



ALLIANCE™

(<https://www.globalseafood.org>).

---



Health &  
Welfare

---

# Cultivo de tilapia híbrida en un sistema de producción de biofloc al aire libre

15 April 2019

By Bartholomew W. Green, Ph.D. , Steven D. Rawles, Ph.D. , Kevin K. Schrader, Ph.D. , T. Gibson Gaylord, Ph.D. and Matthew E. McEntire

La proteína digerible se puede reducir sin afectar negativamente los índices de productividad de los peces



Los resultados de este estudio sugieren que al utilizar la teoría de la proteína ideal para formular dietas suplementadas con los primeros cuatro aminoácidos digestibles (Lys, Met, Thr, Ile), la proteína digestible puede reducirse del 32.3 por ciento al 27.7 por ciento sin afectar negativamente los índices de productividad de la tilapia híbrida.

Un sistema de producción de tecnología de biofloc (BFT) se usa para intensificar la producción acuícola porque mantiene las condiciones de calidad del agua propicias para el rápido crecimiento de especies de cultivo densamente sembradas e intensivamente alimentadas.

En el sistema BFT al aire libre utilizado aquí, la captación de las algas controla principalmente el nitrógeno excretado (amoníaco-nitrógeno total, TAN) durante las primeras semanas y luego la nitrificación controla predominantemente el TAN durante el resto del ciclo de cultivo.

La tilapia puede consumir esta biomasa microbiana, que puede sustituir a la proteína en la ración formulada, lo que aumenta la eficiencia general de la utilización de proteína. Muchas investigaciones posteriores publicadas sobre el sistema de producción de BFT de tilapia se centran en la eficacia de varios tipos de materia orgánica y / o la proporción óptima de carbono-nitrógeno (C: N).

Sorprendentemente, solo se encontraron dos estudios publicados que evaluaron los niveles de proteína de la dieta formulada para el cultivo de tilapia de alevines o juveniles / de tamaño en el sistema de producción de BFT. En ambos estudios, el carbono orgánico exógeno se añadió diariamente o periódicamente. No se encontraron informes publicados que evaluaran el contenido de proteínas de las dietas formuladas para la producción de BFT de tilapia de tamaño de mercado.

**Partnership. Performance. Profit.**

DISCOVER THE POWER OF ZINPRO®



(<https://www.zinpro.com>).

La teoría de la proteína ideal (IP) se ha utilizado para formular dietas para la producción de tilapia de alevines o juveniles en acuarios, tanques de recirculación del sistema de acuicultura (RAS) o corrales de red, pero no para tilapia de rápido crecimiento al tamaño de mercado en un sistema de producción de BFT. Un enfoque alternativo para reducir la proteína intacta en la dieta es usar una proporción de aminoácidos equilibrada mientras se reduce la DP en lugar de suplementar la limitación de AA para alcanzar una cantidad absoluta de AA basada en un requerimiento de proteína estimado.

Sorprendentemente, solo se encontraron dos estudios publicados que evaluaron los niveles de proteína de la dieta formulada para el cultivo de alevines o juveniles de tilapia en el sistema de producción de BFT. En ambos estudios, el carbono orgánico exógeno se añadió diariamente o periódicamente. No se encontraron informes publicados que evaluaran el contenido de proteínas de dietas formuladas para la producción en sistemas BFT de tilapia de tamaño de mercado.

La teoría de la proteína ideal (IP) se ha utilizado para formular dietas para la producción de alevines o juveniles de tilapia en acuarios, sistemas RAS en tanques o corrales de redes, pero no para crecer tilapia rápidamente al tamaño de mercado en un sistema de producción BFT. Un enfoque alternativo para reducir la proteína intacta en la dieta es usar una proporción de aminoácidos equilibrada mientras se reduce la DP en lugar de suplementar la limitación de AA para alcanzar una cantidad absoluta de AA basada en un requerimiento de proteína estimado.

Por lo tanto, se puede aumentar el número de aminoácidos limitantes suplementarios incluidos en la fórmula que apunta a las concentraciones de IP para esos aminoácidos en cada nivel de DP reducida, en lugar de en el nivel más alto (o control) de la serie. Por lo tanto, tanto la proteína intacta como el nivel de aminoácidos suplementarios incluidos en la dieta se reducen, lo que reduce potencialmente el costo de la dieta y el exceso de excreción de nutrientes.

