

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-LEÓN
Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias
Departamento de Acuicola
Ingeniería Acuicola.



Monografía de tesis para optar al grado de Ingeniero Acuicola.

Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (*Oreochromis sp*). Un sistema Acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de febrero a abril 2021.

Autores:

Br. Edgar Mateo Martínez Zamora.

Br. Katherine Benita Valle Zúniga.

“A la libertad por la universidad”

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-LEÓN
Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias
Departamento de Acuícola
Ingeniería Acuícola.



Monografía de tesis para optar al grado de Ingeniero Acuícola.

Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (*Oreochromis sp*). Un sistema Acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de febrero a abril 2021.

Autores:

Br. Edgar Mateo Martínez Zamora.

Br. Katherine Benita Valle Zúniga.

Tutor:

Ing. Francisco Santamaría.

“Ala Libertad por la Universidad”

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la estación experimental acuícola de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias UNAN-León. Ubicada de la entrada a la carretera La Ceiba 1.5 km al este en la ciudad de León. En esta investigación comparamos el rendimiento productivo de la tilapia roja *Oreochromis sp.* Sometida a dos condiciones diferentes: un sistema acuapónico (con materiales reciclados) y un cultivo convencional (testigo), cabe destacar que en ambos tratamientos se utilizó un sistema-semi intensivo. Nuestro principal objetivo fue comparar en cuál de estos dos sistemas de cultivo se obtuvo un mejor rendimiento productivo por lo cual se evaluaron diferentes variables, como lo son: peso acumulado, ritmo de crecimiento, tasa de crecimiento, sobrevivencia y factor de conversión alimenticia. El experimento se realizó con dos tratamientos experimentales, los cuales tenían una densidad de siembra de 18 Org/m³ durante un periodo de 54 días. Diariamente se tomaron los parámetros Físico-químicos (oxígeno y temperatura), se medían a las 8:00 AM y a las 4:00 PM. Los muestreos poblacionales y de pesaje se realizaron una vez por semana. Dentro de los resultados obtenidos en ambos tratamientos fue una sobrevivencia del 100%. El peso acumulado al final para el sistema acuapónico fue de 54.73 y para el testigo fue de 44.13. al aplicar la prueba estadística de t student, de la semana 1 a la semana 7 no se muestran diferencias significativas en cuanto al crecimiento en ambos sistemas ($p+0.263$). Sin embargo en la semana 8 se observan diferencias significativa ($p+000$).

Al culminar este experimento extrapolamos estos resultados para obtener los datos requeridos de rendimiento productivo, proporcionándonos como resultado que el sistema acuapónico nos ha brindado un mayor rendimiento productivo con un total de 8480 kg/Ha y para el testigo 7945 kg/Ha.

CERTIFICACIÓN

Francisco José Santamaría Balmaceda, Profesor medio tiempo adjunto en el Departamento de Acuicola, Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, (UNAN-León).

CERTIFICA:

Que la presente memoria titulada

TEMA:

“Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (*Oreochromis sp*). Un sistema Acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de noviembre a diciembre 2020.” presentada por los Brs. Br. Edgar Mateo Martínez Zamora, Br. Katherine Benita Valle Zúniga para optar al grado de Ingeniero Acuicola por la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. Ha sido realizada bajo mi dirección y que hallándose concluida autorizo su presentación para que pueda ser juzgada por el tribunal correspondiente.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, firmo el presente en León, el 29 de septiembre de 2021.

Ing. Francisco José Santamaría

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor por darnos vida, salud y entendimiento para poder culminar esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros maestros por forjarnos a lo largo de la carrera y crear en nosotros futuros profesionales capacitados.

A nuestras familias por brindarnos su apoyo a lo largo de este caminar.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios por ser nuestro guía y fortaleza para poder cumplir con cada uno de nuestros objetivos.

A nuestros padres y abuelos que nos apoyaron en cada momento y fueron el pilar fundamental para lograr nuestra meta.

A nuestro tutor Ing. Francisco Santamaria por confiar en nosotros y apoyarnos en nuestra investigación. Gracias por cada enseñanza que nos brindó.

A los maestros Grethel Hernández y Silvio Lara por el apoyo que nos brindaron para poder culminar con éxito nuestro estudio investigativo.

Índice

I.	Introducción.....	1
II.	Objetivos.....	3
III.	Marco teorico.....	4
	3.1. Biología de la Tilapia.....	4
	3.1.1. Taxonomía de la Tilapia Roja.....	4
	3.1.2. Morfología Externa de la Tilapia.....	4
	3.1.3. Hábitos alimenticios.....	5
	3.1.4. Sistema digestivo.....	5
	3.1.5. Hábitat de la Tilapia.....	6
	3.2. Sistemas de Cultivo.....	6
	3.2.1. Sistema extensivo.....	6
	3.2.2. Sistema semi-intensivo.....	7
	3.2.3. Sistema intensivo.....	7
	3.3. Calidad de Agua.....	8
	3.3.1. Temperatura.....	8
	3.3.2. Turbidez:.....	8
	3.3.3. pH.....	8
	3.3.4. Oxígeno.....	8
	3.4. Parámetros Poblacionales.....	9
	3.4.1. Crecimiento acumulado.....	9
	3.4.2. Ritmo de Crecimiento.....	9
	3.4.3. Tasa de Crecimiento.....	10
	3.4.4. Sobrevivencia.....	10
	3.4.5. Factor de conversión alimenticia.....	10
	3.4.6. Rendimiento Productivo.....	11
	3.5. Acuaponía.....	11
	3.6. Componentes del sistema acuaponico.....	12
	3.6.1. Estanque.....	12
	3.6.2. Filtro Biológico.....	12
	3.6.3. Bombas de agua.....	12
	3.6.4. Plantas.....	13
IV.	Diseño Metodológico.....	14

