



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Evaluación de la productividad de tilapia
(*Oreochromis niloticus*) con tres pesos iniciales y tres
densidades de siembra en un sistema de recirculación,
Managua, 2017-2018

Autores

Br. Elías Gilberto Hernández Lozano

Br. Hannia Desireé Fajardo Delgado

Asesores

Ing. Jolvín Mejía Fernández

Ing. José Pasteur parrales

Ing. Jhonny Maradiaga MSc

Managua, Nicaragua

Agosto, 2019.



"Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Zootecnia

TESIS

Evaluación de la productividad de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con tres pesos iniciales y tres densidades de siembra en un sistema de recirculación

Autores

Br. Elías Gilberto Hernández Lozano

Br. Hannia Desireé Fajardo Delgado

Tesis sometida al honorable tribunal examinador de la facultad de ciencia animal, de la Universidad Nacional Agraria para optar al grado de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

Managua, Nicaragua

Tesis sometida a la consideración del consejo de investigación, de la facultad de ciencia animal, de la Universidad Nacional Agraria para optar al grado:

INGENIERO ZOOTECNISTA

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Presidente

Ing. Rosario rodríguez Msc.

Secretario

Ing. Josué rocha Msc.

Vocal

Ing. Jerry vivas Msc.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	2
II.	OBJETIVOS	3
	2.1 Objetivo general	3
	2.2 Objetivos específicos.....	3
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	4
	3.1. Localización y fecha de estudio	4
	3.2 Duración del ensayo	4
	3.3 Diseño metodológico.....	4
	3.3.1 Preparación de los sistemas.....	4
	3.3.2 Preparación de los estanques y filtros	4
	3.3.3 Preparación del filtro biológico.....	5
	3.3.4 Manejo y alimentación de los peces.....	6
	3.4 Tratamientos en estudio	8
	3.5 Diseño experimental y análisis estadístico.....	9
	3.6 Variables evaluadas.....	9
	3.6.1 Ganancia Media Diaria (GMD).....	9
	3.6.2 Factor de conversión alimenticia (FCA).	10
	3.6.3 Mortalidad	10
	3.6.4 Supervivencia	10
	3.6.5 Productividad	10
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
	4.1 Crecimiento	11
	4.1.1. Peso total obtenido	11
	4.1.2 Ganancia media diaria (GMD).....	13
	4.2. Factor de conversión alimenticia (FCA).	16
	4.3 Análisis de comportamiento de calidad de agua	19
	4.3 Sobrevivencia.....	19
	4.4 Mortalidad.....	20
	4.5 Productividad	21
V.	CONCLUSIONES	23

VI. BIBLIOGRAFÍA	24
VII. ANEXOS	27

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de investigación, primeramente, a Dios el dador de la vida, porque sin el nada de esto fuese posible.

A mi padre Miguel Ángel Fajardo López y mis hermanas, Olanía Vanessa Fajardo Delgado y Mónica Fajardo Delgado, quienes siempre me brindaron su apoyo emocional y económico, y me guiaron por el camino del saber y del bien, por estar siempre dándome consejos, porque siempre lucharon para que pudiera alcanzar mis metas y mis más preciados anhelos.

A mi compañero de tesis Elías Gilberto Hernández Lozano, porque durante todo este proceso de este trabajo estuvo brindándome su confianza, paciencia y dedicación.

A mi asesor, por brindarnos su apoyo, y estar presente en este proceso investigativo.

A los maestros que a lo largo de la carrera nos brindaron de sus conocimientos.

Br. Hannia Desireé Fajardo Delgado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi madre, **Virginia Lozano** por criarme fuerte, independiente y libre...

A mi familia y amigos, que siempre creyeron en mí y estuvieron en cada paso que doy y cada tropiezo que tuve.

Br. Elías Gilberto Hernández Lozano

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad nacional Agraria por habernos acogido y brindado la oportunidad de formar parte de esta comunidad Universitaria y por todo el apoyo que nos brindaron durante nuestra formación.

A nuestro Tutor:

Ing. Jolvín Mejía Fernández por su apoyo, orientación y dedicación en la elaboración de mi tesis.

Ing. José Pasteur Parrales García y al Ing. Jhonny Maradiaga por su colaboración y orientación en la realización de nuestra tesis, que de no haber sido por su ayuda incondicional no hubiera sido posible la culminación de este estudio.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología agropecuaria (INTA –CNIA) por habernos brindado la oportunidad y los recursos para realizar este trabajo.

Al delegado del CNIA-INTA Pedro Pablo Benavidez por su apoyo y logísticas necesarias durante la etapa de campo, brindándonos su orientación.

Elías Gilberto Hernández y Hannia Desireé Fajardo.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tabla de alimentación	7
Cuadro 2. Análisis de varianza de incremento de peso para las combinaciones de densidad de siembra (DS) y peso inicial a la siembra (PI).	12
Cuadro 3. Análisis de varianza de GMD para las combinaciones de densidad de siembra (DS) y peso inicial a la siembra (PI).	15
Cuadro 4. Análisis de varianza de FCA para las combinaciones de densidad de siembra (DS) y peso inicial a la siembra (PI).	17

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Sistema de balsa flotante establecido en el ensayo	5
2. Peso promedio semanal para cada densidad de siembra	13
3. Ganancia media diaria semanal para cada densidad de siembra	14
4. FCA semanal para cada densidad de siembra	16
5. Supervivencia semanal para cada densidad de siembra	20
6. Mortalidad semanal para las cada densidades de siembra	21
7. Biomasa total para cada densidad de siembra	22

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la productividad de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con tres pesos iniciales en tres densidades de siembra en un sistema de recirculación y su efecto sobre el crecimiento (Ganancia media Diaria (GMD), peso total obtenido (PTO), Factor de Conversión alimenticia (FCA) así como su efecto sobre la mortalidad y supervivencia. Se utilizaron 324 tilapias de la línea Gift revertidos sexualmente a machos. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) distribuidos en tres tratamientos bloqueados por tres gradientes de peso. Los tratamientos fueron T1: 25 peces/m³, T2: 33 peces/m³, T3:50 peces/m³ y los bloques fueron los pesos de siembra B1: 13 gr, B2: 26 gr, B3: 38 gr. Los datos recolectados fueron analizados utilizando el Modelo Lineal bifactorial del paquete estadístico Infostat®, las comparaciones de medias por la prueba de Tukey., en el análisis del efecto combinado de densidad de siembra (DS) y peso de siembra (PS) se observó que la mayor ganancia en T3 y B3 esto se vio mayormente influenciado por el PS. La GMD se vio mayormente influenciada por la DS que por el PS presentando mejores valores (0.9 gr/pez/día) en T1 y B3. El FCA se vio influenciado de igual manera tanto por la DS como el PS presentando mejores resultados en T2 y B1 (1.39), no obstante, estos resultados fueron afectados por el consumo total de alimento en el ensayo. En cuanto a la supervivencia, se observó que, en función a la DS y PS, la que presento mayor porcentaje de sobrevivencia fue la combinación de T3 y B2, presentando diferencias ($p < 0.05$) con relación a las demás combinaciones, lo que implica que esta presento la mortalidad más baja. los datos de mortalidad se vieron afectados por la presencia de amoníaco. Con respecto a la biomasa, la densidad de 50 presento diferencias ($p < 0.05$) con relación a las densidades de siembra de 33 y 25 observándose así que la primera fue superior, sin embargo, no hubo diferencia ($p > 0.05$) entre la DS 33 y 25 entre las combinaciones la que presento mayor biomasa fue la T50 y B3.

