



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE PRODUCCION ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL



Efecto de la adición de carbohidratos sobre la calidad de agua en tanques de suspensión activa para la producción de alevines de peces tropicales

Autor: Br. Yesika Y. Lara F.
Tutor Académico: Dr. Francisco Cortez L.
Supervisor: Ing. MSc. Charly Farfán L.

Maracay, Noviembre de 2015



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE PRODUCCION ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL



Efecto de la adición de carbohidratos sobre la calidad de agua en tanques de suspensión activa para la producción de alevines de peces tropicales

Autor: Br. Yesika Y. Lara F.

Tutor Académico: Dr. Francisco Cortez L.

Supervisor: Ing. MSc. Charly Farfán L.

Trabajo Presentado como parte de los requisitos para optar al título de ingeniero Agrónomo Mención Agroindustrial que otorga la Universidad Central de Venezuela

Maracay, Noviembre de 2015

APROBACION DEL TRABAJO POR EL JURADO

Nosotros los abajo firmantes, miembros del Jurado Examinador del Trabajo de Grado **Efecto de la adición de carbohidratos sobre la calidad de agua en tanques de suspensión activa para la producción de alevines de peces tropicales**, cuyo autor es la bachiller Yesika Y. Lara F, cedula de identidad V-18.852.318, certificamos que lo hemos leído y que en nuestra opinión reúne las condiciones necesarias de adecuada presentación y es enteramente satisfactorio en alcance y calidad como requisito para optar al título de Ingeniero Agrónomo en la mención de Agroindustrial.

Prof. Francisco Cortez L.

C.I: 9.967.867.

Tutor Académico - Coordinador de Jurado

Prof. Charly Farfán L.

C.I: 16.344.620.

Supervisor

Prof. Guillermo Perichi

C.I: 12.340.125

Jurado Principal

DEDICATORIA

*A mi madre, mis abuelos, mis hermanas,
y en especial a mi esposo,
quien con su mágico amor e inquieto corazón,
siempre hace renacer en mí,
la persistencia y el sentido de compromiso.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre Todopoderoso, por estar siempre a mi lado protegiéndome e iluminando mi camino en los buenos y momentos más difíciles; por siempre estar ahí ayudándome a superar cada uno de los desafíos o impedimentos que la vida me presenta.

A mi adorado esposo Wilfredo Pernía, quien con su apoyo, comprensión y amor incondicional ha sido mi amigo y compañero inseparable fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento.

A mi madre y mis abuelos, por todo su amor, comprensión y por haberme formado con los valores que me hicieron seguir adelante.

A la Universidad Central de Venezuela, por ser desde hace muchos años, la fuente de inspiración para mi desarrollo profesional, permitiéndome alcanzar grandes logros a nivel académico.

A mi tutor Francisco Cortez Landaeta, por su inmensa ayuda tanto a nivel profesional como personal, por toda la confianza que depositó en mí y por brindarme su amistad, en los buenos y malos momentos.

A mi familia, por su apoyo incondicional, su gran amor y cariño.

A la Profesora Glenn Hernández por su gran ayuda y apoyo para la realización de mis análisis de calidad de agua.

A mi Supervisor el Profesor Charly Farfán por sus buenos consejos y gran ayuda.

Al Profesor Guillermo Perichi, por su ayuda y apoyo durante el desarrollo de mi investigación.

Al Laboratorio de nutrición animal, por facilitarme el uso de sus instalaciones para desarrollar las etapas de mi investigación, a la jefa de laboratorio Iraidis Villavicencio, a Mariolys Cabrera y a Leoncio Zea por su apoyo durante el desarrollo de mi investigación.

A todas aquellas personas que me apoyaron y que con sus palabras de aliento me incentivaron a seguir adelante.

“Un emprendedor reconoce que el éxito es un camino no una meta”.

Sigue las señales de tu camino con fe y sin dudas." Paulo Coelho

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Portada	I
Página de Título.....	II
Aprobación del trabajo por el jurado	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	V
Tabla de contenido	VII
Efecto de la adición de carbohidratos sobre la calidad de agua en tanques de suspensión activa para la producción de alevines de peces tropicales	1

Efecto de la adición de carbohidratos sobre la calidad de agua en tanques de suspensión activa para la producción de alevines de peces tropicales

Yesika Lara

Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto y
Departamento de Producción Animal. Apdo. 4579, Maracay, Venezuela.