4.1.	Ubicación.....	14
4.2.	Tipo de estudio.....	14
4.2.1.	Definición de los tratamientos.....	14
4.2.2.	Variables por medir.....	14
4.3.	Población de estudio.....	15
4.3.1.	Universo.....	15
4.3.2.	Población por muestrear.....	15
4.3.3.	Tipo de muestreo.....	15
4.4.	Establecimiento del ensayo.....	15
4.4.1.	Características del estanque.....	15
4.4.2.	Toma de agua.....	15
4.4.3.	Traslado de los organismos (unidades de estudio).....	16
4.4.4.	Siembra y Aclimatación.....	16
4.4.5.	Alimentación.....	16
4.5.	Monitoreo de parámetros físicoquímicos.....	17
4.5.1.	Oxígeno disuelto y temperatura.....	17
4.6.	Estructura del sistema Acuapónico.....	17
4.6.1.	Bombas de agua.....	17
4.6.2.	Sistema hidropónico.....	18
4.6.3.	Plantas.....	18
4.6.4.	Material de sustrato.....	19
4.6.5.	Ciclo de riego.....	19
4.7.	Técnica de recolección de datos.....	20
4.7.1.	Instrumentos de recolección de datos.....	20
4.7.2.	Hoja de muestreo.....	20
4.8.	Ordenamiento y análisis de datos.....	20
V.	Resultados y Discusión.....	21
5.1.	factores físicoquímicos.....	21
5.1.1	Oxígeno Disuelto.....	21
5.1.2.	Temperatura.....	24
5.2.	Factores biológicos.....	27
5.2.1.	Crecimiento Acumulado.....	27
5.2.2.	Ritmo de Crecimiento.....	29

5.2.3.	Tasa de Crecimiento.....	30
5.2.4.	Sobrevivencia.....	31
5.2.5.	Rendimiento Productivo.....	32
5.2.6.	Factor de conversión alimenticia.....	33
VI.	Conclusión.....	34
VII.	Recomendaciones.....	35
VIII.	Bibliografía.....	36
IX.	Anexos.....	39

Índice de figuras.

Figura 1.	Taxonomía de la tilapia.....	4
Figura 2.	Morfología de la Tilapia.....	5
Figura 3.	Aclimatacion de los organismos.....	39
Figura 4.	Siembra al cultivo convencional (testigo).....	39
Figura 5.	Siembra en sistema acuaponico.....	39
Figura 6.	Alevin de tilapia roja.....	39
Figura 7.	Sistema hidroponico con materiales reciclados.....	39
Figura 8.	Sistema acuaponico.....	40
Figura 9.	Filtro mecanico del sistema acuaponico.....	40
Figura 10.	Bomba de agua reciclada.....	40
Figura 11.	Lavado de botellas.....	40
Figura 12.	Perforacion de botellas.....	40
Figura 13.	Union de botellas (elaboración de tuberías recicladas).....	40

II. Introducción

El desarrollo de la acuicultura en Nicaragua se inicia bajo la gestión del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en 1959, importándose de países centroamericanos algunas especies del género Tilapia y posteriormente carpas. Se construyó una estación piscícola de aproximadamente 0.90 ha de espejo de agua, siendo la única existente hasta mediados de 1982. (CIDEP, 2020)

A partir de 1981, INPESCA inicia proyectos firmes en el campo de peces dulceacuícolas y camarones marinos, a cargo de su Centro de Investigaciones y Desarrollo Pesquero, los cuales pasarán en breve a formar parte de Tecnología Pesquera S.A. (TECNOPESCA), empresa adscrita a INPESCA con el fin de imprimirle a mediano plazo, el carácter empresarial que dichas actividades deben tener en la economía planificada del país. El cultivo de la tilapia es incipiente todavía. Existe solamente una empresa que la cultiva en jaulas con sistema intensivo y siete empresas pequeñas en el centro del país que trabajan extensivamente. (CIDEP, 2020)

Los sistemas integrados agro piscícolas con peces se refieren a la producción, gestión integrada y uso conjunto de acuicultura, agricultura y ganadería, con énfasis en la acuicultura. China tiene una larga y rica historia del cultivo integrado de peces. Documentos escritos del primer y segundo siglo A. C. documentan la integración del cultivo de plantas acuáticas y peces. Desde el noveno siglo diversos documentos muestran el cultivo de peces en arrozales. Existen registros de la rotación de los cultivos de peces y gramíneas desde los siglos XIV al XVI; y por los años 1620 se desarrollaron los estanques de peces con diques plantados de morales, la integración del cultivo de peces y ganado y sistemas complejos de actividades múltiples integradas con la piscicultura. (FAO, s.f)

La generación constante de alimento debido al incremento de la poblacional a nivel mundial presenta a la acuicultura como la fuente de alimento con mayor incremento en los últimos años, sin embargo, a medida que pasa el tiempo son cada vez más escasos los recursos físicos y naturales; como agua, tierra y energía para la producción de

alimento, por tal razón los sistemas de producción de alimentos sostenibles están tomando cada vez más importancia a nivel mundial. Uno de los sistemas que cumple con los parámetros de producción de alimentos sostenibles es el sistema Acuapónico, el cual consiste en la integración de tres sistemas; cultivo de peces, de plantas y bacterias, que se encuentran conectados entre sí por medio de la recirculación de agua.

