



ALLIANCE™

<https://www.globalseafood.org> Responsibility

Agua verde o fangosa en estanques de tilapia de alta densidad: comparación del rendimiento, la calidad del agua y la intensidad del mal sabor

14 October 2024

By Fernando Kubitza, Ph.D.

Los peces crecieron un 12 por ciento más rápido y tuvieron un 17 por ciento mejor índice de conversión en agua verde



Este estudio compara el rendimiento de la tilapia, la calidad del agua y la intensidad del sabor desagradable en aguas verdes y fangosas. Los peces crecieron un 12 por ciento más rápido y tuvieron un 17 por ciento mejor índice de conversión en agua verde, probablemente debido a la nutrición adicional de las microalgas y posiblemente a una mejor calidad del agua. Al mejorar la gestión de la calidad del alimento y del agua en aguas fangosas, se pueden reducir estas diferencias en el crecimiento y el índice de conversión.

La acuicultura de tilapia en Brasil ha aumentado en las últimas dos décadas, con el cultivo en jaulas en grandes embalses y la intensificación de la producción en estanques. La aireación mejorada y el intercambio de agua han permitido a los productores cosechar de 40 a 120 toneladas métricas (TM) de tilapia/ha/cosecha en estanques de tierra, con mayores densidades de población (7 a 15 peces por metro cuadrado) y tasas de alimentación (600 a 1.400 kg/ha/día). Las floraciones densas de algas verdeazuladas (cianobacterias – BG) requieren una mayor aireación (20 a 40 HP por hectárea), causan problemas relacionados con el sabor desagradable de los filetes y exigen un uso extensivo de alguicidas y un mayor recambio de agua para controlar las algas BG y mantener la calidad del agua.

Los costos de aireación aumentan a medida que se necesita energía adicional para satisfacer el consumo de oxígeno de las algas BG, que a menudo supera el de los peces. Muchas granjas también dependen del bombeo para el recambio de agua y aumentan los costos de energía. El alto recambio de agua conduce a efluentes ricos en nutrientes que contaminan ríos o arroyos que a menudo son utilizados por varias granjas para la recolección y descarga de agua, lo que aumenta el riesgo de propagación de patógenos nocivos.

Los problemas ambientales y los conflictos con otros usuarios del agua conducirán a más regulaciones sobre el uso del agua en la acuicultura, lo que aumentará los costos de los estanques de sedimentación y los tratamientos de efluentes. El uso eficiente del agua es crucial para el crecimiento sostenible de la producción intensiva de tilapia y otros peces en estanques en Brasil y en todo el mundo. Este artículo resume un ensayo de producción con nuevos conocimientos sobre la producción intensiva sostenible en estanques.

Problemas de las cianobacterias en la acuicultura en estanques

El manejo de las floraciones de algas BG para contrarrestar sus efectos en la calidad del agua y en la calidad de los peces es un tema importante en la producción intensiva en estanques. Las floraciones densas de algas BG provocan un pH alto del agua y, por lo tanto, un mayor riesgo de toxicidad por amoníaco; agotamiento nocturno del oxígeno y alto nivel de dióxido de carbono, que asfixia a los peces; liberación de microcistinas y otras cianotoxinas. Estos efectos negativos afectan negativamente el bienestar, el rendimiento del crecimiento y la salud de los peces.



(<https://link.chtbl.com/aquapod>).

El deterioro de la calidad del agua causado por las floraciones densas de BG da como resultado pérdidas económicas debido al deterioro del crecimiento y la conversión alimenticia, mala salud y supervivencia, uso intensivo de productos químicos (alguicidas), mayor recambio de agua y mayor poder de aireación para compensar la mayor demanda de oxígeno de las algas. Se necesitan estrategias más sostenibles y efectivas para controlar la floración de cianobacterias en lugar de simplemente reducir sus densidades mediante la aplicación de productos químicos o el recambio de más agua.

