INFORME DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

ALIMENTACIÓN OPTIMIZADA PARA TILAPIA NILÓTICA (*OREOCHROMIS NILOTICUS*) DE SENEGAL

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 3
2. JUSTIFICACIÓN 4
3. TILAPIA NILÓTICA 5
4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA TILAPIA 8
4.1 PROTEÍNAS 8
4.2 LÍPIDOS 10
4.3 CARBOHIDRATOS 11
4.4 VITAMINAS 13
4.5 MINERALES 14
5. ALIMENTACIÓN COMPLEMENTARIA 16
6. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS DISPONIBLES 18
7. FORMULACIÓN DE DIETAS PARA TILAPIA 19
7.1 ALIMENTO VIVO 19
7.2 ALIMENTO FORMULADO 20
7.3 EJEMPLOS DE FORMULACIÓN DE DIETAS PARA LA TILAPIA 26
7.4 TABLAS DE ALIMENTACIÓN 30
7.5 PROPIEDADES AGLUTINANTES DE ALIMENTOS 32
7.6 TOXICIDAD EN LA ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA 34
7.7 REGÍMENES DE ALIMENTACIÓN 35
7.8 ESTABILIDAD DEL AGUA 38
7.9 DEFICIENCIAS NUTRICIONALES 38
8. RECOMENDACIONES 41
9. BIBLIOGRAFÍA 43

1. INTRODUCCIÓN

El sector acuícola ha tenido un crecimiento más rápido que cualquier otro sector de productos alimenticios de origen animal. A escala mundial, este sector ha crecido una media anual del 8,9 % desde 1970, mientras que los sistemas de producción cárnicos terrestres lo hicieron en un 2,8 %.

La acuicultura se configura además como una posible vía de reducción de la pobreza y crecimiento económico de países en desarrollo, percibiéndose así por muchos organismos entre los que destaca la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y habiéndose llevado a cabo multitud de proyectos y programas que se han ejecutado para tal fin.

En este sentido, la ONGD AIDA, Ayuda, Intercambio y Desarrollo, ha puesto en marcha (con fondos de la Agencia Española de Cooperación –AECID– y del Ayuntamiento de Segovia) un proyecto titulado "***Mejora de la seguridad alimentaria a través de un modelo innovador de acuicultura integrada a pequeña escala, en el sur de Kolda (Senegal)"*** con el objetivo de integrar la acuicultura con el cultivo de hortalizas para disminuir la pobreza en esta región. Es por ello que la ONGD AIDA se pone en contacto con el Centro Tecnológico de Acuicultura de Andalucía (Ctaqua) para la realización de un estudio de Vigilancia Tecnológica que ponga de manifiesto los últimos avances realizados para optimizar la alimentación de la tilapia adaptada a las condiciones de cultivo de la especie.

El objetivo de este estudio es realizar una prospectiva sobre la nutrición y alimentación de la tilapia nilótica, adaptado en la mayor medida de lo posible a la realidad del país, en este caso Senegal. Para ello, se revisarán las necesidades nutricionales de esta especie, se estudiará la alimentación complementaria más utilizada en este tipo de acuicultura integrada, las propiedades nutricionales de la alimentación suplementaria disponible en la zona de cultivo y se ofrecerá una aproximación de formulaciones de dietas adaptadas a la acuicultura integrada.

2. JUSTIFICACIÓN

En el informe *"La pesca hasta 2030: Perspectivas de la pesca y la acuicultura"* publicado en 2014 fruto de la colaboración entre el Banco Mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI, por sus siglas en inglés), se predice que en el año 2030 el 62% del pescado procederá de la acuicultura, con un crecimiento más rápido en especies de agua dulce como tilapia, carpa y bagre (pez gato). Está previsto que la producción mundial de tilapia casi se duplique, desde 4,3 millones de toneladas a 7,3 millones anuales entre 2010 y 2030.

En gran parte del mundo la acuicultura se practica en áreas rurales, especialmente en países en desarrollo con escasez de alimentos ricos en contenido proteico ya que ésta se plantea como una alternativa para la producción de proteína de alta calidad a bajo precio (Poot-López *et al.* 2012). En estas zonas, la acuicultura puede ser un instrumento para diversificar el uso del suelo, ya que el agua de desecho de los peces cargada de nutrientes sirve para regar los cultivos agrícolas colindantes mediante una correcta canalización del agua, incrementando de esta forma la producción y rendimiento de los cultivos a través de una práctica de acuicultura integral (Asian Development Bank, 2005).

En este sentido, debido a su capacidad de adaptación y a la posibilidad de ser criada en diferentes sistemas de cultivo, su sabor y las características nutricionales de su carne, la tilapia se ha colocado en el segundo lugar de los peces de agua dulce más cultivados en el mundo (Toledo *et al.,* 1998). En este caso, la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) se configura como un candidato ideal para su cultivo en el caso de Senegal, donde la reproducción y el crecimiento son óptimos. Se percibe, además, como una especie con muchas ventajas, ya que tiene un rápido crecimiento, soporta altas densidades, resiste condiciones ambientales adversas y es capaz de utilizar la productividad primaria de los estanques. Sin embargo, para optimizar su cultivo, hay que tener en cuenta factores tan importantes como su alimentación, máxime en países donde el alimento balanceado escasea y los productores rurales tienden a alimentar las tilapias con diversas materias alternativas (Cantor, 2007).

3. TILAPIA NILÓTICA

Clase: Osteichthyes (Actinopterygii)
Orden: Perciformes
Familia: Cichlidae
Género: *Oreochromis*
Especie: *Oreochromis niloticus*

La tilapia es un pez teleósteo del orden perciformes, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África, habita en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo. Son peces de aguas cálidas pero toleran un amplio rango de temperatura del agua, son bastante resistentes a enfermedades, consumen una gran variedad de alimentos y toleran aguas con bajas concentraciones de oxígeno. La mayoría de especies de tilapia son tolerantes al agua salobre, algunas incluso resisten al agua de mar, y son capaces de desarrollarse adecuadamente en un amplio rango de calidades fisicoquímicas del agua. Para el consumidor es un producto de gran calidad (de carne blanca, sólida, de buen sabor y muy nutritiva) y se ha convertido en el segundo grupo de pescado acuícola cultivado en consumo y producción, tan solo detrás de las carpas.

Por todo ello, es la especie candidata idónea para el desarrollo de su cultivo. Las principales características que se han tenido en cuenta para la elección de la tilapia como especie de interés para su cultivo han sido:

- Curva de rápido crecimiento.
- Hábitos alimenticios adaptados a dietas suplementarias que aumentan los rendimientos (facilidad de administrar alimentos balanceados).
- Tolerancia a altas densidades de cultivo.
- Tolerancia a condiciones extremas (resistencia a concentraciones bajas de oxígeno, niveles altos de amonio, valores bajos de pH, etc.).
- Fácil manejo (resistencia a la manipulación en la siembra, transferencias, cosechas, manejo de reproductores, etc.).
- Facilidad de reproducción.
- Buenos parámetros de producción (conversión alimenticia, ganancia de peso, supervivencia, etc.).
- Buena aceptación de sus transformados (fileteado, varitas, etc.) en el mercado.
- Mínima merma al transformar el pescado entero en filetes.

CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

- **Tª**: se requiere que la temperatura del agua se mantenga en el rango de 22-33ºC, el rango óptimo para crecimiento es 28-32 ºC, aunque pueden tolerar temperaturas de hasta 12ºC, por debajo del cual dejarían de crecer.
- **Salinidad:** tolera salinidades de hasta 20 ‰ y se desarrolla en agua dulce.
- **pH:** el rango adecuado para la tilapia es de 6,5 – 8,5.
- **Oxígeno disuelto**: aunque toleran bajas concentraciones de oxígeno en el agua, este no debe ser inferior a 3 mg/l, y se recomiendan valores por encima de los 4 mg/l[1].
- **Amoniaco:** es un compuesto directamente excretado por los peces, aunque su presencia en determinadas concentraciones en el medio de cultivo es especialmente tóxica para ellos. La tilapia admite valores de 0,01 mg/l (a 0,1 mg/l se producen efectos nocivos sobre mucosas y branquias, y 0,5 mg/l sobreviene la muerte).
- **Nitritos:** altamente tóxicos por su papel como inhibidores del transporte de oxígeno por parte de la hemoglobina. Se recomienda mantener el nivel de estas sales de nitrógeno por debajo de 25 mg/l.

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

- **Alimentación:** las larvas se alimentan de zooplancton mediante filtración. Los individuos adultos son omnívoros, se alimentan de zooplancton, fitoplancton, insectos en el medio natural, pero en condiciones de cultivo toleran muy bien la alimentación artificial, piensos secos balanceados con un bajo porcentaje en proteínas; esta particularidad hace posible disminuir el contenido en harinas y aceites de pescado de los piensos, muy importante hoy día para conseguir que la acuicultura sea una actividad totalmente sostenible.

La tilapia es una especie que se alimenta en los niveles bajos de la cadena trófica, por lo que acepta en su dieta componentes vegetales

[1] Este parámetro físico-químico del agua es el más importante en el cultivo de especies acuáticas, y las consecuencias de las exposiciones prolongadas a valores bajos de oxígeno disuelto son nefastas (disminuye la tasa de crecimiento del animal, aumenta la conversión alimenticia, se produce inapetencia y letargo, causa patologías a nivel de branquias, produce inmunodepresión y susceptibilidad a enfermedades, etc.) de ahí la necesidad de instalar aireadores o incluso inyección de oxígeno gaseoso directamente en los tanques de cultivo a altas densidades.

- **Reproducción:** alcanzan la madurez sexual a los dos o tres meses de vida, cuando miden unos 13 centímetros de longitud y han alcanzado un peso de unos 80-100 gramos; tienen una elevada capacidad reproductora. Las hembras incuban los huevos en la boca durante 48-72 horas hasta que eclosionan, manteniendo a las crías protegidas durante unos 7-12 días más.
- La tasa de **supervivencia** es elevada.
- **Engorde:** las hembras presentan un menor crecimiento y unido a la elevada fertilidad de la especie, provocan la sobrepoblación de los estanques, haciendo más conveniente el cultivo de poblaciones monosexo ("todo machos"). Los cultivos monosexo se consiguen cultivando especies híbridas o bien mediante reversión sexual de los alevines. Un aspecto importante a tener en cuenta en esta fase de cultivo es el seguimiento sanitario, ya que del buen desarrollo del cultivo sin incidencias patológicas dependerá la buena marcha del mismo y por consiguiente los buenos resultados finales del proceso; habrá que realizar inspecciones periódicas y estar permanentemente alerta con posibilidades ciertas de reacción rápida y contundente; no obstante los problemas higiénicos-sanitarios en esta especie no son tan complicados como en otras.

CULTIVO

Las tilapias son peces muy robustos con pocas exigencias respiratorias, que se reproducen con facilidad, con una elevada tasa de crecimiento y, en general, pocos requerimientos en cuanto a condiciones de estabulación; por ello, se consideran peces muy adecuados para su cultivo de un modo intensivo.

Son peces que pueden llegar a alcanzar un kilo de peso, aunque su talla comercial mínima es de unos **250 gramos**. En Asia y Latinoamérica se comercializa entero y fresco, incluso vivo en algunos mercados, pero la forma más común de comercialización en el resto del mundo es fileteada, en formato de "transformado".

4. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA TILAPIA

Los nutrientes requeridos por los peces para crecimiento, reproducción y otras funciones fisiológicas son semejantes a aquellos requeridos por las especies terrestres. Los peces necesitan consumir proteínas, minerales, vitaminas y fuentes energéticas (Pokniak, 1997).

En un ambiente natural, las tilapias se alimentan de una amplia variedad de ítems, desde plancton, organismos bentónicos, invertebrados de la columna de agua, larvas de peces, detritus, materia orgánica en descomposición, etc. Una de las grandes ventajas en relación a la alimentación de la tilapia es que se alimentan desde un nivel trófico inferior (Fitzsimmons, 2005).

Las exigencias nutricionales de los alevines son iguales a la de las tilapias adultas en términos cualitativos, sin embargo en términos cuantitativos, las exigencias son mayores en peces jóvenes que en adultos (Torres-Novoa *et al.,* 2012).

Aunque no se dispone de información para ciertas etapas del ciclo de vida de la tilapia nilótica, se espera que los juveniles tempranos (0,02-10 g) requieran de una dieta más elevada en proteínas, lípidos, vitaminas y minerales e inferior en carbohidratos. Los juveniles (10-25 g) requieren más energía de los lípidos y carbohidratos y una menor proporción de proteínas para su crecimiento y finalmente los peces adultos (>25 g) requieren aún menos proteína dietética y mayores niveles de carbohidratos como fuente de energía. Es decir, a medida que los individuos van creciendo, requieren un menor nivel proteico para obtener la energía.

A continuación se describen los requerimientos nutricionales de los grandes grupos de nutrientes.

4.1 PROTEÍNAS

Las proteínas son componentes esenciales, consideradas como el constituyente más importante de cualquier célula viviente, representan el grupo químico más abundante en el cuerpo de los animales, a excepción del agua. Una función importante de las proteínas es la reparación del tejido dañado y desgastado y la formación de tejido nuevo. La proteína que se suministra en la dieta es requerida para la formación de sustancias biológicamente importantes, tales como los anticuerpos y también se emplea como fuente de energía.

