

Evaluación de la tolerancia a la salinidad de la tilapia roja (*oreochromis spp*) en diferentes densidades de siembra en la región sur de Honduras

Salinity tolerance assessment of red tilapia (*oreochromis spp*) at different planting densities in the southern region of Honduras

DOI 10.5377/rct.v0i24.7876

Edgar Osiris Carranza ¹
Carlos Alberto Aceituno ²

RESUMEN

El cultivo de la tilapia es una actividad importante por la generación de divisas que aporta a la economía del país, pero el crecimiento del cultivo es limitado por la disponibilidad de agua dulce y una buena calidad genética de la semilla, siendo el desafío encontrar alternativas para cultivar en aguas salobres. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la salinidad en el desempeño productivo de la tilapia a las concentraciones de 5, 15 y 30 gramos por litro con las densidades de siembra de 5, 10 y 20 peces por metro cúbico. En el ensayo se usaron nueve tanques de 3,000 litros manejando por triplicado las tres concentraciones de salinidad y las tres densidades de siembra, el diseño experimental que se utilizó fue el Cuadrado latino para comparar características de Factor de conversión alimenticia (FCA); Factor de condición (FC); Tasa específica de crecimiento (TEC); Crecimiento relativo (CR); Crecimiento absoluto (CA); Coeficiente de crecimiento térmico (CCT) y la supervivencia. Las tilapias manejadas a las concentraciones de 5, 15 y 30 UPS no se observaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) en FC, FCA, TEC, CR, CCT. Las tilapias cultivadas a las densidades de 5, 10 y 20 organismos/m³ no presentaron diferencias estadísticas concluyentes ($P>0.05$) en FCA, FC, TEC, CR. En los datos de las sobrevivencias no se observaron diferencias estadísticas ($P>0.1036$), afirmando que la salinidad y la densidad de siembra no tuvieron un efecto negativo y por lo tanto desarrollaron tolerancia a la salinidad.

Palabras clave: *Desempeño productivo, salinidad, densidad de siembra, supervivencia.*

¹ Beneficiarios de una beca sustantiva de la DICU, Profesor de acuicultura, Departamento de Acuicultura y Biología Marina, Centro Regional Universitario Litoral Pacífico (CURLP-UNAH): edgar.carranza@unah.edu, edgar_osiris_carranza@yahoo.com

² Beneficiarios de una beca sustantiva de la DICU, Coordinador Regional de Investigación Científica, Centro Regional Universitario Litoral Pacífico (CURLP-UNAH): carlos.aceituno@unah.edu.hn

ABSTRACT

The cultivation of tilapia is an important activity for the generation of foreign exchange that contributes to the economy of the country, but the growth of the crop is limited by the availability of fresh water and a good genetic quality of the seed, the challenge being to find alternatives for Cultivate in brackish water. The objective of the study was to evaluate the effect of salinity on the productive performance of tilapia at concentrations of 5, 15 and 30 grams per liter with the planting densities of 5, 10 and 20 fish per cubic meter. In the trial, nine 3,000-liter tanks were used, handling the three salinity concentrations and the three planting densities in triplicate; the experimental design used was the Latin square to compare characteristics of the feed conversion factor (FCA); Condition factor (FC); Specific growth rate (TEC); Relative growth (CR); Absolute growth (CA); Thermal growth coefficient (CCT) and survival. The tilapia managed at the 5, 15 and 30 UPS concentrations did not show statistical differences ($P > 0.05$) in FC, FCA, TEC, CR, CCT. Tilapia cultivated at densities of 5, 10 and 20 organisms / m³ did not show conclusive statistical differences ($P > 0.05$) in FCA, FC, TEC, CR. In the survival data, no statistical differences were observed ($P > 0.1036$), stating that salinity and seeding density did not have a negative effect and therefore developed tolerance to salinity.

Keywords: *Productive performance, salinity, sowing density, survival.*

INTRODUCCIÓN

En Honduras el cultivo de la tilapia es una importante actividad económica. En el año 2014 se generaron 70 millones de dólares en divisas con la exportación de filete fresco hacia los Estados Unidos (BCH, 2015). La apertura del mercado, la facilidad en el manejo del cultivo y la rusticidad del pez, son una de las motivaciones que tienen los piscicultores para incrementar el área de cultivo y el volumen de producción.