Este artículo – resumido de la publicación original (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.034>) (<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.01.034>) – informa sobre un estudio realizado por los autores para probar la hipótesis de que se podría lograr una reducción significativa de proteína en la tilapia híbrida (*Oreochromis aureus* × *O. niloticus*) criada hasta el tamaño de mercado (454 gramos por pez) en un sistema de producción de BFT al aire libre, fotoautotrófico / quimioutotrófico sin adiciones constantes de carbono orgánico, al complementar los primeros cuatro aminoácidos limitantes (Lys, Met, Thr, Ile) y formular al perfil de IP (músculo) en cada nivel de DP probado.

Agradecemos a David Brock y Rangen, Inc., por su colaboración en la extrusión de las dietas, y a Evonik Industries, Essen, Alemania, por proporcionar los aminoácidos. También agradecemos al personal de USDA-ARS por su apoyo. Este estudio fue financiado por USDA-ARS bajo el proyecto 6028-31630- 008-00D.

## Configuración del estudio

La prueba de alimentación se realizó en el Centro de Investigación de Acuicultura Nacional Harry K. Dupree Stuttgart (Servicio de Investigación Agrícola, ARS, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) en Stuttgart, Arkansas, EE. UU. Se usaron nueve tanques de producción de BFT rectangulares enmarcados en madera para exteriores (18.6 metros cuadrados, 16.6 metros cúbicos) con un fondo ligeramente inclinado y revestidos con polietileno de alta densidad. El sistema experimental fue aireado con sopladores regenerativos que suministraban aire continuamente a dos rejillas difusoras en el fondo de cada tanque. Se instalaron dos cámaras de sedimentación de fondo cónico (cada 130 litros, 117 litros de volumen de operación) conectadas en serie en cada tanque.

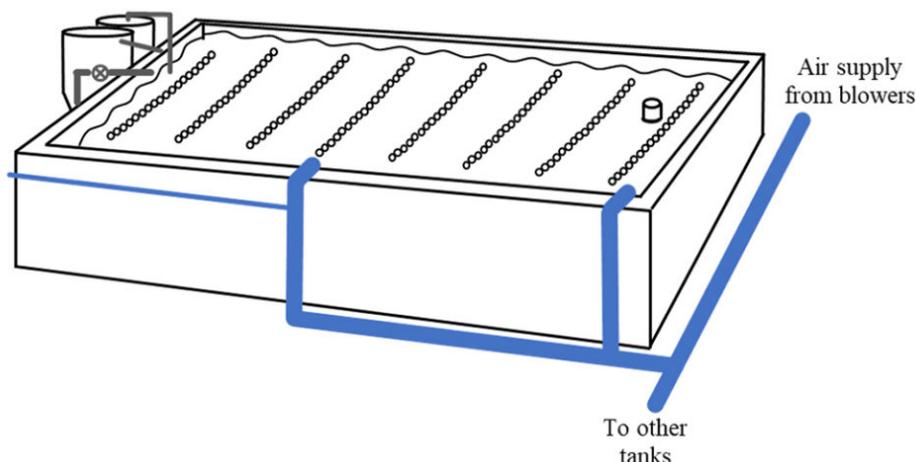


Fig. 1: Sistema de producción con tecnología de biofloc en tanques de madera revestidos de polietileno de alta densidad (6.10 metros x 3.05 metros de dimensiones interiores). El aire de los sopladores suministra dos rejillas de aireación ubicadas en la parte inferior de cada tanque. La bomba de elevación de aire de la corriente lateral mueve el agua del tanque a la primera cámara de sedimentación, que luego fluye por gravedad a la segunda cámara de sedimentación y luego regresa al tanque.

Híbridos todos-machos de tilapia se obtuvieron de un proveedor comercial (Aquasafra, Inc., Bradenton, Florida, EE. UU.) y se criaron bajo techo hasta que se sembraron. El peso de siembra inicial en el sistema experimental al aire libre fue de  $32.2 \pm 10.1$  gramos por pez (media  $\pm$  SD) y la biomasa inicial fue de  $0.9 \pm 0.01$  kg por metro cúbico.

Utilizando un diseño completamente aleatorizado en tanques al aire libre por triplicado, las tilapias híbridas fueron alimentadas con tres dietas de prueba prácticas durante cinco meses. Las dietas debían contener uno de los tres niveles de proteína digestible (DP) (22.5 por ciento, 27.7 por ciento y 32.3 por ciento). Las dietas se complementaron sobre una base de IP con los primeros cuatro aminoácidos limitantes (Lys, Met, Thr, Ile) de acuerdo con el perfil de aminoácidos de los músculos de la tilapia en cada uno de los niveles de DP de la dieta objetivo. Los peces fueron alimentados con su dieta de prueba asignada al azar a mano hasta la saciedad aparente dos veces al día durante la semana, y una vez al día los fines de semana durante 122 días.