Los requerimientos de proteína para un óptimo crecimiento dependen de la calidad de la fuente proteica, del tamaño del pez y del contenido energético de la dieta. El rango de variación del contenido proteico según la etapa del ciclo de vida de la tilapia viene expresado en la siguiente tabla.

Tabla 1. Requerimiento proteico de la tilapia. Fuente: FAO

Requerimiento proteico (agua dulce)		
Ciclo de vida	**Peso (g)**	**Requerimiento (%)**
Larva	-	45-50
Alevines (I)	0,02-1	40
Alevines (II)	1-10	35-40
Juveniles	10-25	30-35
Adultos	25-200	30-32
	>200	28-30
Reproductores	-	40-45

**Estos requerimientos nutricionales han sido estudiados en condiciones de laboratorio y pueden no ser aplicables a escala comercial.*

Los niveles de proteína más altos de los alimentos disponibles en la zona de estudio (Kolda, Senegal) se presentan en el cacahuete, la judía, el cajú, el sorgo, el arroz, el maíz, la patata y el gombo (véase tabla 7)

No obstante, hay que tener en cuenta que el tamaño y la edad del pez, la fuente proteica, el contenido de energía de la ración, la calidad de agua y las condiciones de cultivo, puede afectar a los requerimientos de proteína de tilapia (El-Sayed, 2003).

La mayor digestibilidad de la proteína tiene lugar a 25ºC y se estima que la cantidad óptima de proteína en relación a la energía, es 110-120 mg/kcal de energía digestible, respectivamente. Los reproductores de tilapia requieren entre 40-45 % de proteína para una reproducción óptima, eficiencia en el desove y para el crecimiento larvario y supervivencia.

Con respecto a los **aminoácidos esenciales (AAE)**, la tilapia nilótica requiere los mismos 10 aminoácidos esenciales que otros peces en cultivo (véase tabla 2).

Tabla 2. Aminoácidos esenciales en peces. Fuente: FAO

AAE en peces	
Treonina	Valina
Leucina	Isoleucina
Metionina	Triptófano
Lisina	Histidina
Arginina	Fenilalanina

Los requerimientos de aminoácidos sulfurados pueden ser atendidos con metionina o una mezcla de metionina y cistina, y las necesidades de aminoácidos aromáticos como la fenilalanina, pueden ser atendidos parcialmente por la tirosina (NRC, 1993). Estudios recientes recomiendan una proporción de metionina y cistina de 50:50 para mejorar el rendimiento de tilapia de Nilo. El requerimiento de lisina para la fase de engorde es de 1,42%, con dietas elaboradas a base de maíz y torta de soja (Furuya *et al.* 2004). Para alevines de tilapia aplicando el concepto de proteína ideal y dietas con maíz y torta de soja, se requiere el 1,70% de lisina digestible (Bomfim *et al.,* 2010). En la tabla siguiente se encuentran sintetizados los requerimientos de aminoácidos esenciales de la tilapia del Nilo.

Tabla 3. Requerimientos de AAE de la tilapia. Fuente: Furuya (2010)

	FASE		
	Reversión	Post-reversión (hasta 100 g)	≥ 100 g
Lisina	2,2	1,53	1,38
Metionina	0,75	0,52	0,47
Metionina + cistina	1,32	0,92	0,83
Treonina	1,7	1,18	1,07
Arginina	1,81	1,26	1,14
Fenilalanina + tirosina	2,38	1,65	1,56
Histidina	0,75	0,52	0,47
Isoleucina	1,34	0,3	0,84
Leucina	1,46	1,01	0,92
Triptófano	0,43	0,3	0,27
Valina	1,2	0,83	0,75

Los requerimientos de aminoácidos sulfurados disminuyen con el aumento de peso de la tilapia 1,32% en reversión, 0,92% en post reversión hasta los 100 g de peso y 0,82% para tilapias mayores a 100 g de peso (Furuya, 2010).

4.2 LÍPIDOS

Los lípidos, encontrados tanto en tejidos animales como vegetales, pueden utilizarse como fuente de energía, permitiendo que las proteínas, nutrientes con mayor valor nutricional, se destinen de forma exclusiva para el crecimiento. Desde el punto de vista de la elaboración del alimento, los lípidos actúan como lubricantes, ayudan en el paso del alimento, reducen el polvo de los mismos y juegan un importante papel en la textura suave del alimento. Además, pueden ser empleados como ligantes y sirven de constituyentes dietéticos esenciales para la elaboración de dietas estables en el agua.

Para un crecimiento idóneo y una utilización de proteínas eficiente, se ha establecido un porcentaje de inclusión de lípidos óptimo de un 10-15% en la dieta de la tilapia nilótica,

mejorándose el crecimiento y el uso de proteínas (Ng *et al.,* 2004). A partir del 20%, el crecimiento de los individuos es menor (Chou *et al.,* 1996).

El porcentaje de inclusión de lípidos idóneo en tilapia: 10-15%

Al contrario que ocurre con especies marinas, la tilapia no requiere en su dieta de **ácidos grasos poliinsaturados omega 3** tales como **EPA** (20:5n-3) y **DHA** (22:6n-3), pero sí necesita incorporar **ácidos grasos omega 6**. El requerimiento cuantitativo de PUFA n-6 es 0,5-1%.

Es conveniente resaltar un estudio llevado a cabo por Moreno *et al.* (2013), de la Universidad Nacional de Colombia, en el que se pone de relieve que es posible utilizar diferentes aceites vegetales (en concreto, aceite de palma, de semilla de chía y semilla de lino) en sustitución de aceite de pescado sin afectar a la supervivencia, biomasa final, ganancia diaria de peso, consumo aparente de alimento y tasa específica de crecimiento. Este estudio es respaldado por una investigación doctoral en nutrigenómica de Tupac (2016), en la que se sustituye el aceite de pescado por aceite vegetal de lino, girasol y girasol alto-oleico y pone de manifiesto que es posible sustituir el aceite de pescado por aceites vegetales en la dieta de tilapia del Nilo, sin generar efectos negativos en el bienestar animal.

Por otro lado, en un estudio realizado por Triana-García *et al.* (2013), el uso de aceite de soja en la dieta de alevines de tilapia híbrida (*Oreochromis spp.*) rica en ácidos poliinsaturados n-6, mejora el rendimiento productivo y disminuye la incidencia de lipidosis hepática en comparación con el aceite de pescado, fuente de lípidos ricas en ácidos grasos n-3 y poliinsaturados de cadena larga.

Existen estudios que ponen de manifiesto que la sustitución de aceites de pescado por aceites vegetales no es perjudicial para el crecimiento y el bienestar de la tilapia

Tras el estudio de composición nutricional de los alimentos disponibles en la zona de Kolda (Senegal), los mayores niveles de lípidos se presentan en el cacahuete, el cajú, el sorgo, la judía, el arroz y el maíz (véase tabla 7)

4.3 CARBOHIDRATOS

Después de las proteínas y los lípidos, los carbohidratos representan el tercer grupo de compuestos orgánicos más abundantes en el cuerpo animal y constituyen los nutrientes principales del tejido vegetal.

Aunque son considerados en general fuente importante de energía en la dieta, no ocurre lo mismo en peces, ya que presentan una baja tasa de utilización y metabolización de los mismos (Noel-Guevara, 2003). No obstante, los carbohidratos son proporcionados a menudo por suponer los ingredientes más baratos de la dieta en peces. El maíz, el trigo, el arroz, los subproductos vegetales, etc., son fuentes típicas de hidratos de carbono en las dietas de las tilapias (Fitzsimmons, 2005). Además de incluirse en las dietas por constituir fuentes de alimentos de bajo coste, éstos presentan también propiedades aglutinantes en los pellets y ciertas fuentes de carbohidratos sirven como constituyentes dietéticos que aumentan la textura del alimento.

En cualquier caso, los peces de aguas templadas como por ejemplo la carpa y el pez gato aprovechan más eficientemente los carbohidratos que los de aguas frías, como los salmónidos. Por ejemplo, la energía bruta del almidón crudo sólo es digerida en un 20% por la trucha en comparación al 60% observado en un pez gato (Pokniak, 1997). En el caso de la tilapia, según un informe de la FAO, puede llegar a utilizar eficientemente hasta un 40% de carbohidratos digeribles. Sin embargo, la tilapia nilótica es capaz de utilizar altos niveles de carbohidratos (entre 30-70% de su dieta).

La tilapia nilótica es una especie capaz de asimilar altos niveles de carbohidratos

Según la FAO, los requerimientos exactos de carbohidratos de las especies de tilapia son desconocidos. Como ya hemos comentado, se incluyen en la dieta de tilapia como recurso energético barato y para mejorar las propiedades de aglomeración de los pellets. La utilización de carbohidratos por parte de la tilapia depende de una serie de factores, como la fuente de carbohidratos, otros ingredientes dietéticos, la especie, el tamaño y la frecuencia de alimentación (El-Sayed, 2006).

La tilapia utiliza mejor los carbohidratos complejos (como los almidones) que los disacáridos y monosacáridos (Stickney, 1997). La inclusión de polisacáridos solubles sin almidón en forma de celulosa en la dieta de la tilapia del Nilo incrementa la carga orgánica del sistema de cultivo, mientras que polisacáridos no solubles sin almidón (goma guar[2]) disminuye la carga orgánica del sistema incrementando la digestibilidad de los nutrientes y mejorando la recuperación de las heces (Stickney, 2006).

[2] La goma guar es un polisacárido de reserva nutricional de las semillas de *Cyamopsis tetragonoloba*, una planta de la familia de las leguminosas. Es soluble en agua pero insoluble en solventes orgánicos.

Los niveles de carbohidratos más altos de los alimentos disponibles en la zona de cultivo de Kolda, Senegal, se encuentran en el arroz, el sorgo, la yuca, el cajú, la batata, el cacahuete, la banana, el maíz, la patata y el mango (véase tabla 7)

4.4 VITAMINAS

De las vitaminas, la C es un nutriente crítico en la dieta para los peces por la incapacidad que tienen éstos de sintetizarla, lo que no ocurre con la mayoría de los animales terrestres. Los efectos de la deficiencia de ácido ascórbico en peces son bien conocidos y se caracterizan por crecimiento reducido, deformidades esqueléticas (escoliosis-lordosis) y menor resistencia a las infecciones, entre otras (Pokniak, 1997).

No obstante, según la FAO, la suplementación con vitaminas no es necesaria en sistemas de cultivos semi-extensivos. En sistemas de cultivo intensivos, sí es necesario suplementos vitamínicos ya que generalmente la fuente de alimentación natural disponible es limitada.

En cualquier caso, las necesidades de cada tipo de vitaminas dependen de la especie, la talla, el ambiente y el estrés fisiológico que tenga el animal, ya que cuando los peces se estresan, pueden llegar a requerir incluso un 5-10% más de vitaminas para un correcto desarrollo y crecimiento. Afortunadamente, existen reservas de vitaminas en el hígado y otros órganos, por lo que el requerimiento de las mismas no es diario mientas éstas se reemplacen de forma adecuada (Castelló, 1993).

Además, se sabe que los requerimientos vitamínicos de la tilapia afectan a otros factores de la dieta y deben tenerse en cuenta en la formulación. Por ejemplo, la vitamina E se ve afectada por el nivel de lípidos en la tilapia del Nilo, requiriendo 50-100 mg/kg cuando se alimenta con dietas con un 5% de lípidos y aumenta hasta 500 mg/kg para dietas con un 10-15% de lípidos. Además del nivel de lípidos, el índice de saturación del aceite de la dieta también afecta a la cantidad de vitamina E. La presencia de otros antioxidantes en la dieta, como la vitamina C, ahorra vitamina E en dietas para tilapia híbrida. La colina puede ser ahorrada hasta cierto punto por la betaína. Los β-carotenos pueden ser convertidos a vitamina A con una tasa de conversión sobre 19:1 (Hu *et al.*, 2006).

Los valores de vitaminas dependen también de la estabilidad y la biodisponibilidad del compuesto vitamínico que se usó. Por ejemplo, las formas fosfato del ascórbico están más disponibles que las de sulfato.

Tabla 4. Requerimientos de vitaminas de la tilapia. Fuente: FAO

Requerimientos de vitaminas	
Mín. IU/ kg peso seco	
Vitamina A (retinol)	5.000
Vitamina D (cholecalciferol)	375
Mín. mg/kg peso seco	
Vitamina E (α-tocoferol)	50-100
Vitamina K	4,4
Vitamina B1 (tiamina)	4
Vitamina B2 (riboflavina)	5-6
Vitamina B3 (niacina/ ác. nicotínico)	26-121
Vitamina B5 (ác. pantoténico)	10
Vitamina B6 (piridoxina)	1,9-9,5
Vitamina B7 (biotina)	0,06
Vitamina B9 (ác. fólico)	0,5
Vitamina B12 (cianocobalamina)	No requiere
Colina	1.000
Inositol	400
Vitamina C (ác. ascórbico)	420

**Estos requerimientos nutricionales han sido estudiados en condiciones de laboratorio y pueden no ser aplicables a escala comercial.*

4.5 MINERALES

Con respecto a los requerimientos de minerales de la tilapia hay poca información. Como otros organismos acuáticos, las tilapias son capaces de absorber minerales desde el agua de cultivo, por lo que hace difícil la cuantificación de estos elementos.

