

Implementación de filtros biológicos en sistemas de cultivo intensivo de *Clarias gariepinus* con la tecnología holandesa de recirculación de agua

Biofilter implementation in intensive culture systems of *Clarias gariepinus* with Holland technology of water recirculation

Anaysi Portales González, Gonzalo Díaz Pérez, Dayanis Moreira Pérez
y Yoan Torres Salas

Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA). UEB El Dique.
Carretera Central km 20½, Loma de Tierra, Cotorro,
La Habana, Cuba, E-mail: anaisi@edta.alinet.cu

RESUMEN

La reciente transferencia de la tecnología holandesa de cultivo intensivo de *Clarias gariepinus* con recirculación de agua, supera a los sistemas actualmente utilizados en el país en cuanto a rendimiento (125 kg/m³) y ahorro de agua, pero necesita ser adecuada a las condiciones donde será implementada. Su puesta en marcha requiere la preparación inicial de los biofiltros, donde se desarrollan bacterias nitrificantes que purifican el agua para su reuso en el cultivo. El presente trabajo transfiere las experiencias obtenidas en la preparación del filtro biológico del sistema de ceba de *Clarias gariepinus* y realiza un análisis sobre el ahorro de agua que representa esta tecnología. Se utilizó un cultivo bacteriano comercial (Bacterial®) y químicos en sustitución del amonio producido por los peces, con el propósito de mantener concentraciones de amonio y nitrito entre 15-20 mg/L. Diariamente se midieron los parámetros físico-químicos del agua como indicadores del proceso de preparación del biofiltro. Se determinó el ahorro por concepto de agua en un ciclo productivo. La preparación del biofiltro culminó a los 8 días, las temperaturas fueron favorables para su desarrollo (25 °C) y el pH (7,09 a 8,4) no se acidificó debido a la dureza del agua, aunque decreció hasta el día 4, coincidiendo con las mayores concentraciones de nitrito y nitrato. Esta tecnología puede consumir 30 veces menos agua que la empleada para producir 1 TM de Clarias en un estanque de tierra de una hectárea, lo que representa un ahorro de 2 780 m³ de agua y de \$ 834,00/TM de pescado producida.

Palabras clave: recirculación, biofiltro, *Clarias gariepinus*.

ABSTRACT

Recent transference of Holland technology for intensive *Clarias gariepinus* culture with water recirculation overcomes to the culture systems currently used in the country according to yield (125 kg/m³) and water saving, but it needs some adequations to the conditions of the place in which is implemented. Its start up requires initial preparation of biofilter, in which nitrificans bacteria that guarantee water purification for its reutilization in fish culture are needed. Present work transfers experiences obtained in biofilter preparation in *Clarias gariepinus* ongrowth system and it makes an analysis of the water saving with this technology. With this purpose, we utilized a commercial bacteria culture (Bacterial®) and chemicals in substitution of ammonium produced by fish, to keep ammonium and nitrite concentrations between 15 to 20 mg/L. Physico-chemical water parameters were also measured as indicators of the biofilter development process. Water saving in a productive cycle was determined, too. Biofilter was ready at 8 days, temperatures were favourable to its development (25 °C) and pH (7,09 to 8,4) was not acidified due to water hardness, although it decreased until day 4th, according with major concentrations of nitrite and nitrate. This technology can consume 30 times less water than in an earth pond of one hectare to produce 1 TM of Clarias, that represents a saving 2 780 m³ of water and \$ 834,00 per fish ton produced.

Keywords: recirculation, biofilter, *Clarias gariepinus*.

INTRODUCCIÓN

Recientemente fue transferido a Cuba un sistema de cultivo intensivo de *Clarias gariepinus* con recirculación de agua, recurso de gran importancia para la vida y las actividades acuícolas. Los sistemas que actualmente existen en el país se basan en cultivos intensivos en estanques de tierra o piscinas de cemento, con rendimientos de 20-22 kg/m³ y 30 kg/m³, respectivamente, en ambos casos inferiores a los que se pueden obtener con esta tecnología holandesa (125 kg/m³).