La razón que nos llevó a realizar esta comparación se centra en aportar un conocimiento más detallado sobre la viabilidad productiva de estos sistemas, ya que actualmente existen pocas investigaciones que comparen, estos dos tipos de sistemas, los que buscan integrar la acuicultura y la hidroponía, conocida como acuaponía. Así mismo, esto brinda una oportunidad para generar conocimientos científicos y técnicos, que serán aprovechados por medianos y pequeños productores, o bien familias de escasos recursos, que se beneficiaran de las ventajas que estos sistemas de cultivos brindan, ya sea con fines lucrativos o de seguridad alimentaria.

Tomando en cuenta las necesidades de los pequeños productores y familias de bajos recursos económicos. Se plantea la comparación de rendimiento productivo de un sistema Acuapónico vs. un sistema de cultivo convencional. Nace la siguiente interrogante.

- ¿Cuál de estos dos sistemas tendrá un mayor rendimiento productivo?

III. Objetivos

Objetivo general:

- ❖ Comparar cuál de los dos sistemas de cultivo de Tilapia roja (*Oreochromis sp.*) obtendrá un mayor rendimiento productivo.

Objetivo específico:

- ❖ Monitorear los parámetros fisicoquímicos (Oxígeno disuelto y Temperatura) del cultivo convencional y el sistema acuapónico.
- ❖ Comparar el crecimiento acumulado, ritmo de crecimiento, tasa de crecimiento de las Tilapias rojas en ambas condiciones.
- ❖ Determinar la viabilidad de los dos sistemas de cultivo, (el acuapónico y el convencional), evaluando rendimiento productivo, sobrevivencia y Factor de conversión alimenticia.

IV. Marco teorico

3.1. Biología de la Tilapia

La tilapia es un pez de agua dulce, principalmente diurna, de climas tropicales que se caracteriza de manera general por su gran resistencia a las variaciones ambientales, su gran capacidad reproductora y gran facilidad de colonizar nuevos ambientes. Esta última característica junto a la gran utilización de esta especie en acuicultura la han convertido en una especie potencialmente invasora en todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta. (BIOAQUAFLOC, 2018)

3.1.1. Taxonomía de la Tilapia Roja.

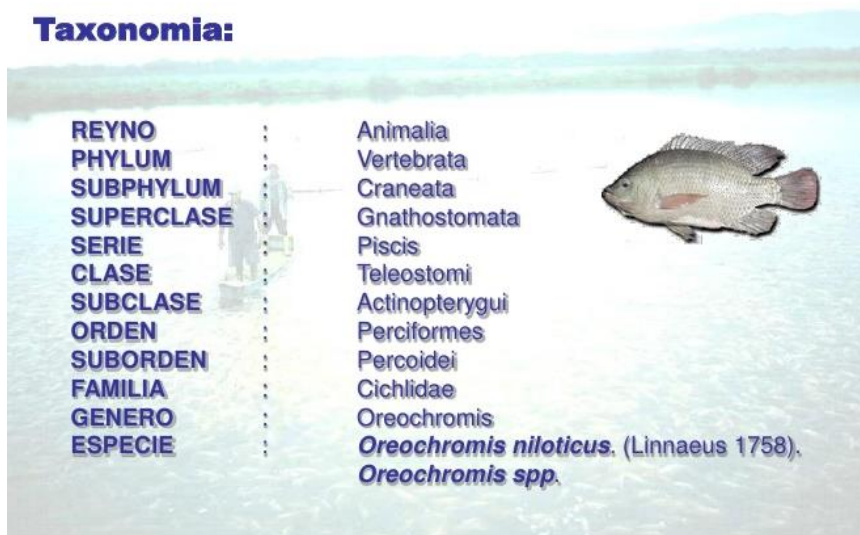


Figura 1. Taxonomía de la tilapia.(Totocayo, 2002)

3.1.2. Morfología Externa de la Tilapia

Las tilapias, presentan un cuerpo robusto, comprimido lateralmente, a menudo discoidal; en algunas especies los machos presentan la cabeza más grande que la hembra. Presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza. Sus aletas dorsal y anal son cortas y presentan espinas y radios; la aleta caudal es redondeada.