A pesar de la capacidad para absorber minerales del agua de cultivo y la presencia de minerales en la dieta, los piensos de tilapia deben contener premezclas de minerales suplementarios. Esto es para asegurar que los niveles son suficientes para prevenir las deficiencias de minerales causadas por la reducida biodisponibilidad, como cuando los recursos de fósforo procedentes de las plantas se emplean en la alimentación de tilapia.

Como las vitaminas, la cantidad de minerales que se deben añadir a la dieta depende de la fuente del elemento. Por ejemplo, el citrato férrico es solo la mitad de efectivo comparado con el sulfato férrico para cumplir con los requerimientos de hierro en tilapia (Shiau *et al.,* 2003).

Tabla 5. Requerimientos de macro y microelementos de tilapia. Fuente: FAO

Macroelementos	%
Calcio (máx.)	0,7
Fósforo (mín.)	0,8-1
Magnesio (mín.)	0.06-0.08
Potasio	0,21-0,33
Microelementos	**Mín. mg/kg peso seco**
Hierro	60
Cobre	2-3
Manganeso	12
Zinc	30-79
Selenio	0,4
Yodo	1
Cromo	139,6

**Estos requerimientos nutricionales han sido estudiados en condiciones de laboratorio y pueden no ser aplicables a escala comercial.*

5. ALIMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

Los alimentos suplementarios compensan las deficiencias de nutrientes de los alimentos naturales en los estanques fertilizados y son el método de alimentación más común en los sistemas de cultivo semiintensivos. De Silva (1995) hace una revisión completa de las prácticas de alimentación suplementaria y de diversos alimentos suplementarios. El uso de alimentos suplementarios genera aumentos significativos en la productividad de tilapia en comparación con los estanques que únicamente son fertilizados. Sin embargo, los piscicultores deben ser conscientes de la compleja interacción entre los alimentos disponibles de forma natural y los suplementarios, ya que una alimentación incorrecta puede conllevar pérdidas económicas. La alimentación suplementaria debe administrarse cuidadosamente, conociendo el contenido nutricional de los ingredientes de los alimentos. Los alimentos complementarios pueden contener un solo ingrediente o combinaciones de éstos, bien sea simplemente mezclado o alternativamente molido y mezclado en una masa húmeda antes de suministrarlos.

Los alimentos más comunes son subproductos agrícolas, tales como salvado de arroz, arroz quebrado y maíz, aunque ocasionalmente se utilizan pastos y hojas. Los ingredientes secos normalmente se muelen antes de dispersarlos en el estanque. Cabe mencionar que el alimento peletizado producido comercialmente también se considera alimento suplementario cuando se utiliza en combinación con un régimen de fertilización del estanque, o en combinación con ingredientes alimenticios baratos. Algunos piscicultores suelen utilizar alimentos formulados como única fuente alimenticia durante una etapa particular de vida.

A continuación se presenta una tabla de la composición nutricional de diferentes ingredientes disponibles en zonas rurales.

Tabla 6. Ingredientes suplementarios más utilizados en los alimentos para tilapia (expresados en % del alimento). Fuente: FAO

Ingredientes alimenticios	Composición de nutrientes					FCA estimado
	Humedad	Proteína cruda	Lípido crudo	Ceniza	Energía bruta (kJ/g)	
Alimentos de origen animal						
Harina de sangre	10.4	81.5		2.0	20.0	1.5 - 1.7
Quironómidos, frescos	84.0	9.0	14.0	7.0	7.5	2.3 - 4.4
Dáfnidos, frescos	89-94	3 - 7.5			1.2 - 2.5	4 - 6.4
Gusanos de tierra, frescos	81.1	10.6	2.0	3.0	3.1	8 - 10
Harina de pescado	7 - 9	57 - 72.7	4 - 9	10-26	16.8 - 20.7	1.5 - 3.0
Hígado, bazo	70 - 73	20.2 - 20.5			6.7 - 7.3	5.5 - 8.0
Langosta, seca	10.5	46.2			20.5	5.0
Langosta, fresca	68.2	22.1			7.1	10.7
Pescados de desecho, crudos	52-83	11-26	1 - 36	1-2		4 - 9
Harina de carne	6.9	53.0		31.1	16.8	2.0
Víscera de pollo, fresca	74.0	14.0	11.0	1.0		5 - 8
Pupa de gusano de seda, seca	10.0	55.9		1.9	24.2	1.3 - 2.1
Pupa de gusano de seda, fresca	74.9	13.7	8.0	1.2	6.9	3 - 5
Carne de caracol, seca	5.7	62.7			20.6	10.2
Carne de caracol, fresca	78.0	12.0	1.0	4.0	4.0	22.0
Alimentos de origen vegetal						
Hojas de plátano	75.0	2.4	1.0		4.7	25.0
Hojas de mandioca	74.4	7.7	1.0	2.0	4.9	10 - 20
Maíz	12.2	9.6	4.0	2.0	16.3	4 - 6
Pasta de semilla de algodón	7.8 - 10.7	21.9 - 41.2		8.3	16.9 - 18.7	3.0
Arroz molido	11.3	7.5	0.6	0.6	15.8	4.5
Pasta de cacahuate	9.6 - 10	30.2 - 46.2	9.0	8.6	6.7 - 9.1	2 - 4
Pasta de palma de aceite	10.5	17.7	10.0	3.3	18.0	6 - 12
Pasto de centeno	88.3	2.9			15.1	17 - 23
Soya	8.8 - 9.1	24.1 - 37.8	10.0	7.0	18.3 - 21.2	3 - 5
Jacinto acuático	91.5	1.2	0.3	1.0	1.4	50.0
Salvado de trigo	12.1	14.7	4.0	5.5	16.0	6.1 - 7.3
Harina de trigo	12.0	11.7	1.0	0.5	16.1	7.2

6. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS DISPONIBLES

La ONGD AIDA le ha proporcionado a Ctaqua un listado de alimentos disponibles en la zona de cultivos de Kolda. A continuación se presenta la composición nutricional de los diferentes alimentos disponibles.

Tabla 7. Composición nutricional de alimentos disponibles. Fuente: elaboración propia

		Gombo (*Abelmoschus esculentus*)	Pimiento (*Capsicum annuum*)	Zanahoria (*Daucus carota*)	Berenjena (*Solanum melongena*)	Tomate (*Solanum lycopersicum*)	Judía (*Phaseolus vulgaris*)	Maíz (*Zea mays*)	Arroz (*Oryza sativa*)	Sorgo (*Sorghum spp.*)	Cacahuete (*Arachis hypogaea*)	Patata (*Solanu tuberosum*)	Batata (*Ipomoea batatas*)	Banana (*Musa spp.*)	Yuca (*Manihot esculenta*)	Cajú (*Anacardium occidentantale*)	Mango (*Mangifera indica*)
Análisis proximal g/100 g	Energía (Kcal/100 g)	33,0	40,0	40,0	27,0	22,0	333,0	104,0	381,0	329,0	571,0	88,0	86,0	94,0	160,0	554,0	60,0
	Proteína	2,0	1,1	0,9	1,2	1,0	**19,2**	3,3	**7,0**	**10,4**	**25,0**	2,5	1,6	1,2	1,4	**18,2**	0,8
	Grasa	0,1	0,4	0,2	0,2	0,1	1,8	0,8	0,9	3,1	48,0	0,2	0,1	0,3	0,3	43,9	0,4
	Total de carbohidratos	7,6	7,0	7,3	4,4	3,5	61,5	19,5	86,0	70,7	21,0	18,0	24,1	20,0	38,0	30,2	15,0
	Fibra alimentaria	3,2	2,1	2,9	1,2	1,4	4,3	2,8	0,2	6,7	9,0	2,0	3,1	3,4	1,8	-	-
	Agua	89,6	89,4	88,7	93,0	94,0	7,9	71,8	5,9	-	4,3	77,3	70,5	75,1	60,0	-	83,5
Minerales mg/100 g	Calcio	81,0	9,0	41,0	11,0	11,0	228,0	4,0	10,0	25,0	62,0	9,0	22,0	9,0	16,0	37,0	11,0
	Hierro	0,8	0,3	0,7	0,7	0,6	-	0,7	0,5	5,4	2,0	6,0	0,6	0,6	0,3	6,7	0,2
	Yodo (ug)	-	1,0	-	-	7,0	-	-	2,0	-	-	3,0	2,4	2,0	-	-	-
	Magnesio	57,0	14,0	13,0	12,0	10,0	140,0	32,0	13,0	165,0	184,0	25,0	18,0	38,0	21,0	10,0	10,0
	Fósforo	63,0	26,0	37,0	21,4	27,0	407,0	87,0	100,0	289,0	-	50,0	50,0	-	27,0	50,0	14,0
	Potasio	303,0	180,0	255,0	214,0	290,0	1406,0	294,0	110,0	363,0	332,0	570,0	300,0	350,0	271,0	660,0	168,0
	Zinc	0,6	0,2	0,3	0,3	0,2	2,8	0,7	0,2	1,7	3,3	0,3	0,3	0,2	0,3	-	0,1
	Sodio	-	70,0	69,0	-	3,0	24,0	5,0	6,0	2,0	-	7,0	19,0	1,0	14,0	-	1,0
Vitaminas mg/100g	Tiamina	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,6	0,1	0,1	0,4	0,6	0,1	0,2	0,1	0,1	0,4	0,0
	Riboflavina	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,2	-	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0
	Niacina	2,0	0,7		0,6	0,8	1,0	1,7	3,1	4,3	12,9	1,5	1,0	0,8	0,9	1,1	0,7
	Vitamina A (ug)	132,0	630,0	1346,0	3,0	82,3	-	12,0	0,0	-	-	-	655,0	18,0	13,0	-	54,0
	Vitamina C	31,0	81,0	6,0	6,0	26,0	-	7,2	0,0	-	0,0	18,0	25,0	10,0	20,6	0,5	36,4
	Vitamina B6	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,4	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	1,0	0,4	0,1
	Folatos (ug)	-	11,0	10,0	18,0	28,0	394,0	40,0	20,0	20,0	-	12,0	17,0	22,0	-	-	43,0
	Vitamina E (ug)	0,3	0,9	0,5	0,0	1,2	-	0,3	0,3	-	-	0,1	4,6	0,2	-	-	0,9

7. FORMULACIÓN DE DIETAS PARA TILAPIA

El objetivo principal de la formulación y elaboración de raciones balanceadas, es calcular a partir de una serie de materias primas o insumos alimenticios, una combinación o mezcla que cubra los requerimientos nutricionales de la especie a la cual va dirigido dicho alimento y al más bajo coste, con la finalidad de que la crianza a realizar sea más rentable.

La utilización de alimentos concentrados completos para animales surgió de la necesidad de lograr mayor rendimiento en un menor tiempo posible, para de esta manera mejorar la rentabilidad de los procesos de crianza. La elaboración de una dieta artificial tanto para peces y crustáceos como para cualquier otro animal de crianza tiene dos etapas principales en su conjunto: **la formulación** y **el proceso de fabricación.** El presente informe de Vigilancia Tecnológica servirá para contribuir a la primera de estas dos fases, ofreciendo una aproximación de los requerimientos nutricionales de la tilapia.

7.1 ALIMENTO VIVO

Las larvas de tilapia que se alimentan por primera vez y no tienen acceso a alimento vivo muestran anomalías morfológicas en su sistema digestivo, lo cual reduce su capacidad para digerir, absorber y asimilar los nutrientes de manera eficiente, resultando en una ganancia mínima de peso que puede perdurar durante la madurez (Bishop *et al.,* 1998). Es por ello que el uso de alimento vivo puede reducir el tiempo para completar la organogénesis y la finalización temprana de un sistema digestivo funcional, maximizando el crecimiento potencial de la cría de tilapia.

La cría de juveniles en estanques pequeños antes de la etapa de engorde es universal, ya que la productividad natural de los estanques de cría provee el alimento vivo necesario para el crecimiento de la tilapia. Los fertilizantes orgánicos e inorgánicos pueden utilizarse para estimular la producción de fitoplancton, que es el principal alimento vivo consumido por la tilapia durante las etapas tempranas. Por lo tanto, no se necesitan instalaciones especializadas para la producción de alimento vivo, aunque algunos piscicultores producen zooplancton como *Daphnia* y *Moina* y los emplean como alimento suplementario para aumentar la producción de crías y alevines. A continuación, y dada la importancia de la fertilización para la producción de fitoplancton, se presenta un esquema del proceso de fertilización de estanques.

Tabla 8. Presentación esquemática de la fertilización de estanques. Fuente: FAO

Fertilizantes inorgánicos	Fertilizantes orgánicos
Secado del estanque	
Eliminación de lodo y sedimentos excesivos	
Encalado	
Roturación	
Llenado parcial	Abono
Fertilización	
Llenado progresivo	
Siembra	

Como fertilizante orgánico puede emplearse el estiércol local que esté disponible y sea económico. El estiércol de ave de corral, de cerdo y de pato pueden ser buenos ejemplos, ya que poseen niveles altos de fosfato y nitrógeno y constituyen buenos fertilizantes orgánicos. Es importante que el estiércol no haya sido tratado con insecticidas.

7.2 ALIMENTO FORMULADO

Para obtener mayores rendimientos y peces de gran tamaño (600-900 g) en un periodo corto de tiempo, se emplean alimentos formulados de alta calidad. La talla máxima de tilapia del Nilo cultivada en estanques que solo son fertilizados suele ser inferior a los 250 g después de 5 meses de engorde. En sistemas de cultivo semiintensivos, la mayoría de los piscicultores en Asia fertilizan los estanques y usan alimentos formulados. Sin embargo, en sistemas intensivos en estanques y en tanques o jaulas, los piscicultores de tilapia dependen de alimentos comerciales peletizados.

