

Parámetros físico-químicos del agua y su influencia sobre los indicadores bioproductivos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Vet. Arg. ? Vol. XXXVIII ? N° 397 ? Mayo 2021.

Castro Frías Ernando¹; Estrada Labrada Gladisneidis¹; Castillo Basterrechea Mercedes¹; Sánchez Simoneu Yamila¹.

Resumen

La investigación se realizó en la estación Acuícola La Cascada, para evaluar los parámetros físico-químicos del agua y su influencia sobre los indicadores bioproductivos de la tilapia en un sistema intensivo de cascada con altas densidades de siembra. Para el estudio del agua se tomaron muestras a la entrada, centro y salida de los estanques. Las determinaciones de nitrógeno, nitritos y oxígeno disuelto fueron realizadas con un espectrofotómetro. El pH se midió con pH-chímetro digital. Se evaluó el efecto de diferentes densidades sobre indicadores bioproductivos, siguiendo un diseño completamente aleatorizado. La dieta de engorde inicial incluyó 5% de harina de pescado y la de engorde, harina de soya como única fuente proteica. Durante el engorde se adicionó el alimento E1 hasta que las tilapias alcanzaran los 90g de peso y posteriormente el E2. Para estimar el impacto del cultivo se evaluó el aporte de nutrientes durante cada ciclo teniendo en cuenta la cantidad de alimento suministrado, consumido y no consumido, el nitrógeno y fósforo contenido en el alimento y el excretado. Para el cálculo se partió de los índices productivos de biomasa, consumo y factor de conversión del alimento. Los resultados de PF, crecimiento, FCA y S, se compararon a través de la prueba de Tukey, la normalidad mediante la prueba de Kolmogorov ? Smirnov y Bartlet para la homogeneidad de varianza. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statgraphics XV. Se concluyó que los parámetros físico-químicos del agua se encuentran en su estado óptimo exceptuando los amonios totales. Los parámetros físico-químicos del agua no se alteran con la siembra a altas densidades, con respecto a las tradicionales, existe influencia del incremento de las densidades sobre el crecimiento, engorde y supervivencia de la tilapia, logrando los mejores resultados con 140 y 250 alevines por m³.

Palabras Clave: altas densidades, indicadores bioproductivos, tilapia, sistema intensivo.

The physical-chemical parameters of the water and they influence bio-productive indicators of the tilapia.

Summary

This investigation was carried out in the aquatic station La Cascada, with the objective of evaluating the bio-productive indicators of the tilapia in an intensive system with high densities. For the study, samples of water were taken in the entrance, center and output of the ponds. The nitrogen, nitrite and dissolved oxygen determinations were realized out in a photo- spectrometer. The pH was measured with pH-chímetro digital. The effect was

evaluated about the growth and survival, of cultures sowed to different densities and volumes, for pond, in three cycles, following a totally randomized design. The diet for initial fattening included 5% of fish meal and for the fattening it had soya flour as only protein source. During the stage of fattening, the food E1 was added, until the tilapias reached 90g of weight and later, E2 was added. To estimate the impact of the culture, the contribution of nutritious during each cycle was evaluated, keeping in mind the quantity of given food, consumed and not consumed, as well as the nitrogen and contained phosphorus in the food and excreted. For the calculation we keep in mind the productive indicators of biomass, consumption and factor of conversion of the food. The results of PF, growth, FCA and S were compared through the test of Tukey, the normality by test of Kolmogorov-Smirnov and Bartlett for the variance homogeneity. The statistical analyses were carried out using the program Statgraphics XV. It was concluded that the physical-chemical parameters of the water are in good state, excepting the total ammoniums. The physical-chemical parameters of the water are not altered by the sowing of high densities, with respect to traditional thing, a positive influence of the increment of the densities on the growth, it gets fat and survival of the tilapia, achieving the best results with 140 and 250 fry by m³

Keywords: bio-productive indicators, high densities, intensive system, tilapia.

1Facultad de Ciencias Agropecuaria. Universidad de Granma. Cuba.

ecastrof@udg.co.cu

Introducción

La FAO sostiene que a nivel mundial la actividad de acuicultura ha crecido a un ritmo promedio del 9,2% anual desde 1970, comparado con el 1,4% de la pesca de captura y el 2,8 % de los sistemas de producción de carne en tierra firme. Más de 1000 millones de personas en el mundo dependen del pescado como fuente de proteína animal por lo que se prevé que el consumo por persona/año ascenderá desde los 16 kg actuales hasta los 19 a 21 kg en el 2030.

Dentro de América Latina y El Caribe, tres países llevan la delantera en acuicultura general: ellos son, Chile, Brasil y México, que representaron en conjunto el 79% de los volúmenes y el 75% de los valores producidos en esta zona, estando las cosechas de acuicultura regional constituidas por salmones, truchas, camarón y tilapia principalmente (Toledo, 2005).

La tilapia puede ser producida en sistemas intensivos semicerrados o cerrados, con recirculación de agua siempre que los costos de producción sean lo suficientemente aptos para una rentabilidad adecuada. Tales sistemas permiten que se cultive en cualquier clima y sin problemas por tratarse de una especie exótica (Ponce et al., 2006).

La calidad de agua es el resultado de efectos externos (calidad de la fuente usada, el clima, características del suelo), así como internos (densidad de peces, interacciones

físico-química, biológicas) por lo cual es una característica compleja y dinámica (Embrapa, 2013). Los peces son organismos totalmente dependientes del agua ya que se alimentan, respiran, excretan y se desplazan en ella de ahí que su desarrollo y salud estén tan correlacionados con la calidad de agua.