Correo electrónico: yesi07.ucv@gmail.com

Resumen

Para evaluar la adición de carbohidratos en tanques con niveles elevados de nitrógeno amoniacal total (NAT) y durante la fase de implementación de un sistema de bioflóculos para la producción de alevines de (*Colossoma macropomum*) sobre la calidad de agua fueron realizados dos experimentos. El primero consistió en la aplicación de carbohidrato suficiente para reducir los niveles iniciales de NAT, y el segundo en adicionar el carbohidrato necesario para la neutralización del nitrógeno durante la fase de implantación del sistema. En ambos experimentos se utilizó un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Los tratamientos aplicados fueron: alimento balanceado solo o con la adición de melaza, harina de maíz o afrecho de trigo. Medidas de NAT, nitrito y nitrato fueron realizadas entre las 0 y 36 h, mientras que oxígeno disuelto, pH y sólidos totales al inicio y al final durante el primer experimento y a cada 4 días fueron realizadas todas las medidas en el segundo experimento. Fueron encontradas diferencias ($P < 0,05$) en el primer experimento observándose la disminución de los valores de NAT en menos de 18 horas para todas las fuentes de carbohidratos aplicadas así como valores menores de acumulo de nitrito y de nitrato. En el segundo experimento inicialmente no se muestran diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre los tratamientos, mostrándose para el día 12 evidencias del inicio de la formación de los flóculos bioactivos a través del acúmulo de nitritos y de nitratos. Se concluye que la melaza es más rápida disminuyendo valores elevados de compuestos nitrogenados tóxicos, mientras que la adición de harina de maíz y afrecho de trigo se muestran más adecuados para la fase de formación del sistema.

Palabras clave: Bioflóculos, *Colossoma macropomum*, cachama, tanques

Effect of adding carbohydrate on the quality of water in tanks active suspension for the production of tropical fish fry

Abstract

To evaluate the addition of carbohydrates in tanks with high levels of total ammonia nitrogen (TAN) and during the implementation of a biofloc system for producing (*Colossoma macropomum*) fry on water quality were conducted two experiments. The first involved the application of sufficient carbohydrate to reduce the initial levels of NAT, and the second in adding the carbohydrate necessary to neutralize the nitrogen during the implementation of the system. A completely randomized design with three replications was used in both experiments. The treatments were: Balanced feed alone or with the addition of molasses, corn meal or wheat bran. TAN measures, nitrite and nitrate were performed between 0 and 36 h, while dissolved oxygen, pH and total solids at the start and end during the first experiment every 4 days and were made all the measures in the second experiment. They were found differences ($P < 0.05$) in the first experiment observed the declining values of TAN in less than 18 hours for all carbohydrate sources applied and lower values of nitrite and nitrate. In the second experiment initially no statistical difference ($P > 0.05$) between treatments, showing evidence that biofloc formation starts at day 12 by increase of levels of nitrite and nitrate. We conclude that the molasses is faster decreasing high values of toxic nitrogen compounds, while the addition of corn flour and wheat bran are more suitable for initial phase of biofloc system.

Keywords: Biofloc, *Colossoma macropomum*, cachama, tank

INTRODUCCION

La acuicultura se ha desarrollado en los últimos años debido al aumento de la demanda de fuentes proteicas de elevado valor biológico y que provengan de sistemas de producción sostenibles, disminuyendo la presión sobre la pesca de captura. Esto ha llevado a los productores a mejorar la eficiencia en los distintos sistemas productivos, estando el mantenimiento de la calidad del agua durante las diferentes etapas productivas entre los principales factores limitantes.

Para Ladino-Orjuela y Rodríguez-Pulido (2009), los peces tienen un bajo índice de aprovechamiento del alimento lo cual genera desperdicios, no solo por el

alimento no consumido que se deposita en el fondo del tanque, sino por las propias excretas afectando la calidad de agua, principalmente en aquellos sistemas en donde la tasa de recambio diario del agua es baja. Entre los elementos citados por los autores como perjudiciales a la fauna acuática está el nitrógeno en la forma amoniacal, variando en cuanto a su peligrosidad en función de la cantidad presente y del pH del medio. Para disminuir el impacto negativo de este metabolito se dispone de diversas opciones de manejo como: los cultivos bacterianos heterotróficos, sistemas de recirculación de agua con filtros biológicos, el aumento del recambio de agua y diferentes combinaciones de microorganismos, denominados eficientes, en la eliminación de dichos metabolitos.

Una alternativa posible dentro de los sistemas intensivos, y principalmente en regiones donde la disponibilidad de agua es un factor crítico, es la implementación de un sistema de suspensión activa, cuya base es el manejo racional de la relación carbono-nitrógeno dentro del sistema, en donde los nutrientes son continuamente reciclados y aprovechados por los organismos acuáticos aumentando la eficiencia de uso del recurso alimenticio (Cedano *et al.*, 2013).

