

## EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO PRODUCTIVO DE LA TILAPIA ROJA EN SISTEMAS DE RECIRCULACIÓN ACUÍCOLA EN EL CAA

### EVALUATION OF THE PRODUCTIVE PERFORMANCE OF RED TILAPIA IN AQUATIC RECIRCULATION SYSTEMS IN THE CAA

*Edwin Ricardo Garrido Weber<sup>(1)</sup>, Nicolás Enrique Annichiárico Jiménez<sup>(2)</sup>, Carmen Patricia Guevara Reyes<sup>(3)</sup>.*

1. Ingeniero Pesquero (Universidad del Magdalena), Msc en Gerencia de Proyectos de Investigación y Desarrollo; Centro Agroempresarial y Acuícola. Líder Sennova, Grupo Innova y Empresa CAA, Fonseca La Guajira, Colombia.  
egarrido@sena.edu.co
2. Ingeniero ambiental (Universidad de la Guajira), Centro Agroempresarial y Acuícola. Instructor línea ambiental, Grupo Innova y Empresa CAA. Fonseca La Guajira, Colombia.  
nannichiarico@sena.edu.co
3. Tecnóloga en Gestión Integrada de la Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional, Centro Agroempresarial y acuícola. Joven investigador e Innovador. Grupo Innova y Empresa CAA. Fonseca La Guajira, Colombia.  
cpguevara0123@misena.edu.co

#### RESUMEN

Esta investigación buscó evaluar el rendimiento productivo de tilapia roja en sistemas de recirculación acuícola del CAA de Fonseca La Guajira, para ello se contó con 4 tanques circulares con capacidad de llenado de 12,56 m<sup>3</sup> cada uno conectado a un sistema de recirculación a los cuales se realizó una siembra de 1200 alevinos de tilapia roja por tanque con un peso promedio de 3 gramos durante un periodo de cultivo de 6 meses, en los cuales se estimó la ganancia en peso quincenalmente obteniéndose ejemplares a cosechar entre los 350 gramos, con una tasa de sobrevivencia por encima del 90% y una producción entre 30 y 33 kilogramos/m<sup>3</sup> y un valor promedio de 1,37 como factor de conversión alimenticio; lo que concluyo que el cultivo de tilapia roja en sistemas de recirculación bajo control de parámetros de calidad del agua presento una alta eficiencia productiva.

**Palabras Claves:** acuicultura, cultivo superintensivo, factor de conversión alimenticio, sistema de recirculación acuícola, tilapia roja.

#### ABSTRACT

This research sought to evaluate the productive performance of red tilapia in aquaculture recirculation systems of the CAA of Fonseca La Guajira. To do this there were 4 circular tanks with a filling capacity of 12.56 m<sup>3</sup> each connected to a recirculation system to which a seeding of 1200 red tilapia fry per tank with an average weight of 3 grams was carried out during a 6-month cultivation period. The fortnightly weight gained during this period was estimated obtaining examples of harvesting between 350 grams, with a rate of survival above 90% and a production between 30 and 33 kilograms / m<sup>3</sup> and an average value of 1.42 as a food conversion factor; as a conclusion, farming of red tilapia in recirculation systems under control of water quality parameters presents at high productive efficiency.

**Keywords:** aquaculture, superintensive cultivation, food conversion factor, aquaculture recirculation system, red tilapia.

#### 1. INTRODUCCIÓN

La pesca y la acuicultura en Colombia representan dos importantes sectores de la producción de alimentos para consumo nacional y la exportación y dos multiplicadores de la economía local que contribuyen a la superación de la pobreza en las zonas rurales. El país cuenta con un importante potencial para el desarrollo de la acuicultura que se sustenta en una gran riqueza hídrica tanto continental como marina, un clima adecuado para el cultivo de especies tanto tropicales como subtropicales y una amplia gama de organis-

mos acuáticos con aptitud para la domesticación [1]. La acuicultura tradicional es una actividad que requiere grandes cantidades del recurso hídrico y extensiones de terreno amplios, En el departamento de La Guajira, el agua es un recurso limitado ya sea por sus condiciones geográficas, crecimiento demográfico, cambio climático o destinación en los usos del agua. La situación actual de la economía nacional, ha hecho necesaria la búsqueda de alternativas que suplan necesidades en general y que contribuyan al desarrollo y generación de empleo, es así, como la acuicultu-

ra, entendida como el cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas en ambientes controlados [2] ha tomado gran auge y es implementada en diferentes departamentos del país; específicamente en el departamento de la Guajira ha sido considerada como gran contribuyente en la reducción de la inseguridad alimentaria en poblaciones vulnerables como las comunidades indígenas Wayuu, por tanto, la generación de empresas de este tipo ha logrado que se suplan los requerimientos de proteína animal para el consumo humano [3].