La tilapia es un pez de hábitos omnívoros con la capacidad de alimentarse de plancton, el cual es rico en proteína de alta calidad y de energía, también se alimenta de algunos invertebrados, larvas de peces y detritos. Requiere los mismos diez aminoácidos esenciales que los peces de aguas cálidas. Los costos de alimentación están entre el 40 y 70 %, dependiendo del sistema productivo. Para disminuir estos se emplean concentrados que suplan las necesidades nutricionales según la etapa de desarrollo. La tilapia posee un crecimiento rápido en comparación con otros peces alcanzando un peso de 3 peces/libra durante 150 días a densidad de 3 ? 5 peces/ m², con un peso inicial de 10 g.

La producción total de tilapia en estanques con tecnología semi-intensiva es del orden de 3-5 T.M. /ha, durante 6 meses. Este rendimiento puede incrementarse cultivando tilapia macho, ya que las hembras tienen un crecimiento 30 ? 40% menos que los machos. Es conveniente iniciar el cultivo con alevines que pesen entre 15 ? 20 g para acortar el período de cultivo.

Al mantener los peces en cautiverio las condiciones de hábitat son bastantes diferentes a las del medio normal y a medida que las producciones se intensifican, las alteraciones del ambiente son mayores lo cual posibilita la aparición de enfermedades. Es necesario tener un adecuado conocimiento de las condiciones ambientales del medio acuático, de la especie en cultivo y de los posibles agentes infecciosos que pudieran atacar a los peces, es por ello que en este trabajo se propone como objetivo, evaluar los parámetros físico-químicos del agua y su influencia sobre los indicadores bioproductivos de la tilapia en un sistema intensivo de cascada con altas densidades de siembra.

Material y métodos.

Localización

El experimento se realizó en el periodo comprendido entre enero del 2018 y diciembre del

2019. en la estación Acuícola La cascada ubicada a 3 Km de la carretera central Bayamo Manzanillo, en la comunidad Barranca, Municipio Bayamo.

La estación cuenta con una extensión total 35 ha, dividida en varias áreas, la mayor con 20 para la producción de alimentos y autoconsumo, una dedicada a la parte socio-administrativa, 14 para los estanques construidos de cemento con una dimensión de 16 m de largo por 2 m de ancho, formando un sistema de cascada que cuenta con tres filas localizadas en diferentes niveles, una superior que recibe el abasto de agua, que luego pasa a la hilera central y por último a la final, para luego reincorporarse al canal magistral.

Para el estudio del agua se tomaron muestras de la entrada, salida y centro de los estanques, según lo establecido por la norma cubana NC 25:1999. Las determinaciones de nitrógeno total amoniacal (TAN en inglés), nitritos y oxígeno disuelto se realizaron con un espectrofotómetro HACH DR 3900 de procedencia alemana. El pH se midió con pH-chímetro digital marca Hanna de procedencia portuguesa. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado y se reportó la media de los valores obtenidos.

Material biológico y tratamientos

Se evaluó el efecto de diferentes densidades de siembra de tilapia (*Oreochromis niloticus*) sobre los indicadores bioproductivos de tasa de crecimiento diaria, ganancia de peso (peso medio inicial y final), rendimiento, factor de conversión del alimento y supervivencia, en estanque con volumen de 16m³, se desarrollaron tres ciclos de engorde, siguiendo un diseño experimental completamente aleatorizado con tres réplicas por cada tratamiento. Los ensayos se desarrollaron en estanques de cemento sin tapas, con sistema de distribución de agua en forma de cascada, proveniente del canal magistral Rio Buey. Para evitar el escape de los alevines con 10g de peso, se colocó en cada punto de salida de los estanques un bolso de malla rashel con 10 mm de luz, hasta que alcanzaran 60 g de peso. Posteriormente las mallas plásticas se sustituyeron por bolsos de esa misma malla de 20 mm de luz, que se cambiaron cada quince días y se pusieron al sol para su limpieza.

Para el desarrollo del engorde, los alevines de tilapia con sexos mezclados, se trasladaron desde la Estación de Alevinaje Paso Malo, municipio Bartolomé Masó, hasta la Cascada, dentro de cajas de traslado de 2m³, a una densidad entre 20 y 30 g/L, con suministro de oxígeno. Los alimentos comerciales se elaboraron, según Toledo (2005), en la fábrica ALISUR, del municipio Santa Cruz del Sur, provincia Camagüey, por tecnología de prensado. La dieta de engorde inicial incluyó un 5% de harina de pescado y la de engorde final (EF), harina de soya como única fuente proteica (Cuadro 1, anexo 1).

Para estimar el impacto del cultivo de tilapia, se evaluó el aporte de nutrientes durante cada ciclo, teniendo en cuenta la cantidad de alimento suministrado, consumido y no consumido, así como, el nitrógeno y el fósforo contenido en el alimento y el excretado por los peces. El

contenido de fósforo disponible en la dieta se determinó según Akiyama (1995). El aporte de nitrógeno y el excretado se calculó según factor de conversión de proteína de las fuentes proteicas (Tacón, 1989), considerando que, de la cantidad de alimento suministrado, el 75% fue consumido, el 25% no consumido y el 50% excretado, así como, el nitrógeno excretado por los peces producto del metabolismo. Para el cálculo se partió de los índices productivos de biomasa, consumo y factor de conversión del alimento (FCA).

Durante el engorde, el alimento E1 se adicionó, hasta que las tilapias alcanzaran los 90g de peso y posteriormente el E2 hasta la cosecha (Cuadro 2, anexo 2).