En un sistema de acuicultura con recirculación (SAR) el agua de cultivo es purificada y reusada continuamente; no es totalmente cerrado porque algunas sustancias deben obligatoriamente ser removidas del sistema como el nitrato, lo cual se logra a través de recambios diarios de agua limitados. Los desperdicios producidos como amonio y CO₂ son removidos y convertidos en productos no tóxicos por los componentes del sistema, y el agua purificada retorna a los tanques de los peces. Para asegurar la ocurrencia de estos procesos, los SAR están compuestos por componentes con funciones específicas, que en conjunto deben remover partículas sólidas y materia orgánica disuelta, convertir amonio en nitrato menos dañino, remover CO₂ y añadir O₂, manteniendo limitados a un mínimo los requerimientos de agua y energía (Fleuren *et al.*, 2013).

Desde el siglo xx existen evidencias que la calidad del agua de los sistemas acuícolas con recirculación es mantenida por comunidades microbianas asociadas con los materiales de los filtros (Kawai *et al.*, 1964). Sugita *et al.* (2005) demostraron que al menos el 36 % del total de clones de los sistemas de recirculación para peces de agua dulce pueden utilizar el nitrógeno inorgánico, el amonio, el nitrito y el nitrato, lo que sugiere el papel de estas bacterias en la dinámica del nitrógeno en estos sistemas.

La puesta en marcha de un SAR requiere de la preparación de los filtros biológicos, donde se desarrolla una biopelícula de bacterias nitrificantes (Nitrosomonas y Nitrospira) encargadas de la biofiltración (Crab *et al.*, 2007).

Estos sistemas son usualmente aplicados en países desarrollados como Holanda y Croacia, y en algunos países africanos como Nigeria. En la mayoría de los casos son construidos en locales cerrados con calefacción, lo que facilita el crecimiento bacteriano y el cultivo de especies de peces tropicales como *C. gariepinus*. Por primera vez se desarrolla una tecnología de este tipo en el país, en una instalación techada, no totalmente cerrada y sin calefacción, lo cual pudiera influir en la adecuación de los filtros biológicos.

Con el presente trabajo se transfieren las experiencias obtenidas en la preparación de un filtro biológico de un sistema de recirculación de agua para la ceba de *C. gariepinus* en nuestras condiciones y se realiza un análisis sobre el ahorro de agua que aporta esta tecnología.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características generales del sistema

El cultivo intensivo de *Clarias gariepinus* con recirculación de agua se desarrolla en las instalaciones de la Empresa de Desarrollo de Tecnologías Acuícolas (EDTA), localizada en el municipio Cotorro, provincia La Habana. Esta instalación está conformada por dos naves techadas, una para la precría y otra para la ceba (10 g a talla comercial). Cada sistema funciona independientemente, con su unidad de tratamiento de agua que incluye los procesos de sedimentación para la separación de partículas sólidas del agua, una unidad ultravioleta para eliminar patógenos y algas, contribuyendo así a eliminar el florecimiento de algas que afectan la transparencia del agua; y un filtro biológico para la eliminación de compuestos nitrogenados excretados por los peces. La tasa diaria de recambio de agua varía entre 100 L/kg y 300 L/kg de alimento añadido al sistema.

Se pueden producir en un sistema de ceba, en un volumen de 38,1 m³, hasta 20 TM anuales de esta especie suministrando el pienso comercial holandés Skretting de alta calidad. Manteniendo una adecuada calidad del agua y el desarrollo de biofiltros pueden ser utilizadas densidades máximas de 125 kg/m³ y hasta 60 kg de alimento en el sistema.

Preparación del biofiltro del sistema de ceba con tecnología holandesa

Se inició la preparación del biofiltro del sistema de ceba en el mes de abril con la inclusión de 55 g de un cultivo bacteriano importado de Holanda (Bacterial[®]) deshidratado por congelación, el cual contiene billones de bacterias nitrificantes, suficiente para el tratamiento de 20 000 L de agua.