La acuicultura es una actividad que puede desarrollarse en diferentes sistemas, uno de ellos es la tecnología de sistemas de recirculación acuícola (RAS), el cual ha estado en desarrollo y perfeccionándose durante los últimos 30 años, este tipo de tecnología es altamente viable e impulsada en la conservación ambiental de los recursos hídricos, puesto que empleado de manera eficaz permite el ahorro de agua en la producción acuícola casi un su totalidad. Desde el punto de vista de producción, los sistemas de recirculación acuícola son altamente productivo, pues permite desarrollar cultivos intensivos y súper intensivos, además, la calidad del agua es un factor que puede controlarse mejor que en los sistemas abiertos y tradicionales garantizando al consumidor calidad y seguridad de los peces producidos [4].

Los sistemas de recirculación acuícola RAS, han tomado notoriedad en los últimos años pues poseen grandes ventajas respecto a otros sistemas de producción acuícola, entre los beneficios encontrados se destaca la capacidad de cultivar animales en condiciones controladas, permitiendo la programación del crecimiento de los animales con itinerarios de cosecha predecibles, la conservación de calor y agua debido a la reutilización por tratamiento con biofiltración, altas producciones por unidad de área y es ambientalmente sostenibles ya que usan un 90 – 99% menos de agua que sistemas convencionales y permite el tratamiento de los desechos .

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, desde su Centro Agroempresarial y acuícola de Fonseca la Guajira implementa dentro de la unidad productiva acuícola los sistemas de recirculación acuícola RAS,

el cual ha permitido estar a la vanguardia tecnológica y hacer uso sostenible del recurso hídrico dentro del departamento. Para que un sistema de recirculación sea eficiente y provea un ambiente adecuado deben poseer cinco procesos o características: a) Remoción de sólidos que consiste en remover los desechos producidos en los sistemas tales como las heces y el alimento no consumido, b) Biofiltración que tiene la función de controlar los compuestos nitrogenados producto del metabolismo de los organismos, c) Aireación u oxigenación que consiste en adicionar aire u oxígeno al agua, d) Desgasificación que es el proceso de eliminar el dióxido de carbono acumulado en el sistema, y e) Circulación del agua [5].

La tilapia roja es el pez más cultivado en Colombia, a donde llego a comienzo de los años 80 [6], posee la ventaja de ser altamente tolerante a la salinidad y se adapta a cualquier sistema de producción, lo cual la hace interesante para su cultivo [7]. La tilapia roja, es un tetra híbrido, producto de un cruce híbrido entre cuatro especies representativas del género *Oreochromis*: *O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aurea*. Cada una de estas especies aporta al híbrido sus mejores características, resultando uno de los peces con mayor potencial para la acuicultura comercial en el mundo [8]. La tilapia se cultiva bajo diferentes sistemas y uno de ellos es de recirculación de agua (SRA). En este sistema, el agua tratada biológicamente, se recicla de nuevo a los estanques [9] y los residuos sólidos que se filtran son eliminados, mientras que el oxígeno se incorpora para mantener una concentración acorde con la densidad de peces, lo que incrementa los niveles de bio-seguridad [10]. Las características de estos sistemas son: la reutilización de agua, reducción de descarga de efluentes y óptima conservación del agua [11], que es tratada en un biofiltro para la conversión biológica de nitrógeno de amoníaco a nitrato [12].

Como se ha descrito anteriormente la tilapia roja es una variedad apetecida en el mercado Colombiano y su producción puede adaptarse a diferentes tipos de sistemas tal como el sistema de recirculación acuícola, además su alta sobrevivencia y adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas y de calidad de agua, hace que su producción sea rentable y de fácil

cultivo, pudiéndose transmitir los cuidados de producción a las poblaciones para el fortalecimiento del sector piscícola y mejora de la calidad de vida de las personas, al incluir en su dieta una proteína con alto valor nutricional.