Palabras claves: ganancia media diaria, factor de conversión alimenticia, sobrevivencia, mortalidad, densidad de siembra.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the productivity of tilapia (*Oreochromis niloticus*) with three initial weights at three planting densities in a recirculation system and its effect on growth (Average Daily Gain (ADG), Total Weight Obtained (TWO), Food Conversion Factor (FCF) as well as its effect on mortality and survival. 324 tilapia of the Gift line sexually reverted to males were used. A Completely Randomized Block design (CRB) distributed in three treatments blocked by three weight gradients was used. The treatments were T1: 25 fish / m³, T2: 33 fish / m³, T3: 50 fish / m³ and the blocks were planting weights B1: 13 gr, B2: 26 gr, B3: 38 gr. Data collected were analyzed using the bifactorial Linear Model (GLM) of the Infostat® statistical package, the comparisons of stockings by the Tukey test., in the analysis of the combined effect of seeding density (SD) and seeding weight (SW). it was observed that the greatest gain in T3 and B3 this was mostly influenced by the SD. The ADG was mostly influenced by the DS than by the SW presenting better values (0.9 gr / fish / day) in T1 and B3. The FCA was influenced in the same way by both the SD and the SW presenting better results in T2 and B1 (1.39), however, these results were affected by the total food consumption in the trial. Regarding survival, it was observed that, according to the DS and PS, the one that presented the highest percentage of survival was the combination of T3 and B2 in relation to the other combinations, which implies that this presented the lowest mortality. Mortality data were affected by the presence of ammonia. With respect to biomass, the density of 50 presented differences in relation to planting densities of 33 and 25, observing that the first was higher, however, there was no difference between the DS 33 and 25 between the combinations that presented the highest biomass was the T3 and B38.

Key words: average daily gain, food conversion factor, survival, mortality, planting density.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura sigue creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal, Sin embargo, este crecimiento tan acelerado del sector ha desencadenado una fuerte competencia por los recursos naturales (tierra y agua) y un incremento en el impacto ambiental (como se cita en Muñoz M 2012), debido principalmente a la gran cantidad de desechos descargados en los cuerpos de agua, ya que la acuicultura como otros sectores de producción animal genera abundantes desechos (Piedrahita, 2003). Tales desechos son responsables del deterioro en la calidad del agua dentro de un sistema de producción (Martins *et al.*, 2009) y en ocasiones su nivel es tan alto que puede llegar a niveles próximos a los manejados en las soluciones de nutrientes utilizadas en los sistemas de producción hidropónicos (Endut *et al.*, 2010).

De acuerdo con Ulloa *et al.* (2005), el sistema de recirculación acuapónico es una tecnología prometedora que puede definirse como un sistema de producción de alimentos que incorpora dos o más componentes (peces y vegetales o plantas) en un diseño basado en la recirculación de agua (Tyson *et al.*, 2004). En este sistema, los nutrientes que excretan directamente los organismos cultivados en la producción acuícola (peces, camarones, bivalvos) o que son generados por la descomposición microbiana de los desechos orgánicos, son absorbidos y utilizados como nutrientes por las plantas cultivadas hidropónicamente (Roosta y Hamidpour, 2011).

Es así como este modelo sirve para una producción sostenible de alimentos, de acuerdo con los principios de reutilización de aguas residuales, la integración de sistemas acuícola-agrícola en un policultivo que incrementa la diversidad y producción final, y la posibilidad de obtener productos “más sanos” con importantes impactos socioeconómicos a nivel local (Graber y Junge, 2009).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Analizar la productividad de tilapia para tres pesos iniciales y tres densidades de siembra bajo un sistema de recirculación.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar en las tres densidades con tres pesos iniciales propuestos el peso promedio, la velocidad de crecimiento y el factor de conversión alimenticia.
- Cuantificar la mortalidad y supervivencia para cada densidad y peso de siembra y su interacción.
- Analizar la productividad para cada combinación de densidad y peso inicial de siembra.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y fecha de estudio

El ensayo se desarrolló en CNIA (Centro Nacional de Investigación Agropecuaria), en el departamento de Managua, Nicaragua, Las coordenadas geográficas de las instalaciones son: 12° 08'14'' latitud norte y 12° 8'14'' longitud oeste, con una elevación de 61 m.s.n.m. La precipitación promedio anual es de 1,256 mm, la temperatura promedio anual es de 27°C. (INETER, 201)

3.2 Duración del ensayo

El ensayo duró un total de 101 días, iniciando el 27 de octubre de 2017 y finalizando el 5 de febrero del 2018.

3.3 Diseño metodológico

El estudio se realizó bajo la protección de un área de tipo invernadero para evitar la entrada de insectos y disminuir en un 25 % la entrada de la luz solar, de esta manera bajar un poco las temperaturas.

3.3.1 Preparación de los sistemas.

Los sistemas estaban integrados por los estanques de los peces, peces, alimento, el filtro biológico integrado por recipientes, tapones plásticos, colonias de bacteria y plantas, la recirculación de agua integrada por bombas de agua y tubería de recirculación. Ver figura 1.

3.3.2 Preparación de los estanques y filtros

El estudio se desarrolló en recipientes plásticos con capacidad de 1000 litros de agua las cuales contuvieron los peces de las diferentes densidades de siembra, estos estaban conectadas por un tubo PVC de 2 pulgadas a 2 barriles de capacidad de 150 litros de agua, los cuales hacían función de sedimentador (recipiente donde se precipitaran los sólidos provenientes del estanque de los peces) y clarificador (es el que está libre de sedimento el cual contiene los nutrientes productos de la descomposición bacteriana proveniente del sedimentador) el que a su vez están conectados a una cama de siembra por medio de caída libre de agua con salida de tubos de 2 pulgadas de diámetro. En el clarificador se colocaron tapones y botellas cortadas en espiral las cuales funcionaban con el objeto de aumentar la superficie para el crecimiento bacteriano en cual se desarrollaban bacterias del tipo

nitrossoma y *nitrobacter* que descomponen el amoniac (toxico en bajas concentraciones) procedente de las deyecciones de los peces en nitrito y nitratos que serán absorbidos posteriormente por las plantas. (Tyson,*et al*, 2004).

3.3.3 Preparación del filtro biológico

Se estableció la cama hidropónica denominada así el lugar donde se establecieron las plantas las cuales fueron armadas con madera con área de 2.95 metros cuadrados o dimensiones de 4 pies de ancho por 8 pies de largo y 1 pie de altura, recubierto con plástico negro de calibre 1000. Se estableció el cultivo de yerbabuena (*Mentha spicata*), para cada densidad de siembra de peces se utilizó 2 -3 plantas por pez. El sistema que se utilizó en la parte de las plantas fue el sistema de raíz flotante colocada en una balsa de polietileno (poroplast) que sirve de soporte a las plantas, las plantas se colocaron en esponjas de manera de sustrato dentro de vasos de polietileno de 4 oz. (ver figura 1).

Estas plantas cumplieron una función de filtro biológico, absorbiendo los desechos metabólicos de los peces anteriormente transformados a nitritos y nitratos (por acción de bacterias *nitrossoma* y *nitrobacter*) para evitar que estos alcancen concentraciones toxicas en el sistema. (Tyson,*et al*, 2004).