La piel está cubierta de escamas, y tienen una línea lateral interrumpida en dos partes; la parte superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, la parte inferior se encuentra por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal.(Urbano)

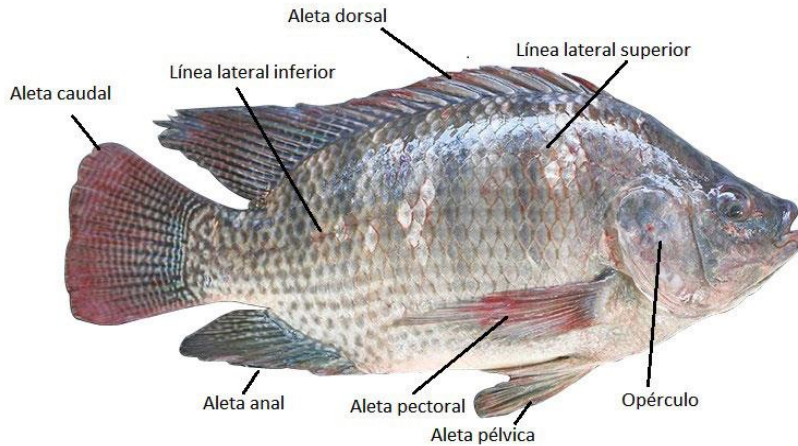


Figura 2. Morfología de la Tilapia.

3.1.3. Hábitos alimenticios

Los alevines y juveniles de tilapia son 100% omnívoros. Se alimentan principalmente de algas microscópicas, pequeños animales, insectos y crustáceos que habitan la columna de agua de los estanques de cultivo.

También consumen detritos y zoobentos. Todos estos son componentes naturales de los ecosistemas que se encuentran en equilibrio.(Pineda, 2017)

3.1.4. Sistema digestivo

El sistema digestivo de la tilapia se inicia en la boca, que presenta en su interior dientes mandibulares (pueden ser unicúspides, bicúspides y tricúspides según las diferentes especies) y continúa con el esófago y el estómago. El intestino es en forma de tubo que se adelgaza después del píloro diferenciándose en dos partes: una anterior corta, que corresponde al duodeno, y una posterior más larga, aunque de menor diámetro.

El intestino es siete veces más largo que la longitud total del cuerpo, característica que predomina en las especies herbívoras. Presenta dos glándulas importantes asociadas

con el tracto digestivo: el hígado, que es un órgano grande y de estructura alargada y el páncreas, en forma de pequeños fragmentos redondos y difíciles de observar por estar incluidos en la grasa que rodea a los ciegos pilóricos. (Cols & Arredondo, s.f)

3.1.5. Hábitat de la Tilapia

La tilapia habita en una gran variedad de hábitats acuáticos tal como ríos, lagos, charcas, riachuelos, canales de ríos y pozos naturales. Sin embargo se ha comprobado que es capaz de vivir en cualquier cuerpo de agua que le ofrezca alimento suficiente y unas mínimas condiciones del agua.

Aun siendo una especie de agua dulce, habita y coloniza con éxito aguas salobres tolerando de 0 a 30 ppm. Asimismo, resiste a grandes variaciones de temperatura que pueden oscilar de los 8 a los 41 °C. Su hábitat originario en cuencas y ríos del norte de África y Oeste Asiático se caracteriza por aguas con levado contenido en materia orgánica, elevada turbidez y donde hay abundancia de algas y plantas acuáticas. Entre sus depredadores potenciales se encuentran una gran variedad de aves acuáticas: cigüeñas, garzas u águilas, también reptiles como, serpientes y cocodrilos y mamíferos como nutrias y gatos silvestres.(BIOAQUAFLOC, 2018)

3.2. Sistemas de Cultivo

3.2.1. Sistema extensivo.

Este tipo de cultivo se desarrolla por lo general con muy baja inversión, en donde se espera proporcionar a la población un alimento de bajo costo tampoco es importante la talla final del pez, en tanto alcance tamaño comercial; y mucho menos el tipo de alimento utilizado en su producción. En este sistema se utilizan densidades de 0,5 a 3,0 peces por metro cuadrado, dependiendo del tamaño del pez que se quiere comercializar se utilizan estanques de 1 - 5 hectáreas con poco recambio.

Como una forma de contribuir en la alimentación del pez, se trata de favorecer el desarrollo de la productividad primaria utilizando fertilizantes orgánicos como excreta de aves, excreta de cerdos, excreta de vacuno, etc. En la actualidad se están utilizando

subproductos agrícolas como alimento complementario, como por ejemplo afrecho (arroz), acemite de trigo, etc. La producción de este sistema suele ser de 4,000 10,000 kg / Ha / año, con factores de conversión de 1 - 1,4. (NICOVITA, Manual de Crianza de Tilapia , s.f)

3.2.2. Sistema semi-intensivo.

En este sistema de producción se utilizan estanques de 0,5 a 3 hectáreas con recambios de agua del 15 al 30% diario de todo el volumen del estanque y se utilizan aireadores dependiendo del grado de intensidad de siembra del sistema (se utilizan desde 2 HP a 12 HP por hectárea). Las densidades utilizadas son muy variables y se encuentran en el rango de 4 a 15 peces / m obteniendo una producción en el rango de 20 a 50 toneladas / hectárea / año con factores de conversión de 1,6 a 1,9 para peces de 700 gramos.

En este sistema es muy importante el monitoreo de los niveles de amonio, pH, temperatura y el nivel de oxígeno disuelto. Para la alimentación de los peces en este sistema se utiliza alimento peletizado o extrusado, con niveles de proteína desde 35 a 30% de proteína dependiendo de la fase de producción.