Esta investigación tiene como finalidad, Evaluar el rendimiento productivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola en el CAA, para ello se plantearon los siguientes objetivos específicos:

Estimar la biomasa ganada en el cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el sistema de recirculación acuícola.

Determinar la tasa de sobrevivencia de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en sistemas de cultivo de recirculación acuícola.

Evaluar la calidad del agua del sistema de recirculación acuícola durante el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) y Determinar la productividad del cultivo de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el sistema de recirculación acuícola.

En esta investigación, se estudió el rendimiento productivo de la tilapia roja en sistemas de recirculación acuícola RAS, para ello se estableció una metodología la cual indicó el tipo de investigación, los materiales y los procedimientos necesarios para la obtención de datos que posterior sirvieron para la elaboración de los resultados, para ello se consideró información pertinente a las biometrías realizadas a los peces para la estimación de su crecimiento y ganancia de peso, tasa de sobrevivencia, parámetros relacionados a la calidad del agua que condicionan el cultivo y la evaluación del rendimiento productivo a partir de la obtención de los factores de conversión alimenticia para cada tanque en producción esclareciendo el análisis y discusión de los resultados obtenidos para posterior establecimiento de las conclusiones pertinentes a la investigación que permitieron dar claridad sobre el rendimiento productivo de tilapia roja en este tipo de sistemas y sirvió como referencia para la estimación en productividad y generación de nuevos proyectos. Es así que este artículo, busca aportar en la inves-

tigación del sector acuícola y brindar información pertinente relacionada a la producción piscícola en sistemas de recirculación de agua, brindando a los productores, comunidad académica e investigadores información guía para el establecimiento de cultivos bajo el enfoque de recirculación acuícola manejado en el Centro Agroempresarial y Acuícola del Sena de Fonseca, el cual pueda ser replicado e impulsado como alternativa de solución para contrarrestar problemáticas relacionadas con la inseguridad alimentaria en el Departamento de la Guajira.

## 2. METODOLOGÍA

La presente investigación se realizó para evaluar la eficiencia productiva de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en los sistemas de recirculación acuícola RAS de la unidad productiva acuícola del Centro Agroempresarial.

### 2.1 Tipo de investigación.

El tipo de investigación empleado fue cuantitativa – aplicada pues se basó en la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

### 2.2 Población y muestra.

Este estudio se realizó en el Centro Agroempresarial y Acuícola de Fonseca, Regional Guajira específicamente en el sistema de recirculación acuícola RAS de la unidad productiva acuícola siendo la muestra un promedio de 5.000 alevinos de tilapia roja sembrados en los cuatro tanques del sistema.

### 2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información.

#### 2.3.1 Fuentes primarias.

Constituidas por datos obtenidas in situ mediante mediciones que sirvieron para determinar el rendimiento productivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola.

#### 2.3.1 Fuentes secundarias.

Conformadas por artículos científicos, tesis, fichas técnicas y textos académicos recopilados de diferentes bases de datos a nivel nacional e internacional.

### 3.4 Diseño experimental.

Los materiales empleados para la ejecución del proyecto consistieron en diferentes equipos detallados a continuación.

#### 2.4.1 Sistema de recirculación acuícola RAS.

Conformado por 4 tanques circulares con diámetro de 4m, una altura de 1,20 m y capacidad de llenado de 12.56 m<sup>3</sup>. El material en el que están elaborados es la geomembrana con una estructura metálica de soporte y una cubierta alrededor del tanque que sirve para protegerlo de las altas temperaturas. Además de los tanques de producción también se cuenta con un reservorio principal, filtro tambor, filtro biológico, tubería para la separación de los sólidos, tuberías de succión, retorno y desagüe y equipo para desinfección con rayos ultravioleta.

#### 2.4.2 Sistema de aireación.

Conformado por un Blower bifásico tipo 2RB510, con 2.35 caballos de fuerza y caudal máximo Q/máx de 255m<sup>3</sup>/h y un sistema de tuberías de aireación conectadas a 2 parrillas por tanque elaboradas en manguera difusora. Este sistema de aireación asistido, permite trabajar altas densidades de siembra (cultivos superintensivos) y proporcionar las concentraciones de oxígeno disuelto requeridas por los peces.

