

## NUTRICION Y SANIDAD EN EL CULTIVO DE TILAPIA

(Extractado de Panorama da Aquicultura. Autor F.Kubitza, 2013). (A excepción de algunas indicaciones específicas para el cultivo de tilapia, el total del artículo, prácticamente es general para cultivo de cualquier otra especie).

La tilapia es la principal especie de la acuicultura brasileña. Hasta fines del siglo pasado, los cultivos predominantes eran efectuados en estanques excavados. A partir del 2000, la expansión de la producción en jaulas creció considerablemente en los grandes embalses en diversos Estados. Comparando los cultivos en estanques con los cultivos en jaulas, aquellos demandan menor inversión en su implantación y una mayor facilidad de manejo de sus poblaciones. Entretanto, el costo de producción es mayor en las jaulas, en especial por los FCR más elevados y por la mortalidad crónica por enfermedades bacterianas, especialmente en los períodos de altas temperaturas en el agua.

En estanques con agua verde, las biomásas alcanzan entre 8.000 y 10.000 kg/ha (1 kg/m<sup>2</sup>), y el alimento natural (en particular el fitoplancton), contribuye con el 30 a 40 % de la ganancia en peso de la tilapia. El consumo de plancton y de otros organismos presentes en los estanques ayuda a la tilapia a complementar su nutrición, compensando eventuales deficiencias o desbalances de los nutrientes en las raciones. Esta compensación no ocurre con las tilapias confinadas en las jaulas sin alimentos naturales disponibles, dependen exclusivamente de los nutrientes existentes en las raciones utilizadas para su crecimiento y sanidad. De esta forma, cualquier desbalance o deficiencia nutricional puede comprometer severamente el desempeño y salud de los animales, favoreciendo la producción de enfermedades.

### *Algo puede faltar en las raciones*

Por más avanzados que puedan ser los estudios relacionados a la nutrición de la tilapia y de otras especies de peces omnívoros en el mundo, es muy probable que algunos nutrientes y sustancias importantes para el buen desempeño y salud de los peces, estén ausentes o en cantidades marginales en las raciones. Esta es una de las razones de la mayor incidencia de enfermedades en los cultivos de tilapias en jaulas, respecto de lo que sucede en estanques excavados.

Un trabajo realizado en Egipto por Abdel-Taw-Wab et al. (2009) demostró el beneficio e importancia del consumo de un alga (la *Spirulina*) en la sobrevivencia de los juveniles de tilapia del Nilo después de exponerlos a la bacteria *Aeromonas hydrophila*, una bacteria común en los cultivos de tilapia y otras especies). La mortalidad acumulada en los 10 días posteriores a la exposición, fue de alrededor del 80% para los peces que recibieron la ración sin *Spirulina*, contra 47 a 10% para los peces que recibieron ración con *Spirulina* de entre 2,5 a 10 g por kilo de ración.

En otro trabajo también realizado en Egipto (Ibrahim et al., 2013), juveniles de tilapia del Nilo de 8 gramos, presentaron mejor crecimiento cuando recibieron ración que contenía 10 g de *Spirulina* seca/kilo, comparado con peces que no recibieron *Spirulina* en la ración (peso final de 58 g versus 35 g, respectivamente. Luego de una infección con una inyección de la bacteria patógena

*Pseudomonas fluorescens*, las tilapias alimentadas durante 3 meses con una ración que contenía 120 g de *Spirulina*/kilo presentaron 42 % de mortalidad contra 63% para los peces alimentados con ración sin *Spirulina*. Los exámenes complementarios demostraron mejoría en diversos componentes y procesos del sistema inmunológico de las tilapias alimentadas con las raciones que contenían *Spirulina*. Los resultados de estos experimentos indican que la inclusión del alga *Spirulina* contribuye con la oferta de algún nutriente/s o sustancia/s específica/s a la respuesta inmunológica (defensa) de la tilapia contra esas bacterias patógenas.