Para la evaluación del crecimiento final de cada ciclo de cultivo, se emplearon los siguientes parámetros:

- Peso medio Inicial (PMI): se pesaron, en una balanza digital 0.1 g de precisión, 100 alevines de tilapia tomados al aza
- Peso medio final (PMF): se pesaron y midieron por separado, 100 tilapias de cada jaula tomadas al azar, en una balanza digital de 0.1 g de precisión.
- Peso Final (PF)-
- Ganancia de peso (GP): gramos de peso ganados diariamente.
- Tasa de crecimiento diaria (TCD): $TCD = \frac{PF - PI}{\text{tiempo de cultiv}}$
- Rendimiento (R): $R = \frac{\text{Total de peces}}{m^3}$.
- Factor de conversión del alimento (FCA): $FCA = \frac{\text{cantidad de alimento añadido}}{\text{ganancia en pe}}$
- Biomasa inicial (BI): $BI = \text{número total de animales} \times \text{PMI}$
- Biomasa final (BF): $BF = \text{número total de animales} \times \text{PMF}$
- Supervivencia (S): $S = \frac{\text{No. peces al final}}{\text{N Peces inicial}} \times 100$.

Los resultados de PF, crecimiento, FCA y S, se compararon a través de la prueba de Tukey ($p=0.05$) luego de comprobar su normalidad mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de la varianza, a través de la prueba de Bartlett. Los valores de supervivencia se transformaron a logaritmo y todos los análisis estadísticos se realizaron a través del programa (StatgraphicsXV).

Con los valores de PF y densidades de siembra de cada tratamiento, se realizaron análisis de regresión y correlación entre crecimiento y densidad de siembra, ajustándolos a una ecuación polinomial cuadrática (Shearer, 2000; Hernández-Llamas, 2009):

$$Y = a_0 + a_1S + a_2S^2$$

Donde: Y: representa el peso medio final (PF). a 0, a1, a2: los coeficientes de regresión.

- S: la densidad de siembra.
- La tendencia de la densidad óptima del PF (Ym), se calculó a partir de la ecuación:

$$Y_m = a_1(2a_2)^{-1} \text{ (Gurure et al., 1995).}$$

Resultados y discusión

Identificación de los parámetros físico-químicos del agua para el cultivo de tilapias en el establecimiento la Cascada.

En el cuadro1 se resumen los parámetros físico- químicos promedios de calidad de agua para los días del experimento. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en los valores registrados para el oxígeno disuelto (OD) entre los momentos, el 1 y 3 con el 2, oscilo entre 8.36 mg/ L inicio y 8.94 mg/ L final, los cuales están dentro del rango de tolerancia para la tilapia, este fue mayor en la muestra de agua tomada del medio, pudiendo estar dado por el mayor movimiento superficial del agua y recambio en la superficie al hacer contacto con el sistema de cascada unido al movimiento constante de los peces, además de los procesos fotosintéticos del fitoplancton que se encontraba en el agua.

Cuadro1. Valores de los parámetros físico-químicos del agua de La Cascada

Parámetros	Valores X		
	M1	M2	M3
OD (mg/L)	8.36a	9.01b	8.94a
pH	5.96a	6.52b	6.49b
Nitritos (mg/L)	0.12	0.14	0.13
Amonio total (mg/L)	0.16	0.25	0.21

Letras distintas en una misma fila diferencias significativas $p < 0.05$. Los resultados obtenidos coinciden con Meyer (2004) quien mencionó que el crecimiento de los peces depende en gran parte de la calidad del agua y que para lograr una buena producción es necesario mantener las condiciones físico-químicas del agua dentro de los límites de tolerancia para la especie a cultivar.

Por otra parte, Baltazar y Palomino (2004) describieron que las tilapias toleran bajos niveles de oxígeno en el agua, que el crecimiento, la conversión alimentaria y la sobrevivencia se ven afectados cuando los peces son sometidos frecuentemente a disminuciones en la concentración de OD. El productor debe procurar mantener los niveles de OD en el agua por encima del 40% de la saturación, o sea en los 3 mg/L o más de este gas. Si no existe posibilidad de aireación el ofrecimiento de ración debe reducirse o interrumpirse de tal modo que se impida que el oxígeno caiga por debajo de 2 mg/L. El uso de aireadores en la producción de tilapia es necesario generalmente, cuando el objetivo es alcanzar una biomasa superior a los 8.000 kg/ha. (0,8 kg de peces/m²). Se recomiendan cerca de 5 HP por hectárea. Una potencia de aireación entre 10 a 20 HP por hectárea se necesita cuando la producción excede las 20 toneladas por hectárea (2 kg peces/m²).

El OD no afectó los parámetros bioproductivos medidos ya que se encontraba dentro del valor óptimo reportado por algunos autores (> 5 mg/L) (Nicovita, 2002; Hsien-Tsan y Quintanilla, 2008; Kubitza, 2009; A.S.P.T S. A, 2009, Bautista y Velazco, 2011).

Para el pH se encontró diferencias significativas ($P < 0.05$), osciló entre 5.96 y 6.52. Parámetros que están por debajo de los reportados por (Auburn University, 2001) quien describió que este indicador en el agua debe quedar más estable (entre 7,0 y 8,5) donde la formación y el mantenimiento del fitoplancton se vea favorecido. Por el contrario, las aguas verdes y con baja alcalinidad pueden presentar valores muy elevados hacia la tarde, esto aumenta el riesgo de toxicidad por amonio tóxico si este se encuentra presente en el agua.