Los bioflóculos actúan en el sistema minimizando los niveles de amoníaco total presente, transformándolo en compuestos de menor toxicidad (Nitratos) o incluso sintetizando proteína bacteriana y reciclándolos como parte de la dieta de los peces. Esto permitirá reducir costos de alimentación y contribuiría con la disminución de la contaminación de las fuentes de aguas al disminuir los desechos nitrogenados (Avnimelech, 1999).

Entre las fuentes de carbohidrato que se pudieran utilizar para mantener la

relación carbono/nitrógeno adecuada dentro del sistema están la melaza (Schneider et al., 2006; Ladino-Orjuela y Rodríguez-Pulido, 2009; Cedano *et al.*, 2013), glucosa, harina de yuca y celulosa (Avnimelech, 1999), siendo que estas fuentes de carbono orgánico favorecerían el proceso de nitrificación completa como una estrategia para reducir rápidamente las concentraciones de amoníaco total.

Una de las especies autóctonas con mayor aptitud y divulgación para la explotación piscícola en sistemas de suspensión activa es la cachama (*Colossoma macropomum*), siendo tolerante a bajas concentraciones de oxígeno y bajos valores de pH, aunque susceptible al acúmulo de amoníaco y nitrito en el medio (Araujo-Lima, 2002 y Gómez, 2005). Adicionalmente sería válido asumir, que la presencia de numerosas vellosidades branquiales indicada en la literatura (Honda, 1974), permitiría el aprovechamiento de los flóculos como estrategia de reciclaje de nutrientes en un sistema de suspensión activa.

Conociendo que entre los desafíos de la piscicultura actual está unir altos niveles productivos con un planteamiento ecológico y sustentable, en donde el organismo acuático tenga plenas condiciones de desarrollo y se respeten los principios básicos de bienestar, esta investigación tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la adición de diferentes fuentes de carbohidratos (melaza, harina de maíz y afrecho de trigo) sobre algunos parámetros asociados a la calidad de agua (oxígeno, pH, amoníaco total, nitrito, nitrato y sólidos totales) en tanques con niveles elevados de amoníaco total y durante la fase de implementación de un sistema de suspensión activa para la producción de alevines de cachamas (*Colossoma macropomum*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal, del Instituto de Producción Animal, en la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Edo. Aragua. Ubicada a 455 m.s.n.m, con una temperatura media de 25 °C y una humedad relativa de 75% (INIA, 2009).

Sistema de tanques

Fueron utilizados 12 tanques con una capacidad de 60 litros cada uno, colocando un volumen de 50 l de agua. Cada tanque constituyó una unidad experimental y fueron provistos de una bomba sumergible (marca BOYU, modelo SP-100) con un caudal máximo de 300 l/h para la circulación de agua constante y mantenimiento de partículas en suspensión y con un punto de distribución de aire proveniente de una bomba aireadora (marca Air Pump, 70 l/min).

Se estableció un sistema de recirculación con tres de los tanques mencionados anteriormente, colocando una salida de agua del fondo del mismo y una tubería de entrada proveniente de un tanque de 250 l provisto de una bomba sumergible (marca BOYU, modelo SF- 48) para realizar la recirculación. Adicionalmente a la salida de los tanques se colocó una canal de 8 cm de profundidad cubierta con 5 cm de arcilla expandida para facilitar la colonización por microorganismos y así cumplir la función de filtro biológico dentro del sistema.

Experimento 1. Uso de fuentes de carbohidratos para el control de niveles elevados de nitrógeno amoniacal total (NAT)

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para evaluar el efecto de la adición de tres fuentes de carbohidratos sobre la calidad del agua, resultando en los siguientes tratamientos: **AB**: Sin adición de carbohidrato, **MZ**: Adición de melaza, **HM**: Adición de harina de maíz, y **AT**: Adición de afrecho de trigo.

Manejo experimental

Previo al ensayo se colocaron tres tanques de 250 l con 50 alevines de cachama (*Colossoma macropomum*) cada uno, habiendo sido alimentados con el 2 % PV durante un periodo de cuatro semanas para el correcto establecimiento del sistema de bioflóculos. Cada unidad experimental contenía 15 litros de agua proveniente de los tanques de bioflóculo estable (cada tanque de 250 l constituyó una repetición) y 15 l de agua de pozo profundo no tratada. Fue realizado el análisis de NAT a cada unidad experimental y adicionado sulfato de amonio para elevar los valores a 8 mg NAT/l.

Al inicio del ensayo se aplicó la cantidad correspondiente de carbohidrato molido (<1mm) a cada unidad experimental suficiente para metabolizar los 8 mg de NAT/l según la recomendación de Avnimelech (1999), habiendo sido utilizado en promedio 4.8 g carbohidrato/tanque.