Sombreado del agua con arcilla suspendida

El sombreado es una forma de prevenir el crecimiento excesivo de algas. Las partículas de arcilla en suspensión pueden bloquear la luz solar y evitar el crecimiento de microalgas, como los productores han visto en estanques fangosos. La suspensión de arcilla sería una estrategia de bajo costo y fácil mantenimiento para bloquear la luz solar y evitar los problemas causados por las floraciones densas de cianobacterias, en comparación con otras alternativas de sombreado, como los tintes artificiales y las macrófitas flotantes.

El agua se puede enlodar intencionalmente al momento de llenar el estanque encendiendo los aireadores en áreas de aguas poco profundas. Solo surgen dos aspectos negativos con la presencia de partículas de arcilla en suspensión en estanques de peces intensivos: 1) la necesidad de proporcionar aireación intermitente durante el día ya que no habrá suficiente fotosíntesis para oxigenar el agua (sin embargo, sin las floraciones de algas, los productores podrían utilizar menos potencia de aireación por hectárea); 2) la menor disponibilidad de alimento natural, que puede ser un factor perjudicial para los peces filtradores como la tilapia.

En el pasado, los alimentos disponibles para la tilapia no eran nutricionalmente completos y muchos piscicultores experimentaban un crecimiento deficiente de sus tilapias en estanques con agua fangosa. Sin embargo, en los últimos veinte años, con la expansión del cultivo de tilapia en jaulas y otros sistemas intensivos, el conocimiento sobre la nutrición de la tilapia ha aumentado sustancialmente y se han puesto a disposición alimentos de alta calidad, lo que permite que el crecimiento de la tilapia y las tasas de conversión alimenticia (FCR) en jaulas coincidan con los valores observados en los estanques. Para otras especies de peces para las que la presencia de alimento natural tiene una importancia menor, como el bagre de canal y otros peces no planctívoros, el crecimiento y la FCR no deberían verse afectados significativamente en estanques fangosos.



La sal común es una herramienta útil en la acuicultura, parte 1

El uso preventivo de sal común (cloruro de sodio) por los productores comerciales de peces de agua dulce tiene muchos beneficios, incluyendo ayudar a la prevención de rutina de pérdidas debidas a las enfermedades, el estrés y el mal manejo durante el transporte, recolección, clasificación, conteo, pesaje y desove inducido.



Global Seafood Alliance

0

Un ensayo para comparar la producción intensiva de tilapia en aguas verdes y fangosas

¿Cuáles serían los beneficios y desventajas de utilizar arcilla suspendida para eliminar el fitoplancton de la ecuación del estanque? 1. ¿Menos intercambio de agua? Sin la fotosíntesis de las algas, el pH del agua por la tarde se mantiene alrededor de 7; a ese nivel de pH, el riesgo de toxicidad por amoníaco es bajo. Podría haber hasta 30 mg por litro de amoníaco total en el agua y el amoníaco tóxico aún estaría en niveles seguros para los peces (menos de 0,2 mg por litro), y entonces el intercambio de agua para diluir el amoníaco podría ser menos frecuente; 2) ¿Reducir los problemas con el mal sabor del filete? Sin las algas BG, habría menos geosmina (GMB) y metil-isoborneol (MIB) en el agua, la causa del mal sabor, minimizando este problema. 3) ¿Menor crecimiento y eficiencia alimenticia? Sin nutrición adicional proveniente del fitoplancton, el crecimiento y la eficiencia alimenticia podrían verse afectados; 4) ¿Menor costo de energía para la aireación? Como se eliminaría el principal consumidor de oxígeno (fitoplancton), se podría reducir la energía de aireación.

Se realizó un experimento a pequeña escala para verificar el rendimiento de producción, la calidad del agua, el uso del agua y la intensidad del mal sabor de la tilapia cultivada en agua verde o fangosa. Se utilizaron 16 tanques de 1,02 metros cuadrados, ocho de ellos con agua verde (fitoplancton) y ocho con agua fangosa (arcilla suspendida). Los tanques de agua verde tenían un sustrato de 42 kg de arena y 2 kg de tierra seca, mientras que los tanques de agua fangosa tenían 44 kg de tierra seca. La

tierra se recogió de un estanque vacío, se secó al sol y se mezcló antes de la aplicación. Los tanques se llenaron con 850 litros de agua verde con una transparencia inicial de 47 cm, pH 7,7, alcalinidad total de 18 mg de CaCO_3 por litro y dureza total de 21 mg de CaCO_3 por litro. El agua inicial arrojó cero para amoníaco y nitrito y tenía 40 mg por litro de nitrato. Cada tanque recibió 300 gramos de sal para prevenir la intoxicación por nitrito y 8 gramos de cal hidratada para elevar la alcalinidad total por encima de 30 mg de CaCO_3 por litro.