Los productores acuícolas constantemente se enfrentan con desafíos que limitan su crecimiento productivo y económico. Las rentabilidades de los pequeños productores de tilapia son amenazadas por el alto costo de los insumos de producción. Para los productores de camarón la amenaza es mayor debido a que se suman los efectos de la variabilidad climática que influye directamente con la incidencia de enfermedades virales y bacterianas, tales como vibriosis, Síndrome del Virus del Taura y el Síndrome de la Mancha Blanca (Arana, 2010). La acuicultura se ha convertido en una actividad de alto riesgo al no manejarse adecuadamente durante el ciclo de cultivo.

La mayor limitante de crecimiento del cultivo es la escasez de agua dulce y una buena calidad genética de la semilla, siendo el desafío encontrar alternativas de producción en aguas salobres (Tecún, 2012). Algunas variedades de tilapia son eurihalinas al tener la capacidad para tolerar y adaptarse a diferentes condiciones de salinidad, pero los límites de tolerancia varían considerablemente (Barreto-Curiel, Durazo, & Viana, 2015). Se han observado especímenes de tilapia que han sido capturados del ambiente silvestre de los esteros del Golfo de Fonseca donde las salinidades oscilan entre 5 y 40 gramos por litro. Existe evidencia que la tilapia puede tolerar hasta 35 gramos por litro de salinidad sin afectar su crecimiento normal (Tecún, 2012), pero, la tecnología de cultivo de la tilapia en agua salobre aún no está definida ya que varía su producción a diferentes salinidades (Banegas, 2007).

La importancia de contar con especímenes de tilapia tolerantes a la salinidad es que podría convertirse en una alternativa económica para los productores de camarón y pescadores artesanales. Esto aprovecharía la infraestructura productiva cultivando simultáneamente camarones y tilapia, logrando mejores rentabilidades en las granjas de cultivo y mayores ingresos económicos para el productor (Azevedo, Santos-Costas, Oliveira, López, & Teixeira, 2015). Para los pescadores artesanales en la región del Golfo de Fonseca, la crianza de la tilapia en agua salada permitiría desarrollar el cultivo en jaulas flotantes instaladas en sitios cercanos a la costa, produciendo alimento con proteína de alta calidad y respondiendo a la amenaza de la seguridad alimentaria.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la salinidad a las concentraciones de 5, 15 y 30 gramos por litro y las densidades de siembra de 5, 10 y 20 peces por metro cúbico en el desempeño productivo de la tilapia (*Oreochromis spp*) cultivada durante 90 días. Así como relacionar la longitud y el peso de acuerdo con la ecuación de crecimiento y observar las supervivencias de los peces quincenalmente.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en el laboratorio húmedo del Centro Universitario Regional del Litoral Pacífico (CURLP) ubicada en el departamento de Choluteca en los meses de febrero a mayo del año 2018 bajo condiciones controladas.

Se adquirieron 800 alevines rojos de tilapia de una finca de producción industrial de tilapia ubicada a 350 km al norte del CURLP. El peso inicialmente de los alevines fue de 1 g y 80 mm de longitud, y se mantuvieron en un tanque de un metro cúbico al que diariamente se le alimentó. También se realizó recambio total de agua cada dos días hasta alcanzar los 10 g, posteriormente se sembraron en dos tanques y se mantuvieron hasta llegar a los 17 g.

Se instalaron nueve tanques circulares de geomembrana de 3 m³ (3,000 litros) de volumen en donde se manejó por triplicado las concentraciones de 5, 15 y 30 gramos de sal por litro de agua (unidades prácticas de sal "UPS"). Las tilapias son peces de agua dulce y se aclimataron al ambiente de agua marina. Durante el proceso de adaptación de los peces, los tanques se llenaron en un 95% con agua dulce y se ingresó agua marina filtrada a la concentración de 34 UPS mezclándose hasta llegar a la concentración de 2.5 UPS, el excedente de agua dulce fue drenando. Este procedimiento se realizó una vez por día aumentando la salinidad gradualmente durante 12 días para los peces con 30 UPS, seis días para los de 15 UPS y dos días para los de 5 UPS. El incremento de 2.5 UPS diario adaptó a las tilapias con su proceso de osmorregulación a tener tolerancia a la salinidad.

El agua marina filtrada se transportó de un laboratorio de producción de postlarva de camarón ubicado a 40 km al sur del CURLP, el agua filtrada es obtenida del mar y recibe un tratamiento filtración con arena, grava, carbón activado, ozono y rayos ultravioleta.