Las tilapias cultivadas en estanques excavados consumen considerable cantidad de algas y esto puede ser uno de los motivos de una menor presencia de enfermedades bacterianas en dicho sistema, comparado con el cultivo en jaulas. Diversos productores que intensifican su producción, usando altas densidades de siembra, altas tasas de alimentación, aireación casi continua y renovación parcial de agua, alcanzan una producción por encima de 8 a 10 kg/m<sup>2</sup> de tilapias en los estanques excavados. Bajo tales condiciones, los productores han registrado mortalidades crónicas, que pueden estar asociadas a una menor disponibilidad de alimento natural por kilo de animal, al estrés debido al deterioro de la calidad del agua (déficit de oxígeno, niveles subletales de amoníaco y nitritos) y una mayor concentración de heces y de potenciales bacterias patógenas en el agua.

#### **Otros factores que deprimen la respuesta inmunológica de las tilapias:**

Además de una inadecuada nutrición, otros factores contribuyen en mayor frecuencia en la presencia de enfermedades y muerte de los peces en las jaulas de cultivo. Aisladamente cada uno de estos factores puede causar problemas. Combinados, las pérdidas se magnifican y los cultivos se afectan. Así, es fundamental que los productores reconozcan esos factores e inviertan en prácticas preventivas para minimizar sus efectos sobre los peces:

- a) **Las altas densidades de siembra** ayudan a intensificar el contacto entre los animales. Las densidades de siembra son mayores en las jaulas (100-200 animales /m<sup>3</sup> en la etapa final) que en los cultivos en estanques excavados con densidades relativamente bajas (2-12 peces/m<sup>2</sup>). Sin embargo, diversas veces se observan mortalidades en jaulas con densidades relativamente bajas (40-60kg/m<sup>3</sup>), mientras que en otras jaulas en la misma piscicultura presentan bajas mortalidades, aún cuando llegan al final del engorde (con densidad de 100-200 kg/m<sup>3</sup>). Por lo tanto, no es posible afirmar que la mortalidad en jaulas es influenciada exclusivamente por la densidad de siembra.
- b) **Parásitos vectores de bacterias /virus**, además del perjuicio directo que causan a los peces, actúan como vectores de patógenos. En el caso específico de las tilapias, Dehai-Xu et al. 2007, demostraron que el monogeneo *Girodactylus niloticus*, actúa como vector y portador de la bacteria *Streptococcus iniae*. Las tilapias infestadas por este monogeneo presentaban un 43% de mortalidad después de ser infectadas con esa bacteria, contra apenas un 7% de peces que no estaban infectados por el parásito. En virtud de los graves problemas causados por el *Streptococcus* en los cultivos de tilapia en jaulas, es fundamental que los productores monitoreen el grado de infestación y adopten medidas prácticas de manejo, como prevención y control de los principales parásitos durante el cultivo.
- c) **Bacterias patógenas en el intestino y las heces**. Más de 20 tipos de bacterias se identificaron en el intestino de las tilapias. Entre ellas, merecen destacarse las patógenas *Aeromonas hydrophila*, *A. caviae*, *A. sobria*, *Pseudomonas fluorescens*, *Plesiomonas higgeloides* y diversas especies de *Vibrio*. Cuando los peces son expuestos a temperaturas por encima del límite térmico superior (aguas demasiado calientes) se produce una reducción de la velocidad de pasaje del alimento por el tracto digestivo. Al suceder esto, la ingesta queda más tiempo expuesta a la fermentación por las bacterias del intestino,

resultando la formación de ácidos y otras sustancias que pueden comprometer la integridad de la mucosa intestinal. Las lesiones e inflamaciones en la mucosa intestinal favorecen la invasión de las bacterias patógenas eventualmente alojadas en otros órganos (como por ejemplo *Streptococcus*) que, hasta entonces no se habían manifestado. Esto agrava aún más el cuadro clínico de los peces.