Se sembraron 12 juveniles de tilapia del Nilo, todos machos, de 284 gramos en cada tanque. Se proporcionó aire difuso mediante una manguera Aerotube® de 20 cm. En los estanques fangosos, el difusor de aire se colocó en el fondo para suspender las partículas de arcilla el primer día, y luego se reposicionó a 25 cm por debajo de la superficie del agua. En los estanques de agua verde, los difusores de aire siempre se mantuvieron a 25 cm por debajo de la superficie. Los peces se alimentaron dos o tres veces al día con alimento flotante comercial. Se monitorearon los parámetros clave del agua y se realizó un intercambio de agua siempre que los niveles de amoníaco tóxico alcanzaron 0,5 mg por litro o más.

Vista general de algunos de los tanques experimentales con suministro individual de agua y aire. A la izquierda, la colocación de tierra en el fondo de los tanques. Se colocaron redes para pájaros sobre los tanques para evitar que los peces saltaran fuera del tanque y que las aves los depredaran.

Se registró el volumen de agua intercambiada y cualquier agua de reposición agregada para cada tanque. Se realizaron adiciones adicionales de cal hidratada según fuera necesario para mantener la alcalinidad del agua por encima de 30 mg CaCO_3/L . El experimento duró 92 días, después de los cuales se pesaron los peces, se los sacrificó en agua helada y se los fileteó para realizar pruebas sensoriales para detectar la intensidad de sabor desagradable.

Comparación visual de estanques de agua verde y fangosa (arcilla suspendida) el primer día del experimento.

Resultados de producción y uso del agua

Después de 92 días, la tilapia creció de los 284 gramos iniciales a un peso medio de 665 gramos en los tanques de agua fangosa y a 753 gramos (13 por ciento más) en los tanques de agua verde. El índice de conversión de peces fue de 1,72 en agua verde (un 17 por ciento mejor) en comparación con 2,01 en agua fangosa. No se observaron peces muertos. Sin embargo, al final del experimento, en dos tanques de agua verde faltaba un pez en cada uno. Estos peces probablemente saltaron, a pesar de la protección con red antipájaros. No obstante, la supervivencia promedio fue superior al 98 por ciento y no fue diferente en los tanques de agua verde o fangosa.

Kubitza, Estanques fangosos, Tabla 1

Parámetros registrados	Agua verde	Agua fangosa
Peso inicial medio (g)	284	284
Peso final medio (g)	753	665
Ganancia media diaria de peso (g/d/pez)	5.1	4.15

Crecimiento inicial en pie (kg/m ²)	3.34	3.34
Crecimiento final en pie (kg/m ²)	8.77	7.82
Alimento total medio aplicado (kg/tanque)	9.36	9.01
FCR	1.72	2.01
Supervivencia (porcentaje)	99.0 por ciento	100.0 por ciento
Uso total de agua (litros/tanque)	5.338	1.003
Adición media diaria de agua (porcentaje del volumen del tanque)	5,8 por ciento	0,2 por ciento
Uso medio de agua por kilo de pez cosechado	978,5	223,8

Tabla 1: Resultados de producción de tilapia cultivada en agua verde o turbia durante 92 días.

El uso promedio de agua fue de 1003 litros por tanque con agua lodosa en comparación con 5.338 litros por tanque con agua verde (Tabla 1), incluyendo el llenado inicial de los tanques con 850 litros. En los tanques con agua fangosa, reemplazamos principalmente el volumen perdido por evaporación (renovación casi nula). Sin embargo, a menudo se requirieron cambios de agua en los tanques de agua verde para mantener los niveles tóxicos de amoníaco por debajo de 0,5 mg NH₃ por litro. En promedio, los tanques de agua verde recibieron un aporte de agua del 5,8 por ciento del volumen del tanque por día, en comparación con solo el 0,2 por ciento en los tanques de agua lodosa. El uso general de agua por kilogramo de ganancia de biomasa fue 4 veces mayor en agua verde que en agua lodosa (979 litros por kg frente a 224 litros por kg, respectivamente).