Para información adicional y detalles sobre diseño experimental y las dietas; manejo de tanques, peces y alimentación; muestreo de peces y tejidos; análisis químicos de dietas y tejidos; análisis de 2-metilisoborneol (MIB) y geosmina; y análisis estadísticos, consultar la publicación original.

## Resultados y discusión

Los resultados para el rendimiento bruto de peces (Fig. 2), el rendimiento neto de peces, el aumento de peso y el porcentaje de peces mayores de 454 gramos fueron significativamente mayores en el tratamiento con 27.7 por ciento de DP que en el tratamiento con 22.5 por ciento de DP, mientras que el tratamiento con 32.3 por ciento de DP fue intermedio. Una vez que comenzó la alimentación de las dietas de prueba, la pendiente de la curva de crecimiento para los peces alimentados con la dieta de 27.7 por ciento de DP fue significativamente mayor que la de los peces alimentados con la dieta del 22.5 por ciento de DP (3.56), mientras que la pendiente de la curva de crecimiento de la dieta del 32.3 por ciento de DP fue intermedia (Fig. 3). El peso final promedio fue significativamente menor y la FCR fue significativamente mayor en el tratamiento de 22.5 por ciento de DP que en los otros dos tratamientos, que no difirieron.

Fig. 2: Rendimiento de peso bruto promedio de tilapia híbrida en tanques de producción de tecnología de biofloc al aire libre. Los medios con letras diferentes son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Fig. 3: Crecimiento (media  $\pm$  SE) de tilapia híbrida en tanques de producción de tecnología biofloc al aire libre alimentados con dietas que contenían uno de los tres niveles de proteína digestible (DP).

El nitrógeno total y el fósforo, el tamaño del hígado (HSI) y la proporción muscular en el tratamiento con 27.7 por ciento de DP fueron intermedios a los otros dos tratamientos, que difirieron significativamente. La ración diaria de alimentación no difirió significativamente entre las dietas y promedió 158 gramos por metro cúbico, 162 gramos por metro cúbico y 154 gramos por metro cúbico para los tratamientos de DP del 22.5 por ciento, 27.7 por ciento y 32.3 por ciento, respectivamente. Todas las variables de respuesta restantes fueron independientes de la proteína digestible de la dieta.

Este es el primer informe que evalúa el efecto del contenido de proteínas en la dieta en la productividad de tilapia híbrida en un sistema de BFT fotoautotrófico-quimioautotrófico, y los resultados indicaron que la proteína digerible en la dieta podría reducirse del 32.3 por ciento al 27.7 por ciento sin efectos adversos en la producción de tilapia, pero la reducción de 27.7 por ciento a 22.5 por ciento de DP causó una disminución significativa en el crecimiento y rendimiento de la tilapia. Por lo tanto, solo cuando la proteína digestible disminuyó del 32.3 por ciento al 27.7 por ciento, el pastoreo en el biofloc por tilapia pareció sustituir la proteína de la dieta.

La ausencia de diferencias significativas en el tratamiento de clorofila *a* promedio y las concentraciones promedio de SST sugieren que la calidad y la cantidad de biofloc fueron similares entre los tratamientos, lo cual, cuando se considera junto con las cantidades similares de alimento aplicado entre los tratamientos, sugiere que la nutrición disponible en el 22.5 por ciento del tratamiento con DP puede ser insuficiente para sostener un rápido crecimiento.

El biofloc derivado de bacterias heterótrofas contiene, en base a materia seca, un 25 por ciento de proteína y un 7,2 por ciento de lípidos, y aunque su perfil de aminoácidos esenciales indica que es una fuente de proteína útil para la tilapia, la Met, Arg y Lys son relativamente deficientes. Sin embargo, los protocolos de manejo de biofloc, es decir, la fuente de carbono orgánico exógeno y la proporción C: N objetivo, afectan el contenido de proteína biofloc como lo indican los valores informados de proteína

cruda (base de materia seca) que varían de 14.2 por ciento a 41.2 por ciento. La tilapia consume biofloc fácilmente y retiene del 24 al 32 por ciento de nitrógeno del biofloc, lo que sugiere que el biofloc puede sustituir una porción de la ración diaria de alimento formulado.