3.2.3. Sistema intensivo.

En este sistema se utilizan estanques pequeños de 500 a 1000 metros cuadrados con alto recambio de agua (recambios de 250 a 600 litros / segundo). Las densidades de siembra de los peces se encuentran en el rango de 80 - 150 peces/metro cúbico, lo que equivale a cargas máximas de hasta 90 kg/m. Para el éxito del cultivo bajo en este sistema es sumamente importante la cantidad y calidad del agua suministrada a los peces; así como el cuidado y atención que se le debe proporcionar al sistema. (NICOVITA, Manual de Crianza de Tilapia, s.f)

3.3. Calidad de Agua

3.3.1. Temperatura.

Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, pues por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos, sedimentación y filtración. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden ocasionar fluctuaciones en la temperatura del agua. El rango óptimo es de 28-32°C, cuando disminuye a los 15°C los peces dejan de comer. Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, las temperaturas letales se ubican entre los 10 y 11°C. Cuando la temperatura es mayor a 30°C los peces consumen más oxígeno.

3.3.2. Turbidez.

La turbidez es originada por las partículas que por su tamaño se encuentran en suspensión y reducen la transparencia del agua como pueden ser arcillas, tierra finamente dividida y otros coloides orgánicos.

3.3.3. PH.

Es una variable fundamental que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua. El pH interviene en la calidad del agua, determinando si un cuerpo de agua es dura o blanda, es decir, evalúa los niveles de carbonatos presentes para el desarrollo del cultivo de una especie acuícola. El crecimiento de tilapia se reduce en aguas ácidas, toleran un pH de 5 y hasta 11, sin embargo, los valores óptimos son de 6.5 a 9.

3.3.4. Oxígeno.

Cuando la cantidad de agua disminuye, también lo hace la cantidad total de oxígeno disponible y, por tanto, el consumo de éste por los seres vivientes acuáticos aumenta por

unidad de volumen. La temperatura está inversamente relacionada con el oxígeno, por lo que en épocas con mayor temperatura es importante monitorearlo. En el

Cultivo de tilapia es recomendable que la cantidad de oxígeno no sea menor a 5 ppm. (INTAGRI, 2019)

3.4. Parámetros Poblacionales

3.4.1. Crecimiento acumulado.

Se entiende por crecimiento al cambio de tamaño (longitud- peso) con relación al tiempo. Un individuo se dice que crece cuando tiende a un límite, propio de las especies. Longitud y peso son atributos clave de las poblaciones de peces. 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 10gr. Se adapta rápidamente a diferentes tipos de alimentos y a diferentes formas de alimentación. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 6 a 8 meses. El crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 250 gr. Por otra parte, cuando la temperatura está fuera de sus valores mínimos y máximos, junto con el pH actúan como inhibidor del crecimiento. (Rosas, 1984)

3.4.2. Ritmo de Crecimiento.

El ritmo de crecimiento es el crecimiento por semana que registra el organismo.

Se midió por la ganancia en peso que se obtuvo al final del experimento, es decir por Diferencia entre el peso final y el peso inicial.

$$RC = Pf - Pi$$

Donde,

RC = Ritmo de Crecimiento

Pf = peso final

Pi = peso inicial (Rodríguez & García, 2010)

3.4.3. Tasa de Crecimiento.

El crecimiento es muy rápido en las fases de desarrollo de larvas y juveniles, en donde llega a ser superior al 30% del alevín por día, para de crecer a medida que el pez aumenta de peso, de modo que un pez de 1 kg por lo general crece menos de 1% diario.(Mancini, 2002)

La tasa de crecimiento se calculó a través de la siguiente formula:

$T.C = (\% \text{ día}) = (\log \text{ de peso final} - \log \text{ de peso inicial}) \times 100 / \text{Tiempo.}$ (Rodriguez & Garcia, 2010)

3.4.4. Sobrevivencia.

Es la cantidad total de organismos vivos ya sea en el transcurso al final de una producción. Este factor se determina teniendo en cuenta el número inicial de los individuos y el número que existía al término del experimento.

$\% \text{ de sobrevivencia} = (N \text{ final} - N \text{ inicio}) / N \text{ inicio} \times 100.$

Dónde:

$\% \text{ de sobrevivencia} = \text{sobrevivencia de los organismos.}$

$N \text{ final} = \text{número final de los organismos.}$

$N \text{ inicial} = \text{número inicial de los organismos.}$ (Rodriguez & Garcia, 2010)

3.4.5. Factor de conversión alimenticia.

El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= alimento entregado/ganancia de peso.

Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero, también depende de la ración.(Martinez M. A., 2006)

El factor de conversión económico se evaluará dividiendo el alimento total en la

biomasa total al término del experimento.

F.C.A = Alimento utilizado (gr) / Biomasa total(Rodríguez & García, 2010)

3.4.6. Rendimiento Productivo.

Es la expresión de la biomasa, es decir son todos los organismos cosechados al final del experimento.

Rendimiento Productivo= Biomasa Final / número de Ha.

Estos datos deberán ser expresados como libras por hectárea.(Martinez, López, Arteaga, Roque, & Herrera, 2015).

