



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



Establecimiento del sistema de suspensión activa en producción de alevines de
peces tropicales

Autor: Br. Wilfredo J. Pernía C.
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



Establecimiento del sistema de suspensión activa en producción de alevines de
peces tropicales

Establishment of active suspension system in production of
tropical fish fry

Autor: Br. Wilfredo J. Pernía C.

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 Zootecnia 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 **Establecimiento del sistema de suspensión activa en producción de alevines de peces tropicales**, cuyo autor es el bachiller Wilfredo J. Pernía C, cedula de identidad V- 20.8245.638, 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 Zootecnia.

Prof. Francisco Cortez L.

C.I: 9.967.867.

Tutor Académico - Coordinador de Jurado

Prof. Charly Farfán- López.

C.I: 16.344.620

Supervisor

Ing^a. Glenn Hernández-Bolívar

C.I: 7.246.251

Jurado Principal

DEDICATORIA

A mis padres, mi hermano, mi familiares y en especial a mi esposa por sus palabras y confianza, y brindarme su apoyo necesario para realizarme profesionalmente

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre Todopoderoso, por protegerme durante todo mi camino y darme la fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi esposa amada Yesika Lara, gracias por siempre estar hay con una palabra de aliento, por tu paciencia, comprensión, por darme el apoyo y la fuerza de seguir adelante durante esta bella experiencia.

A mi madre y padre, que con su apoyo, amor y enseñanzas me enseñaron a no decaer ni rendirme ante nada, siempre perseverar y a mi familia, por su apoyo incondicional, su gran amor y cariño.

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 L., por su inmensa ayuda tanto a nivel profesional como personal, por creer y depositar su confianza que en mí y por brindarme su amistad, en los buenos y malos momentos.

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.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Portada	I
Página de Título.....	II
Aprobación del trabajo por el jurado	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	V
Tabla de contenido	VI
Establecimiento del sistema de suspensión activa en producción de alevines de peces tropicales.....	1

Establecimiento del sistema de suspensión activa en producción de alevines de peces tropicales

Wilfredo Pernía

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

Correo electrónico: willjose3@hotmail.com

Resumen

Se condujo un experimento para evaluar el efecto de la adición de dos niveles de harina de maíz (HM) sobre algunos parámetros productivos y económicos de alevines de cachama negra, así como parámetros de calidad del agua durante el establecimiento de un sistema de suspensión activa. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro tratamientos y tres repeticiones, habiendo sido los tratamientos aplicados: T1: Sistema de recirculación con alimento balanceado (AB); T2: Sistema cerrado con AB; T3: Sistema cerrado con AB y 1% de HM; y T4: Sistema cerrado con AB y 2% de HM. Medidas de peso de los animales, consumo, talla, nitrógeno amoniacal total (NAT), nitrito, oxígeno disuelto (OD), pH y sólidos totales fueron realizadas semanalmente. No se encontraron diferencias ($P > 0,05$) para las variables productivas y económicas estudiadas al comparar la adición de HM, siendo que para el índice de conversión alimenticia los tratamientos con adición de HM se mostraron diferentes ($P < 0,05$) al uso del AB en sistemas cerrados. Para los parámetros de calidad de agua estudiados se muestran diferencias estadísticas ($P < 0,05$) después de los 14 días cuando se presentan evidencias de inicio del establecimiento del sistema cuando se adicionó HM a través de la reducción de los valores de NAT, de nitrito y el menor contenido de OD. La adición de HM no afecta el desempeño productivo de los animales y el nivel de 1% se muestra suficiente para crear un efecto benéfico en el mantenimiento de valores adecuados de los parámetros estudiados de calidad de agua.