Según Southern Regional Aquaculture Center (2009) y Ferretto et al (2012) el pH puede ser afectado por la diferencia de OD ya que la disminución en el oxígeno puede ser causada por su consumo por parte de organismos aerobios, aumentando la producción de CO₂ el cual reacciona con el agua generando ácido carbónico que disminuye el pH.

Estos valores de pH pudieron no haber afectado los parámetros bioproductivos medidos ya que se encontraron siempre dentro del rango óptimo (6.0 a 8.5) reportado por algunos autores (Kubitza, 2011; Ferretto *et al.*, 2012).

Para la concentración de nitrito no se encontró diferencias, los valores oscilaron entre 0.12 y 0.14 mg/L lo cual está dentro del rango de tolerancia.

El amonio total mostró diferencias significativas, en general este osciló entre 0.16 y 0.25 mg/L lo cual está dentro del rango de tolerancia para la tilapia. Los resultados obtenidos están en correspondencia con los descritos por (A.S.P.T S. A. 2009), infirió que la concentración de amonio en forma tóxica (NH₃-amoníaco) debe ser mantenida por debajo de 0,2 mg/L. Esto se hace controlando la oferta de ración, realizando el intercambio de

agua y manteniendo el pH del agua más estable a través del encalado. La exposición continua de las tilapias a concentraciones de amoníaco por encima de 2 mg/L puede resultar en mortalidad total de los peces en pocos días. La concentración de amonio en el agua debe ser monitoreada semanalmente en los estanques que están recibiendo gran aporte de ración. La reducción de la oferta de alimento y la realización de intercambio de agua son las herramientas de las que dispone el productor para mantener los niveles de amonio dentro de los límites adecuados. Una población de fitoplancton bien establecida también contribuye a la remoción del amonio en el agua.

Comparación de los parámetros físico-químicos del agua en condiciones de siembra con densidades tradicionales y altas.

En la Figura 1 se puede apreciar una relación proporcionalmente directa entre la densidad de siembra y los rendimientos productivos hasta que se establezca la cifra 250 alevines/m³, a partir de esa cifra comienzan a bajar los rendimientos por varias razones, entre las que se destacaron la disminución del porcentaje de sobrevivencia, posibles cambios en los parámetros físicos-químicos del agua (disminución del pH y el OD), mayor competencia por los alimentos,

mayor talla de los peces teniendo pesos 4 a 5 veces mayor al inicial, incremento de la biomasa en los estanques, mayor consumo de oxígeno y aumento de la producción de CO₂.

En los resultados obtenidos para el caso de los parámetros físicos-químicos del agua en las altas densidades de siembra guarda correspondencia con lo publicado por (Bocek, 2010), quien expresó que los niveles de estos elementos en las aguas naturales son modificados en gran parte por la concentración de bióxido de carbono en solución y que el CO₂ actúa como ácido en el agua, y su acumulación tiende a bajar el pH al formar ácido carbónico (HCO₃), producto de la reacción entre CO₂ y H₂O).