Al instalar el experimento también se manejaron las densidades de siembra por

triplicado de 5, 10 y 20 tilapias por metro cúbico, es decir, en tres tanques se sembraron 15 peces por tanque, en otros tres tanques la siembra fue de 30 peces por tanque y en los otros tres se cultivó la densidad inicial de 60 peces por tanque. La población total de peces que se manejó fue de 315 animales distribuidos en los nueve tanques de 3 m³.

Para seleccionar una muestra en cada tanque y que fuera representativa, se aplicó la técnica de muestreo probabilística aleatorio simple, al 0.95 de confianza y 5% de margen de error, el tamaño de la muestra para los tanques con 15 peces se deben muestrear 13 animales, en los tanques con 30 peces la muestra es de 24 animales y en los tanques con 60 peces, el tamaño de la muestra es de 42 peces.

Desde el primer día después de la siembra se alimentó con una dieta balanceada fabricado al 45% de proteína cruda (PC) que se suministró hasta que los peces llegaron a los 40 gramos de peso, y de los 41 días hasta los 90 días de cultivo se alimentó con una dieta del 38% de PC. El volumen de alimento diario que se suministró a se calculó según el porcentaje de la biomasa viva, siguiendo las tablas de alimentación recomendadas por los fabricantes para el cultivo de la tilapia. La frecuencia de alimentación se manejó según el tamaño de los peces, la ración de alimento diario se dividió en siete porciones en la fase de juveniles alimentando cada dos horas a partir de las 8 am (8 am, 10 am, 12 pm, 2 pm, 4 pm, 6 pm y 8 pm) hasta que llegaron al peso de 30 g. De 30 g a 70 g, la frecuencia de alimentación se redujo a cuatro porciones por día cada cuatro horas, y de 70 g en adelante los peces fueron alimentados con tres porciones diaria.

Diariamente se registró los parámetros físicos y químicos del agua como el oxígeno disuelto, la salinidad y la temperatura. La concentración de oxígeno y temperatura del agua se midieron por medio de una sonda para acuicultura de la marca YSI-51 y la salinidad a través de un refractómetro. Durante el estudio se realizaron cinco recambios de agua en todos los tanques. Para reducir la cantidad de sedimentos y materia orgánica en descomposición, diariamente se extrajo a través de una manguera sifón todos estos sedimentos del fondo del tanque.

Intervenciones

Se recolectaron datos de pesos, longitud registrada, consumo de alimento, y registro diario de la mortalidad. Cada quince días se recolectaron muestras representativas de peces de cada tratamiento, siguiendo un plan de muestreo establecido. Los peces fueron pesados con una balanza digital que se calibró previamente, registrando el

peso individual de cada organismo en gramos y midiendo su longitud con una regla milimétrica. Estos datos sirvieron para calcular los indicadores de desempeño utilizando las siguientes formulas:

- Biomasa final
- Ganancia diaria (g/pez) = $(Pf-Pi)/tac$
- Factor de conversión alimenticia = TAS/BTP
- Conversión alimenticia ajustada = Cal/GBT
- Factor de condición = $100*(P/Lt^3)$
- Tasa específica de crecimiento (%/día) = $100*(LnPf-LnPi)/tac$
- Crecimiento relativo (%) = $(Pf-Pi)/Pi*100$
- Coeficiente térmico de crecimiento = $100*(Pf^{0.3333}-Pi^{0.3333})/T*tac$

Donde:

- Pf= peso final;
- Pi= peso inicial;
- Tac= número de días acumulados hasta al final del experimento;
- TAS = total de alimento suministrado;
- BTP = biomasa total de los peces;
- Lt= longitud total de cada uno de los peces muestreados al final del experimento;
- LnPf=logaritmo natural del peso corporal final;
- LnPi= logaritmo natural del peso corporal inicial;
- Pv=peces vivos final;
- Psi=peces sembrados inicialmente;
- Cal =consumo de alimento por tanque;
- GBT = ganancia de biomasa total (biomasa final del tanque + biomasa retirada por mortalidad)

El Factor de condición es la relación volumétrica del pez en función del peso, debido a que la longitud es una magnitud lineal y el peso es igual al cubo de la talla (Felipa, Blas, & Alcántara, 2016) si un pez mantiene su forma al crecer el crecimiento es isométrico ($FC = 2.5 -3.5$). Cuando $FC > 3$, los peces tienen un peso mayor en proporción a su longitud, presentando crecimiento alométrico positivo. Al tener $FC < 3$, los peces tienen una longitud relativa mayor que su peso, presentando un crecimiento alométrico negativo (Cifuentes, y otros, 2012).