La producción final media fue de 7,8 kg por metro cuadrado en los tanques de agua fangosa y de 8,8 kg por metro cuadrado en los tanques de agua verde (un 12,1 por ciento más; Tabla 1), lo que corresponde a 78 y 88 TM/ha, respectivamente. Estos valores son iguales a la biomasa de tilapia cosechada por los piscicultores brasileños en estanques de agua verde gestionados de forma intensiva con aireación de 30 a 40 HP por hectárea y un alto recambio de agua (hasta un 30 por ciento al día durante las últimas semanas de cultivo). Las tasas de alimentación fueron similares en ambos entornos y oscilaron entre 70 y 130 gramos por metro cuadrado por día desde el principio hasta el final del experimento. Esto equivale a entre 700 y 1300 kg de alimento por hectárea por día (Fig. 5a).

El mejor crecimiento y la mejor conversión alimenticia de la tilapia en los tanques de agua verde probablemente se debieron a que las microalgas complementaron los nutrientes marginales en su alimento. En las últimas cuatro semanas del ensayo, las tilapias en tanques de agua fangosa tardaron más en comer y a menudo dejaron los pellets sin comer. Como los tanques de agua fangosa recibieron menos recambio de agua, es posible que un problema de calidad del agua no detectado haya causado malestar a los peces, reduciendo la actividad de alimentación y perjudicando el crecimiento y la eficiencia de la alimentación.

Calidad del agua

Las temperaturas del agua oscilaron entre 23 y 27 grados-C a las 7 a.m. y entre 26 y 33 grados-C a las 2 p.m. El oxígeno disuelto varió de 2,8 a 7,3 mg por litro en agua fangosa y de 3,2 a 7,6 mg por litro en agua verde (Fig. 1a,b). No se observaron diferencias significativas en estos parámetros entre los dos entornos.

Fig. 1 (a,b): Oxígeno disuelto (OD) medio a las 7:00 y a las 16:00 en los estanques de agua verde y lodosa.

El pH del agua a las 3 p.m. se mantuvo relativamente estable en el agua lodosa (7,5 a 8,3), en comparación con 6,5 a 8,0 en el agua verde. Durante las primeras cinco semanas, las aguas verdes tuvieron un pH más alto que las aguas lodosas, con valores que disminuyeron a partir de entonces, probablemente debido a la intensa respiración de las microalgas y los peces (Fig. 2a). Los frecuentes recambios de agua en los estanques verdes ayudaron a mantener las microalgas controladas, moderando el pH de la tarde.

La alcalinidad total se mantuvo por encima de los 30 mg CaCO₃ por litro con la adición de cal hidratada según fuera necesario. En las últimas 8 semanas, el recambio de agua fue intenso en los estanques de agua verde, lo que provocó que el valor medio de alcalinidad total cayera justo por debajo de las 20 ppm. Al mismo tiempo, la alcalinidad total promedio aumentó en los tanques de agua fangosa, principalmente en respuesta al aumento del amoníaco total. El amoníaco es, químicamente, una base y, por lo tanto, se titula en la prueba de alcalinidad (Fig. 2b).

Fig. 2 (a,b): Alcalinidad total media del agua y pH de la tarde en los tanques verdes y fangosos.

Los niveles de dióxido de carbono a las 7 a.m. fueron significativamente más altos en el agua verde (12 a 26 mg por litro) que en el agua fangosa (5 a 10 mg por litro), principalmente debido a la respiración de las microalgas (Fig. 3). Los niveles de dióxido de carbono fueron tres veces más altos en los tanques de agua verde que en los de agua fangosa. Debido a que la generación de dióxido de carbono es proporcional al consumo de oxígeno, en un entorno de producción comercial se espera que la potencia de aireación requerida sea mayor en los estanques de agua verde.