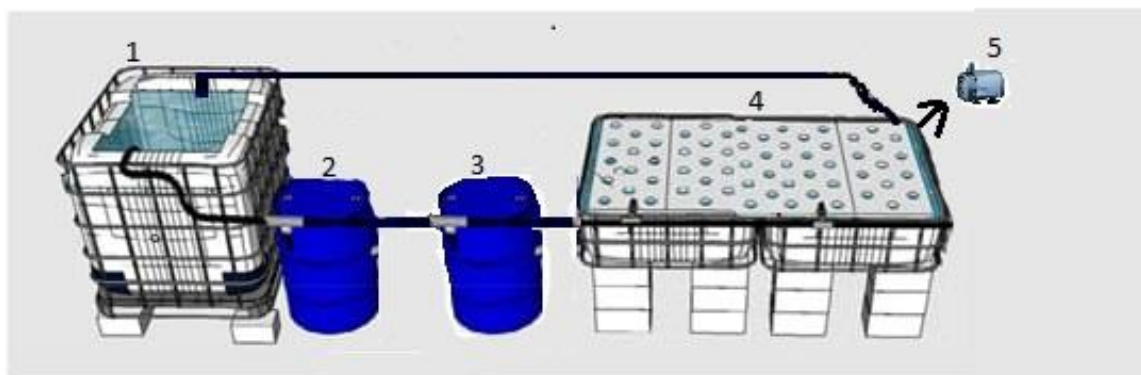


Figura 1. Sistema de balsa flotante establecido en el ensayo.

Dónde: 1: Estanque con peces. 2: Sedimentador. 3: Clarificador. 4: Banco de cultivo 5: Retorno de agua al estanque con peces.

Las plantas de yerbabuena (*mentha spicata*) que se establecieron en el sistema de manera de filtro biológico, se mantuvo su población constante por medio de trasplante de material vegetativo, esperando a que estos desarrollen sus raíces. De manera de retorno de agua se utilizaron bombas de 11 watts de potencia y caudal de 491L/H las cuales estaban conectados a una manguera ½ pulgadas de diámetro y de 5 metros de largo que extraían el agua de las camas de siembra y la dirigían hacia el estanque con los peces que terminaban en una sección de 30 cm de tubo PVC de ½ pulgadas con agujeros de manera de aspersor para oxigenar el estanque de peces.

3.3.4 Manejo y alimentación de los peces

Los sistemas establecidos se llenaron las camas y estanques con agua procedente de pozos subterráneos del CNIA, se introdujeron las bombas de 11 watts con funcionamiento de 24 horas para suministrar oxígeno y realizar la circulación completa del agua por todos los componentes.

En la semana 7 hubo un desperfecto de la bomba por los cuales se cambiaron de lugar entre los estanques 7, 3, 5 y 2, en ese orden durante 8 días hasta conseguir los reemplazos.

Las tilapias se sembraron las tilapias (*Oreochromis niloticus*) en horas de la tarde en los estanques correspondientes en las diferentes densidades de siembra (25, 33 y 50 peces/m³) con los pesos promedios de 13, 26 y 38 gramos.

La alimentación de las tilapias se fue ajustando semanalmente tomando los datos obtenidos de la biomasa total de los estanques y la tabla de alimentación escogida para el ensayo. (Ver tabla 1)

El régimen alimenticio que se estableció fue el de 60% de ración diaria por la mañana (9am y 11 am) y 40% por la tarde (1pm y 3pm), cambiando la ración correspondiente a la semana tomando en cuenta el peso registrado y la tabla de alimentación establecida. Se utilizaron 2 tipos de alimento; de 45% de proteína (en harina) y de 38% de proteína (peletizado), estos dos elaborados en la Universidad Nacional Agraria por el Ing. Johnny Madariaga MSC.

La ración diaria se ajustaba semanalmente utilizando la fórmula:

$$RD = Bx \%A/100.$$

Donde **B** es la biomasa total y %A es el porcentaje de la ración en la tabla de alimentación establecido.

Durante las primeras 8 semanas del ensayo se utilizó alimento al 45% de proteína en presentación de harina y en las 8 semanas posteriores se utilizó alimento al 38% de proteína con presentación de pellet. De los cuales el primero fue utilizado 18.35 kg, y del segundo 27.08 kg. Este cambio se dio por la falta del primer tipo de alimento en la planta de procesamiento.

Las tilapias pesaron las semanalmente con una balanza electrónica (PCE PS 6000 ± 0,2gr con capacidad de 2000 gr). Sin embargo, el periodo de toma de muestra no permaneció constante debido al difícil acceso a las instalaciones después de actividades festivas teniendo un intervalo de 8 días en las semanas 5 y 9; y 6 días en las semanas 6 y 10.

Cuadro 1. Alimentación por peso vivo.

Peso promedio del pez en gramos	Ración alimenticia %
Menos 10	5
25	4.5
50	3.7
75	3.4
100	3.2
150	3
200	2.8
250	2.5
300	2.3
400	2
500	1.7

Ración de alimento recomendada en relación al peso. Saavedra (2006).

Semanalmente se realizó un sifonado del sistema, que consistía extraer el exceso de residuos sólidos (20 lts) extraídos del sedimentador y clarificador, presentes en el mismo para evitar que las raíces de las plantas se ensucien. Se revisaron diariamente todos los estanques antes de su primer tiempo de alimentación con el objetivo de encontrar casualidades de mortalidad y extraerlas.

Los datos del parámetro de turbidez se obtuvieron con el uso de un disco CECHI, con el objetivo de determinar la cantidad de algas en el estanque de los peces y comprobar la eficiencia del filtro mecánico y biológico.

Los sistemas que presentaban pérdidas de agua (por fugas o evaporación y por sifonado) se rellenaron semanalmente con agua procedente de pozos del CNIA.

En la semana 15 los peces fueron extraídos en su totalidad de sus estanques con tarrayas, posteriormente pesados durante las horas de la mañana para cuantificar el crecimiento final.

3.4 Tratamientos en estudio

Se utilizaron tres tratamientos distribuidos completamente al azar en tres bloques.

Tratamiento 1: densidad de siembra de 25 peces/m³.

Tratamiento 2: densidad de siembra de 33 peces/m³.

Tratamiento 3: densidad de siembra de 50 peces/m³.

B1: es el bloque con peso de 13 gramos

B2: bloque de peces con peso de 26 gramos

B3: bloque de peces con pesos de 38 gramos.

3.5 Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizaron 324 tilapias de la línea Gift revertidos sexualmente a machos, los cuales fueron distribuidos aleatoriamente mediante un diseño de bloques completamente aleatorizados (BCA) en tres tratamientos bloqueados por gradiente de pesos.

Los datos recolectados fueron analizados utilizando el Modelo Lineal Bifactorial del paquete estadístico Infostat®. El procedimiento de comparación de medias por la prueba de Tuckey. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$i = 1, 2, 3 \dots a$ = niveles del factor A.

$j = 1, 2, 3 \dots b$ = niveles del factor B.

$K = 1, 2, 3 \dots n$ = repeticiones o bloques.

Y_{ijk} = La k-ésima observación del i-ésimo tratamiento.

μ = estima a la media poblacional.

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento nivel del factor A.

β_j = Efecto debido del j-ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de interacción entre los factores A y B.

ρ_k = efecto del k-ésimo bloque.

ε_{ijk} = efecto aleatorio de variación.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Ganancia Media Diaria (GMD).

Para obtener la ganancia media diaria (GMD) se procedió al pesaje semanal, el cual se tomaba el 20% de la población por tratamiento de manera al azar. Fue estimada por la diferencia entre el peso final y el peso inicial, expresada en gramos, dividido entre la duración del experimento expresada en días.

$$\text{GMD} = \text{Peso Final (g)} - \text{Peso Inicial (g)} / \text{duración del Experimento}$$

3.6.2 Factor de conversión alimenticia (FCA).

Se estimó mediante la relación total del alimento consumido dividido entre la ganancia de peso.

$$\text{FCA} = \text{total alimento consumido (g)} / \text{ganancia de peso (g)}$$

3.6.3 Mortalidad

Se estimó tomando la cantidad de decesos entre la población inicial por 100.

$$\% \text{Mort} = \text{peces muertos} / \text{población inicial} * 100$$

3.6.4 Supervivencia

Se evaluó tomando la cantidad de peces supervivientes entre la población inicial por 100.

$$\% \text{S} = \text{peces vivos} / \text{población inicial} * 100$$

3.6.5 Productividad

Se estimó tomando el total de peces vivos al final del ensayo por el peso. (También llamada biomasa final).

$$\text{P} = \text{peces vivos} * \text{peso (gr)}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Crecimiento

El factor a tomar en cuenta fue comprobar la interacción entre el peso inicial de siembra y la densidad de siembra establecida en el ensayo y su efecto en el incremento total de peso de los peces, así como su velocidad de crecimiento.