- d) **Exposición a bajos niveles de oxígeno disuelto** – las tilapias son bastante tolerantes al bajo oxígeno. Sin embargo, cuando la exposición es frecuente, puede comprometer la inmunología del animal. En una experiencia con juveniles de tilapias del Nilo mantenidos bajo niveles de oxígeno muy bajos de la saturación, se observó reducción del crecimiento y una peor conversión alimentaria. En otro estudio, juveniles de tilapia del Nilo expuestos durante 24 horas a niveles de oxígeno próximos a 1 mg/litro, presentaron 27 a 80 % de mortalidad después de recibir una inyección conteniendo *Streptococcus iniae*. En contraste, los juveniles mantenidos a un valor de oxígeno adecuado, sobrevivieron a esa misma infección (Evans et al., 2003).

Bajos niveles de oxígeno disuelto en el agua son una constante en las pisciculturas (en Brasil), en especial en los cultivos en estanques excavados, lo que refuerza la importancia de un monitoreo continuo de oxígeno disuelto y la adopción de prácticas de manejo para prevenir problemas de bajo oxígeno disuelto. En el cultivo de tilapias en jaulas en grandes embalses existen menos problemas con los bajos niveles de oxígeno. Sin embargo, en los jaulas que actúan como nurseries con mallas de menor abertura (5 mm por ejemplo) la renovación del agua puede quedar perjudicada, resultando en bajos niveles de oxígeno en el interior de las jaulas nurseries. Eso perjudica el crecimiento, la conversión alimentaria y aumenta la mortalidad crónica de los juveniles debido a enfermedades. En lugares específicos de algunos embalses pueden producirse bajos niveles de oxígeno en determinados períodos del año. En casos extremos puede producirse la muerte directa de los animales.

- e) **El estrés asociado al manejo rutinario**- en las operaciones de cosechas, clasificación y transferencias, los peces son sometidos a un estrés de confinamiento, además de perder escamas, mucus y sufrir otras injurias físicas. Las lesiones en la piel y las pérdidas de mucus favorecen el ataque de las bacterias existentes en el agua o excretadas en las heces de los propios peces. El estrés de confinamiento desencadena una serie de alteraciones hormonales, en especial la elevación de los niveles de cortisol en su sangre. El cortisol en exceso aumenta las pérdidas de sales (sodio, potasio, cloruro y otros) desde la sangre al agua. Pérdidas excesivas de sales llevan a un desequilibrio osmoregulador que, dependiendo de su severidad, pueden resultar en la muerte de los peces luego del manejo. El cortisol también presenta efecto inmunodepresor, disminuyendo los mecanismos de defensa de los peces, lo que favorece las infecciones por patógenos después del estrés y del manoseo. Los productores, por lo tanto, deben contar con equipamiento adecuado y con equipo capacitado para las operaciones de clasificación y transferencia, minimizando las infecciones y pérdidas de peces posteriores al manejo.
- f) **Temperaturas extremas** (por debajo de 22°C o por encima de 30°C) – a bajas temperaturas del agua, la tilapia prácticamente no produce anticuerpos, lo que puede explicar la mayor incidencia de enfermedades (especialmente infecciones fúngicas) durante y luego de los meses invernales en tilapias cultivadas en regiones del subtrópico (sur y sudeste del Brasil). Estas infecciones son aún más graves después de las clasificaciones efectuadas, transferencias o transporte. El productor experimentado conoce que es importante evitar, bajo tales condiciones, el manoseo no necesario de los animales. En el otro extremo, las temperaturas por encima de los 30°C también pueden comprometer la sanidad de los peces. La tilapia del Nilo parece mostrar un confort térmico de temperaturas entre 26 y 28°C.