Fig. 3: Concentración promedio de dióxido de carbono en los tanques de agua verde y fangosa.

En cuanto a los metabolitos de nitrógeno, incluso con un intenso recambio de agua, los valores de amoníaco total fueron mayores en los tanques de agua verde (10-20 mg por litro) que en los tanques

Fig. 4 (a,b,c): Valores medios de nitrógeno amoniacal total TAN ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$), amoniacal tóxico (NH_3) y nitrito medidos en la tarde (3 p.m.) en los tanques de agua verde y fangosa.

de agua fangosa (por debajo de 5 mg por litro, como se muestra en la Fig. 4a). Los niveles de amoniacal tóxico solo alcanzaron 0,5 mg NH_3 por litro en algunos tanques de agua fangosa en las

últimas dos semanas del ensayo (Fig. 4b). La concentración de nitrito comenzó siendo mayor en los tanques de agua fangosa (10 mg por litro) que en los tanques de agua verde (0 mg por litro; Fig. 4c), ciertamente debido a la presencia de nitrito y nitrato en el suelo del estanque utilizado como sustrato. Los tanques de agua fangosa comenzaron con 44 kg de suelo de estanque, mientras que los estanques de agua verde con 42 kg de arena y solo 2 kg de suelo de estanque. En agua fangosa, el nitrito y el amoníaco alcanzaron su punto máximo el día 6 (30 y 8 mg por litro, respectivamente) y luego disminuyeron. En los tanques de agua verde, el nitrito aumentó a partir del día 6, alcanzando un máximo de 60 mg por litro en los días 16-19, una semana después del pico de amoníaco total (22 mg por litro de NH_3), y luego disminuyó por debajo de los 10 mg por litro. Estos altos niveles de nitrito aparentemente no causaron mayor incomodidad a los peces, probablemente debido a la aplicación de cloruro de sodio que minimizó el riesgo de intoxicación por nitrito.

Los bajos niveles de amoníaco total y nitrito en los tanques de agua fangosa, a pesar de las altas tasas de alimentación (700 a 1.400 kg de alimento por hectárea, Fig. 5a) se atribuyen a la alta actividad de las bacterias nitrificantes que colonizan las partículas de arcilla suspendidas, transformando toda la columna de agua en un poderoso biofiltro. Esto hizo posible mantener una cosecha de tilapia en pie cercana a las 80 TM por hectárea en un ambiente de estanque de tierra con casi cero recambio de agua.

En cuanto a los sólidos sedimentables, el agua utilizada para llenar los tanques prácticamente no contenía sólidos. En los tanques de agua verde, los sólidos en suspensión inicialmente consistían en microalgas. En las primeras 4 semanas, los tanques con agua fangosa tenían más sólidos sedimentables (hasta 10 mL por litro) que los de agua verde (Fig. 5b) debido a la suspensión intencionada de arcilla el primer día después del llenado. A medida que avanzaba el experimento, se produjo un aumento considerable de partículas orgánicas, especialmente fragmentos de heces de peces, lo que hizo que los sólidos sedimentables aumentaran gradualmente, alcanzando valores entre 15 y 20 mL por litro en las últimas semanas del ensayo. Desde el día 30 hasta el final, las concentraciones de sólidos sedimentables fueron prácticamente las mismas tanto en los tanques de agua verde como en los de agua fangosa.

La transparencia del agua se redujo rápidamente de los 47 cm iniciales a 12 cm en los tanques de agua fangosa, con la suspensión intencional de arcilla el día 1. La transparencia del agua en agua fangosa se mantuvo entre 4 y 10 cm durante todo el experimento (Fig. 5c). En los tanques de agua verde, la transparencia del agua disminuyó gradualmente de los 47 cm iniciales a valores cercanos a los 10 cm. Esta reducción en la transparencia se produjo debido al aumento de partículas orgánicas suspendidas en el agua, especialmente microalgas (fitoplancton) y fragmentos fecales.