Como fuentes de alimento para las bacterias Nitrosomonas se añadió cloruro de amonio (NH₄Cl), empleado como suplente del amonio producido por los peces y nitrito de sodio (NaNO₂) para ayudar al proceso de formación de las bacterias Nitrospira, además de pequeñas cantidades de alimento artificial para peces que agrega carbón al sistema de agua para formar el CO₂. Se determinaron las cantidades de químicos a añadir en función de garantizar concentraciones de amonio y nitrito entre 15 mg/L y 20 mg/L.

Medición de los parámetros físico-químicos del agua

Diariamente se midió la temperatura (°C), con un equipo Handy Polaris y el pH con un pHmetro digital, ambos de

la marca Oxyguard. Se utilizaron kits de la firma comercial Merck para la determinación de amonio (NH_4), nitrito (NO_2) y nitrato (NO_3) y registrar las concentraciones de estos elementos durante la preparación de los filtros biológicos. Se determinó la fase de arranque por la reducción del amonio a cero y el aumento del nitrito. El biofiltro estaría totalmente listo cuando el NO_2 también se hiciera cero.

Análisis de los resultados

Se analizó el proceso de preparación del biofiltro en las condiciones del sitio en que se implementó en combinación con los períodos de duración del desarrollo bacteriano (*Nitrosomonas* y *Nitrospira*) a través del comportamiento de los indicadores físico-químicos del agua.

Se determinó en la ceba de esta especie por este método de cultivo y comparándolo con el método tradicional en estanque de tierra, los días de cultivo, el volumen de agua para el cultivo (m^3), la tasa de recambio diaria (%), el consumo de agua en un ciclo productivo (m^3), producción alcanzada (TM), costo total del agua y costo para producir una tonelada métrica de pescado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La adición de químicos como fuente de alimento de las bacterias se mantuvo durante 8 días, tiempo necesario para la preparación del biofiltro. El cloruro de amonio no superó los 1,5 kg/día y fue consumido en su totalidad desde el inicio por las bacterias inoculadas mientras que la adición de 0,03 kg de NaNO_2 fue suficiente para favorecer el crecimiento de las bacterias *Nitrospira*. A partir del día 7 el nitrito también se hizo cero, lo que indicó que el biofiltro estaba listo para transformar el amonio producido por los peces mediante los procesos de nitrificación y mineralización según lo describe Schreier *et al.* (2010) y por consiguiente lograr mantener la calidad del agua de cultivo. El comportamiento de los parámetros físico-químicos del agua durante este proceso se muestra en las figuras 1 y 2.

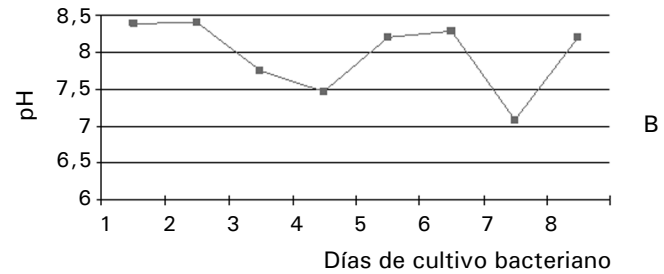
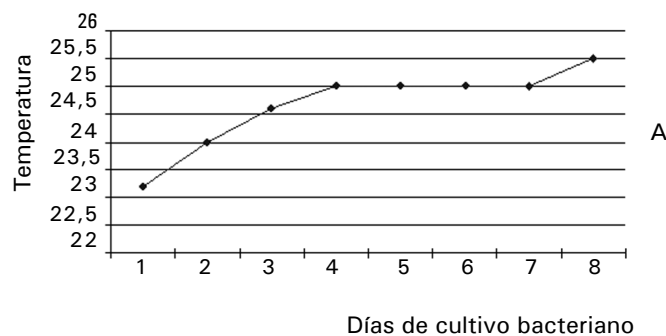


Fig. 1. Comportamiento de la temperatura (A) y el pH (B) del agua durante la preparación del biofiltro en un sistema de ceba de *Clarias gariepinus* con recirculación de agua.