4.1.1. Peso total obtenido

Con respecto al peso total obtenido total de los peces en función de la densidad de siembra se registró que para las densidades de 33 y 25 los resultados obtenidos demostraron que no existe estadísticamente variaciones significativas ($p>0.05$), como se puede observar en la Anexo 1, sin embargo, para la densidad de 50 el peso registrado en relación a las densidades de 25 y 33, si registró una variación significativa ($p<0.05$), resultando inferior.

En cuanto al peso total obtenido en función del peso inicial de siembra se observó que existe una correlación positiva entre ambas variables, es decir a mayor peso inicial de siembra mayor peso total, sin embargo, no existe un comportamiento directamente proporcional, encontrando que mientras el peso inicial de siembra se incrementó en un 100%, de un tratamiento a otro, el peso total obtenido creció apenas un 19% entre un tratamiento y otro, como se puede observar en el Anexo 2.

El análisis correspondiente del efecto combinado del peso inicial y densidad de siembra sobre peso final obtenido presentó de forma general el valor más alto cuando la densidad de siembra y el peso inicial fueron mayor, sin embargo se pudo observar que independientemente de la siembra, el peso total obtenido fue mayor en todos los tratamientos donde el peso inicial de siembra fue más alto, lo cual quiere decir que el efecto combinado de ambas variables (densidad de siembra y peso inicial) se vio más influenciado por el peso inicial que por la densidad.

No obstante, lo anterior se observó que en las densidades extremas (50 y 25), con pesos iniciales de siembra alto, los pesos totales obtenidos no sufrieron variaciones muy significativas entre sí ($p>0.05$). (Ver cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza de incremento de peso para las combinaciones de densidad de siembra (DS) y peso inicial a la siembra (PI).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05251					
Error: 39.9908 gl: 251					
Densidad (peces/m ³)	Peso inicial (gr)	Medias	Numero de muestras	Error estándar	N.S
50	38	124.3	38	1.03	A
25	26	117.1	18	1.49	B
33	38	113.64	26	1.24	B
25	38	112.37	20	1.41	B
33	26	99.24	25	1.26	C
33	13	98.64	29	1.17	C
50	26	83.94	46	0.93	D
25	13	81.37	20	1.41	D
50	13	72.04	38	01.03	E
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

García-Ulloa, M.; León, C. y Hernández, F (2005) al evaluar tilapias (*oreochromis mossambicus*) con peso inicial de 90 gr a una densidad de 0.6 peces/litro en un sistema acuapónico durante 75 días obtuvo una ganancia de 25 gr, siendo este comportamiento inferior al encontrado en el presente trabajo.

Juárez Carballo L. (2016) en su estudio de tilapias de un peso inicial de 7.1 gr con una densidad de 45 peces/m³ en un sistema recirculación en un periodo de 120 días presentó un incremento de peso de 100.3 gr, siendo este comportamiento similar al encontrado en el presente trabajo.

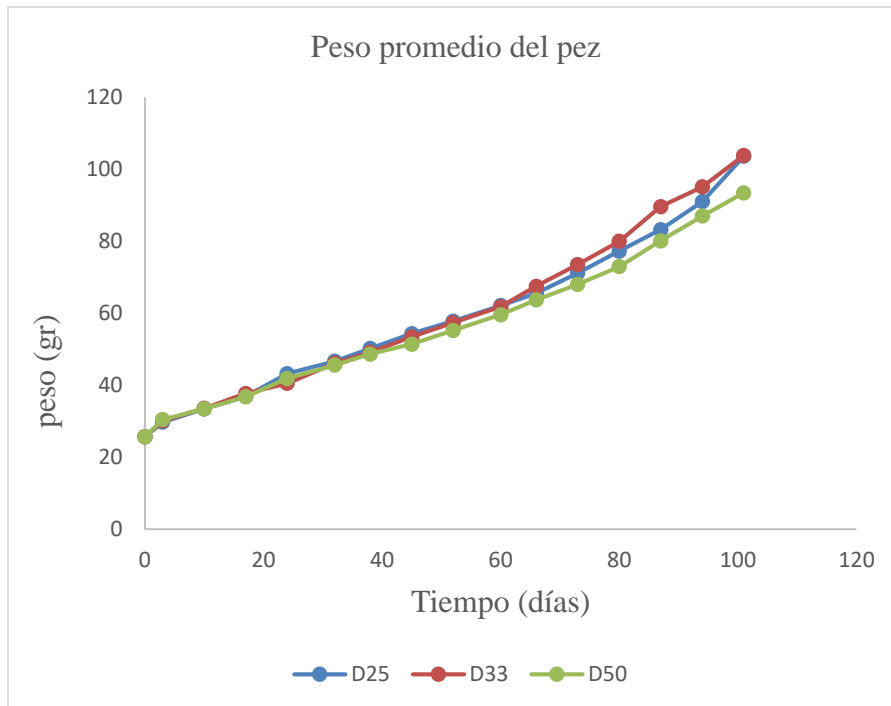


Figura 2. Peso promedio semanal para cada densidad de siembra (25, 33, 50 peces/m³).

4.1.2 Ganancia media diaria (GMD)

Referente a la ganancia media diaria en función de la densidad de siembra se observó que para las densidades de 33 y 25 los resultados obtenidos indican que no existe estadísticamente variaciones significativas ($p > 0.05$), como se aprecia en el Anexo 3, sin embargo, para la densidad de 50 la GMD en relación a las densidades de 25 y 33, si registró una variación significativa ($p < 0.05$), resultando inferior. (Ver Anexo 3).

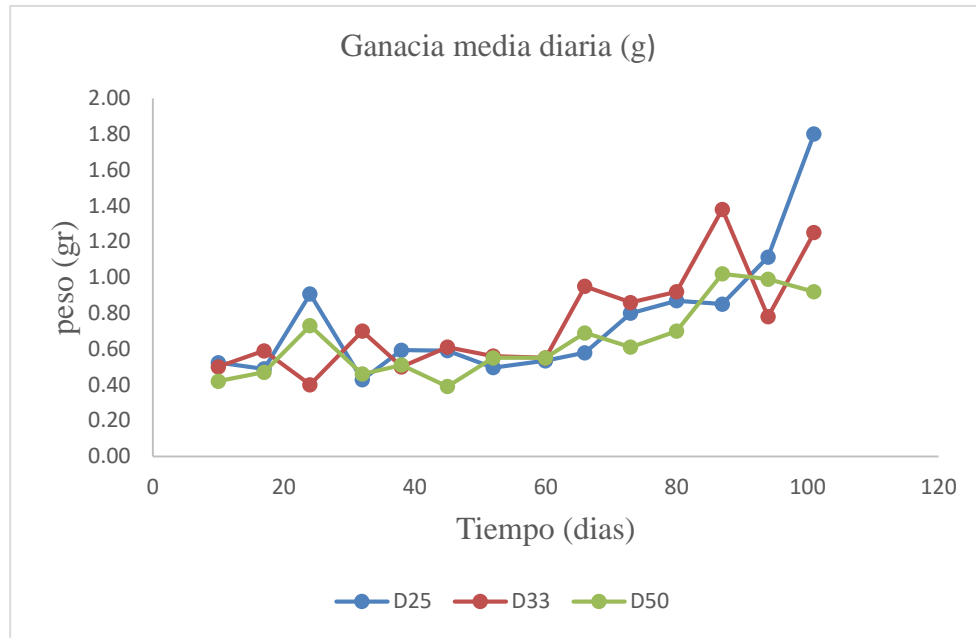


Figura 3. Ganancia media diaria semanal para cada densidad de siembra (25, 33 y 50 peces/ m^3).