La tasa específica de crecimiento determina la velocidad con la que los peces crecen, indica el incremento del peso corporal ganado por día en porcentaje (Delgado, Collí, Cuevas, & García, 2009). El crecimiento relativo es el crecimiento porcentual que ha

tenido el pez durante los días de cultivo. El coeficiente térmico de crecimiento indica el coeficiente de productividad de cada tanque en relación con la temperatura y sirve para predecir el crecimiento de los peces (Poot, Salazar, & Hernández, 2009).

La supervivencia se registró diariamente en cada tratamiento con el propósito de identificar el efecto de la salinidad en la supervivencia de los peces y los animales de mayor tolerancia a las condiciones del manejo del experimento, la biomasa muerta también fue registrada para calcular con mayor exactitud el factor de conversión alimenticia. Quincenalmente se sumó el total de peces muertos de cada tanque calculando la población de animales vivos restantes de la siembra inicial. La fórmula que se utilizó para calcular la supervivencia fue $\text{Supervivencia (\%)} = 100 \cdot (\text{Pv}/\text{Psi})$.

Diseño y análisis estadístico

Se manejó el diseño experimental cuadrado latino para detectar diferencias estadísticas en los indicadores de desempeño y las supervivencias según las tres concentraciones de salinidad, las tres densidades de siembra y sus tres repeticiones para cada factor de análisis al nivel de significancia del 0.05 (Cuadro 1). En la comparación múltiple de medias se usó el modelo estadístico de Diferencia Mínima Significativa, a un nivel de significancia del 0.05 a través del software estadístico Infostat©2015. Para determinar la relación biométrica se usó el análisis de relación comparando las variables de peso en g y longitud en mm de todos los tratamientos, con el propósito de encontrar la ecuación de regresión que se ajusta a la mayor precisión del coeficiente de determinación ($R^2 > 0.9$), pudiendo ser estas ecuaciones polinómicas, logarítmicas, exponenciales o lineales. Para el análisis de relación se usará el software estadístico Infostat©2015.

Cuadro 1. Establecimiento del diseño experimental para evaluar el desempeño productivo de la tilapia cultivada en agua marina en tres concentraciones de salinidad y tres densidades de siembra en el CURLP-NAH, Choluteca.

Salinidad UPS	Repeticiones		
	1	2	3
5	A	B	C
15	C	A	B
30	B	C	A
A=5 peces/m ³			
B=10 peces/m ³			
C=20 peces/m ³			

Fuente: elaboración propia

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de desempeño

A nivel general no se encontraron diferencias concluyentes entre todos los tratamientos, a excepción del indicador de la ganancia diaria de peso. Las diferentes concentraciones de salinidades y las tres densidades de organismos manejadas en el experimento no influyeron en el desarrollo de los peces para demostrar diferencias entre cada tratamiento (Cuadro 2). En la ganancia diaria de peso se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.0012$) entre las densidades de siembra y las concentraciones de salinidad, los peces que presentaron los mejores crecimientos (mg/m^3) fueron los manejados a 15 y 30 UPS y a las densidades de 5 y 10 peces/ m^3 . Los peces manejados en los tratamientos de 5 UPS de salinidad y con la densidad inicial de siembra de 20 animales por metro cúbico presentaron hasta 80 mg/m^3 menos del peso diario ganado.

En el factor de conversión alimenticia (FCA) y el factor de conversión alimenticia ajustado (FACA), no se encontraron resultados concluyentes ($P < 0.685$) y ($P < 0.934$). Los valores promedios del FAC y FACA fueron entre 2.07 y 2.30 que estadísticamente no mostraron diferencias significativas. Los peces independientemente de la densidad o la concentración de salinidad en el agua presentaron que para alcanzar un kilogramo en peso necesitan entre 2.07 y 2.30 Kg de alimento balanceado. Con el Factor de condición (FC) en el análisis estadístico se observó diferencias entre las concentraciones de salinidad ($P > 0.014$), siendo los peces con un factor de condición más favorable los que fueron manejados a las concentraciones de 15 y 30 UPS con 2.9 y 3.1 respectivamente, los peces cultivados a 5 UPS el FC en promedio fueron de 1.9. En los tratamientos de las densidades, las tilapias presentaron el mismo factor de condición, no encontrando diferencias estadísticas significativas ($P < 0.3086$).