3.5. Acuaponía

La acuaponía se ha convertido en toda una tendencia. Gracias a una combinación de acuicultura (la cría de peces) e hidroponía (el cultivo de plantas en agua sin suelo), la acuaponía es un ejemplo de los sistemas de recirculación denominados en general como agro-acuicultura integrada (AAI). Algunas granjas integradas pueden reducir el consumo de agua en un 90% en comparación con la agricultura tradicional. Esta es una muy buena noticia para el sector agrícola, que utiliza alrededor del 70% del agua dulce disponible a nivel mundial.(FAO, 2018)

Los desechos de los peces que, en grandes cantidades, provocan nitrificación, turbidez e incremento de bacterias en las aguas, lo cual sirve de alimento (abono orgánico) a las plantas como la lechuga para su crecimiento; y éstas, a su vez, están limpiando constantemente el agua, dejando suficiente alimento y un medio adecuado para que crezca el plancton que sirve de alimento a los peces. (Salazar, s.f)

3.6. Componentes del sistema acuapónico

3.6.1. Estanque.

Los tanques para peces son un componente clave en todas las unidades de acuaponía. Cualquier tanque funcionará, pero se recomiendan tanques redondos con fondos planos o cónicos porque son más fáciles de limpiar. Recuerda: intenta usar tanques resistentes de plástico o fibra de vidrio inertes, debido a su durabilidad y larga vida útil. (Palou, 2018)

3.6.2. Filtro Biológico.

La biofiltración es la conversión de amoníaco y nitrito en nitrato por bacterias vivas. La mayoría de los residuos no se pueden filtrar con un filtro mecánico porque los residuos se disuelven directamente en el agua, y el tamaño de estas partículas es demasiado pequeño para ser eliminado mecánicamente.

Por lo tanto, para procesar estos residuos microscópicos un sistema acuaponía utiliza bacterias microscópicas. La biofiltración es esencial en la acuaponía porque el amoníaco y el nitrito son tóxicos incluso en bajas concentraciones, mientras que las plantas necesitan los nitratos para crecer. En un sistema de acuaponía, el biofiltro es un componente deliberadamente instalado para albergar la mayoría de las bacterias vivas. Además, el movimiento dinámico del agua dentro del biofiltro descompondrá los sólidos muy finos que no son capturados por el clarificador, lo que evita que se acumulen residuos en las raíces de las plantas en un sistema acuapónico. (Anónimo)

3.6.3. Bombas de agua.

El movimiento del agua es fundamental para conservar ambos sistemas en funcionamiento; este es realizado por una bomba de agua que normalmente es sumergible. Se programa por medio de un timer (temporizador) y se recomienda que el agua circule al menos dos veces por hora, por ejemplo: si en total se tienen 1000 litros en el sistema acuapónico, esta debe dar dos vueltas a todo el sistema en una hora. Las capacidades y características de las bombas en el mercado son muy extensas y la más

adecuada depende del número de tanques, camas y cantidad de agua a usar.(INTAGRI, 2017)

3.6.4. Plantas.

Es el sistema que aportará la mayor cantidad de ganancias debido al corto tiempo para cosecha en comparación con la acuicultura. A diferencia de los cultivos hidropónicos, las plantas producidas en acuaponía pueden obtener certificación orgánica puesto que los nutrientes son suministrados por los desechos de los peces. Las plantas que más se recomiendan en este sistema son las hortalizas de hoja (lechuga) y las plantas aromáticas (albahaca, menta, orégano), debido a que son cultivos de ciclos cortos.(INTAGRI, 2017)

V. Diseño Metodológico

4.1. Ubicación.

Esta investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Acuícola de la Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias UNAN-León (ECAV UNAN-León) ubicada de la entrada a la carretera La Ceiba 1.5 km al este en la ciudad de León. Cuyas coordenadas UTM 12°25'24.7"mN y 86°51'13.4" mE.

4.2. Tipo de estudio.

Se realizó una investigación de tipo cuasi experimental de corte longitudinal. Comparando un sistema acuapónico y un cultivo convencional (testigo).

4.2.1. Definición de los tratamientos.

En nuestra investigación se establecieron dos tipos de tratamiento. Cultivo convencional (T1) como testigo de la investigación y un Sistema acuapónico (T2). Diseño completamente al azar

4.2.2. Variables por medir.

Las variables que se midieron durante el experimento fueron los parámetros fisicoquímicos: Oxígeno y Temperatura. También los datos poblacionales como es: Crecimiento Acumulado, Tasa de Crecimiento, Rendimiento Productivo, F.C.A, Sobrevivencia.

4.3. Población de estudio.

4.3.1. Universo.

La población consistió en 18 peces del cultivo convencional y 155 peces del sistema acuapónico, en total serán 177 organismos.

4.3.2. Población por muestrear.

Se muestreó el 10% de la población de cada tratamiento.

4.3.3. Tipo de muestreo.

Consistió en un diseño completamente al azar. (DCA)

4.4. Establecimiento del ensayo.

4.4.1. Características del estanque.

Se utilizó un estanque circular forrado con geo membrana con un diámetro de 3.7 m y una altura de 1.2 m, se trabajó con un nivel operativo de 0.80m, aportándonos en total 8.60 m³ de agua el cual se utilizó para el sistema acuapónico y para el cultivo convencional se usó una tina de 1.2 m³.

4.4.2. Toma de agua.

El agua que se utilizó para los dos sistemas fue agua potable. Se llenaron los estanques a nivel operativo, esperando 3 días para la liberación de cloro, posteriormente se realizó la siembra.