Mediciones de NAT, nitrito y nitrato (Test kit, Aquarium Pharmaceuticals, Mars fishcare INC.) fueron realizadas al inicio y a las 3, 6, 9, 12, 15, 18, 24 y 36 h

posteriores a la aplicación de las fuentes de carbohidratos. Al inicio y al final del periodo experimental fueron efectuadas mediciones de oxígeno disuelto (OD), pH y sólido totales (ST) a través de una sonda YSI modelo 556 M.P.S..

Experimento 2. Uso fuentes de carbohidratos para el establecimiento de un sistema de suspensión activa para mantener niveles adecuados de nitrógeno amoniacal total (NAT)

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para evaluar el alimento balanceado y tres fuentes de carbohidratos resultando en los siguientes tratamientos: **RE**: 2% PV Alimento balanceado comercial, **AB**: 2% PV Alimento balanceado comercial, **MZ**: 2 % PV Alimento balanceado comercial y 1 % PV melaza, **HM**: 2% PV Alimento balanceado comercial y 1 % PV harina de maíz, y, **AT**: 2% PV Alimento balanceado comercial y 1 % PV afrecho de trigo.

Manejo experimental

Un total de 1200 alevines de cachama negra (*Colossoma macropomum*) provenientes de la Estación Experimental Local Guanapito adscrita al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), localizada en Altigracia de Orituco, fueron anestesiados en una solución de 10 ppm de eugenol pesados individualmente en una balanza digital con 0,01g de precisión y seleccionados 750 animales de peso homogéneo.

Los alevines seleccionados fueron distribuidos en las 15 unidades

experimentales, siendo tres repeticiones para cada tratamiento, cada una con 50 alevines que fueron pesados al inicio y al final del ensayo. Se utilizó un periodo de siete días de adaptación a los tanques experimentales alimentando diariamente a los animales con alimento balanceado comercial en una cantidad equivalente al 2% de la biomasa presente en cada unidad experimental. Una vez concluido el periodo de adaptación los tanques fueron vaciados, limpios y se colocó 50 litros de agua proveniente de pozo profundo sin tratamiento. Durante el periodo experimental a todos los tratamientos se le ofreció alimento balanceado comercial suministrado una vez al día en una cantidad equivalente al 2% de la biomasa presente en cada tanque (Avnimelech *et al.*, 1999)

Para verificar el efecto de los tratamientos sobre la calidad del agua y así determinar el establecimiento del sistema de bioflóculos cada 4 días se efectuó las medidas de NAT, nitrito y nitrato (Test kit, Aquarium Pharmaceuticals, Mars fishcare INC.) y de oxígeno disuelto (OD), pH, sólido totales (ST) y temperatura (T) (Sonda YSI modelo 556 M.P.S.).

Análisis estadístico

Para ambos experimentos en cada una de las variables los valores obtenidos fueron sometidos a una prueba de distribución normal. Por no presentar distribución normal las variables NAT, nitrito y nitrato fueron analizadas mediante el procedimiento NPAR1WAY, test de Kruskal-Wallis para obtener las medias y error estándar, así como calcular el coeficiente de variación como medida de dispersión (SAS, 2009), Para el resto de las variables (OD, T, pH y ST) se utilizó el procedimiento GLM (SAS, 2009) y la prueba de medias fue realizada a través del

test de Tuckey con un nivel de significancia de 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Uso de fuentes de carbohidratos para el control de niveles elevados de nitrógeno amoniacal total (NAT)

Cuadro 1 se observan los valores para oxígeno disuelto, pH y sólidos totales mostrando que no hay diferencias significativas en cada uno de los parámetros evaluados y que sus rangos son adecuados para la producción piscícola. Baldisserotto y Gomes (2005) indican que el nivel de oxígeno disuelto disponible necesarios para la cachama está en los 3 mg/l, siendo éste rango el mínimo aceptable para especies tropicales. Los valores de pH encontrados favorecieron el adecuado establecimiento de la suspensión activa, considerándose necesario valores próximos a la neutralidad, aspecto que también favorece al influenciar positivamente la distribución del NAT. El promedio de sólidos totales entre tratamientos oscila en 0,18, siendo este valor cercano al óptimo indicado por Avnimelech (1999).

De acuerdo a las concentraciones registradas durante cada uno de los tratamientos los valores de NAT variaron a medida que transcurrió el tiempo, como se presentan en el Cuadro 2. Se observan diferencias estadísticas significativas ($P=0,0117$) entre los tratamientos a partir de la 6 horas, donde la adición de carbohidratos al sistema permite una rápida disminución de los niveles de NAT (mayor para la melaza), convirtiendo esta práctica en una solución viable para

controlar niveles potencialmente letales para los peces. Avnimelech (1999), cita a la relación carbono:nitrógeno del medio como un elemento de control en sistemas de acuicultura, y al utilizar la adición de glucosa para reducir la acumulación de NAT observó su disminución a partir de 5 h. En general Altos niveles de amoniaco presentes en el agua es capaz de dañar las membranas de branquias de los peces y a la vez afecta la capacidad de la sangre de transportar oxígeno y puede afectar negativamente en el crecimiento y desarrollo de los peces. (Saenz 2013), siendo de mayor riesgo en sistemas con valores elevados de pH debido a una mayor cantidad de amoniaco en relación a la de amonio (forma menos tóxica presente en el NAT).