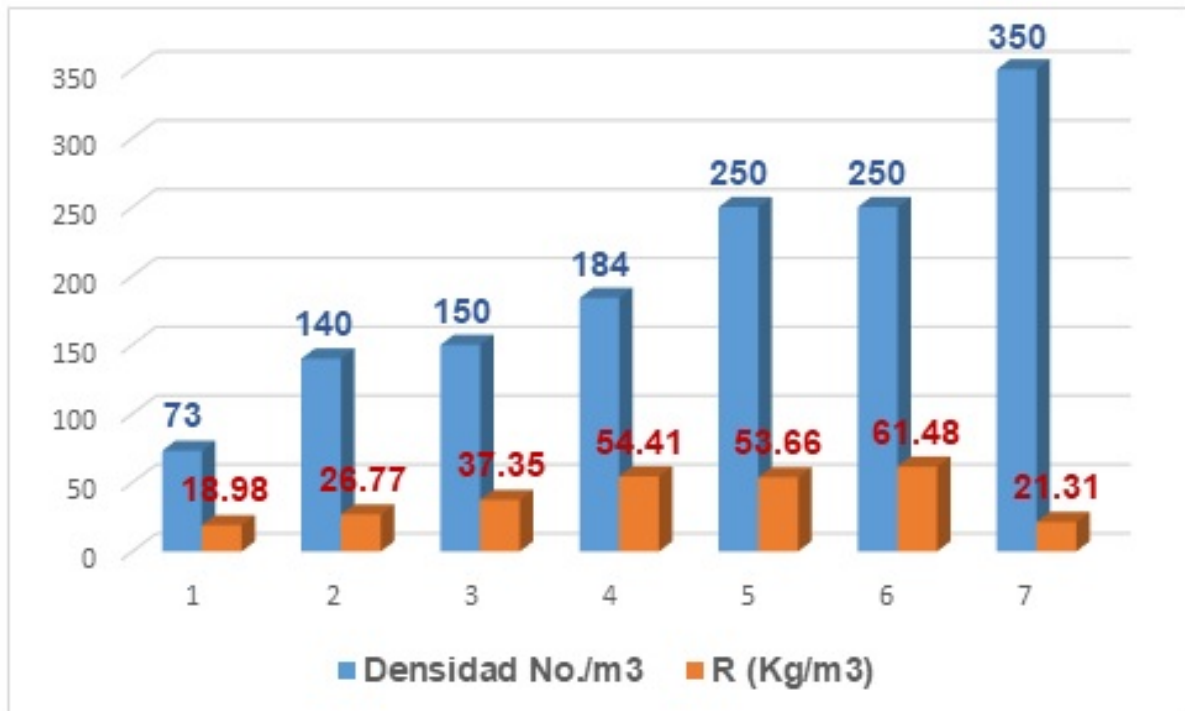


Figura. 1- Relación entre la densidad de siembra, los rendimientos productivos y los parámetros físico-químicos del agua. Se debe destacar para la concentración de oxígeno como uno de los elementos que se altera con el incremento de la cantidad de alevines por m³, respecto a lo referido por (Castillo, 2011) que en sus estudios analizan la importancia del O₂ disuelto, y su influencia en la rapidez con la que puede cambiar y en pocas horas pasar de un nivel óptimo a uno letal para los peces, debido a su poca solubilidad en el agua, y porque la tasa de consumo de los peces puede ser muy alta que se difunde muy despacio en el agua en atmósferas tranquilas. Se puede tener en consideración lo descrito por (Brown et al., 2012) quienes establecen que este elemento en el agua de un estanque puede ser considerada como el parámetro más importante en la acuicultura.

Por su parte Díaz y Alva (2012) plantearon que el amoníaco o el amonio no-ionizado (NH₃) es el producto principal del metabolismo de proteína en peces y otros organismos acuáticos, así como resultado de la descomposición de la materia orgánica en medios acuáticos. Es una sustancia química muy tóxica para la vida animal presente en el agua por el aumento del consumo de oxígeno por los tejidos branquiales y la disminución de la capacidad de la sangre en transportar oxígeno. Cuando la exposición es prolongada aumenta la susceptibilidad de los peces a una variedad de enfermedades.

Al relacionar los resultados de calidad del agua que indica un adecuado establecimiento de microorganismos según densidades de siembra, los resultados coinciden con (Liang y Chien, 2013) quienes infirieron que las tilapias sembradas a una densidad de 1/m² en estanques crecerán más rápido que a 100/m², con nutrición apropiada y calidad de agua

controlada. El crecimiento se retarda cuando la densidad de siembra supera niveles permisibles y la calidad del agua es pobre.

Cuando se alimenta con una ración incompleta, el crecimiento disminuye a las altas densidades debido a que cada pez no recibirá el suficiente alimento natural para abastecer la deficiencia nutricional de las raciones ofrecidas.

Se puede tener en consideración lo referido por (Chaves-Rojas y Vargas-Cordero, 2016) ellos infirieron que cuando se aumenta la densidad de siembra el abastecimiento de alimento comienza a limitarse y el crecimiento por lo tanto disminuye.

Los productores deciden sembrar a una tasa de siembra económicamente óptima, siempre que se pueda mantener una buena cosecha por unidad de área que mantenga el rápido crecimiento de los peces (Pérez et al., 2015).

Las altas densidades de siembra resultan a menudo en altas cosechas de peces, pero el crecimiento individual de estos se sacrifica (a mayor densidad de siembra menor talla de los animales). En las altas densidades, la tilapia requiere un tiempo adicional para alcanzar las tallas de mercado, cuanto más tiempo queden los peces en el estanque de cultivo, mayor será el riesgo de enfermedades y la probabilidad de que las hembras no deseadas se reproduzcan, compitiendo entonces con las crías nacidas por el alimento y disminuyendo además el crecimiento de los peces inicialmente sembrados (Hernández et al., 2016).

Contrastación de los indicadores bioproductivos de tasa de crecimiento diaria, ganancia de peso (peso medio inicial y final), rendimiento, factor de conversión del alimento y supervivencia de la tilapia en condiciones de densidades de siembra tradicionales y altas.

Primer ciclo: No se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la TCD, GP, PF y S entre las tilapias sembradas a densidades de 73 y 184/m³, no hubo correlación significativa entre el crecimiento y la densidad de siembra.

La BF y el R fueron significativamente superiores en las tilapias sembradas a mayor densidad, así como mejor FCA, (Cuadro 2).

Segundo ciclo: No se encontraron diferencias significativas entre el PF, al emplear densidades de 150 y 250/m³. A mayor densidad (350/m³), el PF fue estadísticamente inferior, así como menor GP y TCD (Cuadro 2). Una correlación significativa se encontró entre las densidades de siembra y el peso medio final de las tilapias, que se expresa a través de la ecuación.

$y = -0.0018x^2 + 1.2656x + 427.99$, $r^2 = -0.9349$ (Figura 2).