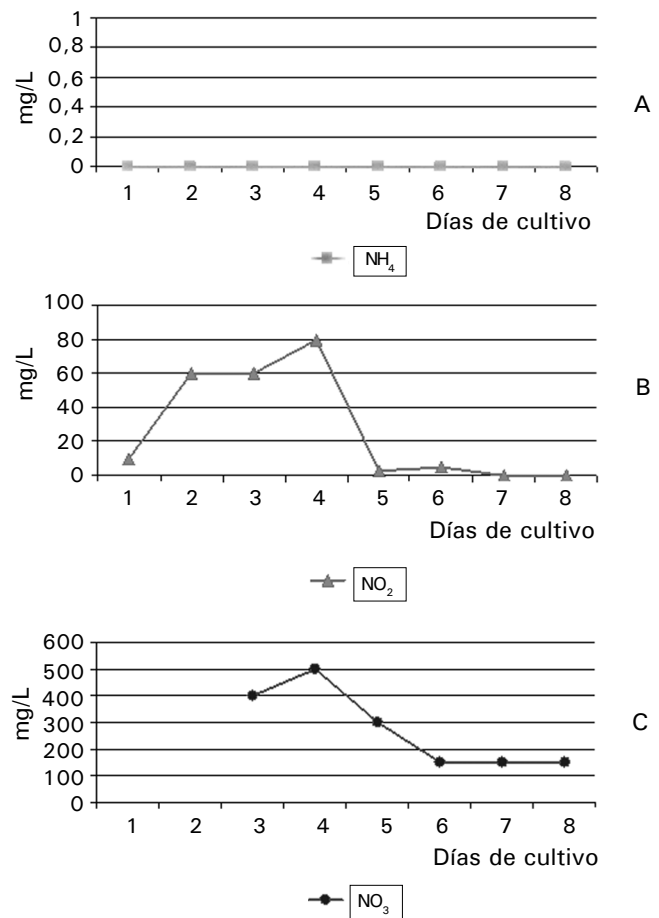


Fig. 2. Comportamiento de los parámetros químicos del agua (A: amonio, B: nitrito, C: nitrato) durante la preparación del biofiltro en un sistema de ceba de *Clarias gariepinus* con recirculación de agua.

El comportamiento de los valores de temperatura mostró una tendencia al incremento hasta hacerse más estable ($25\text{ }^\circ\text{C}$). En similares condiciones de temperatura, Drašner (comunicación personal, 20 de febrero, 2014) logró que a los 6 días el amonio fuera totalmente consumido, coincidiendo con el crecimiento de *Nitrosomonas* y requirió 14 días para la reducción total del nitrito por las bacterias *Nitrospira*. Dichos resultados fueron alcanzados sin el empleo de cultivos

bacterianos en una granja de cultivo intensivo de Anguila con recirculación de agua ubicada en Croacia.

Según Fleuren *et al.* (2013) la fase de arranque está marcada por la reducción del amonio y el aumento del nitrito seguido por la reducción del pH. En este estudio, el pH se mantuvo con valores entre 7,09 y 8,4. No se detectaron valores inferiores a 7 por cuanto la dureza del agua es de 300 mg/L debido a la alta concentración de carbonatos de calcio. No obstante, se observó inicialmente una disminución hasta el cuarto día del experimento (pH de 7,46, 80 mg/L de NO₂ y 500 mg/L de NO₃). Las altas concentraciones de este último no son preocupantes para los peces, capaces de tolerar hasta 1 000 mg/L (Russo & Thurston, 1991), además, debe ser removido del sistema por los cambios de agua

y por desnitrificación pasiva dentro de los sistemas de filtración (Urakami *et al.*, 1995; Tal *et al.*, 2006).