Con respecto a los problemas de sabor desagradable, el recambio frecuente de agua ayudó a mantener floraciones moderadas de algas, lo que ciertamente redujo la intensidad del sabor desagradable en los filetes de tilapia de los tanques de agua verde. Sin embargo, los filetes de tilapia criados en agua fangosa, con casi cero recambio de agua, tenían la mitad de la intensidad del sabor desagradable percibido en el filete de pescado criado en agua verde (Tabla 2). A lo largo de muchos años de trabajo de campo, he observado que los peces de estanques de agua fangosa rara vez tenían sabores desagradables. Las partículas de arcilla reducen la intensidad de la luz en la columna de agua y, por lo tanto, el crecimiento de cianobacterias. Con esto, la concentración de compuestos de sabor desagradable en el agua debería ser mínima. Las partículas de arcilla también pueden ser capaces de adsorber compuestos de sabor desagradable en el agua, impidiendo que los peces los absorban a través de sus branquias.

Fig. 5 (a,b,c): Tasa de alimentación (equivalente a kg de alimento/ha/día), sólidos sedimentables (mL/L) y transparencia del agua (disco de Secchi en cm) en tanques de agua verde y fangosa.

Kubitza, Estanques fangosos, Tabla 2

Ambiente de cultivo	Grado de sabor desagradable en filetes de tilapia
Agua fangosa	0,625*
Agua verde	1,375
Puntuación de sabor desagradable	Condición de sabor desagradable
0	No se percibe olor ni sabor en una muestra de filete cocido.
1	El sabor extraño es casi imperceptible al probar una muestra de filete cocido.
2	El sabor extraño se detecta solo después de probar una muestra de filete cocido.
3	El sabor extraño ya se detecta en el olor de una muestra de filete cocido.
4	El sabor extraño se detecta en el olor de una muestra de filete crudo.

Tabla 2: Intensidad media de sabor desagradable de 0 a 4 (según lo propuesto por Johnsen y Bett, 1996; https://doi.org/10.1300/J028V06N02_03) en los filetes de tilapia criados en agua verde o en agua fangosa (*indica diferencia estadística significativa entre los tratamientos, <0,01).

Observaciones finales

Hasta donde yo sé, este es el primer estudio que compara el rendimiento de la tilapia, la calidad del agua y la intensidad del sabor desagradable en aguas verdes y fangosas. La tilapia creció un 12 por ciento más rápido y tuvo un índice de conversión alimenticia un 17 por ciento mejor en aguas verdes, probablemente debido a la nutrición adicional de las microalgas y posiblemente a una mejor calidad del agua. Al mejorar la gestión del alimento y de la calidad del agua en aguas fangosas, se pueden reducir estas diferencias en el crecimiento y el índice de conversión alimenticia.

El apoyo a un alto rendimiento de los peces con un recambio de agua casi nulo y una menor intensidad del sabor desagradable saca a la luz la perspectiva del cultivo en estanques de alta densidad de tilapia en aguas fangosas, así como de otros peces de cultivo como el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), el tambaqui (*Colossoma macropomum*), el pangasius y otras especies. Sin embargo, en los estanques de agua fangosa se necesitará una aireación intermitente, pero sin las densas floraciones de algas BG, la potencia de aireación se puede reducir al 50 por ciento o menos de lo que se necesita en los estanques de agua verde, compensando así las horas adicionales de aireación requeridas. Esto merece una verificación en un experimento en estanques a mayor escala.

Esta reducción definitiva en el uso de agua y la descarga de efluentes apoya el crecimiento sostenible de la acuicultura intensiva en estanques en todo el mundo, especialmente en regiones con escasez de agua. Se necesita más investigación y desarrollo sobre la gestión de los estanques de agua fangosa, lo que justifica la atención de los productores, la industria y los investigadores.

Author

**FERNANDO KUBITZA, PH.D.**

Jundiaí, São Paulo, Brazil

El Dr. Fernando Kubitza es un especialista en acuicultura Brasileño, fundador y director de Acqua Imagem Servicios en Acuicultura (www.acquaimagem.com.br), una empresa con 25 años de antigüedad líder en proyectos de acuicultura, capacitación y soporte técnico en Brasil.

fernando@acquaimagem.com.br (<mailto:fernando@acquaimagem.com.br>)

Copyright © 2024 Global Seafood Alliance

All rights reserved.