En cuanto a la ganancia media diaria en función del peso inicial de siembra se observó que existe una correlación positiva entre ambas variables, es decir a mayor peso inicial de siembra mayor ganancia de peso (gr/pez/día), no obstante no describe un comportamiento directamente proporcional, encontrando que mientras el peso inicial de siembra se incrementó en un 100%, de un tratamiento a otro, la GMD tuvo un aumento a penas de entre 4-6% entre un tratamiento y otro, como se aprecia en el Anexo 4.

El análisis del efecto combinado de densidad de siembra y peso inicial de siembra sobre la GMD presentó valores más altos cuando la densidad de siembra fue menor y el peso inicial a la siembra en un valor medio, además se encontró que a mayor peso inicial a la siembra hubo mayor GMD, sin embargo se pudo observar que los valores más altos se obtuvieron en densidades bajas o rango medio, diciendo así que el efecto combinado de estas variables se vio mayormente influenciado por la densidad de siembra que por el peso inicial, como se aprecia en el Cuadro 4.

Sin embargo, la ganancia media diaria se vio afectada debido a que no se alimentó los fines de semanas ni los días festivos por el difícil acceso a las instalaciones. Saavedra (2006) menciona que cuando los peces son sometidos a ayuno, el crecimiento de estos es negativo por lo tanto pierde peso.

Flores, O. L. y Madrid J. R. (2013) en su investigación de comparación de cultivares de lechuga en un sistema acuapónico obtuvieron una GMD de 2.7 gr/pez/día, siendo estos datos superiores a los datos obtenidos de todas las combinaciones de DS y PI, sin embargo, se asemejan a los resultados obtenidos por Grande Zometa y luna vega (2010) de 1.15 g g/día. Ambos estudios se realizaron con tilapias en sistemas de recirculación acuapónicos.

Cuadro 4. Análisis de varianza de ganancia media diaria para las combinaciones de densidad de siembra (DS) y peso inicial a la siembra (PI).

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05251					
<i>Error: 0.0039 gl: 251</i>					
Densidad (peces/m3)	Peso inicial (gr)	Medias	Numero de muestras	Error estándar	N.S
25	26	0.9	18	0.1	A
50	38	0.85	38	0.1	A B
33	13	0.85	29	0.1	B
33	38	0.75	26	0.1	C
25	38	0.74	20	0.1	C
33	26	0.73	25	0.1	C D
25	13	0.68	20	0.1	D
50	13	0.58	38	01	E
50	26	0.57	46	0.1	E
<i>Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)</i>					

4.2. Factor de conversión alimenticia (FCA).

El análisis del FCA para las tres densidades de siembra establecidas fue similar describiendo la gráfica de tendencia normal para la especie en la figura 4.

El análisis de FCA en función de la densidad de siembra demostraron que las tres densidades estudiadas mostraron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), diciendo así que la densidad de 25 peces/m³ fue superior en relación a las densidades de 33 y 50, estas también mostraron diferencias ($p < 0.05$) entre sí (ver anexo 5).

Con respecto a los pesos iniciales, registraron diferencias ($p < 0.05$) entre sí mostrando superioridad del peso inicial a la siembra de 13 gramos en relación a los pesos de 38 y 26 gr, como se aprecia en el Anexo 6. Saavedra (2006) menciona que los mejores valores se encuentran en peces jóvenes y el FCA aumenta lentamente con la edad del pez hasta tender a más cuando el pez alcanza su peso máximo y deja de crecer. Por lo que podemos decir que se cumplió con las expectativas biológicas.

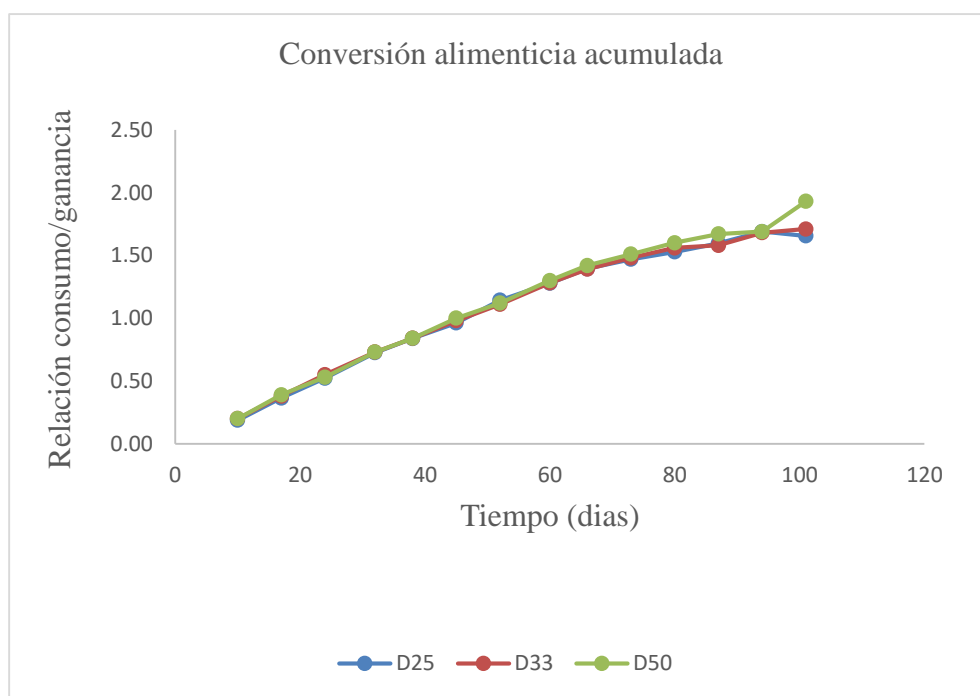


Figura 4. FCA semanal para cada densidad de siembra (25, 33 y 50 peces/m³).

La evaluación del efecto combinado de densidad de siembra y peso inicial sobre el FCA de presentó los mejores valores cuando la densidad estuvo en un rango medio y el peso más bajo, sin embargo, el FCA se vio influenciado igualmente influenciado tanto por la densidad de siembra como por el peso inicial mostrando que los mejores resultados se presentaron en densidades bajas con pesos iniciales bajos. (Ver cuadro 5).

No obstante, el suministro total de alimento afecto los datos de FCA, ya que hubo días en los que no fue posible alimentar (como se explica en el anterior acápite), la relación entre el suministro de alimento y el crecimiento hizo que se obtuvieran valores bajos.

Los valores obtenidos de la combinación de DS 33 y PI 13 de 1.39 (cuadro 4.) para el FCA son superiores a los obtenidos por Juárez L. (2016) de 1.41 y Racocy y colaboradores (2000) de 1.41. Además, fue claramente superior a los resultados presentados por Flores o. y Madrid J. (2013) los cuales reportaron 2.8.

García (2014) menciona que un FCA mayor a dos indica una baja eficiencia de los peces en convertir el alimento en biomasa y lo ideal es que este se aproxime a uno. Teniendo en cuenta lo anterior podemos decir que la eficiencia de los peces en el presente estudio fue satisfactoria.