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

Establishment of active suspension system in production of tropical fish fry

Abstract

An experiment to evaluate the effect of adding two levels of corn meal (CM) on some productive and economic parameters of cachama fry and some water quality parameters is conducted for the establishment of an active suspension system. A completely randomized design with four treatments and three replications was done, the treatments applied: T1: recirculation system with balanced food (AB); T2: Closed system with AB; T3: closed with AB and 1% CM System; and T4: closed with AB and 2% CM System. Weight measurements of the animals, consumption, size, total ammonia nitrogen, nitrite, dissolved oxygen, pH and total solids were performed weekly. No differences ($P > 0.05$) for productive and economic variables studied by comparing the addition of CM were found, being that for the feed conversion ratio treatments addition of CM were different ($P < 0.05$) with the use of AB in closed systems (1.08, 1.08 and 1.29 respectively). For water quality parameters studied statistical differences ($P < 0.05$) after 14 days when evidence shows the beginning of the formation of bioactive flocks in those treatments where HM was added present. It is concluded that the addition of CM does not affect the productive and economic performance of animals and that the 1% level are enough to create a beneficial effect in maintaining appropriate values of the studied parameters of water quality.

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

INTRODUCCION

En los últimos años en Venezuela se ha avanzado en la consolidación de sistemas de producción con organismos acuáticos. Estos avances a nivel de campo son el resultado de metas como, elevar la productividad, utilizar fuentes alternativas de nutrientes y disminuir el uso de grandes cantidades de agua. Para alcanzar esas metas, se han propuesto sistemas alternativos para la producción, siendo uno de ellos los sistemas cerrados en tanques con o sin recirculación, permitiendo la producción intensiva, disminuyendo el uso de tierras y de agua, reduciendo así el impacto negativo sobre el ambiente (Ladino y Rodríguez, 2009).

En acuicultura intensiva, al utilizar sistemas cerrados, uno de los factores

que más limita el aumento de la productividad es la acumulación de compuestos nitrogenados, siendo el amoníaco uno de los elementos de mayor impacto. Esta problemática no es de fácil erradicación y control ya que, según Cedano *et al.* (2013), los peces asimilan solo entre el 20 y el 30% del nitrógeno consumido de los alimentos.

Debido a lo anterior, es importante eliminar las excretas acumuladas en el agua, así como también disminuir las cantidades de amoníaco disuelto, utilizándose una serie de dispositivos que conllevan a un mayor gasto de energía y mantenimiento, produciendo un aumento en el costo de producción, pues se invierte dinero en el alimento y en eliminar la fracción no aprovechada por los peces Emerenciano *et al.* (2013).

Estos costos pueden disminuir considerablemente, utilizando un sistema en el que se puedan reciclar los nutrientes no aprovechados y se favorezca la acción de microorganismos aeróbicos en un ambiente en suspensión. Según Avnimelech (1999) dicho sistema consiste en manipular la relación entre el carbono y el nitrógeno que está presente en el ambiente, basado en un exceso de amoníaco disuelto (pérdidas de alimento y excreción de los peces) y que al adicionar una fuente de carbono orgánico se favorece el establecimiento de bacterias aeróbicas y la utilización de los compuestos nitrogenados, disminuyendo rápidamente las concentraciones de amoníaco total en el agua. Este enfoque parece ser una práctica económica y un medio efectivo para reducir la acumulación de nitrógeno inorgánico en estanques de producción intensiva de bajo recambio de agua Avnimelech (2006);

La acción de los carbohidratos adicionados al medio formarían agregados

(flóculos) con bacterias aeróbicas nitrificantes que aprovechan el nitrógeno libre presente en el agua como fuente de energía y para la síntesis de proteína microbiana. La relación entre la adición de carbohidratos y el aprovechamiento del mismo por parte de los microorganismos depende del coeficiente de conversión microbiana, la relación de Carbono/Nitrógeno en la biomasa microbiana y el contenido de carbono del material añadido Avnimelech (1999).