Cuadro 1. Oxígeno disuelto, pH y solidos totales en tanques de suspensión activa con adición de maíz, melaza y afrecho.

Parámetros(Horas)	Tratamientos				CV	P
	AB	HM	AT	MZ		
OD (mg/l)	4,96	5,02	4,98	4,85	6,90	0,9362
pH	7,77	7,77	7,70	7,76	0,67	0,3970
ST(%)	0,18	0,18	0,18	0,20	9,86	0,4796

AB: Alimento balanceado comercial; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza. CV: Coeficiente de Variación; P: Probabilidad.

Los valores de nitrito encontrados en los tanques durante la fase experimental se reflejan en el Cuadro 3 presentando diferencias estadísticas significativas ($P=0,0117$), a partir de la hora seis se puede observar un comportamiento diferenciado entre tratamientos, si bien no se detectan diferencias significativas entre el alimento balanceado, la harina de maíz y el afrecho de trigo, el tratamiento con melaza disminuyo significativamente. Un indicativo de la actividad de los flóculos es el acumulo de nitrito a las 12 horas en los tratamientos con harina de maíz y afrecho, mostrando la metabolización del NAT asociado a un

mayor tiempo de colonización del sustrato (cuadro 2) y que al no ocurrir en el tratamiento con melaza indica una mayor disponibilidad de carbohidrato solubles rápidamente aprovechable por las bacterias. En general todos los tratamientos con adición de carbohidratos luego de las 12 h reflejan valores inferiores a 0,75mg/l, valor este indicado por Bautista *et al.* (2011) como límite para provocar estrés en los peces. En todos los casos no se obtuvieron concentraciones mayores de nitrito a 1,67mg/L, siendo un nivel adecuado para el crecimiento de las cachamas (*Colossoma macropomum*) e inferiores a la DL50 (1,82mg/l). Una exposición a concentraciones elevadas de nitritos inhibe el crecimiento de los peces y afecta la sobrevivencia ocasionando pérdida total de la población de peces dentro de un estanque y resultando en grandes pérdidas económicas para el piscicultor (Ceballos *et al.* 2001). Adicionalmente, el aumento en nitrito además de indicar la metabolización del NAT, puede indicar la formación de sitios anaerobios dentro del sistema (Avnimelech, 1999).

Cuadro 2. Valores de nitrógeno amoniacal total en diferentes horarios luego de la aplicación del maíz, afrecho y melaza en tanques de suspensión activa.

Horarios	Tratamientos				CV	P
	AB	HM	AT	MZ		
Hora 0	8,00	8,00	8,00	8,00	0	1,0000
Hora 3	8,00	8,00	8,00	8,00	0	1,0000
Hora 6	8,00 ^b	8,00 ^b	8,00 ^b	4,00 ^a	4,07	0,0117
Hora 9	8,00 ^b	8,00 ^b	8,00 ^b	2,00 ^a	4,07	0,0117
Hora 12	8,00 ^b	4,00 ^a	4,00 ^a	0,25 ^a	4,43	0,0186
Hora 15	8,00 ^b	0,50 ^a	1,00 ^a	0,17 ^a	5,26	0,0264
Hora 18	8,00	0,33	0,67	0,17	5,13	0,0539
Hora 24	8,00	0,33	1,00	0,17	5,16	0,0523
Hora 36	8,00 ^b	0,17 ^a	1,00 ^a	0,17 ^a	5,17	0,0312

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas.

AB: Alimento balanceado; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza. CV: Coeficiente de Variación; P: Probabilidad.

Cuadro 3. Valores de nitrito en diferentes horarios luego de la aplicación del maíz, afrecho y melaza en tanques de suspensión activa.

Horarios	Tratamientos				CV	P
	AB	HM	AT	MZ		
Hora 0	0,50	0,50	0,42	0,33	4,07	0,2139
Hora 3	0,50	0,50	0,42	0,33	4,07	0,2139
Hora 6	0,67 ^b	0,50 ^b	0,50 ^b	0,17 ^a	4,53	0,0249
Hora 9	0,67 ^b	0,50 ^b	0,50 ^b	0,25 ^a	4,50	0,0233
Hora 12	1,33	1,17	1,67	0,25	5,17	0,0601
Hora 15	1,67 ^b	0,17 ^a	0,75 ^{a,b}	0,08 ^a	5,22	0,0345
Hora 18	1,67	0,33	0,17	0,08	5,15	0,0863
Hora 24	1,67 ^b	0,08 ^a	0,17 ^a	0,25 ^a	5,01	0,0376
Hora 36	1,33	0,17	0,42	0,50	5,28	0,0806

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas.