Los alimentos comerciales para tilapia consisten generalmente en peletizados secos sumergibles y peletizados extruidos flotantes. No se dispone de estimaciones del volumen de alimentos de tilapia producidos en las propias granjas ya que suelen ser específicos del sitio y dependen de los ingredientes disponibles a nivel local.

El alimento producido en granjas puede ser seco/húmedo y el manufacturado industrialmente puede ser sumergible/flotante. Todos tienen ventajas y desventajas, a continuación se exponen cada una de ellas.

Alimento producido en granjas

Ventajas. No requiere energía en su fabricación, ya que se pueden fabricar a mano con un molino de carne y secarse al sol. Además, los alimentos se encuentran disponibles localmente y también se emplean productos de desechos locales. El alimento **seco** dura más tiempo que el **húmedo**.

Desventajas. Los almidones no se cocinan y no se digieren bien, poseen una baja estabilidad en el agua (pueden requerir ligante adicional), el periodo de almacenamiento es más corto, bajo FCA. Además, requiere una gran superficie para el secado. El alimento **húmedo** no puede almacenarse y debe ser utilizado inmediatamente.

Alimento manufacturado industrialmente

Ventajas. Para el **alimento sumergible** tenemos que los almidones son parcialmente cocinados, la digestibilidad es buena y poseen estabilidad en el agua (la gelatinización se mejora con un tratamiento al vapor previo). Es más económico que los pellets flotantes. Una ventaja del **alimento flotante** es que la gelatinización de los almidones es casi completa, su digestibilidad y estabilidad mayor y poseen mayor FCA. Muchos de los factores antinutritivos se eliminan con el tratamiento de calor y puede observarse al pez alimentándose.

Desventajas. El **alimento sumergible** requiere ingredientes secos y las vitaminas se pierden parcialmente. Para la fabricación de **alimento flotante** se requiere mayor destreza en su producción y además se necesitan extrusores, que son costosos, por lo que incrementa el coste de producción.

A continuación se expone en una tabla con algunos aspectos de cada uno de los tipos de alimentos mencionados.

Tabla 9. Características de distintos alimentos formulados para la tilapia. Fuente: FAO

Tipo de alimento	Humedad máx.	Técnicas de procesado	Información adicional
Alimento producido en granja			
Seco	10%	Masa húmeda extruida a través de un molino de carne y secada al sol	Línea de extrusión de alimento húmedo
Húmedo	30%	Masa hecha a mano	
Pellets manufacturados industrialmente			
Sumergibles	10%	Pellets comprimidos/comprimidos y tratados con vapor	Línea de pellets comprimidos/comprimidos y tratados con vapor
Flotantes	10%	Pellets extruidos/expandidos	Línea de pellets extruidos/expandidos

El principal problema a la hora de formular alimentos es satisfacer los requerimientos de proteínas y aminoácidos esenciales (AAE) de la especie. La fuente de proteínas preferida es la harina de pescado, debido a su calidad y a su perfil de AAE. Sin embargo, debido a su escasa disponibilidad y la creciente variación de precios, en los últimos años se han

incrementado las investigaciones científicas para reemplazar, total o parcialmente, la harina de pescado de las dietas acuícolas.

Generalmente, las dietas comerciales para tilapia contienen aproximadamente un 10% de **harina de pescado** (Furuya *et al.,* 2004). Sin embargo, desarrollo de dietas para tilapia sin emplear harina de pescado tiene el potencial de reducir los costos del alimento (Nguyen *et al.,* 2009).

De acuerdo con Tacon (1986) la selección de insumos para la preparación de dietas de peces debe basarse en las siguientes consideraciones:

- **Costes:** el alimento debe estar disponible a bajo o ningún coste para la persona acuicultora.
- **Disponibilidad:** siempre que sea posible, el material alimenticio deberá estar disponible durante todo el año.
- **Manejo y procesamiento:** deberán de ser mínimos o inexistentes (incluyendo el transporte).
- **Valor nutricional:** contenidos altos en proteína y bajos en fibra para un correcto aporte nutricional.

En la selección de insumos para elaborar una dieta debe tenerse en cuenta que los ingredientes tienen que estar disponibles a bajo (o ningún) coste, durante todo el año si es posible, con costes de manejo, procesamiento y transporte mínimos o inexistentes y que sean ricos en proteínas y bajos en fibra

La tilapia del Nilo posee la ventaja de que puede ser alimentada con un alto porcentaje de **proteínas vegetales**, lo que significa que es económicamente rentable reemplazar la harina de pescado con **fuentes alternas de proteínas** incluyendo **subproductos animales, harinas de oleaginosas, subproductos de legumbres y cereales y plantas acuáticas**. La mayoría de estos ingredientes tienen un déficit en algún AAE, fósforo o enzimas, por lo que requieren de suplementos o complementos con otros alimentos (Olvera *et al.,* 2000). Aunque la mayoría de los subproductos de oleaginosas suelen ser deficientes en lisina y metionina, la mezcla de diversas oleaginosas puede proveer un perfil balanceado en aminoácidos. Sin embargo, pueden contener factores antinutricionales como gosipol, glucosinolatos, saponinas, inhibidores de tripsina, etc., lo que limita su uso en alimentos compuestos o requiere la remoción/inactivación a través de procesos específicos

(calentamiento, cocción, etc). También existen fuentes no convencionales de proteínas que pueden ser adecuadas para esta especie, como las **pupas de gusano de seda, caracoles, gusanos, el alga *Spirulina*, gluten de maíz y trigo, almendra, ajonjolí, desechos de cervecerías**, etc.

Por otro lado, las **leguminosas** son cada vez más utilizadas en la industria de alimentos balanceados; la principal semilla utilizada es la **soja**, que se ha convertido en una importante alternativa a la harina de pescado. Es probable que parte del éxito de la sustitución de la harina de pescado por otras fuentes vegetales en tilapia se deba a los hábitos alimenticios que tiene la especie, que le permite aprovechar mejor los insumos vegetales, incluyendo los carbohidratos (Olvera *et al.,* 2000). En el caso de la tilapia del Nilo, una dieta con harina de soja suplementada con aminoácidos esenciales puede reemplazar totalmente la harina de pescado sin efectos adversos en el crecimiento, producción de carne y composición (Furuya *et al.,* 2004).

En el caso de la alimentación de tilapia con **lupino**, Viola *et al.* (1988b citado por Olvera y Olivera, 2000) estudiaron el efecto de sustituir 30 y 45% de la proteína animal con semilla de lupino dulce (*L. angustifolius*) en sus dietas. Ellos observaron que en ambos niveles los animales crecieron igual o mejor que un control, lo cual es atribuido a que posiblemente los carbohidratos de la semilla son más digeribles que los de soja, además de la capacidad de la tilapia para digerir carbohidratos, lo cual aparentemente permitió destinar mayor proporción de la proteína al crecimiento.

Por otro lado, Castillo *et al.* (2002) investigó el uso de la **pulpa de café** en la alimentación de alevines de tilapia, concluyendo que este insumo se puede incluir en dieta hasta en 25% sin afectar los índices productivos; además destaca que las dietas donde se utilizó la pulpa de café son más económicas que las dietas convencionales. Asimismo, Delgado *et al.* (2006 citado por Delgado *et al.,* 2009) evaluó dietas para tilapia conteniendo cuatro niveles de **harina de plátano roatán** (10, 20, 30 y 40%), concluyendo que la dieta con 10% de harina de plátano presentó los mejores resultados de ganancia en peso, tasa específica de crecimiento e índice de conversión alimenticia.

Por su parte, Peters *et al.* (2009) evaluó la calidad nutricional de la harina de **lenteja de agua** (*Lemna obscura*) como ingrediente en la elaboración de alimentos para tilapia roja, concluyendo que se puede incluir en la dieta de alevines hasta un 25% sin afectar el crecimiento, siempre y cuando se combine con otros ingredientes con alto contenido

proteíco; sin embargo, la limitante que tiene este recurso son los costes de recolección y procesamiento.

La tabla 10 contiene un listado de alimentos con los diferentes niveles probados y recomendados de fuentes alternativas a la harina de pescado (El Sayed, 2006). El nivel máximo de inclusión de cada alimento depende de varios factores, como el nivel de proteína en la dieta, cómo se procesa el alimento, la etapa de vida del pez, la economía, la disponibilidad, etc. Hay que señalar que son sugerencias y que estas recomendaciones deben revisarse en el futuro, conforme vayan obteniéndose resultados de las investigaciones y experimentos en alimentación realizados más recientemente, así como en base al progreso de las técnicas de procesamiento empleadas.

Tabla 10. Niveles probados y recomendados de diferentes fuentes de proteínas alternativas probadas para la alimentación de tilapia del Nilo. Fuente: FAO

Fuente de proteína	Niveles probados (%)	Nivel recomendado (%)	Peso del pez (g)
Origen animal			
Harina de camarón	100	100	20
Desecho de cabeza de camarón	0-60	60	1.4
Harina de carne y hueso + Met.	40-50	50	11 mg
Harina de carne y hueso	100	100	20
Harina de sangre	100	<100	20
Harina de pluma hidrolizada	0-100	66	0.01
Harina de pluma hidrolizada + AAE	10-50	30	4 to 5
Lodos de despojos de aves	0-20	20	10.8
Harinas de semillas oleaginosas			
Harina de soya + Met	75	75	0.8
Concentrado de proteína de soya	0-100	100	3.2
Harina de semilla de algodón + Lis	100	100	20
Torta de germen de palma de aceite	0-100	60	2.5
Torta de macadamia prensada	0-100	50	7.5-12
Proteína de hojas terrestres y proteína de granos			
Harina de hojas de mandioca	20-100	<100	14-15
Harina de canavalia	20-30	20-30	7.6
Concentrado de proteína de hojas de caupí	0-50	20-30	0.16
Gluten de maíz + harina de soya	100	100	30
Haba tostada + Met	20-80	40-80	5
Plantas acuáticas			
Azolla (Azolla pinnata)	8-42	42	0.011
Azolla (Azolla pinnata)	0-100	<25	4 to 40
Water-net *(Hydrodictyon sp.)*	0-100	20	1
Eleocharis ochrostachys	20-40	20-30	7
Espiga rizada de agua *(Potamogeton sp.)*	25-50	25	14.5
Lenteja de agua (*Lemna*)	0-50	50	14.5
Lenteja de agua (*Spirodela*)	0-100	30	13.9

Otra alternativa al reemplazo de harinas de pescado en las dietas, es el uso de los **desechos de la industria pesquera** mediante el ensilado (Llanes *et al.* 2006). Este investigador evaluó una tecnología de alimento húmedo (25% de proteína bruta) a base de ensilado de pescado, concluyendo que los ensilados mostraron ser una valiosa fuente de proteína de

origen animal, que puede utilizarse como alternativa de la harina de pescado sin afectar los términos de tasa de eficiencia proteica, conversión alimentaria y supervivencia.

En un estudio realizado por Preston (1998) sobre el uso del **follaje de la yuca** para alimentación animal, se comprobó cómo esta planta puede ser una alternativa a las fuentes proteicas convencionales como son las harinas de soja, de maní y de pescado.

Tabla 11. Valor nutricional del follaje de yuca (tallo + hojas), expresado en materia seca. Fuente: Preston (1998)

Nutriente	%
Materia seca	28
Proteína total	18-22
Fibra cruda	15-20
Extracto etéreo	4-6
NDT (nutrientes digestibles totales)	64,9
ENL (energía neta de lactación)	1,47

También se ha comprobado el uso potencial de las **cáscaras de naranja** en la elaboración de piensos para tilapia, en un estudio realizado en el año 2000 por Moreno-Álvarez. Los resultados obtenidos de la caracterización proximal de las matrices que sirvieron de base para las mezclas (AC – alimento comercial, HCN – harina de cáscara de naranja) se presentan en la tabla 12. Estos resultados, se ajustan a los niveles recomendados por Akiyama (1995) y Kubaryk (1997) en la alimentación de tilapia (tabla 13). Estos autores concluyen que los valores óptimos de proteína cruda deben ser entre un 20-40%, para lograr un desarrollo idóneo de los peces. En lo que respecta a la evaluación de la harina de cáscara de naranja los resultados de los parámetros evaluados ponen de manifiesto el importante valor de calcio y el bajo nivel de proteína cruda.

Tabla 12. Análisis proximal de las matrices expresadas en base seca. Fuente: Moreno Alvarez (2000). Leyenda: AC – alimento comercial, HCN – harina de cáscara de naranja.

