller, 1997).

2.6.12. 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, es 10 ppm y 18 ppm, respectivamente (Cedeño, 1993).