Bajo las premisas anteriores, se asume que la adición de hidratos de carbono logra reducir el nitrógeno inorgánico en los tanques destinados a acuicultura a diferentes escalas. Las proteínas microbianas producidas, junto con el material en suspensión son ingeridas y aprovechadas por los peces a través del filtrado del agua al pasar por sus branquias, por lo tanto, parte de la alimentación, principalmente el componente proteico, es aprovechado en mayor medida que en otros sistemas, sustituyendo una porción del alimento balanceado y disminuyendo los costos de alimentación. La cantidad a ser adicionada de hidratos de carbono, en función de la cantidad esperada de compuestos nitrogenados que serán generados por el pez y de las proteínas no aprovechadas aportadas por el alimento, puede ser calculada y optimizada cuantitativamente (Avnimelech *et al.* 2006).

Si bien las referencias encontradas citan el efecto benéfico de la adición de carbohidratos en sistemas cerrados de producción acuícola en el manejo de sistemas de bioflóculos, esta investigación se planteó como objetivo determinar el efecto de la adición de dos niveles de harina de maíz sobre la ganancia de peso, el crecimiento (longitud y altura) y el índice de conversión del alimento de alevines de cachama (*Colossoma macropomum*), así como la eficiencia económica y

algunos variables parámetros de calidad del agua, durante el establecimiento de un sistema de suspensión activa en tanques de pequeño volumen.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se realizó 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 l cada uno. Cada tanque con un volumen de 50 l de agua constituyó una unidad experimental y fueron colocados de forma continua en el mesón del área experimental, contando cada uno con una bomba sumergible (marca BOYU modelo SP-100, 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, caudal máximo de 2400 l/h) 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.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado para evaluar un sistema en suspensión activa de producción de alevines utilizando alimento balanceado y dos niveles de suplementación con harina de maíz resultando en los siguientes tratamientos: **RE**: 2% PV Alimento balanceado comercial; **AB**: 2% PV Alimento balanceado comercial; **HM1**: 2% PV Alimento balanceado comercial y 1 % PV de harina de maíz; y **HM2**: 2% PV Alimento balanceado comercial y 2 % PV de harina de maíz.

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 Altagracia de Orituco, fueron anestesiados en una solución de 10 ppm de eugenol. Pesados individualmente en una balanza digital con 0,01g de precisión (US Balance) y seleccionados 600 alevines de peso homogéneo. Los alevines seleccionados fueron distribuidos en las 12 unidades experimentales, siendo 3 tres repeticiones para cada tratamiento, cada una con 50 alevines,

Se utilizó un periodo de siete días de adaptación a los tanques experimentales, alimentados diariamente con alimento balanceado comercial con una cantidad equivalente al 2% de la biomasa presente en cada unidad experimental. Al finalizar este periodo fue realizado el recambio de 45 l de agua,

los alevines nuevamente anestesiados, pesada la biomasa total en balanza digital con 1g de precisión y medidos (largo y alto) con la ayuda de papel milimetrado. Posteriormente, la biomasa fue pesada semanalmente para ajustar la oferta de alimento y la cantidad de harina de maíz. A los 21 días los alevines, bajo efecto del eugenol, fueron medidos y la biomasa final obtenida.

.Durante el periodo experimental a todos los tratamientos se le ofreció alimento balanceado comercial el cual se le suministró una vez al día en una cantidad equivalente al 2% de la biomasa presente en cada tanque Avnimelech (1999) y Avnimelech (2006), habiéndose utilizado un promedio de 0,07 g animal/d, además de la adición de harina de maíz de acuerdo al tratamiento (1% o 2% de la biomasa para un total de 0,045 y 0,090 g respectivamente). Para el cálculo del índice de conversión del alimento se utilizó apenas el valor de oferta de alimento balanceado pues se consideró que el maíz no es directamente consumido por los alevines.

El precio del alimento balanceado comercial y del maíz para diciembre de 2014 fue de 20,00 Bs/kg y 4,95 Bs/kg respectivamente. Los cálculos relacionados con el análisis económico se realizaron de la siguiente forma: Valor diario de alimento balanceado (VDAB), se multiplicó el consumo diario de alimento por el precio de mercado del alimento balanceado; Valor diario de adición de carbohidrato (VDCH) se multiplicó la cantidad diaria añadida de maíz por el precio del maíz; Valor diario total de alimentación (VDTA) fue el resultado de la suma de VDAB y VDCH; Precio de venta de la Cachama (PV) a nivel de productor para el momento del ensayo fue de Bs. 165,00; El índice de conversión económica (ICE) se calculó como siendo la relación entre VDTA y PV.