Matriz	% grasa bruta	% fibra	% prot. cruda	% ceniza total	% ELN	% calcio	% fósforo
AC	6,99	4,14	31,76	9,74	42,74	9,74	1,43
HCN	2,63	13,02	1,11	3,59	78,74	0,83	0,08

Tabla 13. Requerimientos nutricionales para tilapia. Fuente: Moreno Alvarez (2000)

% prot. cruda	% ceniza total	% calcio	% fósforo	Provitamina A (UI activas/tm)
20-40	4	0,5-0,7	7	5,51

7.3 EJEMPLOS DE FORMULACIÓN DE DIETAS PARA LA TILAPIA

Hay que tener en cuenta que los ingredientes utilizados en las formulaciones varían según la región y la disponibilidad local de los mismos. Por ejemplo en Tailandia, una formulación típica de alimentos para peces herbívoros puede incluir harina de pescado (16%), harina de cacahuete (24%), harina de soja (14%), salvado de arroz (30%), arroz quebrado (15%) y premezclas de vitaminas y minerales (1%) (Somsueb, 1995). En las tablas siguientes se muestran algunos ejemplos de fórmulas para alimentos producidos en granjas de tilapia para distintas etapas de vida bajo condiciones de cultivo semiintensivo en Tailandia y Zambia.

Tabla 14. Fórmulas de alimento más utilizado para diferentes etapas de vida de tilapia del Nilo, en cultivos semiintensivos en Tailandia. Fuente: FAO

Ingrediente/composición aproximada		Etapa de vida/clase de talla			
Composición de ingrediente (%)		Cría	Juvenil	Engorda (en jaula)	Engorda (en estanque)
	Almidón de mandioca	15	0	0	0
	Harina de mandioca	0	23	23	22
	Harina de coco	0	0	0	30
	Salvado de arroz	30	15	20	0
	Harina de soya	0	30	25	25
	Harina de pescado	47	25	25	20
	Aceite de pescado	5	4	4	0
	Fosfato dicalcio	1	1	1	1
	Pre-Mezcla de vitaminas y minerales*	2	2	2	2
Composición proximal (%)					
	Materia seca	8.3	9.0	9.0	9.1
	Proteína cruda	30.0	31.0	30.0	29.9
	Lípido crudo	10.0	7.4	7.5	4.1
	Ceniza	16.3	12.6	12.8	10.7
	Fibra cruda	3.8	4.2	4.4	6.0
	NFE	31.6	35.8	36.3	40.2
	Energía bruta (kcal/kg de alimento)	2,800	2,700	2,700	2,500
	Costo (Baht/kg)	15.1	11.3	10.7	8.5
	Costo (US$/kg)	0.45	0.34	0.32	0.26

Tabla 15. Fórmulas de alimento más utilizado para diferentes etapas de vida de tilapia del Nilo, en cultivos semiintensivos en Zambia. Fuente: FAO

Composición de ingredientes (%)		Cría				Alevín				Engorda						Reproductor			
	Harina de pescado	57	60	59	50	38	35	35								35	35		31
	Tilapia enana molida, húmeda						10		10										
	Sangre fresca de ganado				10										10				
	Harina de maíz	13			18	43	39			42	31			41		49			
	Salvado de maíz		13	13				42	26			42	47		37		50	31	47
	Soya, grasa completa	24			22	13	10				5					6			
	Harina de soya		17	18					30			48		15	32		9	30	6
	Harina de semilla de girasol							16	28	20	27		48			4		28	
	Torta de cacahuate									29				36					
	Melaza de caña de azúcar	6	6	6		6	6	6		6		6	2	5		6	6	6	6
	Levadura de pan comprimida																		10
	Desechos húmedos de cerveza										35				18				
	Aceite de girasol o de soya		4	3.7				1	3			1			0.5			2.5	
	Fosfato dicalcio								3	3	2	3	3	3	2.5			3	
Composición proximal (%)																			
	Proteína cruda	50				35				28						32			
	Lípido crudo	10				8				6						7			
	Cost (US$/kg)	1.9	2.0	2.0	1.8	1.2	1.3	1.1	0.5	0.2	0.2	0.4	0.2	0.2	0.3	1.1	1.1	0.4	1.1

En Malasia, un alimento comercial típico de iniciación para tilapia puede contener la siguiente fórmula: harina de pescado (15%), harina de carne (5%), harina de soja (20%), harina de cacahuate (10%), salvado de arroz (10%), salvado de trigo (15%), maíz/arroz quebrado/mandioca (15%), aceite vegetal/de pescado (4%), fosfato dicalcio (2%), mezcla vitamínica (2%) mezcla mineral (2%).

A continuación se presentan otros ejemplos de alimentos comerciales para tilapia producidos en países del sureste asiático y otras partes del mundo.

Tabla 16. Fórmulas de alimento más utilizado para diferentes etapas de vida de tilapia del Nilo, en cultivos intensivos. Fuente: FAO

Composición de ingredientes (%)		Pre-iniciación	Iniciación	Engorda	Finalización
	Harina de pescado	15.0	12.0	10.0	5.0
	Aceite de pescado	4.0	3.0	3.0	2.0
	Maíz	0.0	0.0	3.1	14.9
	Salvado de arroz	0.0	24.6	35.0	35.0
	Salvado de trigo	10.0	10.0	10.0	10.0
	Mandioca	6.7	10.0	10.0	10.0
	Harina de soya	62.4	38.5	27.3	21.1
	Piedra caliza	0.6	0.7	0.7	0.8
	Fosfato dicalcio	1.1	1.0	0.7	1.0
	Pre-mezcla vitamínica*	0.1	0.1	0.1	0.1
	Premezcla mineral*	0.1	0.1	0.1	0.1
Composición proximal (%)					
	Proteína cruda	40	30	25	20
	Lípidos crudos	6	5	4	4
	Fibra Cruda	3.5	4.7	5.2	5.2
	Costo (US$/ton) en 2005	300	250	220	200

Tabla 17. Fórmula de una dieta práctica para tilapia del Nilo en acuicultura intensiva. Fuente: FAO

Composición de ingredientes (% peso fresco)	Talla del Pez		
	Cría (0.1-1.0 g)	Alevín (10-50 g)	Engorda (>50 g)
Harina de pescado	50.0	12.0	4.0
Harina de soya	17.0	46.0	34.0
Harinilla de trigo	4.0	30.0	30.0
Harina de trigo	4.2	-	-
Maíz	-	6.2	22.1
Harina de gluten de maíz	12.0	-	-
Harina de subproductos de aves	2.0	-	6.0
Aceite vegetal	-	3.6	0.5
Aceite de pescado	1.0	-	-
Hidrolizado de proteína de pescado	4.0	-	-
Fosfato	-	1.4	2.6
Premezcla de vitaminas y minerales	0.5	0.5	0.5
Aglutinante	-	-	0.01
Metionina	-	-	0.01
Composición proximal (% materia seca)			
Materia seca	91.0	90.0	88.3
Proteína cruda	49.5	35.0	28.5
Grasa cruda	13.0	12.4	11.9
Costo aproximado (US$/ton)	400	300	250

Tabla 18. Fórmula de alimentos peletizados para diferentes tallas de tilapia del Nilo en sistemas de cultivos intensivos. Fuente: FAO

		Peso del pez (g)				
Composición de ingredientes (%)		0.3-12	2-6	3-32	9.5-27.5	7-40
	Torta de semilla de algodón			60	40	
	Harina de pescado	17.9	36.6	20	40	15
	Torta de gérmen de maíz	10.7				70
	Aceite de maíz	5				
	Subproducto de leche en polvo	4.1				
	Salvado de arroz		63.4	20	20	
	Torta de soya	49.3				15
	Premezlca vitamínica*	6	0.5			2
	Premezcla mineral*	7.1				
Composición proximal (%)						
	Proteína cruda	36	34	41.5	45	22
	Lípidos crudos		3			1.4

Tabla 19. Fórmula de alimentos peletizados para tilapia del Nilo según clase de talla para sistemas de cultivos intensivos. Fuente: FAO

		Clase de talla			
		<14g	>15g	>20g	>20g
Composición de ingredientes(%)					
	Harina de sangre y carne		7		2.5
	Pulpa de café				5
	Torta de copra	17			
	Torta de semilla de algodón	20	30	45	33
	Solubles secos de cerveza		15	15	
	Aceite de pescado	3			2.5
	Harina de pescado	9	5		
	Torta de maní	11			
	Torta de germen de maíz				2.5
	Concha de ostión	2			
	Subproductos avícolas				45
	Salvado de arroz		20	15	10
	Torta de ajonjolí		8	7.75	
	Salvado de trigo	38	20	15	
	Premezcla vitamínica*			0.25	
Composición proximal(%)					
	Materia seca				
	Proteína cruda	28	30	30	23

Generalmente los alimentos comerciales para tilapia se comercializan en tres o cuatro presentaciones con especificaciones nutricionales dependiendo de la etapa de vida del pez (pre-iniciación, iniciación, crecimiento y finalización). Para el Grupo Charoen Pokphand, los alimentos para tilapia (utilizados en varios países asiáticos) contienen 35-40% de proteína para peces de menos de 10 g y 20-28% de proteína para peces de >300 g.

Un factor de referencia en el alimento a emplear, es el **porcentaje de proteína**, encontrándose en el mercado alimento con contenido proteico que va desde el 53% hasta 25% y esto se aplica según el peso o etapa de los organismos. De ahí, la importancia de que

el acuicultor conozca las necesidades nutricionales de los peces para satisfacer el requerimiento energético que aporta los distintos compuestos del alimento.

Ctaqua ha solicitado información a una empresa productora de alimentación comercial, sobre la composición de la fórmula alimenticia que usan para tilapia. Los ingredientes que se emplean para **alevines y juveniles** son los siguientes: granos de cereal, harinas de pescado, aceites de semillas, hemoderivados, harinas de pollo, aceite de soja, levadura y vitaminas y minerales antioxidantes. En la **fase de engorde**, se emplean los mismos ingredientes a excepción de los hemoderivados, el aceite de soja y la levadura.

Tabla 20. Composición nutricional para alevines y juveniles y la fase de engorde. Fuente: elaboración propia

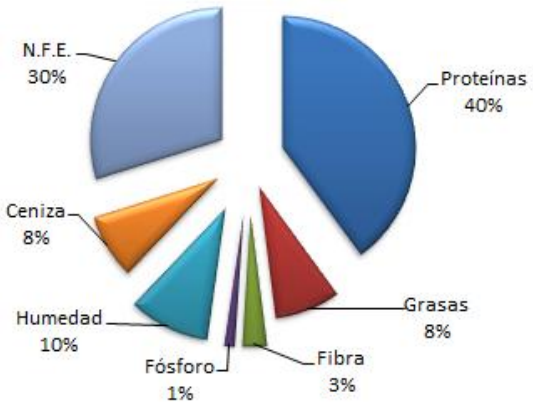
Composición nutricional	Alevines y juveniles	Fase de engorde
Energía bruta	4.594 Kcal	3.619 Kcal
Energía digestible	3.861 Kcal	3.042 Kcal
Energía metabolizable	3.300 Kcal	2.600 Kcal
Vitamina A	7.500 U.I. /kg	4.500 U.I./kg
Vitamina D3	1.000 U.I./kg	600 U.I./kg
Vitamina E	150 mg/kg	90 mg/kg
Digestibilidad proteica	88 %	85 %

Tabla 21. Tamaño de pellet recomendado según la talla del pez. Fuente: elaboración propia

Tamaño del pez	Tamaño pellet
0,4-0,8 g	1 mm
0,8-2,9 g	1,45 mm
2,9-10 g	1,65 mm
10-40 g	1,8 mm
40-100 g	2 mm
100-400 g	3 mm
>400g	5 mm

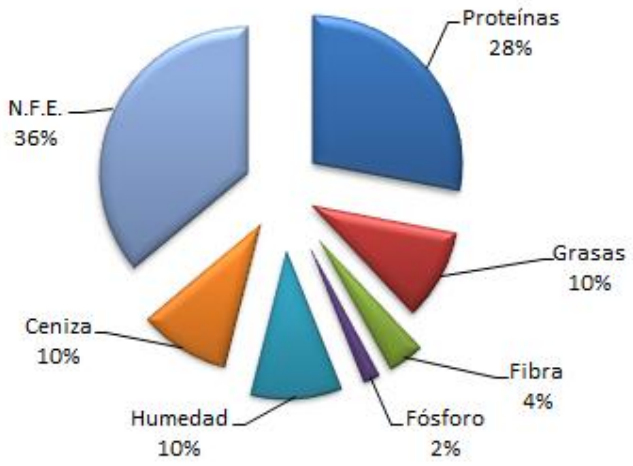
A continuación, se presenta un gráfico circular con la composición nutricional de pienso para alevines y juveniles de tilapia.

Gráfico 1. Composición nutricional del pienso para alevines y juveniles de tilapia. Fuente: elaboración propia



Y el mismo gráfico para tilapias en fase de engorde donde se observa la disminución de fósforo y de proteínas, así como el aumento del porcentaje de inclusión de lípidos hasta el 10%.

Gráfico 2. Composición nutricional del pienso para fase de engorde. Fuente: elaboración propia



Otro factor determinante es la **frecuencia de alimentación**, que permite optimizar esta actividad. A menor peso de los organismos, mayor es la frecuencia de alimentación.

Tabla 20. Frecuencia de alimentación de la tilapia según rango de peso. Fuente: Hernández *et al.* (2014)

Etapa	Rango de peso (g)	Frecuencia de alimentación
Alevín	1-5	6
Cría	5-50	6
Juveniles	50-100	5
Engorde	100-350	5
Engorde	>350	4

Se ha comprobado que esta estrategia de alimentación ha dado mejores resultados y los costes de producción se optimizan, se aprovecha mejor el alimento suministrado y hay menor pérdida. Además, se reduce el impacto producido por el alimento no consumido.

También existen otras variables que pueden alterar la frecuencia de alimentación como la temperatura, la calidad del agua o el estrés de los peces en ese momento.