#### 2.4.3 Sistema eléctrico.

La electricidad empleada en el sistema RAS para mover el Blower y demás aparatos necesarios en la producción de los cultivos consistió en el sistema eléctrico del Sena proporcionado por la empresa Electricaribe; además se contó con un sistema fotovoltaico compuesto por 20 paneles solares que proporcionan energía de 12 pm a 4 pm y una planta eléctrica marca HONDA en DIESEL como medida contingente cuando hay corte en el suministro de energía.

#### 2.4.4 Equipos de medición de parámetros de calidad del agua.

Para tener control de la calidad del agua del cultivo se empleó un multiparámetros el cual permitió la medición de la temperatura, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno, total de solidos disueltos, conductividad eléctrica y salinidad y un Kit de prueba master de Api para la medición de parámetros como nitritos, nitratos y amonio.

#### 2.4.5 Otros equipos, herramientas e insumos.

Para el desarrollo del cultivo y la obtención de los datos se empleó una gramera y tabla de medición para realizar la biometría de los peces, también se empleó alimento en las diferentes etapas del cultivo, el alimento utilizado fue concentrado de tilapia reversión, mojarra 40%, 38%, 32% y 24% de la marca comercial Solla. Un computador para el ingreso de datos y elaboración de los resultados.

Aprendices del tecnólogo en acuicultura.

La ilustración 1 muestra el modelo de recirculación acuícola RAS con sus diferentes partes, presentado en la Unidad Acuícola del CAA.

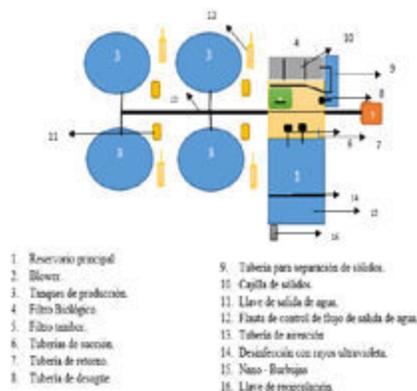


Figura 1. Modelo del sistema de recirculación acuícola del caa.

#### 2.5 Alcance y procedimiento.

El alcance del proyecto aplica desde la siembra de los alevinos en los tanques de producción hasta la cosecha, considerándose un tiempo de duración de 6 meses y el procedimiento que se empleó para la ejecución del proyecto fue el siguiente.

1. Instalación del sistema de recirculación acuícola RAS.
2. Siembra de la semilla de tilapia roja (*oreochromis sp*) en los tanques circulares del sistema de recirculación acuícola.
3. Suministro de alimentación (6 raciones diarias según requerimiento en cada etapa del pez).
4. Evaluación del crecimiento de la tilapia roja durante el tiempo de cultivo mediante biometría.
5. Control remoción y registro de mortalidad.

6. Registro de consumo diario por tipo de alimento, ración y total suministrado.
7. Medición de parámetros para el análisis de la calidad de agua del medio de cultivo.
8. Relación de biomasa aprovechada respecto a total de alimento suministrado durante el tiempo de cultivo.
9. Análisis de los resultados y discusión de los mismos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la obtención de los resultados, se siguió el procedimiento especificado en la metodología, el cual permitió obtener los datos necesarios para determinar el rendimiento productivo de la tilapia roja (*oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola. Los datos recolectados corresponden a la estimación en biomasa alcanzada por la tilapia roja en los 6 meses de duración de cultivo, tasa de sobrevivencia, parámetros de la calidad del agua presente en el medio de cultivo y la productividad del proyecto representado en factor de conversión alimenticio según los kilogramos obtenidos por cada tanque en producción. El tipo de análisis realizado fue cuantitativo, pues se basó en la recolección de datos y posterior análisis y discusión.

Los resultados se obtuvieron a través de la producción de 4 tanques en sistemas de recirculación con capacidad de 12,56 m<sup>3</sup> y una siembra de 1200 alevinos por tanque. El primer resultado obtenido fue la estimación en crecimiento de la tilapia roja (*oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola para cada uno de los tanques en producción. Las ilustraciones 2, 3, 4 y 5 representan las gráficas de la ganancia en peso de la tilapia roja respecto a las quincenas de cultivo comparadas con el valor que la teoría propone.