4.4.3. Traslado de los organismos (unidades de estudio).

Los organismos se compraron en el criadero “el punche de oro” ubicado en la ciudad de León, bo. Sutiaba. De él “tamarindon” 8 cuadras al sur. estos individuos fueron capturados con atarrayas de 1 micra de luz de malla y trasladados en bolsas plásticas desde los estanques de alevines ubicados del criadero “el punche de oro”, hasta las unidades experimentales las cuales estarán ubicadas en la estación experimental acuícola de la escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias UNAN-León.

4.4.4. Siembra y Aclimatación.

En este proceso se realizó una aclimatación ingresando la bolsa que contenía los alevines a una tina de 300 litros con agua del estanque a utilizar, se mantuvieron dentro los organismos durante 30 minutos hasta que la temperatura de ambos se estabilizo a 28°C, luego se procedió al pesaje, arrojando un peso promedio de 2.07 gr en los organismos ingresados al sistema acuapónico y 2.04 gramos en el cultivo convencional, se procedió a depositar los organismos suavemente sobre una columna de agua. (Ver figura 3,4 anexos)

4.4.5. Alimentación.

La alimentación se aplicó de la misma manera en ambos tratamientos. Por medio de la técnica de boleo, 2 veces por día, distribuidas en las horas 9:00 AM y 3:00 PM, la ración de alimento diario será calculada por medio de una tabla de alimentación. El alimento artificial que se aplicó fue Bio-camaronina con valor proteico del 28%. Las dosis utilizadas por semana fueron calculadas por medio de la tabla de alimentación.

4.5. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos.

El monitoreo de los parámetros fisicoquímicos se realizó 2 veces por día, distribuido en las horas; 8:00AM y 4:00PM, con sus debidos equipos de lectura. Se medirán oxígeno y temperatura.

4.5.1. Oxígeno disuelto y temperatura.

Estos parámetros se midieron con un oxigenómetro marca YSI-404 el cual consta con un proceso de calibración en el que se introduce el electrodo aun recipiente con alguna solución que sea de conocimiento su saturación y oxígeno disuelto seguidamente se enjuago el electrodo con agua destilada, luego se introdujo este mismo hasta la parte media de la columna de agua y se hace una espera entre 1 a 2 minutos para observarse los resultados en la pantalla digital. La temperatura también se midió con el mismo equipo; igual que el oxígeno se introdujo el electrodo hasta la parte media de la columna de agua y se esperó entre 1 a 2 minutos para observarse los resultados.

4.6. Estructura del sistema Acuapónico.

La estructura del sistema Acuapónico empieza a partir del estanque de cultivo de peces, el cual anteriormente ya se definió su manejo. Se acondicionó todas las tuberías para el flujo correctamente del agua en todo el sistema. (Ver figura 8 anexos)

4.6.1. Bombas de agua.

Se utilizaron tres bombas de agua marca HAOLI, modelo PX1-E35A con una capacidad de 20 litros por minutos, las cuales fueron recicladas. Uno de estos instrumentos fue colocado en la columna de agua del estanque para así generar el flujo de salida del agua con los desechos de las tilapias hacia un filtro mecánico y así pasar al sistema hidropónico con una segunda bomba de agua en el cual las plantas se encargarán de

absorber los nutrientes obtenidos del estanque de los peces. El último instrumento fue colocado al final del sistema en el desagüe, para transportar el agua de regreso al estanque de los peces. Este desagüe estuvo compuesto por un recipiente plástico de 20 L. (Ver figura 10 anexos)

4.6.2. Sistema hidropónico.

A continuación, el agua se desplazó hacia el sistema hidropónico. Se utilizó un tipo de estructura basada en los principios del sistema hidropónico NFT, con la diferencia que fue con materiales reciclados. Se realizó una estructura de madera de forma triangular de 1.5m de alto y 1m de largo en el cuál se crearon 4 niveles a cada lado, con un total de 8 espacios. (Ver figura 7 anexos)

4.6.2.1. Elaboración de Tuberías.

Se utilizaron 40 botellas plásticas de 1L y se procedió a crear 8 tuberías de 1 m con estas botellas, cada tubería se componía por 5 botellas. Se realizó un agujero en la parte inferior de cada botella con el propósito que el pico de la botella entrara ajustado y luego recubrir de pegamento. Así mismo se utilizó tapa gotera líquido para evitar filtraciones. Igualmente se realizó 2 agujeros con un diámetro de 6 cm en cada botella en donde se posicionaron las plantas. Para mantener el nivel de agua constante sobre las botellas, se perforó los tapones de cada recipiente a la mitad. (Ver figura 13 anexos)

4.6.3. Plantas.

La planta seleccionada para el sistema fue *solanumly copersicum* mayormente conocida como Tomate. En total se utilizaron 40 plántulas.

4.6.4. Material de sustrato.

Como material de sustrato se utilizó esponja, esto se introducirá en los recipientes los cuales serán vasos de poroplast de 4 onz y luego se procedió a trasplantar las plántulas de tomate al sistema.

4.6.5. Ciclo de riego.

El ciclo de riego a los canales de cultivo se realizó 2 veces por día a partir de las 9:00 A.m. y a las 3:00 P.m. el flujo se mantuvo activo durante 1 hora.

4.7. Técnica de recolección de datos.

Todos los datos obtenidos del estudio se anotaron en una bitácora donde se registró la información primaria obtenida, los datos de parámetros físicos-químicos, coloración del agua de los estanques, observaciones físicas de las tilapias, así como todas las incidencias, se plasmó en una hoja de muestreo.