7.4 TABLAS DE ALIMENTACIÓN

El manejo de las tablas de alimentación, dan una respuesta a la cantidad de alimento que debe suministrarse a los peces, según el peso promedio. El acuicultor debe evaluar la ganancia de peso de sus organismos cada 7 o 14 días y con el uso de las tablas de

alimentación, determinar la cantidad de alimento a suministrar. Así mismo, las tablas de alimentación hacen referencia al porcentaje de proteína a emplear.

En la actualidad no existen tablas de alimentación generalizadas para el uso de alimentos suplementarios en el cultivo de tilapia del Nilo, pero sí hay unas reglas generales. La población de organismos naturales presentes en el sistema de cultivo disminuye de forma gradual conforme aumenta la biomasa de peces, de forma que la cantidad de alimento suplementario debería aumentar conforme crecen los peces.

Tabla 21. Ejemplo de tabla de alimentación para la tilapia. Fuente: Hernández *et al.* (2014)

Semana	Nº peces	Peso inicial (g)	Biomasa (kg)	% alimento	% proteína
1	5000	0,6	3	15	50
2	4950	1,2	5,94	10	50
3	4901	3	14,70	6	50
4	4851	5	24,26	6,25	44
5	4803	8	38,42	4,2	44
6	4755	12	57,06	4,6	44
7	4707	15	70,61	4	44
8	4660	20	93,21	4,4	44
9	4614	27	124,57	4	44
10	4568	35	159,87	3,5	40
11	4522	45	203,49	3,6	40
12	4477	55	246,22	3,1	40
13	4432	70	310,33	3,3	35
14	4388	85	372,95	3	35
15	4344	100	434,37	3,3	35
16	4300	120	516,04	3,1	35
17	4257	150	638,59	2,7	35
18	4215	180	758,65	2,5	32
19	4173	210	876,24	2,4	32
20	4131	250	1032,71	2,3	32
21	4090	290	1185,97	2	32
22	4049	350	1417,02	1,8	32
23	4008	400	1603,26	1,6	30
24	3968	435	1726,11	1,5	30
25	3928	470	1846,34	1,4	30
26	3889	510	1983,44	1,3	30

Las tasas de alimentación deberán regularse de acuerdo con la productividad natural de los estanques y el programa de fertilización. Así, si se reduce la transparencia del agua, las tasas de alimentación deben reducirse. Por el contrario, si la transparencia aumenta, las tasas de alimentación y/o la calidad de los nutrientes (como el contenido proteico) debe aumentar. Las tasas óptimas de alimentación y la frecuencia de la alimentación dependen del sitio y también de los diversos tipos de alimentos suplementarios utilizados.

En un análisis de rentabilidad detallado de varios insumos para el cultivo de tilapia del Nilo en estanques en Tailandia, los mejores rendimientos se obtuvieron al fertilizar los estanques con urea y TSP a razón de 28 kg N y 7 kg P/Ha/semana, respectivamente, y complementando con alimento peletizado en un nivel de saciedad del 50%, comenzando únicamente cuando el pez alcanza los 100 g (Yi *et al.,* 2000).

Tabla 22. Cantidad de alimento diario en estanques en tierra según el peso promedio diario de la tilapia. Fuente: Aquamar S.A. (Ecuador)

Peso promedio (g)	% biomasa alimento/día
0,5	23,8
3	11,5
5	9,5
10	7
25	5
50	3,75
100	2,9
150	2,5
200	2,2
250	2
300	1,85
350	1,75
400	1,65
450	1,55
500	1,5
550	1,45
600	1,4
650	1,35
700	1,3
750	1,25
800	1,23
850	1,2

7.5 PROPIEDADES AGLUTINANTES DE ALIMENTOS

La mayoría de los alimentos incluyen aditivos de diversos tipos en cantidades pequeñas para realizar varias funciones. En la tabla 23 se incluye una lista de aglutinantes, atrayentes y preservativos utilizados comúnmente en los alimentos acuáticos. El uso de atrayentes alimenticios puede no ser esencial para la tilapia del Nilo, aunque a veces se utilizan en fórmulas alimenticias comerciales. Se ha comprobado que el dimetil-β-propiotetino y varios ácidos orgánicos tienen efectos estimulantes. Se recomienda utilizar harina de pescado como estimulante alimenticio en la dieta de tilapia.

Tabla 23. Lista de aglutinantes, atrayentes y preservativos utilizados comúnmente en los alimentos acuáticos. Fuente: FAO

Nombre común	Fórmula química/composición	Marca	Fabricante	% de inclusión		Referencia
				Min	Max	
Aglutinante						
Gluten de trigo				4		
Harina de trigo				15		Cruz (1997)
Polimetiolcarbamida		Aquastab		0.02-0.08		
Lignosulfato de calcio		Lignobond 2X-US				
Polímero de acetato de etileno/vinil		Aquabind		1.5-3.0		
		PEGABIND	BENTOLI	0.1	0.15	Fabricante
Promotor de crecimiento	D-galactanos sulfatado			0.1 mg/g body weight		Farias *et al.* (2004)
Atrayente	Dimetil-ß-propiotetina					
	Ácido cítrico			10^(-6) M	10^(-2) M	Xie *et al.* (2003)
	Ácido metacetónico			10^(-6) M	10^(-4) M	
	Ácido láctico			10^(-5) M	10^(-2) M	
	Concentrados de proteína animal, cloruro de colina, BHT (como conservador), aminoácidos (Alanina, Argina, Betaina, Cistina, Glicina, Histidina, Isoleucina, Lisina, Metionina, Fenilalamina, Prolina, Serina, Teonina, Triptofano, Tirosina, Valina), atrayentes naturales	AQUASAVOR	BENTOLI	0.1	0.4	Fabricante
Inmunoestimulante	Peptidoglicano	AJINOMOTO PG-AQUA	AJINOMOTO	0.01	0.1	Fabricante
	Peptidoglcano	AJINOMOTO PG-AQUA	AJINOMOTO	0.02		Clark *et al.* (2000)
Antioxidantes						
BHA	Hidroxianisol butilado (BHA)				200 ppm	Rumsey (1980)
BHT	Hidroxitolueno butilado (BHT)				200 ppm	
Etoxiquina	1,2 dihidro-6-etoxi-2,2,4- trimeti quinolina				150 ppm	
Antimicrobiales	Ácido sórbico			0.1	0.25%	Pathak *et al.* (1996)
	Ácido propiónico			0.1	0.25%	
	Benzoato de sodio			0.1	0.25%	
Aglutinante de micotoxina	Combinación de alumino y otros silicatos, ácidos orgánicos, sus sales y sufactantes	FIXAR S	BENTOLI	0.2	0.25	Fabricante
Inhibidor de moho	Combinación de ácido propiónico, sus sales y sales de ácidos orgánicos con excipientes liberadores sostenidos y retardantes de corrosión	AMONEX	BENTOLI	0.05	0.2	Fabricante
Hormonas	17 α metiltestosterona (para reversión de sexo)*			40 mg/kg feed	60 mg/kg feed	Varias fuentes
Conservadores						
Ácido propiónico		Calprona C		0.5-2 kg/ton		Cruz (1997)
Poli N-vinilbutilrolactamo y monmorilonito de sodio		Alfabind		2-4 kg/ton		
Hidroxitolueno butilado		Dry-antox 125		125 g/ton		

A continuación se presenta la composición de premezclas de vitaminas y minerales de bajo coste utilizados comúnmente en alimentos comerciales para tilapia (véase tabla 24).

Tabla 24. Composición de premezclas de vitaminas de bajo coste más utilizadas en alimentos comerciales para tilapia. Fuente: FAO

Vitaminas	Premezcla en g/kg
Vitamina B_1 (Tiamina)	20
Vitamina B_2 (Riboflavina)	20
Vitamina B_6 (Piridoxina)	10
Vitamina B_5 (Ácido pantoténico)	50
Inositol	100
Vitamina B_7 (Biotina)	1
Vitamina B_9 (Ácido fólico)	5
Ácido para aminobenzoico	
Colina	500
Vitamina B_3 (Niacina/ácido nicotínico)	100
Vitamina B_{12} (Cianocobalamina)	1
Vitamina A (Retinol) (IU/kg)	5,500
Vitamina E (α-tocoferol) (IU/kg)	50
Vitamina K	10
Vitamina C (Ácido ascórbico)	375
Vitamina D_3 (Colecalciferol) (IU/kg)	2,000

Tabla 25. Composición de premezclas de minerales de bajo coste más utilizadas en alimentos comerciales para tilapia. Fuente: FAO

Minerales	En agua dulce (premezcla en g/kg)	En agua salada (premezcla en g/kg)
$CaHPO_4$ $2H_2O$	727.78	
$MgSO_4$ $7H_2O$	127.5	510
NaCl	60	200
KCl	50	151.11
$FeSO_4$ $7H_2O$	25	100
$ZnSO_4$ $7H_2O$	5.5	22
$MnSO_4$ H_2O	2.54	10.15
$CuSO_4$ $7H_2O$	0.785	3.14
$CoSO_4$ $7H_2O$	0.4775	1.91
$Ca(IO_3)$ $6H_2O$	0.295	1.18
$CrCl_3$ $6H_2O$	0.1275	0.51

7.6 TOXICIDAD EN LA ALIMENTACIÓN DE LA TILAPIA

La presencia de **factores antinutricionales endógenos** en los productos vegetales, es considerada como uno de los principales factores que limitan su uso en la alimentación animal. En la tabla 26 se resumen los grupos principales de factores antinutricionales presentes entre los vegetales. Varios de esos factores pueden encontrarse en tejidos animales, como por ejemplo, el factor antivitamina tiaminasa, que se encuentra en pescado y mariscos crudos.

Tabla 26. Factores tóxicos endógenos en materias primas vegetales

Origen	Factor antinutricional
Proteínas	Inhibidor de proteasas Hemaglutininas
Glucósidos	Goitrógenos Cianógenos Saponinas Estrógenos
Fenoles	Gosipol Taninos
Misceláneos	Antiminerales Antivitaminas Antienzimas Alérgenos Microbianos/carcinógeno Aminoácidos

Dependiendo del origen y procesamiento de los alimentos, éstos pueden contener diferentes **factores tóxicos exógenos**, entre los que se incluyen: peces venenosos, toxinas de protozoarios y algas, residuos de solventes (presentes en oleaginosas sometidas a extracción con solventes: cloruro de metileno, dicloruro de etileno, tricloroetileno, hexano, acetona, alcohol isopropílico), toxinas de hongos (aflatoxinas presentes en materiales mal almacenados), toxinas bacterianas (toxina del botulismo), drogas terapéuticas (antibióticos, sulfonamidas, nitrofuranos, ácido arsenílico), residuos de pesticidas (hidrocarbonos clorinados), compuestos organoclorados (bifeniles policlorinados), hidrocarburos (n-parafinas) y contaminación por metales pesados (Friedman *et al.,* 1972; Ashley, 1972).

Los alimentos basados en estiércol y materia animal presentan una posibilidad de riesgo debido a la presencia de **microorganismos contaminantes**, incluyendo: bacterias (contaminación con *Salmonella* en subproductos animales), hongos y virus (productos de origen fecal). Para eliminar el riesgo de transmisión de enfermedades por esos productos, es esencial que sean procesados de forma que se asegure una completa destrucción de los microorganismos.

7.7 REGÍMENES DE ALIMENTACIÓN

En China, la tilapia se estabula a razón de 30.000-37.500 peces/Ha y se alimenta con alimentos peletizados (28-35% CP-contenido proteico) 2-3 veces al día a una tasa del 6-10% del peso corporal (PC)/día/pez para tallas menores a 100 g, 3-6% PC/día/pez para talla entre 100-250 g y 1,5-4% PC/día/pez para tallas entre 300-800 g (Lai *et al.,* 2004). Bajo estas condiciones, el rendimiento varía de 15-20 ton/Ha con un factor de conversión de alimentos de 1,5-2,0.

En la tabla siguiente se presentan los regímenes de alimentación recomendados por un productor de alimentos para tilapias de diferentes tallas con las tasas de crecimiento esperadas.

Tabla 27. Programas de alimentación recomendados por fabricantes de alimentos para tilapia. Fuente: FAO

Tipo de alimento	Talla del pez (g)	Tasa de alimentación (% de biomasa por día)	Tasa de crecimiento (g/día)	Duración de alimentación (semanas)
B-MEG Tilapia				
Pasta para crías	0.01-2.0	15-20	0.02±0.01	
Migajas de Iniciación	2-15	7-10	0.35±0.05	
Pellets de iniciación	16-37	5.9-7	0.47±0.07	
Pellets de Engorda	38-83	4.4-5.8	0.86±0.20	
Pelletes de Finalización	91-1,000	1.5-4.1	1.8±0.40	
Vitarich				
Pasta para crías	3-15	6 -13		1 - 3
Migajas para crías	22-62	5 - 6		4 - 7
Pellets extruídos para juveniles	77-105	3 - 4		8 - 9
Pellets extruídos para adultos	130-250	2 - 3		10 - 14

A continuación se presentan las tablas de alimentación recomendadas para la tilapia utilizando alimentos formulados bajo diversas densidades de estabulación en sistemas de cultivo semiintensivo (únicamente estanques) e intensivos (jaulas, tanques y estanques), respectivamente.