Para verificar el efecto de los tratamientos sobre la calidad del agua y así determinar el establecimiento del sistema de bioflóculos, semanalmente se efectuó la medidas de oxígeno disuelto, pH, solido totales y temperatura en cada uno de los tanques a través de una sonda (modelo YSI 556 M.P.S.), y de amoniaco total y nitrito, a través de análisis colorimétrico utilizando un kit para calidad de agua (Test kit, Aquarium Pharmaceuticals, Mars fishcare INC.).

Análisis estadístico

Para cada una de las variables los valores obtenidos fueron sometidos a una prueba de distribución normal. Por no presentar distribución normal las variables NAT y nitrito 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 de calidad de agua (OD, T, pH y ST) y comportamiento productivo y económico 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

Variables productivas

En el cuadro 1 se observa que los pesos iniciales no presentan diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre los tratamientos siendo el peso promedio por animal de 3,2 g lo que representó una biomasa inicial por tanque de 158,8 g para el inicio de la fase experimental.

Con respecto a los resultados de la ganancia diaria de peso, presentan diferencias estadísticas significativas ($P=0,0153$) entre los tratamientos dando como resultado que los tratamientos de recirculación, maíz 1% y maíz 2% obtuvieron una mayor ganancia diaria de peso en comparación alimento. Poleo *et al.* (2011) utilizando cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados, no observaron diferencias significativas en las variables de producción.

Cuadro 1. Valores productivas de cachama negra (*Colossoma macropomum*) en establecimiento del sistema de suspensión activa dos niveles de suplementación con harina de maíz.

Variables	Sistema Cerrado				C.V	P
	RE	AB	Harina de Maíz			
			1%	2%		
Peso inicial (g)	3,14	3,24	3,17	3,16	1,57	0,1424
Peso final (g)	4,65	4,48	4,51	4,59	4,79	0,7886
Ganancia diaria de peso(g)	0,077 ^a	0,059 ^b	0,068 ^{ab}	0,068 ^{ab}	0,002	0,0153
Índice de conversión de alimento	0,99 ^b	1,29 ^a	1,08 ^b	1,08 ^b	0,05	0,0178
Aumento diario de largo (mm)	0,19	0,16	0,15	0,17	0,02	0,1891
Aumento diario de Ancho (mm)	0,19	0,17	0,16	0,17	0,01	0,3423

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

C.V: coeficiente de variación; P: probabilidad, RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado comercial.

El índice de conversión del alimento (ICA) tanto en el sistema de recirculación y como en los tratamientos con adición de maíz (1% y 2%) en sistemas cerrados fueron estadísticamente superiores ($P<0,05$) al tratamiento de solo alimento balanceado en sistemas cerrados. Estos resultados pudieran estar indicando una mayor adecuación del medio acuático para los peces por el efecto de la adición del maíz en los tanques con resultados semejantes a los obtenidos en el sistema con el filtro biológico externo. El ICA obtenido en este experimento para todos los tratamientos estudiados se muestra adecuado según Steffens

(1997) quien señala que una buena tasa de conversión alimenticia se ubica en un rango entre 1,0 y 2,0. Poleo *et al.* (2011) en cultivos de *P. brachypomus* alcanzaron un ICA de 1,5, mientras que López y Anzoátegui (2013) en cultivos de *C. macropomum* en tanques australianos con sistema de recirculación de agua obtuvieron valores de 1,72, en ambos casos superiores a los obtenidos en este ensayo.

El aumento diario de largo y ancho no presentó diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre los tratamientos, resultando en un promedio de largo de 0.16 milímetros/pez y de ancho 0.17 milímetros/pez mostrando a lo largo del experimento que los peces mantuvieron una tendencia positiva en el incremento de sus parámetros biométricos.