La implementación de los sistemas de recirculación de agua (SRA) brinda ventajas en cuanto a la posibilidad de intensificar los cultivos con un uso más eficiente del agua. Fue parte de este estudio analizar los indicadores económicos relacionados con el ahorro de agua que representa el cultivo intensivo de *C. gariepinus* en un sistema de recirculación en Cuba, en relación con los resultados alcanzados en estanques de tierra (TABLA 1). Acorde con el análisis efectuado, los SRA consumen 30 veces menos agua que un estanque de tierra de una hectárea para producir una tonelada de Clarias, lo que representa un ahorro de 2 780,26 m³ de agua y \$ 834,08 por tonelada de pescado producida.

Tabla 1. Análisis económico-productivo de dos formas de cultivo intensivo de *Clarias gariepinus* acorde con los gastos de agua

Indicadores	Sistema acuicultura con recirculación de agua para cultivo de <i>C. gariepinus</i>	Estanque de tierra para cultivo de <i>C. gariepinus</i>
Volumen de agua para cultivo	48,1 m ³	10 000 m ³
Días de cultivo	120 días	210 días
Tasa de recambio	10 % (4,81 m ³)	5 % (500 m ³)
Gasto total agua/ciclo	625,3 m ³	115,000 m ³
Producción/ciclo	6,6 TM	40 TM
Gasto agua/t producida	94,74 m ³ /TM	2 875 m ³ /TM
Precio del agua/m ³	\$ 0,30	\$ 0,30
Costo total del agua	\$ 187,59	\$ 34 500,00
Costo agua/t	\$ 28,42/TM	\$ 862,50/TM

gasto total agua/ciclo = volumen agua cultivo + (días de cultivo * tasa recambio); Precio del agua (correspondiente a zona urbana)

CONCLUSIONES

1. La acidificación del pH no puede ser utilizado como un indicador confiable en la formación de bacterias nitrificantes en filtros biológicos dada la dureza del agua de cultivo.
2. Con la implementación de esta tecnología se consume 30 veces menos agua que en un estanque de tierra de una hectárea para producir una tonelada de Clarias con un ahorro económico por este concepto.

RECOMENDACIONES

Se debe emplear 1,5 kg de cloruro de amonio diariamente y 0,03 kg de nitrito de sodio como dosis única en la

preparación del filtro biológico de un sistema de ceba con recirculación de agua con capacidad para purificar 48,1 m³ de agua.

REFERENCIAS

- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoird, T., Bossier, P. & Verstraete, W. (2007). Nitrogen removal techniques in aquaculture for sustainable production. *Aquaculture*, 270, 1-14.
- Fleuren, Nooijen & Bert-Jan, Roosendaal. (2013). Manual de precría del pez gato Africano *Clarias gariepinus*. The Netherlands. 37 p.
- Kawai, A., Yoshida, Y. & Kimata, M. (1964). Biochemical studies on the bacteria in aquarium with circulating

- system: I. Changes of the qualities of breeding water and bacterial population of the aquarium during fish cultivation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 30, 55-62.
- Russo, R. C. & Thurston, R. V. (1991). Toxicity of ammonia, nitrite and nitrate to fishes. En D. E. Brune & J. R. Tomasso (Eds.), *Aquaculture and water quality. Advances in World Aquaculture 3* (pp. 58-89). USA. Baton Rouge, Louisiana: World Aquaculture Society.
- Schreier, H. D., Mirzoyan, N. & Saito, K. (2010). Microbiological diversity of biological filters in recirculating aquaculture systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 21, 318-325.
- Sugita, H., Nakamura, H. & Shimada, T. (2005). Microbial communities associated with filter materials in recirculating systems of freshwater fish. *Aquaculture*, 243, 403-409.
- Tal, Y.; Watts, J. E. M. & Schreier, H. J. (2006). Anaerobic ammonium-oxidizing (anammox) bacteria in associated activity in fixed-film biofilters of a marine recirculating aquaculture system. *Applied and Environmental Microbiology*, 72, 2896-2904.
- Urakami, T., Sasaki, J., Suzuki, K. & Komagata, K. (1995). Characterization and description of *Hyphomicrobium denitrificans*. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 45, 528-532.