Tabla 28. Tabla de alimentación para tilapia utilizando alimentos formulados para cultivo semiintensivo (estanque). Fuente: FAO

Etapa de vida	Talla del pez (g)	Densidad de estabulación (no./ha)	Tipo de alimento	Tamaño de alimento (mm)	Tasa de alimentación (% peso corporal)	Frecuencia de alimentación (no./día)
Cría temprana	0 - 1	10,000 - 30,000	Polvo	0.2 - 1	15 - 10	4
Cría temprana	1 - 5		Migajas	1 - 1.5	10 - 5	2
Alevín	5 - 20		Pellets sumergibles	1.5 - 2	5 - 3	
Juvenil	20 - 100	<10,000		2	3 - 2	1 - 2
Engorda	> 100			3 - 4	2	
Reproductor	150 - 300			4		

La profundidad Secchi en estanques fertilizados en un sistema de cultivo semi-intensivo debería ser de 25-35 cm

Tabla 29. Tablas de alimentación para tilapia utilizando alimento formulado en sistema de cultivo intensivo. Fuente: FAO

Jaulas

Etapa de vida	Talla del pez (g)	Densidad de estabulación (no./m^3)	Tipo de alimento	Tamaño de alimento (mm)	Tasa de alimentación (% de peso corporal)	Frecuencia de alimentación (no./día)
Cría	1 - 5	3,000	Migas	1 - 1.5	10 - 6	4
Alevín	5 - 20	2,500	Pellets flotantes/ sumergibles	1.5 - 2	6 - 4	
Juvenil	20 - 100	1,500		2	4 - 3	2
Enroda	100 - 250	50 - 200		3	3 - 2	
	> 250			4	2 - 1.5	

Tanques

Etapa de vida	Talla del pez (g)	Densidad de estabulación (no./m^2)	Tipo de alimento	Tamaño de alimento (mm)	Tasa de alimentación (% de peso corporal)	Frecuencia de alimentación (no./día)
Cría temprana	0 - 1	8,000	Polvo	0.2 - 1	30 - 10	8
Cría	1 - 5	3,000	Migajas	1 - 1.5	10 - 6	4
Alevín	5 - 20	1,500	Pellets flotantes/ sumergibles	1.5 - 2	6 - 4	
Juvenil	20 - 100	1,000		2	4 - 3	2
Engorda	100 - 250	200		3	3 - 2	
	> 250	100		4	2 - 1.5	
Reproductor	150 - 300	2-3		4	2	

Estanques

Etapa de vida	Talla del pez (g)	Densidad de estabulación (no./ha)	Tipo de alimento	Tamaño de alimento (mm)	Tasa de alimentación (% de peso corporal)	Frecuencia de alimentación (no./día)
Alevín temprano	0 - 1	250,000 - 400,000	Polvo	0.2 - 1	30 - 10	8
Alevín	1 - 5		Migas	1 - 1.5	10 - 6	4
Juvenil	5 - 20		Pellets flotantes/ sumergibles	1.5 - 2	6 - 4	
Juvenil	20 - 100	10,000 - 40,000		2	4 - 3	2
Adulto	100 - 250			3	3 - 2	
	> 250			4	2 - 1.5	
Reproductor	150 - 300	2-3/m^2		4	2	

A continuación se exponen dos tablas con los regímenes de alimentación que se utilizan en los sistemas de cultivo semiintensivo e intensivo en estanques de agua dulce en China (tabla 30) (Miao *et al.,* 2007) y en sistemas de cultivo intensivo en estanques y jaulas en varios países del sureste asiático (tabla 31) (Orachunwong *et al.*, 2001). Cabe señalar que la tilapia consume menos alimento durante los meses más fríos del año en los países donde se presentan marcadas fluctuaciones estacionales de temperatura.

Tabla 30. Regímenes de alimentación para sistemas de cultivo semiintensivo e intensivo en estanques de agua dulce en China. Fuente: FAO

Talla del pez (g)	Tamaño de partícula de alimento(mm)	Tasa de alimentación (% de peso corpora		Frecuencia de alimentación
		Semi-intensivo (<20,000/ha)	Intensivo (>20,000/ha)	(Nos./día)
<1	<0.5	30-10	-	Hasta saciedad
1to 5	0.5-1	10 to 6	-	6
5 to 20	1 to 2	6 to 4	-	4
20-100	3.2	4 to 3	-	4
100-250	3.2-4.6	3	-	3
250-500	4.6	3 to 2	2.0-1.5	3
>500	4.6	2-1.5	1.5-1.3	3-2

Tabla 31. Regímenes de alimentación para sistemas de cultivo intensivo en estanques y jaulas en países del sudeste asiático. Fuente: FAO

Talla del pez (g)	Tipo de alimento	amaño de aliment	Tasa de alimentación	Frecuencia de alimentación
		(mm)	(% de peso corporal)	(no./día)
<0.5	Migajas	<0.6	20	6
0.5	Migajas	0.6-1.0	15	6
1	Migajas	0.6-1.0	11	6
2	Extruído, flotante	1.4-2.4	6.5	5
10	Extruído, flotante	2.4	6.5	5
15	Extruído, flotante	2.4	4.6	5
30	Extruído, flotante	3.2	3.6	4
60	Extruído, flotante	3.2	3	4
100	Extruído, flotante	4.8	2.6	4
175	Extruído, flotante	4.8-6.0	2.2	3
300	Extruído, flotante	6.0-8.0	1.8	3
400	Extruído, flotante	8.0-10.0	1.5	3

7.8 ESTABILIDAD DEL AGUA

Muchos de los ingredientes de los alimentos peletizados absorben agua, lo que ocasiona una pérdida de estabilidad (salvado de trigo y de arroz). Los subproductos de semillas oleaginosas y cereales brindan una buena estabilidad (actúan como ligantes, especialmente cuando ocurre la gelatinización) mientras que los subproductos animales suelen ser malos ligantes. Si el alimento compuesto es tratado térmicamente, hay que tener en cuenta que al menos un 20% del alimento deberá consistir de ingredientes con un alto contenido de almidones (maíz, trigo, etc.) para mejorar la estabilidad en el agua mediante la gelatinización.

7.9 DEFICIENCIAS NUTRICIONALES

Las deficiencias de aminoácidos esenciales en la tilapia conllevan la pérdida de apetito, el crecimiento retardado y poca eficiencia en la utilización de los alimentos. La falta de ácidos grasos esenciales también genera la pérdida de apetito y un crecimiento más lento, además de la inflamación del hígado con acumulación de grasa y coloración pálida (tabla 32).

Tabla 32. Síntomas/síndrome producidos por deficiencias nutricionales en tilapia y peces en general. Fuente: FAO

Aminoácidos esenciales	**Síntomas de deficiencia/síndrome**
Lisina	Erosión de aleta caudal/dorsal, crecimiento retardado, aumento en mortalidad
Metionina	Crecimiento retardado, cataratas
Triptofano	Crecimiento retardado, escoliosis, lordosis, erosión de aleta caudal
Ácido graso esencial	**Crecimiento retardado, hígado pálido e hinchado, hígado graso**

Minerales	Síntomas de deficiencia/Síndrome
Fósforo	Lordosis, poco crecimiento
Calcio	**Crecimiento reducido, mala conversión de alimentos y mineralización de huesos**
Potasio	Crecimiento y eficiencia de alimentación reducidos, anorexia, convulsiones
Magnesio	Crecimiento reducido/ **hipercalcinosis en todo el cuerpo**
Hierro	Anemia microcítica, homocrónica
Zinc	Crecimiento y apetito reducidos, cataratas, alta mortalidad, erosión de aletas y piel, enanismo
Manganeso	**Crecimiento reducido, anormalidades óseas, anorexia, pérdida de equilibrio**
Cobre	Crecimiento reducido, cataratas
Selenio	Aumento en mortalidad, distrofía muscular, crecimiento reducido, cataratas, anemia
Yodo	Hiperplasia tiroidal (gota)

****En negrita: signos reportados de deficiencia de AGE para* O. niloticus**. *Sin negrita: síntomas de deficiencia general de AAE en peces*

Otros síntomas observados en la tilapia del Nilo son: calcio – crecimiento reducido, baja conversión de alimentos y mineralización de huesos; magnesio – hipercalcinosis en todo el cuerpo; y manganeso – crecimiento reducido y anormalidades en el esqueleto.

En un estudio realizado por Dabrowska *et al.* (1989), un exceso de magnesio (0,32%) en una dieta baja en proteínas (24%) produjo un severo retraso en el crecimiento y mostró una reducción importante en los parámetros de sangre. Una deficiencia de magnesio en una dieta alta en proteínas (44%) causó hipercalcinosis en todo el cuerpo. Para un rendimiento óptimo de esta especie, se consideró adecuado un contenido de magnesio en la dieta de 0,059-0,077%.

La deficiencia de ácido ascórbico es común en peces cultivados de manera intensiva. Esto suele deberse a un defecto de fabricación o a un almacenaje inadecuado. De hecho, la vitamina C se degrada a altas temperaturas y después de mucho tiempo de almacenamiento. Por otra parte, se consume más rápido cuando los peces están estresados.

La deficiencia de vitamina E causa anorexia, crecimiento retardado e incluso la muerte. Puede tener además otros efectos patológicos como consecuencia de la ingestión de lípidos oxidados (congestión, hemorragias, lordosis, exoftalmia, etc.). La vitamina E es un antioxidante fuerte que protege los ácidos grasos no saturados.

Además, la incorporación de antibióticos en la alimentación reduce la capacidad de síntesis vitamínica de los peces. Por ejemplo, la tilapia del Nilo produce vitamina B12 en

condiciones normales, pero debe agregarse esta vitamina al alimento cuando los peces reciben tratamiento con antibiótico.

En la tabla 35 se resumen los síntomas debidos a la deficiencia vitamínica en la tilapia bajo condiciones de cultivo controladas.

Tabla 33. Síntomas debido a la deficiencia vitamínica en tilapia. Fuente: FAO

Vitaminas	Especie	Síntomas de deficiencia/ síndrome
Vitamina B_2 (Riboflavina)	*O. aureus*	Bajo crecimiento, alta mortalidad, letargos, erosión de aletas, anorexia, pérdida de color corporal, enanismo, cataratas
Vitamina B_5 (Ácido pantoténico)	*O. aureus*	Bajo crecimiento, hiperplasia de células epiteliales de lamelas branquiales, erosión de aletas, hemorragias, anemia, letargo
Vitamina B_3 (Niacina/ ácido nicotínico)	Tilapia híbrida *(O. niloticus X O. aureus)*	Hermorragias, hocico deforme, edemas branquiales, lesiones en piel, aletas y boca
Vitamina B_1 (Tiamina)	*Tilapia híbrida (O. mossambicus X O. niloticus) y tilapia del Nilo*	Bajo crecimiento y eficiencia alimentaria, anorexia, coloración clara, desórdenes nerviosos, conteo bajo hematocríto y de células rojas, aumento de piruvato en el suero
Vitamina B_6 (Piridoxina)	Tilapia híbrida *(O. niloticus X O. aureus)*	Bajo crecimiento y eficiencia alimentaria, alta mortalidad, signos neurológicos anormales, anorexia, convulsiones, erosión de aleta caudal, lesión en boca
Vitamina B_7 (Biotina)	tilapia híbrida *(O. niloticus X O. aureus)*	Bajo crecimiento
Ácido fólico	Tilapia del Nilo	Bajo crecimiento, reducción en la ingesta y mala eficiencia alimentaria
Vitamina B_2 (Riboflavina)	Tilapia del Nilo	No se reportan requerimientos
Colina	Tilapia híbrida *(O. niloticus X O. aureus)*	Bajo crecimiento y superviviencia, baja concentración de triglicéridos, colesterol y fosfolílpidos en la sangre
Inositol	Tilapia del Nilo	No se reportan requerimientos
Vitamina C (Ácido ascórbico)	Tilapia del Nilo	Poco crecimiento y poca eficiencia alimentaria, escoliosis, lordosis, poca capacidad de curar heridas, hemorragias, erosión de aletas, anemia, exoftalmia y deformidad en branquias y opérculo
Vitamina A (Retinol)	Tilapia del Nilo	Bajo crecimiento y eficiencia alimentaria, inquietud, nado anormal, ceguera, exoftalmia, hemorragias en piel, aleta y ojo, síndrome de abdomen hinchado, reducida secreción mucosa, alta mortalidad
Vitamina D (Colecalciferol)	Tilapia híbrida *(O. niloticus X O. aureus)*	Bajo crecimiento y eficiencia alimentaria, hemoglobina baja, reducido tamaño de hígado
Vitamina K	Tilapia del Nilo	No se reportan requerimientos
Vitamina E (α-tocoferol)	Tilapia del Nilo	Bajo crecimiento y efciencia alimentaria, anorexia, hemorragias en piel y aletas, degeneración muscular, despigmentación

8. RECOMENDACIONES

Es muy importante formular una dieta atendiendo a las necesidades nutricionales que tienen las tilapias a lo largo de las diferentes fases de su ciclo de vida. Como se ha descrito en el **Apartado 4** "Requerimientos nutricionales de la tilapia" se espera que la tilapia requiera mayor cantidad de proteínas, lípidos y vitaminas y minerales e inferior en carbohidratos en tamaños de hasta 10 g, por lo que se aconseja incrementar el nivel proteico y lipídico en estas edades y suplementar la alimentación con vitaminas y minerales. A continuación se ofrece las recomendaciones de uso de los compuestos nutricionales de interés en la dieta de las tilapias.