Juveniles de esa especie expuestos a temperaturas de 33°C por 4 semanas, mostraron la mitad de la actividad de lisozima registrada que las tilapias mantenidas a 28°C (Domingues et al., 2005). La lisozima es una enzima responsable de la destrucción de las paredes de las células bacterianas invasoras y se encuentra presente en la sangre, en la mucosa intestinal, en las branquias y órganos internos de los peces. La tilapia de Mozambique (*O. mossambicus*) sometida a bajas o a temperaturas excesivamente altas, son más susceptibles al ataque de *Streptococcus iniae*. Peces inyectados con esta bacteria y expuestos a 19 o 35°C presentaron mortalidades acumuladas del 57 al 50%, respectivamente, 168 horas después de la infección. Tilapias mantenidas a 27 o a 31° C tuvieron mortalidades del 13 al 20%, respectivamente.

A pesar de ser la temperatura un importante factor que favorece la producción de enfermedades bacterianas en el cultivo de tilapia, la mortalidad registrada es menor en estanques excavados (donde las temperaturas generalmente exceden los valores registrados en los grandes embalses), lo que nos lleva a creer que la temperatura por sí sola, no es capaz de explicar las mortalidades más elevadas que se producen en las jaulas. Otros factores, contribuyen seguramente a ello. La combinación de temperaturas elevadas, exceso de alimentación, presencia de bacterias intestinales, mayor demanda de oxígeno (mayor demanda metabólica) y eventuales disminuciones en los niveles de oxígeno en el agua de los embalses, están seguramente involucrados en la mayor presencia de enfermedades bacterianas y la muerte de tilapias durante los meses de verano.

g) **Alimentación excesiva** a temperaturas elevadas (por encima de los 30°C), aceleran el metabolismo (demanda de oxígeno) de las tilapias. Al piscicultor, los peces se le presentarán muy hambrientos, agitados y voraces en los horarios de alimentación. Tal comportamiento hace que muchos productores ofrecen ración en modo excesivo para saciar a los peces. Las tilapias excesivamente alimentadas, en especial cuando la temperatura está muy elevada, son más susceptibles a las enfermedades bacterianas. Algunas hipótesis pueden explicar esto:

- los peces alimentados en exceso presentan mayor demanda de metabólica (mayor consumo de oxígeno). Así, la ocurrencia de bajos niveles de oxígeno en el agua, intensifica el estrés y compromete más aún la respuesta inmunológica de los peces.
- Involucrados en un proceso intenso de digestión de los alimentos y asimilación y metabolismo de los nutrientes, los peces pueden descuidar otros mecanismos importantes, en particular del sistema inmunológico, bajando la guarda contra los patógenos.
- Temperaturas por encima del límite térmico superior, tiene una tendencia a la reducción de la velocidad del tránsito intestinal, haciendo que la ingesta quede más tiempo expuesta a los procesos fermentativos de las bacterias del intestino, aumentando la producción de gases y sustancias que pueden irritar e inflamar la mucosa intestinal. Las inflamaciones y daños en la integridad de la mucosa intestinal favorecen la infección de los peces por las bacterias patógenas presentes en el intestino.
- El mayor consumo de alimento implica una mayor excreción fecal, aumentando la concentración de bacterias intestinales potencialmente patógenas en el agua.

### ***El sistema inmunológico de los peces***

***Los peces cuentan con mecanismos de defensa innatos*** (no específicos) y mecanismos de defensa adquiridos (específicos o de memoria inmunológica).

Los mecanismos de defensa innatos incluyen las barreras mecánicas (mucus, escamas y piel), las células sanguíneas (sintetizadas principalmente en el riñón anterior y el bazo), las enzimas de diversos compuestos que auxilian a la identificación, neutralización y destrucción de los cuerpos extraños o antígenos (por ejemplo, las bacterias invasoras y las células muertas del propio organismo del pez).

***Los mecanismos de defensa adquiridos*** (o memoria inmunológica) están asociados a síntesis de anticuerpos específicos contra un patógeno ya conocido. Estos mecanismos adquiridos cuentan con inmunoglobulinas (anticuerpos circulantes en la sangre), receptores de antígenos de las células-T, linfocitos T y B y del complejo Principal de Histocompatibilidad (MHC, en su sigla en inglés). El MHC es regulado por genes que coordinan la síntesis de proteínas que auxilian a las células-T (un tipo especial de linfocito) para distinguir los patógenos y las células dañificadas del organismo de las células normales. De esta forma las células –T son capaces de matar o coordinar la muerte de los patógenos y de las células del, propio organismo que fueron infectadas o que estén con sus funciones perjudicadas.