Sin embargo, el grado en que el biofloc puede sustituir a la proteína alimenticia formulada parece variar con la etapa de la vida. Nuestros resultados mostraron que la proteína digerible en alimento formulado podría reducirse del 32.3 por ciento al 27.7 por ciento cuando la tilapia se crece al tamaño del mercado.

Los valores de FCR se volvieron ligeramente más pobres (aumentaron) en el DP más bajo en tilapia de talla de mercado. El índice hepatosomático (HSI), típicamente un indicador sensible del equilibrio de nutrientes de la dieta, aumentó ligeramente con la disminución de la DP en el presente estudio, mientras que la grasa corporal (IPF) no se vio afectada por los tres niveles de DP evaluados.

Las eficiencias de retención de proteínas y aminoácidos en la tilapia tienden a aumentar, mientras que los niveles de proteína en los tejidos y, por lo tanto, los aminoácidos tienden a disminuir en peces con una disminución de la DP en la dieta, como se ve en nuestros resultados. Las diferencias en la composición de aminoácidos del músculo y de todo el cuerpo se observaron principalmente en la disminución de la concentración en el más bajo de los tres niveles de DP analizados, aunque la magnitud de los cambios fue pequeña (<0,25 por ciento) pero estadísticamente significativa. Esta respuesta, en combinación con la falta de diferencias significativas en la composición proximal de los músculos y de todo el cuerpo, sugiere que las tres dietas de prueba estaban lo suficientemente equilibradas para satisfacer las necesidades metabólicas básicas, pero insuficientes para alcanzar el máximo potencial de rendimiento en la DP más baja probada.

Curiosamente, entre los cuatro aminoácidos suplementados, la retención de Lys ( $\approx 30$  por ciento) y las concentraciones musculares de Lys ( $\approx 1.6$  por ciento) se mantuvieron completamente inalteradas por el nivel de DP de la dieta. Esto sugiere que los niveles de dieta de Lys pueden haber sido primero limitantes. La caída de Lys en todo el cuerpo en el nivel más bajo de DP (de 1.19 por ciento a 1.17 por ciento a 1.09 por ciento), así como las caídas similares observadas en los niveles de todo el cuerpo de varios aminoácidos esenciales en la dieta más baja de DP justifica la insuficiencia de la dieta de 22.5 por ciento de DP para el máximo rendimiento de tilapia del Nilo en BFT. Todos los estudios relevantes realizados en tilapia hasta el momento han encontrado que el 22.5 por ciento de DP es demasiado bajo para una producción óptima, mientras que alrededor del 25 al 27 por ciento de DP parece apropiado para crecer rápidamente la tilapia hasta talla de mercado si se presta una atención especial a la formulación de la dieta y a la alimentación.

Fig. 4: Distribución de frecuencia de tilapia híbrida de tamaño de mercado en la cosecha en respuesta al contenido de proteína digerible (DP) de la dieta. Las clases de tamaño son muy pequeñas (VS), pequeñas (S), medianas (M), grandes (L), muy grandes (VL) y jumbo (J).

La pregunta sigue siendo si es posible una mayor reducción de proteínas, entre 27.7 por ciento y 22.5 por ciento de DP, para la producción de tilapia de tamaño de mercado en los sistemas BFT actuales o administrados de manera similar. Para la matriz de ingredientes utilizada en nuestro estudio, encontramos que lle es la cuarta limitante en lugar de Arg. Además, las concentraciones de Arg en todo el cuerpo y los músculos no variaron notablemente ( $\leq 0.04$  por ciento) en respuesta a los tratamientos dietéticos de nuestro estudio. En segundo lugar, nos enfocamos en las concentraciones de proteínas ideales para limitar los aminoácidos en cada nivel de DP reducido, en lugar de un nivel más alto de DP como en otros estudios.

Se ha informado de la presencia de tilapia contaminada por MIB y geosmina para los peces producidos en estanques y en RAS, pero no se encontraron informes anteriores para la tilapia producida en el sistema de biofloc. La MIB acuosa de tanque y la dinámica de geosmina en el presente estudio fueron similares a las observadas en estudios anteriores sobre el bagre de canal en nuestro sistema de producción de biofloc. La concentración media más alta de MIB (47.3 ng / L) y geosmina (211.1 ng / L), observada en el tratamiento con DP del 27.7 por ciento en el día 141, fue inferior a  $> 700$  ng / L de MIB y  $> 2,000$  ng / L de geosmina que puede ocurrir en el agua de estanques de tierra para bagre en el sur de EE. UU.