En los peces el FA determina la característica de salud, producción y calidad del hábitat. Los peces con FA menor de 2.5 significa que son animales de mayor longitud y menor peso con un crecimiento alométrico negativo. Los peces con FAC entre 2.5 y 3.5 son animales que presentan una relación isométrica entre el peso y la longitud, es decir, el tamaño del pez es relativo a su peso. El tamaño corporal no tiene una relación con la edad ni tampoco posee un máximo definido (Felipa, Blas, & Alcántara, 2016), debido a esto las tasas de crecimiento de las poblaciones de las tilapias manejados en el experimento fueron diferentes en los tratamientos de las salinidades.

Cuadro 2. Indicadores de desempeño de tilapias cultivadas durante 90 días a tres concentraciones de salinidad y tres densidades de siembra

Salinidad	Peces/m ³	Biomasa final (g/m ³)	Longitud final obtenido (mm)	Peso final obtenido (g)	Ganancia diaria (mg/m ³)	FAC	FACA	FC	TEC (%/día)	CR (%)	CA en gramos	CCT
5 UPS	5	401.0	156.0	92.5	276.3	2.3	2.1	2.4%	1.9%	4.4	75.4	7.9%
	10	441.8	152.5	88.4	260.7	4.0	2.6	2.5%	1.8%	4.1	71.2	7.7%
	20	1,231.0	147.3	78.6	237.6	2.5	2.0	2.5%	1.9%	4.7	64.9	7.8%
15 UPS	5	555.7	163.1	119.1	375.6	2.2	2.1	2.7%	2.2%	6.2	102.5	9.8%
	10	999.4	154.3	111.0	342.7	2.3	2.2	3.0%	2.0%	5.4	93.6	9.2%
	20	1,678.6	144.8	88.3	301.4	2.2	2.2	2.9%	2.9%	13.5	82.3	10.8%
30 UPS	5	496.1	162.1	114.5	358.9	2.2	2.0	2.7%	2.1%	5.9	98.0	9.7%
	10	888.0	162.1	111.0	346.5	2.0	1.9	2.7%	2.1%	5.8	94.6	9.6%
	20	534.3	156.3	100.2	308.0	7.4	2.7	2.6%	2.0%	7.3	84.1	9.0%
0 UPS	60	2,499.8	134.4	71.2	229.4	2.6	2.0	2.9%	2.3%	7.3	62.6	8.6%

UPS=Unidades prácticas de sal; FAC=Factor de conversión alimenticia; FACA=Factor de conversión alimenticia ajustada; FC=Factor de condición; TEC=Tasa específica de crecimiento; CR=Crecimiento relativo; CA =Crecimiento absoluto; CCT=Coefficiente de crecimiento térmico.

Fuente: elaboración propia

En los peces el FA determina la característica de salud, producción y calidad del hábitat. Los peces con FA menor de 2.5 significa que son animales de mayor longitud y menor peso con un crecimiento alométrico negativo. Los peces con FAC entre 2.5 y 3.5 son animales que presentan una relación isométrica entre el peso y la longitud, es decir, el tamaño del pez es relativo a su peso. El tamaño corporal no tiene una relación con la edad ni tampoco posee un máximo definido (Felipa, Blas, & Alcántara, 2016), debido a esto las tasas de crecimiento de las poblaciones de las tilapias manejados en el experimento fueron diferentes en los tratamientos de las salinidades.

En la tasa específica de crecimiento (TEC) no se encontraron diferencias estadísticas entre todos los tratamientos, los peces presentaron en promedio entre un 14 y 15% de la tasa específica de crecimiento entre los tratamientos de salinidad y densidad de siembra, pero estos valores no fueron estadísticamente significativos ($P > 0.482$). Las concentraciones de salinidad y las densidades de siembra no influyeron en el crecimiento porcentual de los peces por día. La TEC es muy utilizada por los productores, ya que permite proyectar la velocidad y el crecimiento en un tiempo determinado un cultivo de peces. A medida que un pez crece la TEC disminuye, la necesidad de energía para mantener sus funciones metabólicas es mayor con relación a la edad del pez, peces de menor tamaño demandan menor consumo de energía, pero alto contenido de proteína que estimula el crecimiento en los peces (Cho & Talbot, 2016).