La ilustración 2 evidenció que el crecimiento de la tilapia roja en el tanque de producción número 1 estuvo por encima del valor teórico estimado, alcanzando en promedio un peso de cosecha de 350 gramos es decir, que en las primeras 5 quincenas la ganancia de biomasa por cada una de ellas fue en promedio de 17 gramos que correspondía a la etapa de levante, entre las quincenas 6 a la 9 la ganancia en biomasa se estimó en 40 gramos correspondiente a la etapa de pre engorde y 43 gramos de ganancia quincenal en la etapa de engorde, proporcionando una ganancia satisfactoria en peso del animal respecto a lo proyectado.



Figura 2. Ganancia en peso quincenal de la tilapia roja en tanque #1.



Figura 3. Ganancia en peso quincenal de la tilapia roja en tanque #2.

En la ilustración 3 se evidenció también un peso promedio a cosecha por encima del valor teórico establecido a los 6 meses de cultivo, obteniendo una ganancia quincenal de peso promedio de 18.8 gramos para la etapa de levante, 43 gramo en la etapa de pre engorde y 43.3 gramos en la etapa de engorde del cultivo; para un total de 356 gramos de peso promedio cosechado por animal, demostrando un crecimiento un poco superior del tanque de producción 2 respecto al 1.



Figura 4. Ganancia en peso quincenal de la tilapia roja en tanque #3.

La ilustración 4 perteneciente al tanque 3 indicó que el peso promedio a cosecha fue de 344 gramos por animal, identificándose una ganancia de peso quincenal de 18.8 gramos en la etapa de levante, 43.6 gramos en pre engorde y 42 gramos en engorde respectivamente; valores que al igual que en los tanques 1 y 2 se encuentran por encima del peso teórico establecido.



Figura 5. Ganancia en peso quincenal de la tilapia roja en tanque# 4.

Por último, la ilustración 5 relaciono el crecimiento quincenal de la tilapia en el tanque de producción 4, donde se obtuvo un peso promedio a cosecha de 352 gramos valor por encima del peso establecido teóricamente y una ganancia de peso quincenal de 17.42 gramos en la etapa de levante, 42.96 gramos en pre engorde y 44.66 gramos en engorde respectivamente. Otro de los objetivos de esta investigación es determinar la tasa de sobrevivencia de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en sistemas de recirculación acuícola en cada uno de los tanques cultivados, en la tabla 1 se muestra el porcentaje de tilapia roja que sobrevivió hasta el final del cultivo.

Tabla 1. Tasa de sobrevivencia de la tilapia roja en sistemas de recirculación.

TASA DE SOBREVIVENCIA (%)			
Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4
95	94.59	3,5	92

El nivel de sobrevivencia se expresó en porcentaje y se analizó mediante el registro de la mortalidad diaria durante el periodo de cultivo lo que demostró que la sobrevivencia del cultivo de tilapia roja en el sistema de recirculación acuícola fue satisfactorio, pues se manejaron tasas entre el 92% al 95%, garantizando una alta eficiencia en el cultivo, además se pudo identificar que la mortalidad se presentó en las primeras

semanas de siembra del cultivo y se redujo significativamente entre la cuarta y quinta quincena de cultivo. Los parámetros de calidad del agua es uno de los factores más importantes en los cultivos superintensivos, puesto que de esto depende el crecimiento satisfactorio del mismo, por ello, diario se realizaron mediciones de parámetros como oxígeno disuelto, temperatura, PH, total de sólidos disueltos y conductividad eléctrica para asegurarse de la conformidad de los parámetros para el cultivo establecido. La tabla 2 muestra de manera global los parámetros monitoreados durante todo el periodo de cultivo en cada uno de los tanques de producción del sistema de recirculación acuícola.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos en el sistema de recirculación acuícola.

#### PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS RAS

Parámetro	Unidades	Valores de referencia	Ta nq 1	Ta nq 2	Ta nq 3	Ta nq 4
Oxígeno disuelto	mg/l	4 - 9.5	8.2	5.61	5.39	6.02
Temperatura	°C	23 - 32	26.7	27.2	26.9	27.1
PH		6.5 - 9	7.5	7.5	7.4	7.6
TDS	ppm	< 80	624	668	612	632
Salinidad	ppt	< 240	40	40	40	40
Nitritos	mg/l	< 1.0	0.5	0.5	0.5	0.5
Nitrato	mg/l	< 10	10	10	10	10
Amonio	mg/l	< 1.0	0.25	0.25	0.25	0.25