AB: Alimento balanceado; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza. CV: Coeficiente de Variación; P: Probabilidad.

En el Cuadro 4 se presentan los valores de nitrato presentando diferencias estadísticas significativas ($P=0,0411$), a partir de la hora 6 se observa el inicio de la actividad microbiana en todos los tratamientos evidenciando en el aumento del nivel de nitrito en el agua, sin embargo la adición de carbohidratos refleja menor incidencia de nitrato en el medio. Nuevamente se destaca que el tratamiento de melaza disminuye los valores de forma constante, mientras que en el de harina de maíz y afrecho de trigo ocurre la disminución después de un acúmulo inicial proveniente del proceso de metabolización del NAT y en función del periodo de colonización y establecimiento de los flóculos bioactivos. La falta de carbohidratos en el tratamiento alimento balanceado promueve un acúmulo continuo de nitrato hasta llegar a concentraciones de 53.33mg/l. Según Bautista *et al.* (2011) niveles de nitrato entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces y cualquier valor superior a 80 ppm puede ser tóxico. De acuerdo a Rakocy *et al.* (2008) y Poleo *et al.* (2011) los peces toleran altas concentraciones de nitratos, sin

embargo se ha observado que altas concentraciones afectan el consumo de alimento.

Cuadro 4. Valores de nitrato en diferentes horarios luego de la aplicación del maíz, afrecho y melaza en tanques de suspensión activa.

Horarios	Tratamientos				CV	P
	AB	HM	AT	MZ		
Hora 0	0	0	0	0	0	1
Hora 6	20,0 ^b	13,3 ^a	10,0 ^a	10,0 ^a	4,43	0,0411
Hora 12	16,7 ^b	10,0 ^{ab}	23,3 ^b	5,0 ^a	5,13	0,0368
Hora 18	33,3 ^b	3,3 ^a	10,0 ^a	5,0 ^a	5,16	0,0157
Hora 24	40,0 ^b	1,7 ^a	1,7 ^a	5,0 ^a	5,07	0,0344
Hora 36	53,3 ^b	1,7 ^a	8,3 ^a	11,7 ^a	5,31	0,0285

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas.

AB: Alimento balanceado; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza.

Experimento 2. Uso fuentes de carbohidratos para el establecimiento de un sistema de suspensión activa para mantener niveles adecuados de nitrógeno amoniacal total (NAT)

En este segundo experimento los parámetros de calidad del agua se mantuvieron dentro del rango adecuado registrándose concentraciones promedio general OD de 5,56mg/l, pH de 7,75 y ST de 0,178%, generándose una tendencia de aumentar la concentración promedio de sólidos suspendidos en los tratamientos a los que se adicionó una fuente de carbohidrato, los cuales y pese a las variaciones, se mantuvieron de manera general entre los límites que requiere esta especie para su crecimiento y actividad muscular evidenciando un buen funcionamiento del sistema. Para la especie *Colossoma macropomum*, el valor de oxígeno disponible mínimo requerido es de 3mg/l (Baldisserotto y Gomes, 2005) y

para un establecimiento adecuado de los bioflóculos, es necesario que el pH del agua permanezca entre 6.5 y 7.5 (Avnimelech, 1999), valores muy cercanos a los reportados en este ensayo.

Cuadro 5. Oxígeno disuelto, pH y solidos totales en sistemas de recirculación y en sistemas cerrados durante la implantación de sistemas de suspensión activa.

Parámetros	Tratamientos					Error	P
	RE	AB	HM	AT	MZ		
OD(mg/l)	6,42 ^a	5,47 ^b	5,08 ^b	5,16 ^b	5,66 ^b	0,10	0,0001
pH	7,83	7,68	7,68	7,73	7,76	0,030	0,4889
ST%	0,14 ^a	0,16 ^a	0,18 ^b	0,19 ^b	0,19 ^b	0,006	0,0001

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas.

RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza.

Las concentraciones obtenidas de NAT en el transcurso del ensayo son presentadas en el Cuadro 6, y no muestran diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados. Se destaca que los valores obtenidos en el sistema cerrado se encuentran por encima de los rangos adecuados para el crecimiento para los animales evidenciando que durante la fase de implantación de un sistema de suspensión activa, sin el uso de inóculo inicial, debe tenerse especial cuidado con la presencia de NAT en el sistema. Según Ismiño *et al.* (2002), el efecto negativo de la toxicidad es atribuido al amoníaco (NH₃), y la concentración letal citada para los peces varía de 0,2 a 2 mg/l, siendo que la sensibilidad puede variar con la especie y el tamaño del pez. Exposiciones prolongadas por debajo de los niveles tóxicos de amoníaco podrían también causar degeneración en la piel, daños en las branquias, los riñones y reducción en la capacidad de transporte de hemoglobina.