***El mucus de los peces*** es una de las barreras más importantes contra los patógenos y contiene sustancias con acción antimicrobiana, anticuerpos (inmunoglobulinas) y enzimas (lisozimas y otras enzimas que destruyen las paredes celulares de las bacterias). Así, de esta forma, el mucus impide la colonización de la piel por bacterias y hongos. Una nutrición adecuada, es un requisito básico para la producción por los peces, de un mucus saludable. El manejo adecuado de los animales preserva la integridad del mucus y minimiza las infecciones después de las clasificaciones y las transferencias.

***La defensa celular y humoral*** está especialmente asociada a los glóbulos blancos (leucocitos), las inmunoglobulinas, a las enzimas líticas (en especial a la lisozima) y a los factores antivirales que auxilian en el combate de los patógenos en las mucosas (branquial e intestinal) y en el interior del organismo (sangre y órganos internos). En el riñón anterior y en el bazo de los peces son sintetizados los glóbulos blancos (leucocitos). En estos órganos, los leucocitos realizan intensas fagocitosis y destruyen los cuerpos extraños al organismo. Los leucocitos también producen inmunoglobulinas (anticuerpos), que auxilian en la construcción de una memoria inmunológica contra los patógenos que fueran previamente combatidos. En estos órganos existen también agregados de macrófagos que engloban cuerpos extraños y remueven los productos de la degradación celular y los radicales libres generados en el proceso de combate de los patógenos. Los macrófagos capturan los antígenos y los presentan a los linfocitos T y a las células B, que tiene la función de producir los anticuerpos. Los linfocitos T y las células B, se originan en el timo, otro órgano importante de los peces para su sistema inmunológico.

***Barrera asociada al epitelio branquial y a la mucosa intestinal*** – el epitelio branquial está asociado a los tejidos linfoides que contienen diversos tipos de leucocitos asociados con la defensa de las branquias contra las infecciones. La mucosa intestinal sirve de interfase entre el pez y los patógenos y sustancias por ellos sintetizadas en el intestino. Los tejidos linfoides asociados a la mucosa son ricos en células de defensa y están en contacto continuo con las bacterias intestinales, siendo capaces de distinguir los microorganismos patógenos de los no patógenos.

***Explosión Respiratoria*** – es un proceso de activación enzimática que resulta de la producción de los compuestos reactivos oxigenados (ROS, en la sigla en inglesa) que poseen acción bactericida y ayudan en la destrucción de los patógenos que son fagocitados por una célula de defensa.

***Complementos (C3, C7, C4, C5 y factor B)*** – son glicoproteínas que ayudan a las células de defensa a localizar, atraer, identificar y destruir un determinado patógeno. Los elementos son sintetizados primariamente en el hígado y están, de cierto modo, ligados al sistema inmunológico adquirido.

### ***El efecto de la nutrición sobre el sistema inmunológico de los peces***

Aunque el sistema inmunológico de los peces sea complejo, puede entenderse gran parte del mismo. Lo principal es entender que diversos nutrientes y sustancias presentes en las raciones pueden estimular o inhibir la síntesis, la actividad y el funcionamiento de los diferentes componentes del sistema inmunológico.

Diversos trabajos de investigación han demostrado los efectos de los niveles de proteína, aminoácidos, ácidos grasos esenciales, carotenoides, nucleótidos, vitaminas, minerales, polisacáridos, aceites esenciales, fitoterapéuticos, fragmentos de células de levaduras y, asimismo, microorganismos vivos (probióticos), sobre la respuesta inmunológica de los peces. En la Tabla a continuación, se muestran algunos de los efectos que estas sustancias / nutrientes ejercen sobre los complementos del sistema inmunológico de los peces. En esta línea de estudio, que se conoce como “inmunonutrición”, se han aprovechado los conocimientos acumulados en otros animales y asimismo en los seres humanos.