Cuadro 5. Análisis de varianza de factor de conversión alimenticia para las combinaciones de densidad de siembra (DS) y peso inicial a la siembra (PI).

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05251					
Error: 0.0141 gl: 251					
Densidad (peces/m ³)	Peso inicial (gr)	Medias	Numero de muestras	Error estándar	N.S
50	13	2.07	38	0.02	A
33	26	2.00	25	0.02	A B
50	26	1.92	46	0.02	B C
50	38	1.83	38	0.02	C D
25	38	1.79	20	0.03	D
33	38	1.77	26	0.02	D
25	26	1.65	18	0.03	E
25	13	1.55	20	0.03	E
33	13	1.39	29	0.02	F
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)					

4.3 Análisis de comportamiento de calidad de agua

Durante las 15 semanas de estudio, la turbidez permaneció en un rango de 45 a 50 cm que son parámetros normales en engorde de peces (como se cita en Barahona y castillo, 2011). La recirculación de todo el sistema se daba cada 4.01 horas (5.98 veces en el día).

En cuanto al oxígeno no se realizó medición pero por observación se puede inferir que se mantenía en un rango óptimo para los peces ya que no se encontró bajo consumo de alimento y podíamos observar que los peces comían a la primera vez que les dábamos el alimento, El oxígeno es el parámetro químico que incide en forma determinante sobre la calidad del agua, dado que en su ausencia, es cuando más rápidos y drásticos efectos produce (los peces pueden morir en horas), así como también a bajas concentraciones, puede disminuir considerablemente el proceso de nitrificación, no llegando a completarse (Candarle, s.f).

El agua fue tomada del sistema de agua de pozo del INTA, aunque no fue objeto de estudio se pudo comprobar que esta pese a sus características (con alto contenido de carbonato de calcio) no afecta a los peces en estudio ni al filtro biológico debido a que durante la nitrificación del nitrógeno amoniacal total se produce ácido nítrico y este compuesto ayudara a mantener el pH en valores aceptables (como se cita en Candarle, s.f).

4.3 Sobrevivencia

El ensayo registro una media de supervivencia similar para las 3 densidades de siembra (25, 33 y 50 peces/m³), la densidad de 50 peces/m³ mostró superioridad desde el día 40 al final del ensayo sin embargo la mortalidad de esta densidad se elevó debido al estrés de los peces causado por la cosecha,

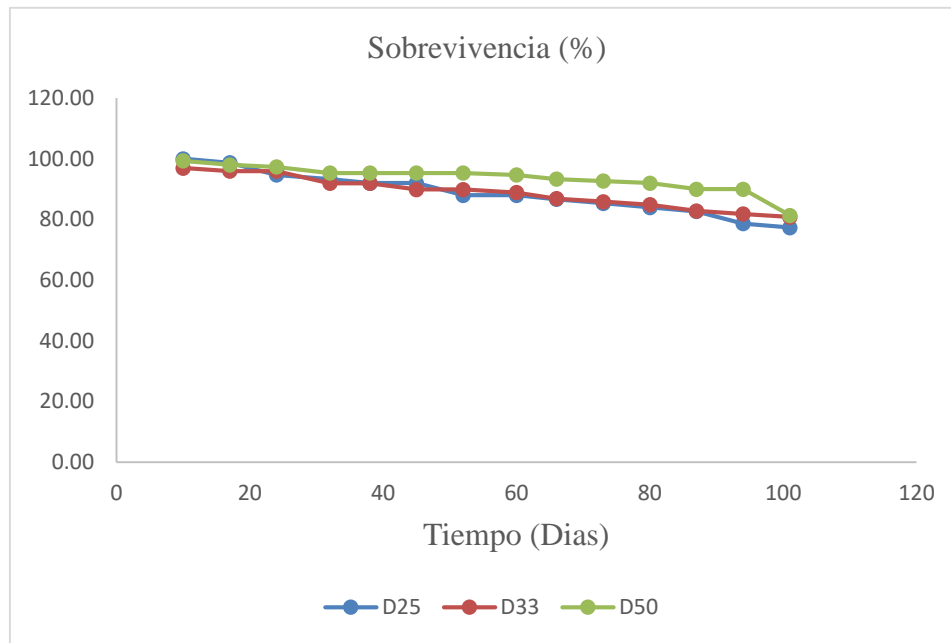


Figura 5. Sobrevivencia semanal para cada densidad de siembra (25,33 y 50 peces/m³).

Consideramos que el valor porcentual bajo fue debido a que se trabajó con poblaciones pequeñas durante el ensayo ya que el porcentaje de sobrevivencia en sistemas acuapónico es del 89- 98% (Juárez L. 2016).

4.4 Mortalidad

Con respecto a la mortalidad, observamos que entre la combinación de densidad de peso y densidad de siembra quien presento mayor mortalidad fue la densidad de siembra de 25, la literatura cita que entre menor sea la densidad de siembra, menor seria la mortalidad, consideramos que en este trabajo investigativo se presentó de esa manera por problemas de altas concentraciones de amoniaco y baja oxigenación, sin embargo, no tuvimos los equipos necesarios para realizar la toma de estos datos.

Regalado (2013) menciona que al evaluar la mortalidad de tilapia *Oreochromis niloticus* en un sistema de recirculación durante 77 días se obtuvo un porcentaje de mortalidad de 8 por ciento, donde el problema se dio por presencia de amoniaco por el tamaño de la bomba ya que no permitía que el agua circulara con normalidad siendo este porcentaje similar al presente trabajo.

Giraldo (2009) En términos generales la mortalidad en ambas poblaciones fue cercana al 15% siendo este porcentaje cercano al presente trabajo.

Saldaña Rojas (2017) es preciso resaltar que, durante el experimento en este trabajo de investigación, la mortalidad de los peces también estuvo relacionada con el funcionamiento y acople de equipos utilizados en los sistemas con una mortalidad del 19 al 23 % que se presentó en el día 108 de la investigación dicho dato que es similar al presente trabajo.

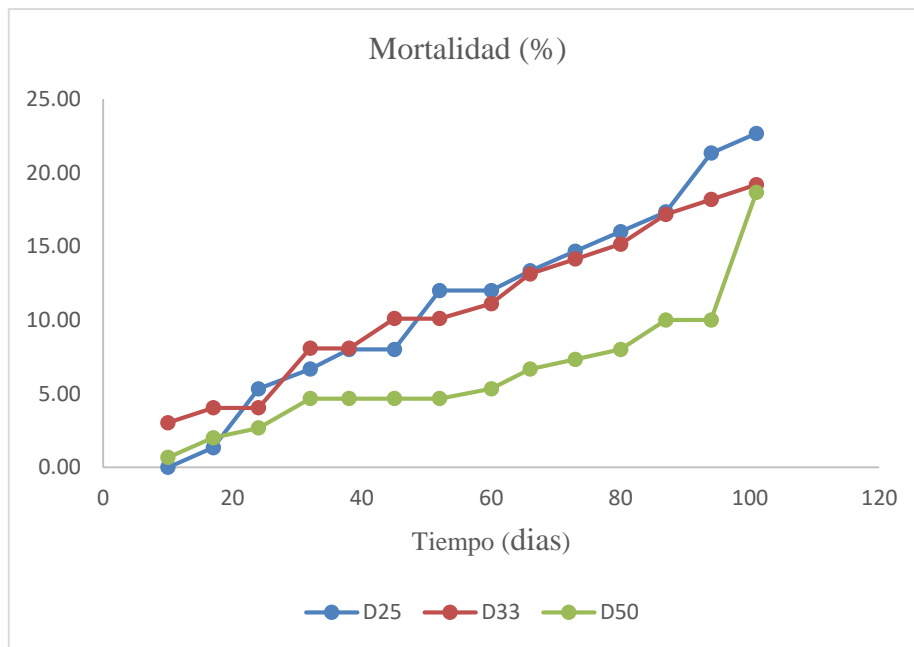


Figura 6. Mortalidad semanal para cada densidad de siembra (25,33 y 50 peces/m³)

4.5 Productividad

La producción de biomasa o productividad se vio en gran parte influenciada por el número de individuos estudio, por lo cual se esperaba que en las densidades más altas se mostrara a un mayor biomasa generada, Con respecto a la biomasa final registrada la biología dice que entre mayor sea la densidad de siembra mayor será la biomasa, con respecto a las densidades de siembra, la densidad siembra de 50 presentó diferencias ($p < 0.05$) con respecto biomasa en relación a las densidades de siembra 33 y 25, sin embargo, no hubo diferencias ($p > 0.05$) entre las densidades de siembra 33 y 25.