López y Anzoátegui (2012) en cultivos de cachamas en tanques australianos con sistema de recirculación de agua observaron concentraciones promedio NAT de 0,360mg/l, semejante a los valores obtenidos para el tratamiento con recirculación en este experimento. Para Widanarni *et al.* (2012), la aplicación de tecnología de bioflóculos sobre la calidad del agua y el rendimiento de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) permitió la obtención de valores de NAT estables e inferiores a 1,1mg/l.

Cuadro 6. Valores de amoniaco en sistemas de recirculación y en sistemas cerrados durante la implantación de sistemas de suspensión activa con utilización de harina de maíz, afrecho de trigo y melaza.

DIAS	Tratamientos					CV	P
	RE	AB	HM	AT	MZ		
Día 0	0	0	0	0	0	0	0
Día 4	0,00 ^a	4,00 ^b	3,33 ^b	4,00 ^b	2,00 ^b	6,30	0,0137
Día 8	0,25 ^a	5,33 ^b	4,00 ^b	6,67 ^b	5,33 ^b	6,30	0,0470
Día 12	0,50 ^a	4,00 ^b	8,00 ^b	8,00 ^b	5,33 ^b	6,35	0,0259

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas.

RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza. CV: Coeficiente de Variación; P: Probabilidad.

Los valores de nitrito encontrados se reflejan en el Cuadro 7 y no presentan diferencias estadísticas significativas (P=0,0531). Sin embargo a partir del día 8 se muestra una tendencia de disminución de los valores en el sistema cerrado, mostrándose hacia el día 12, la tendencia de menores niveles en aquellos tanques en donde se aplicó carbohidrato lo que sugiere el inicio de la implementación del sistema de bioflóculos evidenciando la actividad biológica en el sistema. En general todos los tratamientos mostraron niveles adecuados de nitrito para el adecuado crecimiento de las cachamas (Bautista *et al.* 2011), siendo la concentración máxima obtenida de 1.33mg/L. Por su parte López y Anzoátegui (2012), para la variable nitrito obtuvieron una concentración promedio de

0,073mg/l, mientras que Poleo *et al.* (2011) en cultivos de cachama blanca de altas densidades y en sistemas cerrados las concentraciones de nitrito se mantuvieron inferiores a 2 mg/l semejante a este ensayo.

Cuadro 7. Valores de Nitrito en sistemas de recirculación y en sistemas cerrados durante la implantación de sistemas de suspensión activa con utilización de harina de maíz, afrecho de trigo y melaza

DIAS	Tratamientos					CV	P
	RE	AB	HM	AT	MZ		
Día 0	0	0	0	0	0	0	0
Día 4	0,25	0,67	0,42	0,42	0,33	6,19	0,1253
Día 8	0,42	0,67	1,33	1,00	0,83	6,25	0,0531
Día 12	0,50	1,33	0,67	0,00	0,83	6,66	0,0798

RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza. CV: Coeficiente de Variación; P: Probabilidad.

En el Cuadro 8 se observa que los valores de nitrato encontrados presentan diferencias estadísticas significativas ($P=0,0215$) a los 12 días. Los valores obtenidos sugieren que a partir del día 12 estarían ya formados y activos los bioflóculos una vez que los nitratos son el compuesto final del proceso de metabolización del nitrógeno amoniacal.

Por su naturaleza, los nitratos no son considerados como compuestos nitrogenados peligrosos para los peces por lo que la concentración máxima registrada durante el experimento de 80mg/L no afectaría el desempeño productivo de los peces, sin embargo según Bautista *et al.* (2011), recomienda que los niveles de nitrato entre 0 y 40 ppm son generalmente seguros para los peces, cualquier valor superior a 80 ppm puede ser tóxico. Para Poleo *et al.* (2011), los nitratos se acumularon hasta concentraciones de 58,6 mg/l, semejante a los tratamientos alimento balanceado y melaza utilizados en este ensayo y superiores

al compararlos con la utilización de harina de maíz y afrecho de trigo.

Los valores nitrato a los 12 días obtenidos para el tratamiento con melaza adicionada muestran que a largo plazo no es necesario solamente la aplicación de un carbohidrato capaz de proveer a los microorganismos los compuestos necesarios para metabolizar los compuestos nitrogenados, sino también es de importancia fundamental el aporte de partículas para colonización por parte de los microorganismos y así mantener los niveles de elementos nitrogenados potencialmente tóxicos dentro de los rangos de seguridad para las especies acuícolas.