*Proteínas

Los **niveles de proteína recomendados** oscilan entre 25 y 35% pero pueden alcanzar hasta un 50% en la etapa de alevín y disminuyendo conforme el animal crece (mínimo 30%).

En el cultivo planteado en las comunidades de Kolda, Senegal, no se tiene previsto la reproducción de peces, pero la recomendación para el suministrador de alevines es llegar a un porcentaje de inclusión de proteína de los reproductores del 40-45%.

Los mayores niveles de proteínas de los alimentos disponibles en la zona de cultivo en Kolda, Senegal, se encuentran en el **cacahuete** (25 g/100 g), la **judía** (19,2 g/ 100g), el **cajú** (18,2 g/100 g), el **sorgo** (10,4 g/100 g), el **arroz** (7 g/100 g), el **maíz** (3,3 g/100 g), la **patata** (2,5 g/100 g) y el **gombo** (2 g/100 g).

*Lípidos

El contenido lipídico ideal en la dieta de tilapia debe encontrarse entre 10-15%, ya que cuando supera el 20% disminuye el crecimiento. El requerimiento cuantitativo de PUFA n-6 es de 0,5-1%.

Tras el estudio de composición nutricional de los alimentos disponibles en las comunidades de Kolda, Senegal, se ha puesto de manifiesto que los mayores niveles de lípidos se presentan en el **cacahuete** (48 g/100 g), el **cajú** (43,9 g/100 g), el **sorgo** (3,1 g/100 g), la **judía** (1,8 g/100 g), el **arroz** (0,9 g/100 g) y el **maíz** (0,4 g/100 g).

Hay que tener en cuenta que los aceites vegetales más empleados como sustitución de aceite de pescado son: de soja, de maní, de linaza (semilla de lino), girasol, maíz y coco.

*Carbohidratos

La tilapia del Nilo es capaz de utilizar altos niveles de carbohidratos (entre 30-70% de su dieta).

Los niveles de carbohidratos más altos de los alimentos disponibles en la zona de cultivo en Kolda, Senegal, se presentan en: el **arroz** (86 g/100 g), el **sorgo** (70,7 g/100 g), la **yuca** (38 g/100 g), el **cajú** (30,2 g/100 g), la **batata** (24,1 g/100 g), el **cacahuete** (21 g/100 g), la **banana** (20 g/ 100 g), el **maíz** (19,5 g/100 g), la **patata** (18 g/100 g) y el **mango** (15 g/100 g).

*Vitaminas

A mayor nivel de inclusión lipídica en la dieta, mayores niveles de vitaminas son requeridos, por ejemplo, en dietas con un 5% de lípidos, se requiere 50-100 mg/kg de vitaminas y para dietas con un 10-15% de lípidos, se necesita hasta 500 mg/kg de vitaminas.

*Fibra

El nivel de fibra más alto de los alimentos disponibles en la zona de cultivo en Kolda, Senegal, se presentan en: el **cacahuete** (9 g/100 g), el **sorgo** (6,7 g/100 g), la **judía** (4,3 g/100 g), el **gombo** (3,2 g/100 g), la **batata** (3,1 g/100 g), la **zanahoria** (2,9 g/100 g), el **maíz** (2,8 g/ 100 g) y el **pimiento** (2,1 g/100 g).

9. BIBLIOGRAFÍA

***Webs consultadas**

<http://www.americastilapiaalliance.org/2013/11/12/introduction-to-tilapia-nutrition/> Americas Tilapia Alliance

<http://www.fao.org/fishery/affris/perfiles-de-las-especies/nile-tilapia/tilapia-del-nilo-pagina-principal/es/> FAO

***Documentos**

(1993) Nutrient requirement of fish. *National Research Council, Academy of Sciences*, National Academy Press, Washington D.C., 114 pp.

(2005) An impact evaluation of the development of genetically improved farmed tilapia and their dissemination in selected countries. *Asian Development Bank*, Manila, Philippines, 124 pp.

(2007) Manual de producción de tilapia. Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de la Puebla, México.

Akiyama, D. (1995) Nutrición, alimentos y alimentación de los peces. *Soyanoticias* 253, 20-23.

Ashley, L. M. (1972) Nutritional Pathology. En: Fish nutrition J.E. Halver (Ed.) Academic press. New York and London, 439-537.

Bishop, C.D., Watts, S.A. (1998) Live feeds appear necessary at first feed to promote maximal growth and normal development of the digestive system in *Oreochromis niloticus*. Book of Abstracts, *World Aquaculture*. 572 pp.

Bomfim, M.A.D., Lanna E.A.T., Donzele, J.L., Quadros, M., Riberiro, F.B., Sousa, M.P. (2010) Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em raçoes para alevinos de tilapia do Nilo. R. Bras. Zootec., 39 (1): 1-8.

Castelló, F. (1993) Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción. *Ciències Experimentals i Matemàtiques, Universidad de Barcelona.*

Castillo, E., Acosta, Y., Betancourt, N., Lidia, E., Mildred, A., Cobos, V., Jover, M. (2002) Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja. *Revista AquaTIC,* 16.

Chou, B-S., Shiau, S-Y. (1996) Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture,* 143, 185-195.

Costa, M.L.S., Melo, F.P., Correia, E.S. (2009) Efeitos de diferentes níveis protéicos da raçao no crescimento na tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus L.) variedade chitralada, criadas em tanques-rede. B. Inst. Pesca, Sao Paulo, 2009; 35 (2): 285-294.

Dabrowska, H., Gunther, K.-D., Meyer-Burgdorff, K. (1989). Interaction between dietary protein and magnesium level in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 76: 277-291.

De Silva, S.S. (1995) Supplementary feeding in semi-intensive aquaculture systems. *FAO Fisheries Technical Paper,* 343, 24-60.

Delgado F., Gallardo, A., Cuevas, L., García, M. (2009). Crecimiento compensatorio en tilapia Oreochromis niloticus posterior a su alimentación con harina de plátano. *Avances en Investigación Agropecuaria,* 13 (2): 55-70.

El-Sayed, A. F. (2004) Protein nutrition of farmed Tilapia: searching for unconventional sources. In: R. Bolivar, G. Mair, K. Fitzsimmons (Editors). *New dimensions in farmed tilapia: proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia Aquaculture* 2004, Manila, Philippines, 364–378.

El-Sayed, A-F. M. (2006) Tilapia Culture. *Oxfordshire*, CABI Publishing. 277 pp.

El-Sayed, F.M.A. (2003) Protein Nutrition of Farmed Tilapia: Searching for Unconventional Sources. Faculty of Science University of Alexandria, 364-378.

Fitzsimmons, K. (2005) Tilapia culture. *Aquaculture in the 21 Century. American Fisheries Society*, Maryland, 643 pp.

Friedman, L., Shibko, S.L. (1972) Nonnutrient components of the diet. En: Fish Nutrition, edited by J.E. Halver, *Academic Press, New York and London*, 182– 254.

Furuya, W., Pezzato, L., Barros, M., Pezzato, A., Furuya, V., Miranda, E. (2004) Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in fish-meal-free diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.*). *Aquaculture Research*, 35:1110-1116.

Furuya, W.M. (2010) tabelas brasileiras para a nutriçao de tilapias. Gráfica Editora, Toledo, p.100.

Furuya, W.M., Silva, L.C., Neves, P.R., Botaro, D., Hayashi, C., Sakaguti, E.S., Furuya, S.R. (2004) Exigências de metionina + cistina total para alevinos de tilapia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. Ciência Rural, 34 (6): 1933-1937.

Hayashi. C., Boscolo, W.R., Soares, C.M., Meurer, F. (2002) Exigência de Protéina Digestível para larvas de tilapia do Nilo (Oreochromis niloticus), durante a Reversao Sexual. R. Bras. Zootec. 31 (2): 823-828.

Hernández, J., Jiménez, M., Montejo, G., Carrillo, L., (2014) Manual: Elaboración de alimento alternativo para la producción de tilapia. Instituto Tecnológico de Salina Cruz. Dpto. Acuicultura. México.

Hu, C.J., Chen, S.M., Pan, C.H., Huang, C.H. (2006) Effects of dietary vitamin A or b-carotene on growth of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture*, 253, 602-607.

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

Lai, Q.M., Yi. Y. (2004) Tilapia culture in China. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, pp. 18-27.

Llanes, J., Toledo, J., Lazo de la vega, J. (2006) Producción de alimento húmedo a partir de ensilados de pescado para la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *AquaTIC*, 25: 16-21.

Miao, W.M., Liang, M.Q. (2007) Analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development in China. *FAO Fisheries Technical Paper*, 497. 510 pp.

Moreno Alvarez, M. J.; Hernández, J. G.; Rovero, R.; Tablante, A.; Rangel, L. (2000) Alimentación de tilapia con raciones parciales de cáscara de naranja. *Ciencia y Tecnología Alimentaria,* 3:1, 29-33.

Moreno, J.M., Muñoz, A.P., Wills, G.A. (2013) Efecto de la inclusión de diferentes fuentes de lípidos sobre parámetros productivos y composición proximal del filete de tilapia nilótica – Oreochromis niloticus – cultivada en jaulas flotantes. *Rev. Med. Vet. Zoot.*, 60 (II), 100-111.

Ng, W.K., Chong C.Y. (2004) An overview of lipid nutrition with emphasis on alternative lipid sources in tilapia feeds. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 241-248.

Nguyen, T., Allen, D., Saoud, P. (2009) Evaluation of alternative protein sources to replace fish meal in practical diets for juvenile tilapia, *Oreochromis spp. Journal of the World Aquaculture Society* 40(1): 113-122.

Noel-Guevara, W. (2003) Formulación y elaboración de dietas para peces y crustáceos. *Tesis doctoral, Universidad Nacional Jorge Basadre Groghmann. Perú.*

Olvera-Novoa, M. A., Olivera-Castillo, L. (2000) Potencialidad del uso de las leguminosas como fuente proteica en alimentos para peces. pp 327-348. En: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) *Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México.

Orachunwong, C., Thammasart, S. & Lohawatanakul, C. (2001) Recent developments in tilapia feeds. *International Technical and Trade Conference on Tilapia*, 113-122.

Peters, R., Morales, E., Morales, N., Hernández, J. (2009) Evaluación de la calidad alimentaria de la harina de Lemna obscura como ingrediente en la elaboración de alimento para tilapia roja (*Orechromis spp.*). *Revista Científica, FCV-LUZ*, 19(3): 303-310.

Pokniak, R. (1997) Nutrición de peces. *TecnoVet,* 3:2. Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile.

Poot-López, G.R., Gasca-Leyva, E., Olvera-Novoa, M.A. (2012) Producción de tilapia nilótica (Oreochromis niloticus L.) utilizando hojas de chaya (Cnidocolus chayamansa McVaugh) como sustituto parcial del alimento balanceado. *Lat. Am. J. Aquat. Res.,* 40 (4), 835-846.

Preston, T.R., Rodríguez, L., Nguyen, V.L., Chau, L.H. (1998) El follaje de la yuca (Manihot esculenta Cranz) como fuente de proteína para la producción animal en sistemas agroforestales. Conferencia electrónica de la FAO "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica" 395-406.

Shiau, S.Y., Su, L.W. (2003) Ferric citrate is half as effective as ferrous sulfate in meeting the iron requirement of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Journal of Nutrition*, 133, 483-488.

Somsueb, P. (1994) Aquafeeds and feeding strategy in Thailand. *FAO Fisheries Technical Paper*, 343, 434 pp.

Stickney, R.R. (1997) Tilapia update 1996. *World Aquaculture,* 28, 20-25.

Stickney, R.R. (2006) Tilapia update 2005. *World Aquaculture,* 37, 18-23, 70-72.

Tacon, A. G. J. (1986) Development of Carp feeds. A report prepared for the project TCP/PNG/4503 re-establishment of carp fishing in the highlands of Papua New Guinea. *FAO Field Document 3*, July, 42 pp.

Toledo Pérez, S.J., García Capote M.C. (1998) Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América latina y el Caribe. *Avances en nutrición acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, México.*

Torres-Novoa, D.M., Hurtado-Nery, V. L. (2012) Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Orinoquia – Universidad de los Llanos.

Triana-García, P.A., Gutierrez-Espinosa, M.C., Eslava-Mocha, P.R. (2013) Rendimiento productivo e hígado graso en tilapia híbrida (Oreochromis spp): Influencia de dos fuentes de lípidos. <online>

Tupac Yupanqui Sagástegui, I. (2016) Nutrigenómica de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) alimentada con diferentes fuentes de ácidos grasos. *Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Veterinaria, Dpto. Producción Animal.*

Viola, S., Arieli, Y., Zohar, G. (1988) Animal-protein-free feeds for hybrid tilapia (oreochromis niloticus x O. aureus) in intensive culture. *Aquaculture*, 75: 115-125.

Wang, Y., Yuen, K.H., Ng, W.K. (2006) Deposition of tocotrienols and tocopherols in the tissues of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., fed a tocotrienol-rich fraction extracted from crude palm oil and its effect on lipid peroxidation. *Aquaculture,* 253, 583-591.

Yi, Y., Lin, C.K. (2000) Analyses of various inputs for pond culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): profitability and potential environmental impacts. *Proceedings of the Fifth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 247-257.