Los parámetros de calidad del agua se mantuvieron en rangos aceptables, parámetros críticos como oxígeno disuelto se mantuvo en el rango de 5 mg/l, lo cual permitió un buen desarrollo del sistema de cultivo, las temperaturas estuvieron entre los 26 y 27 °C y los niveles de PH en rangos neutros entre 7.4 a 7.6 permitiendo tener control sobre otros parámetros que se ven influenciados por éste, tal es el caso del amonio. Lo que respecta la productividad del sistema referenciado en kilogramos aprovechados y alimento consumido durante el periodo de cultivo se referenció en la tabla 3. La cual muestra los factores de conversión alimenticia obtenidos por cada tanque en producción de tilapia roja en sistemas de recirculación acuícola.

Tabla 3. Factor de conversión alimenticia F.C.A en sistemas de recirculación acuícola.

### FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA

Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4
1,36 1	,37	1,39 1	,39

Según los datos de la tabla 3, en los cuatro tanques de producción del sistema de recirculación acuícola, se presentaron factores de conversión alimenticia similares estando entre 1.36 a 1.39 con una varianza de 3 décimas, lo que quiere decir que la productividad del sistema fue buena, pues se mantuvo en promedio en 1.37 el F.C.A, indicando que por cada kilogramo de producto obtenido, se utilizó 1,37 kilogramos en promedio de alimento. La tabla 4, resume los datos obtenidos en campo de cada uno de los tanques en producción en el sistema de recirculación acuícola y permite dar una idea de la eficiencia productiva del sistema en general.

Tabla 4. Resumen de producción de la tilapia roja es sistema de recirculación acuícola.

### RESUMEN DE LA PRODUCCIÓN

Especificación	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4
Siembra	1200 1	200	1200 1	200
Tasa de sobrevivencia	95%	94.5%	93,50%	92%
Mortalidad	5% 5	.5%	6.5% 8	%
# De peces muertos	60	66	78	96
# De peces cosechados	1140 1	134	1122 1	104
Peso promedio a cosecha	350 g	356 g	344 g	352 g
Total biomasa cosechada	399 kg 4	03 kg	386 kg 3	88 kg
Biomasa cosechada por m3	31,76 kg/m3	32,1 kg/m3	30.7 kg/m3	30.9 kg/m3
Total alimento suministrado	545kg	554 kg 5	38 kg	540 kg
F.C.A	1,36%	1,37%	1,39%	1,39%

Como se puede apreciar en la tabla 4. , existe una estrecha relación el tanque #2 entre el total de alimento suministrado y mayor biomasa obtenida, debido a que fue el tanque con mayor biomasa a cosecha pero con mayor Fca., lo cual podría estar ligado al manejo alimenticio durante el ciclo de producción, El aumento de la frecuencia de alimentación puede tener efectos sobre las variables de crecimiento, la supervivencia y el comportamiento alimenticio de la tilapia *Oreochromis sp.*

## 4. CONCLUSIONES

Con esta investigación, se pudo demostrar que la producción de tilapia roja en sistemas de recirculación acuícola puede considerarse eficiente desde el punto de vista productivo, puesto que según los resultados analizados, las tasas de sobrevivencia de esta estuvieron por encima del 90%, demostrando una alta adaptabilidad de esta especie a los sistemas de recirculación y a las condiciones de calidad de agua presentado en el medio de cultivo, además la producción en kilogramos fue satisfactorio con valores entre los 30 a 33 kg/m<sup>3</sup> de proteína animal de alto valor nutricional y producido bajo sistemas sostenibles y accesibilidad de costos.

El factor de conversión alimenticia manejado para la tilapia roja en sistemas de recirculación, se mantuvo en una relación de 1,37, es decir, que presento un índice de aceptabilidad y alta rentabilidad económica para el productor, lo que indica que este proyecto puede ser aplicado con seguridad en otras unidades productivas dedicadas al cultivo de peces, además permite tener una guía a los productores sobre las estimaciones productivas según las condiciones brindadas al cultivo y una referencia para el desarrollo satisfactorio de la tilapia roja en este tipo de sistemas.