Cuadro 8. Valores de Nitrato en sistemas de recirculación y en sistemas cerrados durante la implantación de sistemas de suspensión activa con utilización de harina de maíz, afrecho de trigo y melaza

DIAS	Tratamientos					CV	P
	RE	AB	HM	AT	MZ		
Día 0	0	0	0	0	0	0	0
Día 4	3,33	5,00	8,33	6,67	6,67	5,74	0,2481
Día 8	5,00	80,00	55,00	66,67	80,00	5,74	0,0512
Día 12	5,00 ^a	53,33 ^b	3,33 ^a	0,00 ^a	40,00 ^b	6,75	0,0215

^{a,b} Letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas.

RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado; HM: Harina de maíz; AT: Afrecho de trigo; MZ: Melaza. CV: Coeficiente de Variación; P: Probabilidad.

CONCLUSIONES

Todas las fuentes de carbohidratos utilizadas resultaron efectivas disminuyendo los niveles elevados de amoníaco total inicial a valores inocuos a las cachamas, sin embargo la adición de melaza fue el tratamiento que redujo más rápidamente el nivel toxico inicial.

A pesar de los elevados valores de nitrógeno amoniacal total remanentes, la

adición de la harina de maíz y el afrecho de trigo muestra el inicio de la formación de los bioflóculos a partir del día 12 evidenciado en los valores reducidos de nitrito y nitrato.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176, 227 – 235.
- Avnimelech, Y., 2005. Bio-filters: The need for an new comprehensive approach. *Aquacultural Engineering* 34 172–178.
- Baldisserotto. B; Gomes. L; 2005. Espécies nativas para piscicultura no Brasil; Editoriacao, Santa maria: Ed. Da UFSM, 468p.
- Bautista. J; Velazco. J; 2011. Calidad de agua para el cultivo de tilapia en tanques de geomembrana; Dirección de Fortalecimiento a la Investigación, Universidad Autónoma de Nayarit, México. 3(8): 14.
- Ceballos, S; Pinzón. O, González. J. 2001. Efecto de dos concentraciones de nitritos sobre el crecimiento y sobrevivência em alevinos de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) *Rev Med Vet Zoot, Colombia, Bogotá.* 48: 11-15.
- Cedano, M; A. Lujan, H. Suárez. 2013. Crianza de *Oreochromis niloticus* Var chitralada en sistema bio-floc en la Empresa PRODUMAR SA, Guayaquil (Ecuador). *REBIOLEST* 1(2): 79-91.
- Honda, E. M. 1974. Contribuição ao conhecimento da biologia de peixes do Amazonas. Alimentação do tambaqui, *Colossoma bidens* (Spix). *Acta Amazónica*, v. 4, n. 2, p. 47-53.
- INIA. 2009. Unidad agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones

- Agropecuarias. Reporte de estación climatológica. Maracay – Venezuela.
- Ismiño, R. y C. Araujo-lima. 2002. Efecto del amoníaco sobre el crecimiento de la gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818). Folia Amazónica., 13 (1-2): 41-47.
- Ladino-Orjuela, G; J. A., Rodríguez-Pulido. 2009. Efecto de *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes em) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis sp*) en condiciones de laboratorio. Orinoquia, 13(1): 31-36.
- López, P; D. Anzoátegui. 2012. Crecimiento del híbrido Cachamoto (*Colossoma Macropomum x Piaractus Brachypomus*) en un sistema de recirculación de agua. Zootecnia Trop., 30(4): 335-342.
- Poleo, G; J. Aranbarrio, L. Mendoza, O. Romero. 2011. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesq. agropec. bras., Brasília, 46 (4) 429-437.
- Rakocy, J; J. Danaher, D. Bailey, C. Shultz. 2008. Development of a Biofloc System for the Production of Tilapia. 9th International Symposium on Tilapia in Aquaculture Shanghai Ocean University, Shanghai, China, April 22-25, 2011
- Saenz Javier 2013. Comparación de la sobrevivencia de alevines de tilapia en agua fertilizada con una relación carbono:nitrógeno de 9, 16 y 23 Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, 15p.
- SAS. User's Guide: Statistics. Cary: SAS Institute Inc. 1992. 842 p.
- Schneider O, Sereti V, Machiels M, Eding Ep-H, Verreth JAJ. 2006. The potential of producing heterotrophic bacteria biomass on aquaculture waste. Water research; 40. 2684– 2694.

Widanarni, J; Ekasari, M. Siti. 2012. Evaluation of Bio-floc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at Different Stocking Densities. Journal of Biosciences 19 (2) 73-80.