Espejo y Quevedo (2001) La duración del experimento fue de 180 días (levante: 120 días y finalización: 60 días). La recomendación sobre tasa y frecuencia de alimentación en producción convencional de tilapia nilótica con peso mayor a 150 g es de 2-3% de la biomasa, siendo similar($p < 0.05$) al presente trabajo.

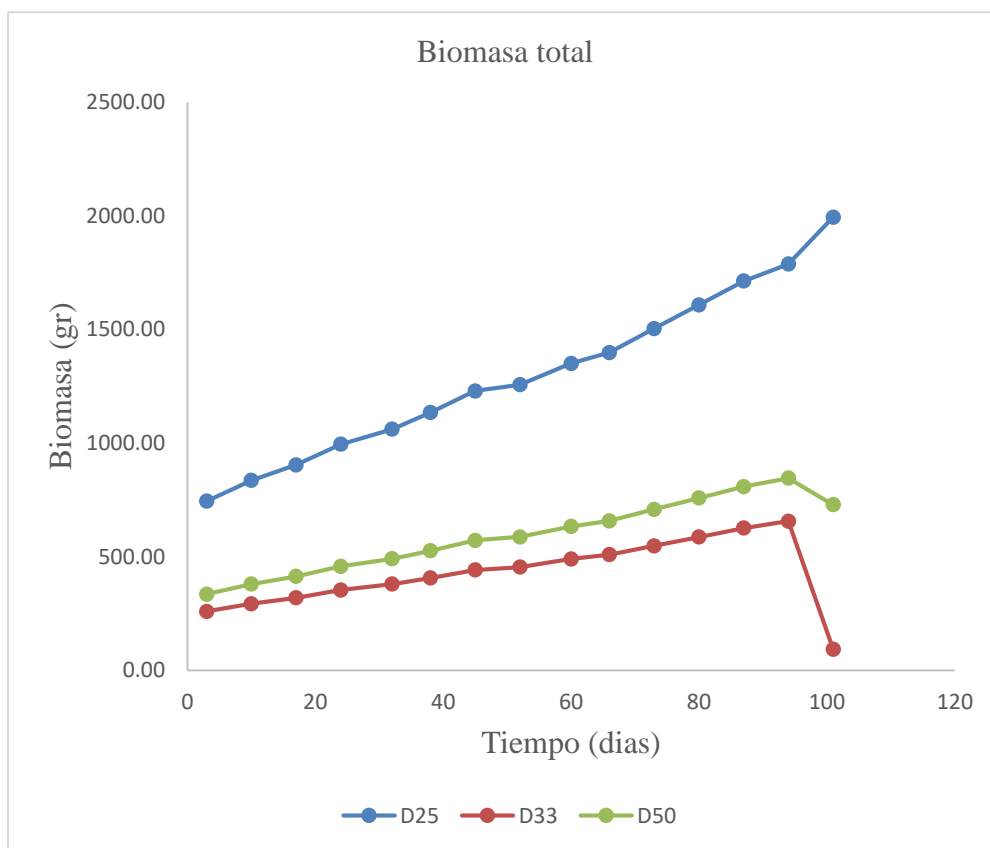


Figura 7. Biomasa total para cada densidad de siembra (25, 33 y 50 peces/m³).

V. CONCLUSIONES

- El análisis de varianza para el incremento de peso de los peces objeto del presente estudio presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los diferentes niveles de los factores de estudio (peso inicial de siembra y densidad de siembra), mostrando así que la combinación que registro valores superiores en relación con las demás fue la de densidad de 50 peces/m³ y 38 gramos de peso inicial a la siembra.
- Los resultados obtenidos del análisis de varianza para la ganancia media diaria entre los diferentes niveles de los factores de estudio indicaron que la combinación que presentó resultados mayores en relación con las demás fue la combinación de densidad de siembra 25 peces/m³ y peso inicial a la siembra de 26 gramos
- Al realizar el análisis de varianza del factor de conversión alimenticia los resultados indican que hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos y los diferentes niveles de los factores de estudio, demostrando que los peces presentaron una conversión alimenticia menor en la combinación de densidad de siembra de 33 peces/m³ y peso inicial de siembra de 13 gramos.
- Según el análisis de varianza de mortalidad y supervivencia, con respecto a la mortalidad, se demostró que entre la combinación de densidad de peso y densidad de siembra quien presento mayor sobrevivencia fue la densidad de siembra de 33, con un peso de 13 gramos con una supervivencia de 87.88% y una mortalidad de 12.12%.
- El análisis de varianza de productividad se vio en gran parte influenciada por el número de individuos estudio, por lo cual se esperaba que en las densidades más altas se mostrara a una mayor biomasa genera, con respecto a las densidades de siembra, la densidad siembra de 50 obtuvo mayor biomasa a diferencia de las densidades de siembra 33 y 25, sin embargo, entre las densidades de siembra 33 y 25 no hubo diferencia significativa.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Baltasar P. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas, Centro de Acuicultura Tambo de Mora. *Revista peruana de biología*. 13(3). Recuperado de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1727-99332007000100022&script=sci_arttext
- Baltasar, P. y Palomino A. (2004). *Manual de cultivo de tilapia*. FONDEPES: Lima, Perú.
- Barahona A. y Castillo J. (2011). *Producción de tomate y tilapia en un sistema acuapónico con 50, 100, 150 y 200 ppm de nitrógeno*. Zamorano: Honduras.
- Bermúdez, A.; Muñoz-Ramírez, A. P.; Wills, G. A. septiembre-diciembre, 2012. *evaluación de un sistema de alimentación orgánico sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (oreochromis niloticus) cultivada en estanques de tierra*. Recuperado de: Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, vol. 59, núm. III, pp. 165-175. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- Candarle P. sf. *Técnicas de Acuaponia*. Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Dirección de acuicultura.
- Coral, D. (2015). *Diseño de un sistema acuapónico en la Unidad de Agricultura Orgánica*. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4571/1/CPA-2015-024.pdf>
- ENDUT, A.; JUSOH, A.; ALI, N.; WAN NIK, W. B.; HASSAN, A. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. En: *Bioresource Technology*. Vol. 101, No. 5 (2010); p1511-1517.
- FAO. (2017). *La creciente importancia del pescado en la alimentación mundial*. Recuperado de <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/233797/>
- FAO (1984). *Planificación del Desarrollo de la Acuicultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/x5743s/x5743s00.htm#Contents>
- FAO (2017). *Acuicultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/aquaculture/es>
- FAO (2017). *Visión general del sector acuícola nacional-Nicaragua*. Recuperado de http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_nicaragua/es
- FAO, FIDA y PMA. (2013). *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2013*. Las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria. FAO: Roma.
- Flores, O. L. y Madrid J. R. 2013. Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en 49 Zamorano. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- García Ulloa, M.; León, C. y Hernández, F. 2005. Evaluación de un sistema experimental de acuaponía: aancesen la investigación pecuaria. Universidad de colima México.