Cuadro 2. Costos del alimento e índice de conversión económica en la alimentación de cachama negra (*Colossoma macropomum*) en sistemas de suspensión activa.

Variables	Sistema Cerrado				C.V	P
	RE	AB	Harina de Maíz			
			1%	2%		
VDAB (Bs)	0,12	0,12	0,12	0,12	-	-
VDCH (Bs)	0	0	0,01	0,02	-	-
VDTA (Bs)	0,12	0,12	0,13	0,14	-	-
PV (Bs)	0,77 ^a	0,59 ^b	0,68 ^{ab}	0,68 ^{ab}	0,022	0,0153
ICE (Bs/Bs)	0,16 ^b	0,21 ^a	0,19 ^{ab}	0,21 ^a	0,008	0,0111

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

VDAB: Valor diario de alimento balanceado; VDCH: Valor diario de adición de carbohidrato; VDTA: Valor diario total de alimentación; PV: Precio de venta de la Cachama; ICE: Índice de conversión económica.

C.V: coeficiente de variación; P: probabilidad, RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado comercial.

La compra de alimentos preparados comercialmente para el cultivo de peces comprende 50% o más en los costos de producción, y esto debido principalmente al elevado valor del componente proteico (Bender *et al.*, 2004), sin

embargo se puede observar en los resultados de este ensayo que existe una tendencia a que la adición de un nivel de carbohidratos adecuado (maíz 1 %) en sistemas cerrados de producción promueva un menor gasto económico de insumos por cada bolívar recibido por la venta de los animales.

Estos resultados pudieran indicar, que si bien el 25% del aporte de nutrientes de los alimentos se convierte en productos cosechables (Avnimelech, 2003), que al utilizar una fuente adicional de carbohidratos se estaría influenciando positivamente en la recirculación y reaprovechamiento de nutrientes generando una mayor eficiencia de uso de los recursos económicos y pero lo tanto una mayor sostenibilidad del sistema.

En el cuadro 3 se observa que los niveles de nitrógeno amoniacal total, no presentan diferencias estadísticas ($P > 0,05$) entre los tratamientos evaluados encontrándose dentro los rangos adecuados para el crecimiento de los animales. El efecto negativo de la toxicidad del NAT es atribuido principalmente a la forma no ionizada (NH_3), y la concentración letal del amoniaco citada para los peces varía entre 0,2 y 2 mg/l, siendo que en este experimento la adición de la fuente de carbohidrato en el sistema cerrado se mostró eficiente para disminuir los valores presentes en los tanques mostrando el adecuado establecimiento de la suspensión activa a partir del día 14, fecha en la que se observa que la adición de carbohidratos a un nivel de 1 % el valor de NAT es estadísticamente inferior ($P = 0,0356$) al tratamiento sin adición de carbohidrato habiendo resultado semejante a la utilización del filtro biológico externo del tratamiento con recirculación.

Cabe destacar que a través del uso de sistemas de bioflóculos durante la

fase de establecimiento pudiera ser necesario efectuar algún recambio de agua para evitar exposiciones prolongadas por debajo de los niveles tóxicos de amoníaco que pudieran causar degeneración en la piel, daños en las branquias, los riñones y reducción en la capacidad de transporte de hemoglobina (Ismiño *et al.*, 2002).

Cuadro 3. Valores de nitrógeno amoniacal total en sistemas de recirculación y en sistemas cerrados durante la implantación de sistemas de suspensión activa con la aplicación de harina de maíz.

Variables	Sistema Cerrado				C.V	P
	RE	AB	Harina de Maíz			
			1%	2%		
Día 0	0	0	0	0	-	-
Día 7	0,250	1,667	0,583	1,833	5,19	0,0897
Día 14	0,250 ^b	0,667 ^a	0,250 ^b	0,416 ^{ab}	4,743	0,0356
Día 21	0,250	1,33	0,083	0,333	4,612	0,3407

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

C.V: coeficiente de variación; P: probabilidad, RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado comercial.