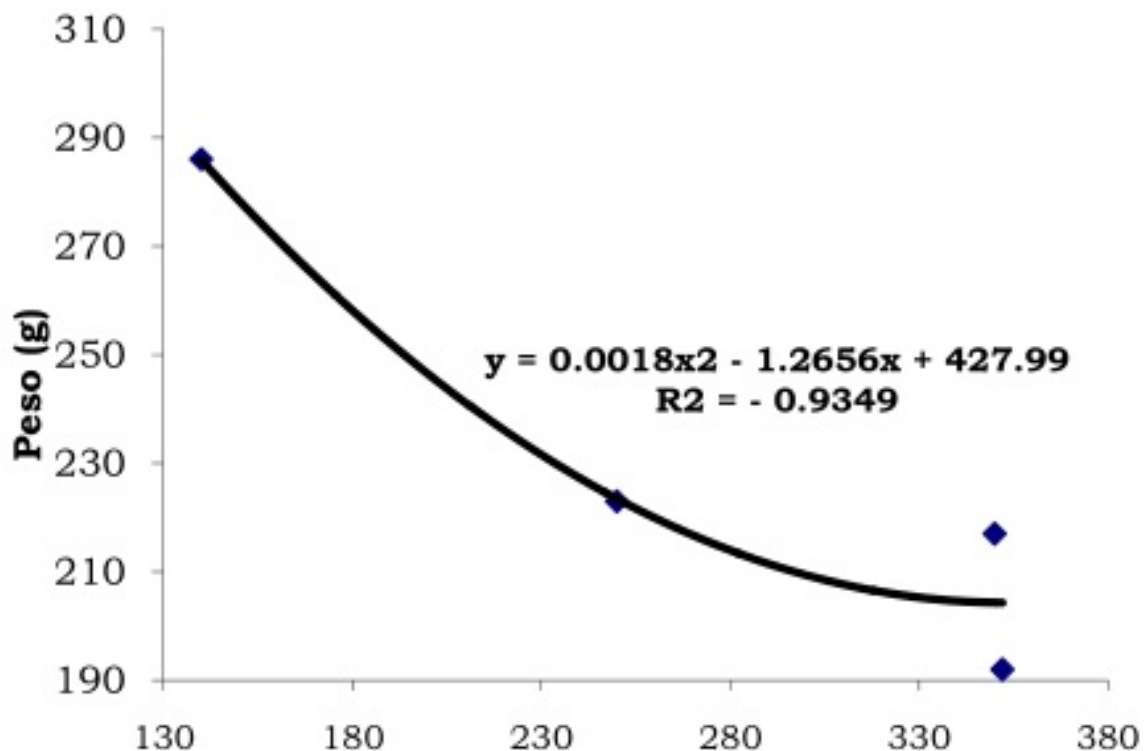


Figura. 2- Relación obtenida entre densidad de siembra y peso final de las tilapias cultivadas en la Cascada.

El FCA fue significativamente menor ($p > 0.05$) en los alevines sembrados a 250/m³. Sin embargo, este indicador resultó elevado para la menor y mayor densidad ensayada, probablemente debido a un manejo deficiente del alimento.

La supervivencia (S) alcanzó valores entre 96.1 % y 97.7%. Los mayores rendimientos (R) se obtuvieron con las densidades más elevadas (250 y 350/m³).

Tercer ciclo: Los mejores resultados se alcanzaron con la densidad de 140/m³. El FCA y la S resultaron similares entre densidades de 140 y 250 m³, sin embargo, la supervivencia fue significativamente inferior ($p < 0.05$) a la mayor densidad ensayada (350/m³). Las causas de mortalidad sucedieron debido a tres factores que incidieron: elevada biomasa dentro del estanque (74 kg/m³); elevado consumo de oxígeno; lento recambio del volumen de agua en los estanques lo que propició el agotamiento del oxígeno. Tanto el crecimiento como la TCD se afectaron con el incremento de la densidad. El mayor rendimiento (53.7 kg/m³) se obtuvo con las tilapias sembradas a 250/m³ (Cuadro 2).

Una correlación significativa se encontró entre las densidades de siembra y el peso final de

las tilapias cultivadas (Figura 3), que se expresa a través de la ecuación:

$$y = -0.0019x^2 + 0.76x + 184.75, r^2 = -0.9043.$$

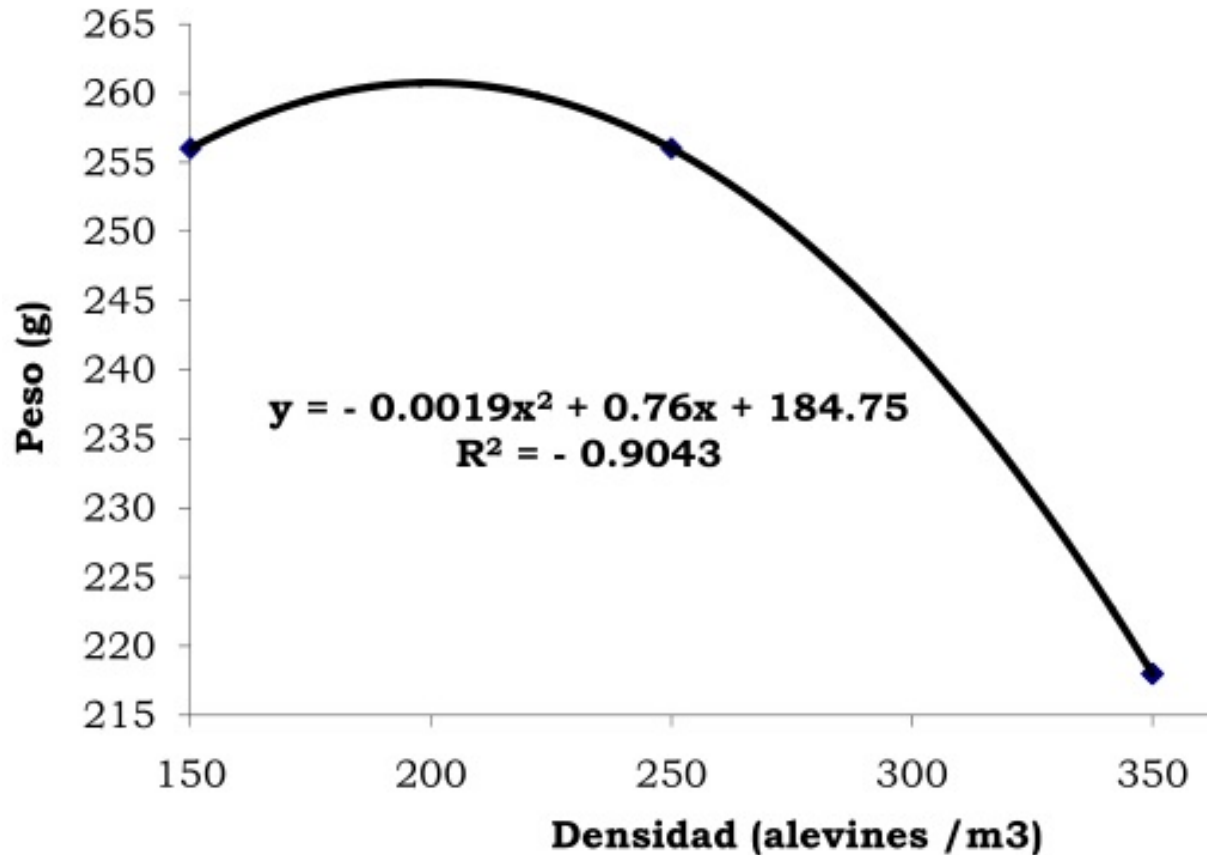


Figura. 3- Relación obtenida entre densidad de siembra y peso final de las tilapias cultivadas en la Cascada.

Los resultados obtenidos en los diferentes ciclos estudiados son similares a los alcanzados por

(Santos et al., 2013) al evaluar el cultivo de tilapia roja en jaulas de 16 m³ y densidades entre

50 y 150 tilapias/ m³, observaron una dependencia entre crecimiento y densidad, derivada de la calidad del agua, tasa de alimentación, calidad del alimento, talla de los peces y densidad de siembra, lo que causó limitantes del crecimiento de los peces durante el engorde. A la vez que discrepan hasta cierto punto con lo reportado por (Liang y Chien, 2013), respecto a la densidad de siembra, si esta es muy elevada, el crecimiento se retarda, producto a que la calidad del agua es pobre y considerando que se alimentan con una ración incompleta el crecimiento disminuye, debido a que cada pez no recibirá el suficiente alimento natural para abastecer la deficiencia nutricional de las raciones ofrecidas.

Los resultados obtenidos guardan relación con los estudios de (Hernández et al., 2016), quienes describieron que las altas densidades de siembra resultan de altas cosechas, que aunque el crecimiento individual se sacrifica, cuando esto pasa se requiere un tiempo adicional para alcanzar las tallas de mercado lo que ocasiona el riesgo de contraer enfermedades y la probabilidad de que las hembras no deseadas se reproduzcan, compitiendo entonces con las crías nacidas por el alimento, disminuyendo además el crecimiento de los peces inicialmente sembrado.

Indicadores Evaluados	Primer ciclo		Segundo ciclo			Tercer ciclo		
Densidad Nº/m ³	73	184	150	250	350	140	250	350
Vol /No.de estanque	6 m ³ /3	6 m ³ /3	4 m ³ /3	4 m ³ /3	4 m ³ /3	16 m ³ /3	16 m ³ /3	16 m ³ /3
Días de cultivo	180	181	158	158	158	158	158	158
No. de peces inicial	438	1104	600	1000	1400	1500	2200	5600
Supervivencia (%)	94.2a	99.53a	97.7a	96.8a	96.1a	97.4a.	97.0a	31.4b
PMI (g)	16±3.5	14±3.7	10±2.1	10±2.0	10±2.3	10±2.5	10±2.0	10±2.4
PMF (g)	310±97a	315±101a	256.2±89a	255±91a	218.6±78b	285.6±110a	222.8±7b	216.5±8b
GP (g)	294a	301a	246.2a	245.0a	208.6b	275.6a	212.8b	206.5b
TCD (g/día)	1.62a	1.66a	1.56a	1.55a	1.32b	1.74a	1.35b	1.30b
BI (Kg/estanque)	7.2	15.47	6.0	10.0	14.0	15.0	22.0	56.0
BF (Kg/estanque)	113.9b	341.9a	149.4b	245.92a	264.6a	428.4b	858.5a	340.9c
R (Kg/m ³)	18.98b	54.41a	37.35b	61.48a	66.55a	26.77b	53.66a	21.31b
FCA	3,4b	2.5a	3.6c	2.3a	2.9b	2.4 ^a	2.5a	3.3b

Los resultados se expresan en $n \pm DS$ ($n = 3$). Exponentes iguales, en cada ciclo, no

presentan diferencias significativas ($p>0.05$).

Conclusiones

Los parámetros físico-químicos del agua se encuentran en su estado óptimo, exceptuando los amonios totales.

Los parámetros físico-químicos del agua no se alteran con la siembra a altas densidades, con respecto a las tradicionales.

Existe influencia del incremento de las densidades de siembra sobre el crecimiento, engorde y supervivencia de la tilapia, logrando los mejores resultados entre 140 y 250 alevines por m³.

Bibliografía

Asociación Sinoloense de Productores de Tilapia S.A (A.S.P.T S. A). 2009. Cultivo de tilapia (*Oreochromis spp*) a alta densidad en módulos flotantes, con énfasis en buenas prácticas de producción acuícola para la inocuidad alimentaria y para la generación de un producto de calidad suprema. Disponible en: http://www.cesasin.cmx/MANUAL%20DE%20PECES%20CURSO%20TALLER_ASTILAPIA.pdf Consultado en abril 2019.

Auburn Universit 2001. Biología reproductiva de la *Oreochromis niloticus*. Disponible en: <http://www.acuacultura-ca.org.hn>. Consultado el día 22 de marzo de 2019

Akiyama, D. 1995. Nutrición, alimentos y alimentación de los pece Soya noticias, 253. 20-

Baltazar, G. P Y Palomino, R. 2004. Manual de cultivo de tilapia. Gerencia de acuicultura. Fondo nacional de desarrollo pesquero. FONDEPES. Edición exclusiva. FONDEPES.