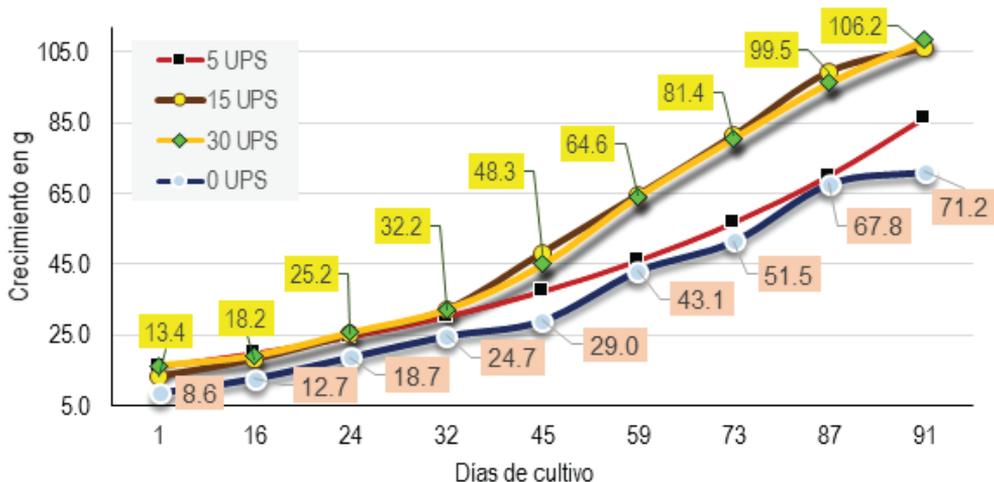
Con el coeficiente de crecimiento térmico (CCT) no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos ($P > 0.1474$), la temperatura del agua no presentó ningún efecto en los peces según los tratamientos de las concentraciones de salinidad (5, 15 y 30 UPS) y la densidad de siembra (5, 10 y 20 peces/m³). El CCT en los peces presentó un rango entre el 8 al 10% entre todos los tratamientos, siendo estas diferencias no significativas.

En el crecimiento relativo no se encontraron diferencias estadísticas, los peces presentaron el mismo comportamiento en crecimiento en todos los tratamientos ($P > 0.218$), no influyó el efecto de la salinidad ni la densidad, a pesar de que, al incrementar la densidad de organismos, la captura de alimento por área aumenta y la disponibilidad disminuye (Muñoz, 2013). Cuando la cantidad de alimento está disponible para todos los peces, el oxígeno disuelto baja por la materia orgánica presente como producto de los desechos provocados por el alimento, siendo el impacto final que los peces reducen su tasa de crecimiento (Cho & Talbot, 2016). Los peces pequeños tienen un potencial de crecimiento relativo alto, pero bajo potencial de crecimiento absoluto, en peces grandes es lo contrario (Alamar, Estruch, & Pastor,

2001). El pez al ser de tamaño pequeño el porcentaje de incremento de peso es mayor en comparación cuando el pez es adulto.

En los registros de crecimientos quincenales se encontraron deferencias significativas ($P < 0.0001$) entre los tratamientos, los peces que mostraron la mayor ganancia de peso quincenal fueron los manejados a 15 y 30 UPS, y en las densidades de siembra los de crecimiento favorables fueron los manejados a 5 y 10 peces/m³ (Fig. 1). A pesar de que en los indicadores de desempeño demuestran que la salinidad y la población de peces por área no influyen en el incremento porcentual diario, la ganancia de peso quincenal demostró que los peces más favorecidos fueron los que se manejaron en las salinidades de 15 y 30 UPS y en las densidades de organismo más baja, por ser estos valores acumulativos y no individuales o diarios como lo presentan los indicadores de desempeño.

Figura 1. Ganancia de peso quincenal en gramos de tilapias cultivadas en las salinidades de 5, 15 y 30 UPS durante 90 días en Choluteca, Honduras en época seca



Fuente: elaboración propia

Los peces manejados en las salinidades de 15 y 30 UPS durante los muestreos se observaron con mejores características de salud, la salinidad en el agua provoca en el pez un ambiente aséptico que controla organismos patógenos y la presencia de estos organismos influye en el crecimiento del pez (Egna & Boyd, 1997). En los peces cultivados a 5 UPS se observó una mayor población de algas en el agua y más producción de materia orgánica en descomposición. La materia orgánica en descom-

posición afecta el estado de salud de los cultivos acuícolas al producirse contaminantes tóxicos como el amonio y amoníaco, el pH se reduce, y estas condiciones provocan estrés en los peces (Boyd, 1990).