<b>Sustancia/nutriente</b>	<b>Acciones positivas sobre el estado de sanidad y respuesta inmunológica de los peces.</b>
<b>Aminoácidos</b>	Actúa en síntesis de proteínas, enzimas y anticuerpos, importante en la regulación de la actividad de linfocitos, macrófagos, así como síntesis de sustancias citotóxicas de macrófagos y neutrófilos, importantes para destrucción de patógenos.
<b>Vitamina C</b>	Activa fagocitos, la lisozima y complementos, estimula producción de los ROS, leucocitos y anticuerpos. Protege las membranas celulares contra radicales libres.
<b>Vitamina E</b>	Activa fagocitos y la producción de los leucocitos y anticuerpos. Aumenta la resistencia contra patógenos.
<b>Carotenoides</b>	Aumenta producción de lisozima, los ROS y leucocitos. Aumenta actividad de fagocitos y resistencia a patógenos.
<b>Nucleótidos</b>	Aumenta actividad de fagocitos, lisozima y complementos. Aumenta producción de leucocitos
<b>B-Glucano</b>	Aumenta actividad fagocitos, lisozima y complementos. Estimula producción de leucocitos/linfocitos y de ROS. Promueve adherencia y aglutinación de bacterias. Protege las membranas celulares y aumenta la resistencia a los patógenos.
<b>Manano oligosacáridos (MOS)</b>	Estimula producción de mucina en la mucosa intestinal y promueve el secuestro y arrastre de bacterias intestinales patógenas en las heces. Mejora integridad de epitelio intestinal. Aumenta actividad de fagocitos y los complementos, concentración de proteínas en plasma. Aumenta resistencia de bacterias patógenas.
<b>Alginatos</b>	Poseen actividad anti-inflamatoria e inmuno-estimulante. Activan diversos componentes de inmunidad no específica (actividad de complementos y producción de histocinas). Aumentan la resistencia a las bacterias patógenas.

Implicancia económica de las enfermedades sobre los cultivos – las enfermedades producidas por parásitos son bastante comunes en las etapas de cría y causan considerables mortalidades de alevinos luego de las primeras semanas de cultivo en jaulas. Las enfermedades bacterianas también atacan a alevinos y juveniles y también causan perjuicios en las fases más avanzadas del cultivo.

#### ***A continuación, se resumen los impactos:***

- Pérdidas directas por causa de los peces muertos (costo acumulado).
- Reducción en el crecimiento presentado por los animales enfermos

- Reducción en la eficiencia alimentaria de los peces, lo que implica un mayor gasto de ración por kilo de pez producido en el cultivo
- Costo adicional asociado al uso de medicamentos

Existen otros componentes además, adicionales involucrados con una enfermedad, como la necesidad de contratar un soporte técnico especializado, la suspensión de los compromisos de ventas (pérdida de clientes inclusive) y los perjuicios sobre la imagen del productor y sus productos, así como al sector acuícola total, que puede asociarse a las mortalidades y al uso continuo de medicamentos.

Las raciones formuladas en base a los conocimientos de inmuno-nutrición, mejoran la respuesta inmunológica de los animales y contribuyen con la reducción de la severidad de las enfermedades y la pérdida de peces. Asumiendo que las “inmuno-rationes” pueden contribuir a minimizar el impacto de las enfermedades en el ámbito del cultivo de tilapia, aún siendo las raciones de este tipo más caras, las mismas representan un menor impacto sobre el costo de producción en jaulas, comparado con los costos adicionales debido a las enfermedades.

Por lo tanto, lo más ventajoso es invertir en una nutrición de mejor calidad, más que remediar los problemas causados por enfermedades.