- García, M. 2014. Acuicultura rural en la costa sur de Jalisco: Caso de estudio avances en investigación agropecuaria. Universidad de Colima México. 14(2): 29-48.
- GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. En: Desalination. Vol. 246, No. 1-3 (2009); p147-156.
- Grande Zometa, E.O. y P.R. Luna Vega. 2010. Comparación de la producción de lechuga a 6, 12 y 18 plantas/m² con 40 y 70 ppm de nitrógeno total en acuaponía con tilapia. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 11 p.
- Ineter (2012). *Características climatológicas de Managua* recuperado de: <https://servmet.ineter.gob.ni/Meteorologia/climadenicaragua.php>
- Juárez C. Luis (2016). *Evaluación de los parámetros biológicos de la tilapia gris Oreochromis niloticus mediante la implementación de un sistema acuapónico*. Tuxpan, Veracruz.
- Kanchi, D. (2013). *Implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero*. Xalapa, Veracruz. Universidad Veracruzana
- Lartey A. (2017). *Papel de la FAO en la nutrición*. Recuperado de <http://www.fao.org/nutrition/es/>
- MARTINS, C.I.M.; PISTRIN, M.G.; ENDE, S.S.W.; EDING, E.H.; VERRETH, J.A.J. THE accumulation of substances in recirculating aquaculture systems (RAS) affect s embryonic and larval development in common carp Cyprinus carpio. En: Aquaculture Vol. 291 (2009); p65–73
- Normas APA (2017). *¿Cómo referenciar páginas web con normas APA?* Recuperado de <http://normasapa.com/como-citar-referenciar-paginas-web-con-normas-apa/>
- PIEDRAHITA, R. H. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. En: Aquaculture. Vol. 226, No1-4 (2003); p35-44.
- Rakocy, J., Bailey D., Martin J. y Shultz, R. 2000. Tilapia production systems for the lesser antilles and other resource-limited tropical area. Ed. Tilapia Aquaculture. University of the Virgin Islands, agricultural experiment Station.18 pp.
- ROOSTA, H. R.; HAMIDPOUR, M. Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. En: Scientia Horticulturae. Vol. 129, No. 3 (2011); p396-402.
- Saavedra, M. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Managua, Nicaragua. Recuperado de <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>.
- Stover, S. (2009). *Acuaponia: Técnica de producción superintensiva*. Hortalizas. recuperado de: <http://www.hortalizas.com/miscelaneos/acuaponia-tecnica-de-produccion-superintensiva/>.

Tyson, R.V., Simonne, E.H., White, J.M., & Lamb, E.M.(2004). *Reconciling Water Quality Parameters Impacting Nitrification in Aquaponics*. Extraido de <http://journals.fcla.edu/fshs/article/download/85855/827>

VII. ANEXOS

6.1. Análisis de varianza de los factores de estudio.

Anexo 1. Análisis de varianza de incremento de peso para las densidades de siembra.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.30798

Error: 39.9908 gl: 251

Densidad	Medias	n	E.E.	
33.00	103.84	80	0.71	A
25.00	103.61	58	0.83	A
50.00	93.43	122	0.57	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 2. Análisis de varianza de incremento de peso para los pesos iniciales a la siembra.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.25518

Error: 39.9908 gl: 251

peso inic (g)	Medias	n	E.E.	
38.00	116.77	84	0.71	A
26.00	100.09	89	0.72	B
13.00	84.02	87	0.70	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 3. Análisis de varianza de GMD para las densidades de siembra.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02286

Error: 0.0039 gl: 251

Densidad	Medias	n	E.E.	
33.00	0.77	80	0.01	A
25.00	0.77	58	0.01	A
50.00	0.67	122	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 4. Análisis de varianza de GMD para los pesos iniciales a la siembra.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02234

Error: 0.0039 gl: 251

peso inic (g)	Medias	n	E.E.	
38.00	0.78	84	0.01	A
26.00	0.73	89	0.01	B
13.00	0.70	87	0.01	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Análisis de varianza de FCA para las densidades de siembra.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04450

Error: 0.0149 gl: 251

Densidad Medias n E.E.

50.00 1.94 122 0.01 A

33.00 1.72 80 0.01 B

25.00 1.66 58 0.02 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 6. Análisis de varianza de FCA para los pesos iniciales a la siembra.

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.04348

Error: 0.0149 gl: 251

peso inic (g) Medias n E.E.

26.00 1.86 89 0.01 A

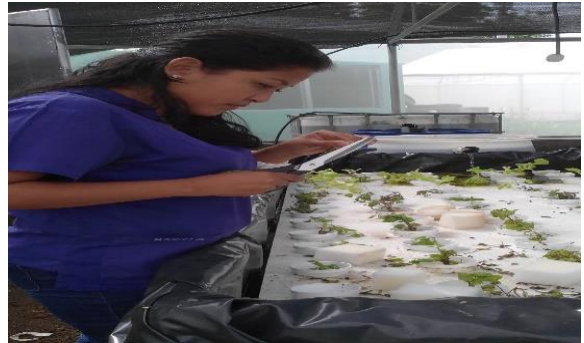
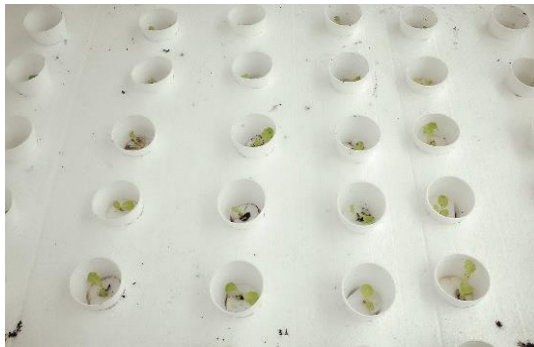
38.00 1.80 84 0.01 B

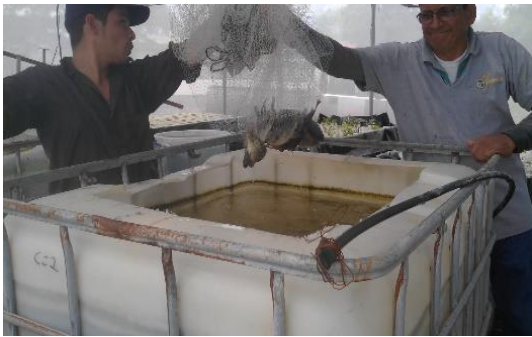
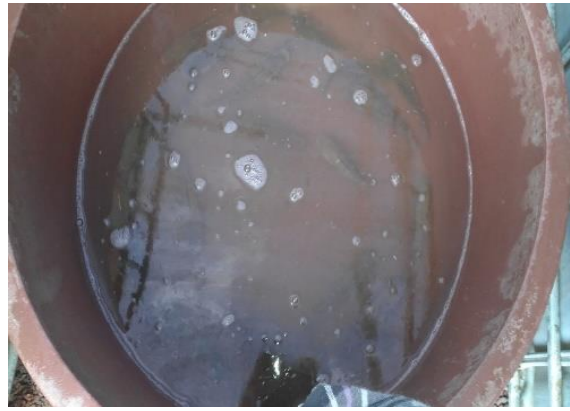
13.00 1.67 87 0.01 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 7 Diferentes aspectos del proceso de construcción de los componentes del sistema de recirculación.







Anexo 8. Esquema del ensayo

Bloque I			
B (13 g)	T1	T2	T3
Bloque II			
B (26 g)	T3	T2	T1
Bloque III			
B (38 g)	T1	T2	T3