Bautista, J Y Velazco, J. 2011. Calidad de agua para el cultivo de Tilapia. Revista Fuente, 3(8). 10 -14. Disponible en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/2.pdf>. Consultado marzo 2019

BOCE A. 2010. Acuicultura y aprovechamiento del agua para el desarrollo rural. Introducción al cultivo de peces en estanques. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments Swingle. Hall Auburn University, Alabama 36849-5419 USA.

Brown, T.W; Boyd, C.L. y Chappell, J.A. 2012. Approximate Water and Chemical Budgets for an Experimental In-pond Raceway Syste Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 43, No. 4.

Castillo, C, L. F. 2001. Tilapia roja. Una evolución de 20 años, de la incertidumbre al éxito doce años después. Cali, Valle, Colombia. Disponible en URL: www.todomacom/acquapia. Consultado enero- 2019.

Chaves-Rojas, R Y Vargas-Cordero, Rut 2016. Diferentes densidades de carga en trucha arcoiris mediante análisis de parámetros económicos y biológicos. *Nutrición Animal Tropical* 10(2): 38-60. ISSN: 2215-3527/ 2016 DOI: Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/nat.v10i2.26112>. Consultado mayo 2019.

DÍAZ, M Y ALVA, R. 2012. Cultivo semi-intensivo de tilapia, *Oreochromis niloticus*, en estanque de concreto en el caserío Palo Blanco (Cascas, La Libertad-Perú). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. Perú. 99. Disponible en: www.facbio.unitru.edu.pe/index.php?option=com_docman. Consultado en abril 2019.

EMBRAP 2013. Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes. Disponible en: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/972692/1/Doc95.pdf> Consultado marzo 09.

Ferretto, Andrea; Cesar, P; Wasielesky, W Y Borges, M. 2012. Avaliação da formação de bioflocos na criação de juvenis de tainha mugil cf. hospes sem renovação de a Atlântica, Rio Grande. 34(1). 63-74, Disponible en: <http://www.seer.furg.br/atlantica/article/view/2711>. Consultado mayo 2019.

Gurure, R. M; Mocia, R.D; Atkinson, J. L.1995. Optimal protein requirement of young charc (*Salvelinus alpinus*) fed practical die *Aquacult. Nutr.* 1. 227 ? 234.

Hernández, B; Trejo, B. A; Loredó, M. J Y Gutiérrez, G. S. 2016. Evaluación de la eficiencia productiva de tres líneas de tilapia con reversión sexual en un sistema de recirculación (RAS), *Lat. Am. J. Aquat. Res.* vol. 44, no. 4. 869-874

HERNÁNDEZ-LLAMA, 2009. Conventional and alternative dose-response model to estimate nutrient requirements of aquaculture species. *Aquaculture.* 292. 207 ? 213.

Hsien-Tsang, Su Y Quintanilla, Martín. 2008. Manual sobre "Reproducción y cultivo de tilapia». Disponible en: <http://www.magob.sv/phocadownload/Apoyo-produccion/manual%20reproduccion%20y%20cultivo%20tilapia.pdf>. Consultado en febrero 2019.

Kubitz F. 2009. Producción de tilapias en estanques excavados en tierra: Estrategias avanzadas en manejo. *Panorama da Aqüicultura.* Jundiai, Brasil. 75-78.

Kubitz, F. 2011. Criação de tilápias em sistema combiofloc *Panorama de la Aquicultura.* 21 (125).14-23.

Liang, J y chien, h. Y. 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water raft aquaponics system. *Int. Bio. Biod.* vol. 85,693-700.

Meyer, D. 2008. *Introducción a la Acuicultura*. Zamorano, Honduras, Zamorano Academic Press. 159.

Nicovit 2002. *Manual de crianza de Tilapia*. Disponible en: www.alicorp.com.pe. Consultado en marzo/2019.

Pérez, M; Sáenz, R Y E. Martínez, G. 2015. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo mono sexual y ambos sexos, en sistemas de producción semi-intensivos", *Revista Científica de la UNAN-León*, vol. 6, no. 1.72-79.

Ponce. P, J. T; Romero Cruz, O; Castillo Vargas, S; Arteaga Nochebuena, P; Ulloa García, M; González Sala, R; Febrero Toussaint, I Y Esparza Leal, H. 2006. El desarrollo sostenible de la acuicultura en América Latina. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET* Vol. VII, nº 07, Julio/2006, Disponible en: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n070706.html>. Consultado: abril-2019.

SANTOS, V. B; MARECO, E. A Y DAL PAI SILVA, MAEL 2013. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 35(3), 235-242. Disponible en: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S180786722013000300003&lng=en&tlng=10.4025/actascianim.sci.v35i3.19443>. Consultado junio 2019.

Southern Regional Aquaculture Center. 2009. *Tank Culture of Tilapia*. Stoneville, Mississippi: SRAC Publication No.282. 3-

Shearer, 2000. Experimental design, statistical analysis and modeling of dietary nutrientrequirement studies for fish: a critical review. *Aquacult. Nutr.* 11. 263 ? 272.

Tacón, G. 1989. *Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados*. Manual de capacitación. GCP/RLA/ITA, Proyecto Aquila II. Documento de Campo No.4., FAO. Brasilia, Brasil.

Toledo, S.J. 2005. Cultivo de tilapia: Experiencia en Cuba. I Taller Seminario de Acuicultura Continental Especies de Aguas Templadas-Cálidas, Formosa, Argentina. 30 de noviembre ? 3 de diciembre.