Relación biométrica

La relación entre longitud del pez (mm) y su peso (g) fue más favorable en los animales manejados a 15 y 30 UPS. La ecuación de regresión para predecir el peso del pez en función de su longitud fue de $y = 32.885\ln(x) + 0.2006$ con un $R^2 = 0.9901$ en los peces manejados a 15 UPS. Los peces que toleraron la salinidad a 30 UPS la ecuación de regresión encontrada fue de $y = 38.446\ln(x) - 21.222$ con un $R^2 = 0.9889$; en los peces que estuvieron a 5 UPS la ecuación para predecir el peso en función de la longitud en mm fue de $y = 41.385x0.3033$ y un $R^2 = 0.9744$, Debido al alto valor que tiene el factor de determinación (R^2) que superan el 0.95, todas estas ecuaciones son confiables, y que sirven para estimar los pesos de las tilapias contando solo con la longitud del animal manejado en estas condiciones.

Igual comportamiento se observó en los peces manejados a diferentes densidades, los que presentaron un mejor crecimiento en longitud y peso fueron los tratamientos de 5 y 10 peces/m³, la relación biométrica fue casi precisa al contar con valores del factor de determinación superior al 0.95

Supervivencia

Estadísticamente no se encontró diferencias concluyentes en la tasa de supervivencia de las tilapias en todos los tratamientos ($P > 0.1036$), las mortalidades observadas no tuvieron influencia por el efecto de los tratamientos, los peces fueron tolerantes a las diferentes concentraciones de salinidad y el registro de las mayores mortalidades fueron en los días 75 y 90, sin embargo, estas mortalidades fueron provocadas por la pobre calidad del agua en donde se encontró altas concentraciones de amonio y producción de materia orgánica en descomposición en los peces con las concentraciones de salinidad de 30 y 5 UPS.

El tratamiento que presentó el mejor comportamiento fueron los organismos que estuvieron a 15 UPS, finalizando con supervivencia en promedio del 93%. Los peces manejados a 0 UPS mostraron la menor tasa de supervivencia, durante los 90 días del experimento estos peces registraron las mayores mortalidades por la alta tasa de descomposición de la materia orgánica.

CONCLUSIONES

Las tilapias manejadas a las concentraciones de 5, 15 y 30 UPS no se observó ningún efecto que influyera en el desempeño productivo durante los 90 días que estuvieron en cultivo ($P>0.05$). Los peces desarrollaron tolerancia a la salinidad y por los indicadores de desempeño encontrados como la ganancia diaria (mg/m^3), TEC, CR, FC, FCA, estos valores están dentro del rango de crecimiento normal de un cultivo de tilapia.

Los peces cultivados a las densidades de 5, 10 y 20 organismos/ m^3 presentaron resultados parecidos en los indicadores de desempeño tales como ganancia diaria (mg/m^3), TEC, CR, FC, FCA, en donde estadísticamente no hubo diferencias estadísticas concluyentes ($P>0.05$) en general en el experimento, la densidad poblacional de peces no influyó en el desempeño productivo de los peces.

En el crecimiento quincenal se observaron diferencias concluyentes en los peces manejados a las tres concentraciones de salinidad, los que tuvieron un crecimiento más favorable fueron las tilapias que estuvieron a 15 y 30 UPS con peso promedio final de 106 y 108 g respectivamente, los peces manejados a 5 UPS presentaron una mayor presencia de materia orgánica y sedimentos, y su descomposición puede influir en el crecimiento de los peces. En los peces cultivados a 5 y 10 organismos/ m^3 presentaron un mejor crecimiento que los manejados a 20/ m^3 con pesos finales promedio de 108.7, 103.5 y 89.2 g respectivamente ($P<0.0001$).

La relación biométrica que presentaron los peces entre todos los tratamientos fue isométrica, el tamaño que desarrollaron fue en proporción a su peso, generando que las ecuaciones para predecir el peso del pez en función de su longitud fueran de alta confiabilidad al detectar en el factor de determinación (R^2) valores superiores al 0.95 (95%). En este análisis se observó que los pesos y las longitudes más favorables fueron en los peces manejados a 15 y 30 UPS, y en las densidades de 5 y 10 organismos/ m^3 .