Los valores de nitrito (Cuadro 4) encontrados durante las fases del experimento, no presentan diferencias estadísticas ($P > 0,05$) durante las primeras dos semanas, siendo a partir de la tercera semana que se puede observar la diferencia entre tratamientos a los cuales les fue aplicado el carbohidrato ($P < 0,05$). En general todos los tratamientos mostraron concentraciones no mayores a 1 mg/l, siendo un nivel adecuado para el crecimiento de las cachamas, sin embargo valores superiores a 0,75 ppm pudieran provocar estrés en los peces (Bautista *et al.*, 2011). La reducción observada en aquellos tratamientos con la adición de maíz muestra la efectiva formación de los flóculos y el proceso de metabolización del nitrógeno amoniacal, sugiriendo los resultados que el menor nivel utilizado sería suficiente para el establecimiento del sistema, ya que un aumento en nitrito puede

indicar la formación de sitios anaerobios dentro del sistema (Avnimelech, 2010).

Cuadro 4. Valores de nitrito en sistemas de recirculación y en sistemas cerrados durante la implantación de sistemas de suspensión activa con la aplicación de harina de maíz.

Variables	Sistema Cerrado				E.E.	P
	RE	AB	Harina de Maíz			
			1%	2%		
Día 0	0	0	0	0	-	-
Día 7	0	0	0	0	-	-
Día 14	0,33	0,50	0,33	0,67	4,94	0,5337
Día 21	1,00 ^a	0,25 ^{ab}	0,00 ^b	0,08 ^{ab}	4,54	0,0356

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

E.E: error estándar; P: probabilidad; RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado comercial.

En esta experiencia los parámetros de OD, pH y ST (Cuadro 5) se mantuvieron dentro del rango adecuado registrándose concentraciones promedio general para el 4,05 mg/l, pH 7,36 y ST 0,17, los cuales y pese a las variaciones se mantuvo de manera general entre los límites que requiere esta especie para su crecimiento y desarrollo muscular, lo que evidencia un buen funcionamiento del sistema.

Los resultados de este ensayo, si bien muestran un mayor consumo de oxígeno por los organismos del sistema cerrado ($P < 0,0001$) con los menores niveles de oxígeno disponible de 3,67 y 3,55 mg/l para 1% y 2% de maíz respectivamente, valores de oxígeno disponible superiores a 3mg/l son adecuados para la cachama (Baldisserotto y Gomes, 2005). Igualmente los valores de pH reportados ($P < 0,0001$) indican un menor riesgo de toxicidad por amoniaco no ionizado en los tanques del sistema cerrado, cuya mayor proporción se encuentra en niveles superiores a 8, habiéndose encontrado en este experimento valores dentro del rango óptimo para un adecuado establecimiento de los bioflóculos, que

según Avnimelech (1999) es necesario que el pH del agua permanezca entre 6,5 y 7,5.

Se observaron niveles de sólidos totales estadísticamente diferentes ($P < 0,0001$) dentro del sistema cerrado entre los tratamientos con adición o no de maíz, siendo a su vez los valores obtenidos con adición del carbohidrato semejantes a aquellos obtenidos en el sistema de recirculación con filtro externo, esto pudiera indicar que la adición de maíz y la consecuente formación de flóculos bioactivos promueve el consumo de partículas en suspensión por parte de los peces.

Cuadro 5. Oxígeno disuelto, pH y sólidos totales en sistemas de recirculación y en sistemas cerrados durante la implantación de sistemas de suspensión activa con la aplicación de harina de maíz.

Parámetros	Sistema Cerrado				E.E.	P
	RE	AB	Harina de Maíz			
			1%	2%		
OD	4,764 ^a	4,288 ^b	3,671 ^c	3,552 ^c	0,1230	0,0001
pH	7,731 ^a	7,105 ^c	7,255 ^{bc}	7,336 ^b	0,0731	0,0001
ST	0,160 ^b	0,184 ^a	0,163 ^b	0,165 ^b	0,0047	0,0001

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

EE: error estándar; P: probabilidad; OD: oxígeno disponible, ST: sólidos totales;

RE: Recirculación; AB: Alimento balanceado comercial.