Se recomienda garantizar las condiciones necesarias para el correcto desarrollo del cultivo, tales como el control y monitoreo de los parámetros de calidad del agua, remoción y control de la mortalidad presentada, suministro diario de alimento ajustado según la etapa del animal y cuidados sanitarios durante toda la etapa de cultivo. Además, es interesante evaluar otro tipo de especies con alta adaptabilidad a las condiciones del departamento de la Guajira como la tilapia Nilotica, Bocachico, Bagre, carpa entre otras y realizar un análisis detallado sobre que especies representan mayor productividad a fin de tener una referencia más amplia de los sistemas de cultivo y su evaluación del rendimiento productivo que sirva de modelo a los productores de la región.

A pesar, que los resultados obtenidos en rendimiento productivo fueron satisfactorios, se espera mejorar sobre ello y obtener factores de conversión alimenticia más bajos a fin de garantizar la mayor produc-

tividad en este sistema de cultivo, por ello, es recomendable analizar si el tipo de alimento suministrado fue un factor decisivo para la obtención de los resultados y diagnosticar la digestibilidad del mismo en los peces, porcentaje de energía asimilable en diversas clases de alimentos; relación de la energía asimilable contenida y la fibra del alimento; coeficientes de digestión; uso de indicadores en los estudios de la digestibilidad y valor biológico de las proteínas, para tener un estudio más acertado sobre la influencia del alimento suministrado en el rendimiento productivo del cultivo y así determinar si para esta investigación la alimentación tuvo incidencia en los valores obtenidos.

Continuando con la dieta de los peces, sería conveniente estudiar la aplicación de alimento natural y complementario en estos sistemas de cultivo y determinar si su presencia tendría un efecto positivo en la ganancia de biomasa y por ende mejoras en los valores de conversión alimenticia, así mismo, es necesario determinar si la alimentación suministrada contiene las vitaminas liposolubles e hidrosolubles y nutrimentos necesarios para el correcto desarrollo del animal en cada una de sus etapas, puesto que en estos sistemas se manejan cultivos súperintensivos sin alimentación natural y es propio garantizar los niveles vitamínicos acordes a la especie, densidad de cultivo, el tamaño y tasa de crecimiento, el contenido nutricional de la dieta usada, características fisicoquímicas del cuerpo de agua y la condición fisiológica de la especie de pez cultivada.

Por último, queda abierta la interrogante sobre la incidencia del tipo de alimento y su suministro en los sistemas de recirculación acuícola respecto al rendimiento productivo y valores convenidos en los factores de conversión alimenticia resultante.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por las bendiciones recibidas, al Centro Agroempresarial y Acuícola de Fonseca desde su unidad productiva acuícola, al subdirector Ángel María Maestre, aprendices del área acuícola y personal del Centro en general.

### REFERENCIAS

- [1] Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca AUNAP, Plan nacional para el desarrollo de la acuicultura sostenible en Colombia - PLANDAS, Bogotá D.C, 2014.
- [2] J. Malcolm, Backyard aquaponics. a guide to building an aquaponics system, Australia, 2005.
- [3] J. Sanabria y G. Israel, Producción intensiva y automatizada de tilapia roja en estanques circulares, Santander: Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 2016.
- [4] C. Hernández, A. Trejo, J. Loredó y G. Gutiérrez, «Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (RAS),» *Lat A.m Aquac*, pp. 869-874, 2016.
- [5] T. Losordo, Masser y Rakocy, Recirculating aquaculture tank production systems: an overview of critical considerations principles of biofiltration, Southern regional aquaculture center, 1992.
- [6] M. C. Merino, G. Salazar y D. Gómez, Guía práctica de piscicultura en Colombia “una valiosa herramienta para el usuario”, Bogotá, 2006.
- [7] P. Pradeep, «Optimal conditions for cold-shock induction of triploidy in red tilapia,» *Aquaculture int*, pp. 1163-1174, 2014.
- [8] C. Castillo, «Tilapia roja una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después,» Cali, Valle, 2001.
- [9] T. Wik, B. Linden y P. Wramner, «Integrated dynamic aquaculture and wastewater treatment modelling for recirculating aquaculture system,» *Aquaculture*, pp. 361-370.
- [10] G. Merino, «Tecnología de recirculación de agua aplicada al cultivo de moluscos. curso-taller de recirculación de agua aplicado al cultivo de moluscos,» Universidad católica del Norte, p. 150, 2005.
- [11] A. El-Sayed, «Tilapia culture,» CAB International, p. 277, 2006.
- [12] M. Timmons, J. Ebeling y R. Piedrahita, *Acuicultura en sistemas de recirculación*, Ithaca: Cayuga Ventures, 2009.