Las mejores supervivencias se encontraron en los peces que se cultivaron a 15 y 5 UPS, sin embargo, los resultados finales no fueron concluyentes ($P>0.1036$) debido a que en los muestreos quincenales las mortalidades encontradas fueron similares. La menor sobrevivencia se observó en los peces tratados como testigo a 0 UPS, y que coincide con la alta incidencia de producción de materia orgánica y sedimentos, que influyó en el estado de salud de los peces.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alamar, M., Estruch, V., & Pastor, J. (2001). Modelo aleatorio de crecimiento CCT biparamétrico. *Aquatic*(13), 129-137.
- Arana, L. V. (2010). *Calidad de agua y comunidades microbianas en el cultivo de camarones*. Santa Catarina, Brasil: Universidad Federal de Santa Catarina.
- Azevedo, R. V., Santos-Costas, K. D., Oliveira, K. F., López, F. F., & Teixeira, E. A. (2015). Responses of Nile tilapia to different levels of water salinity. *Latin American Journal of aquatic research*, 43(5), 828-835. Obtenido de Azevedo, R. V., Santos-Costa, K., Oliveira, K. F., Flores-López, F., Teixeira-Lana, E. A., & Tavares-Braga, L. G. (2015). Responses of nile tilapia to different levels of water salinity. *Latin American journal of aquatic research*, 43(5), 828-835. doi: 10.
- Banegas, C. O. (2007). Evaluación del desarrollo de la tilapia híbrida *Oreochromis mossambicus* (Peters) x *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) cultivada a salinidades de 17500, 3500 y 5250 ppm en Punta Ratón, Honduras. Zamorano, *Ciencia y Producción Agropecuaria*. Tegucigalpa, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Barreto-Curiel, F., Durazo, E., & Viana, M. T. (Agosto de 2015). Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. (U. A. California, Ed.) *Ciencias Marinas*, 41(3), 247-254. Recuperado el 6 de abril de 2016, de <http://dx.doi.org/10.7773/cm.v41i3.2526>
- BCH. (mayo de 2015). Banco Central de Honduras. Recuperado el 10 de abril de 2016, de Honduras en Cifras 2012-2014: http://www.bch.hn/download/honduras_en_cifras/hencifras2012_2014.pdf
- Boyd, C. E. (1990). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Brimingham, Alabama, United States of America: Brimingham Publishing Co.
- Cho, Y., & Talbot, C. (mayo de 2016). SGR y GF3 formas de estimar el crecimiento de nuestros peces. Obtenido de Señor Salmon: <http://senorsalmon.blogspot.com/2016/05/s-gr-y-gf3-formas-de-estimar-el.html>
- Cifuentes, R., Gónzales, J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P., & Habit, E. (2012). Relación longitud peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro. *Gayana*, 75(2), 101-110.
- Delgado, F. K., Collí, A. G., Cuevas, L. P., & García, M. U. (2009). Crecimiento compensatorio en tilapia *Oreochromis niloticus* posterior a su alimentación con harina de plátano. *AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA*, 13(2), 55-70.
- Egna, H., & Boyd, C. (1997). *Dynamics of pond aquaculture*. Florida, Estados Unidos: CRC Press.
- Felipa, G., Blas, W., & Alcantara, F. (2016). Relación longitud-peso, factor de condición y tabla estándar del peso de mil alevinos de gamitana riados en estanques artificiales. *Folia Amazonia*, 20(1), 17-24.
- Muñoz, D. E. (2013). *Comparación de la sobrevivencia y ganancia de peso de alevines de*

tilapia roja (Oreochromis sp.) sembrados a 1000, 3000 y 5000/m3. Tegucigalpa, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.

Poot, C. A., Salazar, R. A., & Hernández, M. F. (2009). 2º Congreso Internacional de Investigación. *Evaluación de dietas comerciales sobre el crecimiento de tilapia (Oreochromis niloticus), etapa crianza* (págs. 106-124). Chihuahua, México: Instituciones Tecnológicas del Estado de Chihuahua.

Tecún, Y. M. (2012). Evaluación de la reproducción y crecimiento de la tilapia roja en agua a 0, 10000, 20000 y 30000 ppm de sal. Zamorano, *Ciencia y Producción Agropecuaria*. Tegucigalpa, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.