Como resultado general de este ensayo se percibe que los índices productivos de los peces con la adición de harina de maíz en sistemas cerrados de producción no difieren de otros sistemas con la oferta exclusiva de alimentos balanceados, sin embargo a través del tiempo la sostenibilidad del sistema es evidenciada con la posibilidad de mantener los niveles en el agua de compuestos potencialmente tóxicos en los rangos adecuados para la producción piscícola.

CONCLUSIONES

En esta investigación se determinó que la adición de harina de maíz en tanques durante la fase de establecimiento no afecta la ganancia de peso, el crecimiento (longitud y altura) y los índices de conversión alimenticia y económica en alevines de cachama resultando semejante los sistemas tradicionales.

El nivel de harina de maíz de 1% se mostró adecuado para mantener lasos parámetrosvariables de calidad de agua, mostrándose eficiente en la implantación del sistema de suspensión activa y de comportamiento semejante al sistema de recirculación abierta con el uso de filtro biológico externo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Asaduzzaman, M; M. Rahman, M. Azim, M. Ashraf, M. Wahab, M. Verdegem, J. Verreth. 2010. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. *Aquaculture* 306 127–136.
- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture* 176, 227 – 235.
- Avnimelech, Y. 2003. A tentative nutrient budget for intensive fish ponds. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 31,3 – 8.
- Avnimelech, Y. 2006. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture* 264 140–147.
- Baldisserotto, B. y Gomes. L; 2005. Especies nativas para piscicultura no Brasil; pagina 470.

- 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.
- Bender, J., Lee, R., Sheppard, M., Brinkley, K., Philips, P., Yeboah, Y. y Wah, R.C., 2004. A waste effluent treatment system based on microbial mats for black sea bass *Centropristis striata* recycled-water mariculture. *Aquac. Eng.* 31, 73 – 82.
- 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.
- Emerenciano, M., G. Gaxiola. y G. Cuzon. 2013. Biofloc Technology (BFT): A Review for Aquaculture Application and Animal Food Industry Biomass Now – Cultivation and Utilization. 12: 301-328.
- Hari. B., Madhusoodana. B., Varghese. J; Schrama. J. y Verdegem. M. 2005. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. *Aquaculture* 252; 248–263.
- Ismiño. R. y C. Lima. 2002. Efecto del amoníaco sobre el crecimiento de la gamitana *Colossoma macropomum* (cuvier, 1818). *Folia Amazonica* 13 (1-2).
- INIA. 2009. Unidad agroclimatológica. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Reporte de estación climatológica. Maracay – Venezuela.
- Ladino, G; J. Rodríguez. 2009. Efecto de *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhodopseudomonas palustris* (microorganismos eficientes em) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis sp*) en condiciones de laboratorio. *Orinoquia*, 13(1): 31-36.
- Liu, L., Z. Hu., X. Daí. y Y. Avnimelech. 2014. Effects of addition of maize starch

on the yield, water quality and formation of bioflocs in an integrated shrimp culture system. *Aquaculture* 418–419, 79–86.

López P. y D. Anzoátegui. 2013. Engorde de la cachama (*Colossoma macropomum*, Cuvier, 1816) cultivada en un sistema de recirculación de agua. *Zootecnia Trop.*, 31 (4): 271-277.

Poleo, G., J. Aranbarrio, L. Mendoza y O. Romero. 2011. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 46 (4): 429-437

SAS. User's Guide: Statistics. Cary: SAS Institute Inc. 1992. 842 p.

Steffens, W. 1997. Principios fundamentales de la alimentación de los peces. Editorial Acribia C. A. Zaragoza, España.

Widanarni, J., Ekasari, y M. Siti. 2012. Evaluation of Biofloc 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.