A pesar de las transformaciones de nutrientes que ocurrieron en la cámara de sedimentación, las concentraciones de nitrógeno y fósforo en el sistema BFT se mantuvieron altas debido al ciclo de nutrientes. Se necesita más investigación para optimizar la eliminación de nitrógeno (desnitrificación) y fósforo (biológico) para minimizar el impacto ambiental de la descarga del sistema. También se necesitan refinamientos en la formulación de la dieta utilizando la teoría de la proteína ideal y la incorporación de enzimas que mejoren la retención de nutrientes.

Este es el primer informe que evalúa el efecto del contenido de proteína en la dieta en la productividad de la tilapia híbrida en un sistema de BFT fotoautotrófico-quimioutotrófico, y los resultados indicaron que la proteína digerible en la dieta podría reducirse del 32.3 por ciento al 27.7 por ciento sin efectos adversos en la producción de tilapia.

## Perspectivas

El aparente pastoreo de biofloc por la tilapia híbrida pareció permitir que la proteína digerible de la dieta se redujera a 27.7 por ciento desde 32.3 por ciento sin efectos adversos en la producción de peces. Sin embargo, el pastoreo del biofloc no compensó la reducción adicional de la dieta al 22.5 por ciento de DP, lo que disminuyó significativamente la producción de tilapia y cambió a los peces a clases de tamaño más pequeñas (Fig. 4). Los peces alimentados con la dieta del 22.5 por ciento de DP convirtieron el alimento menos eficientemente, pero retuvieron las proteínas tan eficientemente como los que se alimentaron con la dieta de 27.7 por ciento de dieta DP, mientras que el PRE más bajo para los peces alimentados con la dieta de 32.2 por ciento de DP sugiere un contenido excesivo de proteínas en la dieta.

La tilapia pasto en la biopelícula / costra de la línea de agua, que contenía altas concentraciones de MIB y geosmina, y fue la principal fuente sospechosa de estos compuestos de mal sabor en la carne de pescado. Se necesitan medidas efectivas para controlar las fuentes de MIB y geosmina para la producción viable de tilapia en el sistema de BFT. La acumulación de nitrógeno y fósforo en el agua del tanque se relacionó con la proteína del alimento y el contenido de fósforo y la alta tasa de alimentación.

Se mantuvieron concentraciones estables de sólidos y fitoplancton utilizando cámaras de sedimentación de corriente lateral. La transformación de nitrato en las cámaras de sedimentación se realizó mediante desnitrificación, que parecía representar entre el 25 y el 30 por ciento del nitrógeno total del alimento, y por DNRA. Sin embargo, el ciclo de nutrientes entre el tanque de cultivo y las cámaras de sedimentación dio como resultado concentraciones altas sostenidas de nitrógeno y fósforo. Se necesitan mejoras adicionales para mejorar la retención de nutrientes de la dieta y para optimizar los procesos de eliminación de nitrógeno y fósforo del sistema de producción BFT.

## Authors

---



### **BARTHOLOMEW W. GREEN, PH.D.**

United States Department of Agriculture  
Agricultural Research Service  
Harry K. Dupree Stuttgart National Aquaculture Research Center  
P.O. Box 1050  
Stuttgart, AR 72160-1050 USA

[bart.green@ars.usda.gov](mailto:bart.green@ars.usda.gov) (<mailto:bart.green@ars.usda.gov>)



### **STEVEN D. RAWLES, PH.D.**

United States Department of Agriculture  
Agricultural Research Service  
Harry K. Dupree Stuttgart National Aquaculture Research Center  
P.O. Box 1050  
Stuttgart, AR 72160-1050 USA



### **KEVIN K. SCHRADER, PH.D.**

United States Department of Agriculture  
Agricultural Research Service  
Natural Products Utilization Research Unit

National Center for Natural Products Research  
P.O. Box 1848  
University, MS 38677-8048 USA



**T. GIBSON GAYLORD, PH.D.**

U.S. Department of the Interior  
Fish and Wildlife Service  
Bozeman Fish Technology Center  
4050 Bridger Canyon Road  
Bozeman, MT 59715 USA



**MATTHEW E. MCENTIRE**

United States Department of Agriculture  
Agricultural Research Service  
Harry K. Dupree Stuttgart National Aquaculture Research Center  
P.O. Box 1050  
Stuttgart, AR 72160-1050 USA

Copyright © 2024 Global Seafood Alliance

All rights reserved.