4.7.1. Instrumentos de recolección de datos.

Los instrumentos utilizados en donde se plasmó los datos resultantes del estudio fueron por medio de hojas de muestreo que contienen la medición de las variables.

4.7.2. Hoja de muestreo.

Diseño, tabla de muestreo poblacional. (Tabla 2)

Diseño, tabla de parámetros fisicoquímicos. (Tabla 3)

4.8. Ordenamiento y análisis de datos

Los datos serán organizados en una base de datos de Excel (Microsoft Office 365) donde se realizarán análisis descriptivos, gráficos de comportamiento de las variables, tablas

de contingencia. Para comprobación de efecto de los tratamientos se analizarán los datos por medio de una prueba t student para muestras independientes a través del programa SPSSvr19.

VI. Resultados y Discusión

Factores fisicoquímicos

5.1.1 Oxígeno Disuelto.

En nuestra investigación existió un rango de oxígeno por la mañana entre 0.5mg/L - 16.9mg/L para el sistema acuapónico a diferencia del testigo cuyo rango oscilo entre 0.4mg/L - 12.7mg/L. Por la tarde el rango de oxígeno para el sistema acuapónico estuvo entre 6.3mg/L - 24.6mg/L. En cambio, el testigo tuvo un rango de 0.7mg/L - 18.9mg/L. (ver gráfico 1)

Según (Martinez M. A., 2006). La concentración y disponibilidad de oxígeno disuelto son factores críticos para el cultivo de tilapia; uno de los aspectos más difíciles de entender, predecir y manejar y tiene mucho que ver con las mortandades, enfermedades, baja eficiencia en conversión de alimento y la calidad de agua. El rango oxígeno ideal para el crecimiento del pez es de 5.0 mg/l – 9.0 mg/l.

El oxígeno según lo citado por Martínez M.A., 2006 Cuyo rango optimo es de 5.0mg/l – 9.0mg/l se corresponde con los datos obtenidos en nuestra investigación. Por lo tanto, podemos decir que existió un rango óptimo de oxígeno a lo largo de nuestra investigación.

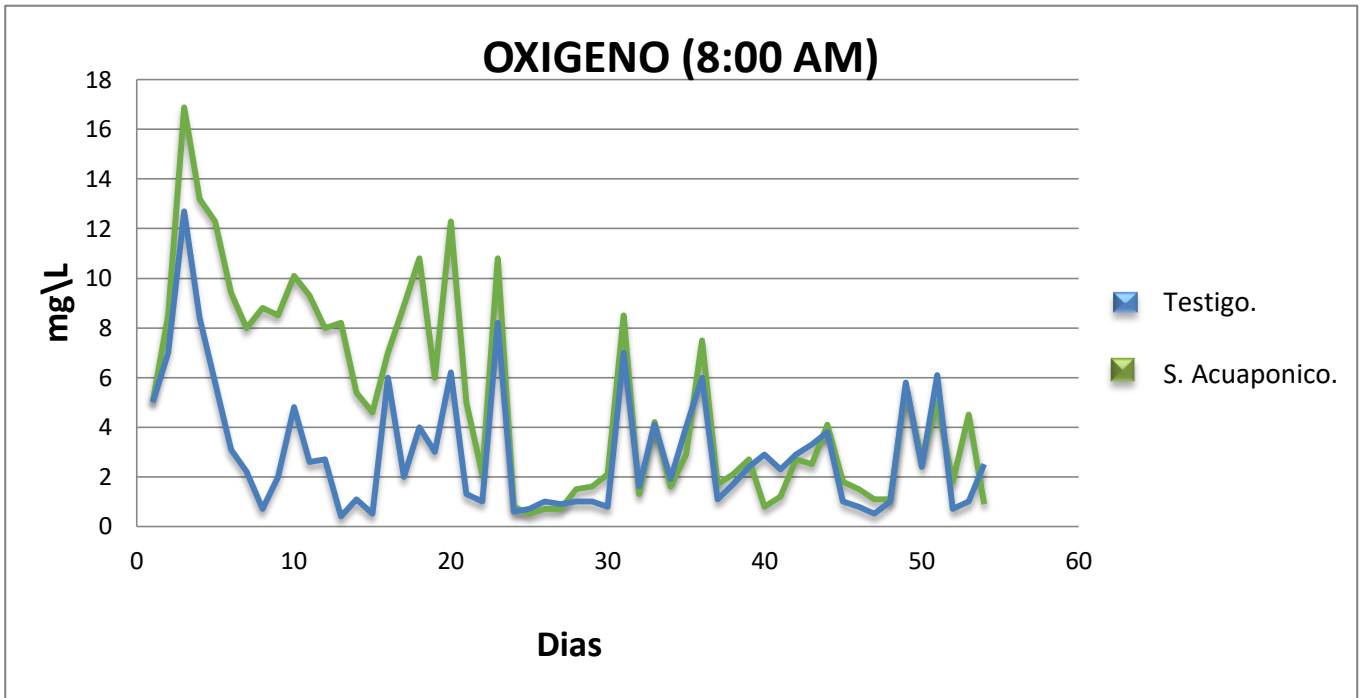


Figura N° 1. Comparación de oxígeno en horas de la mañana en ambas condiciones experimentales. Sistema acuapónico y testigo.

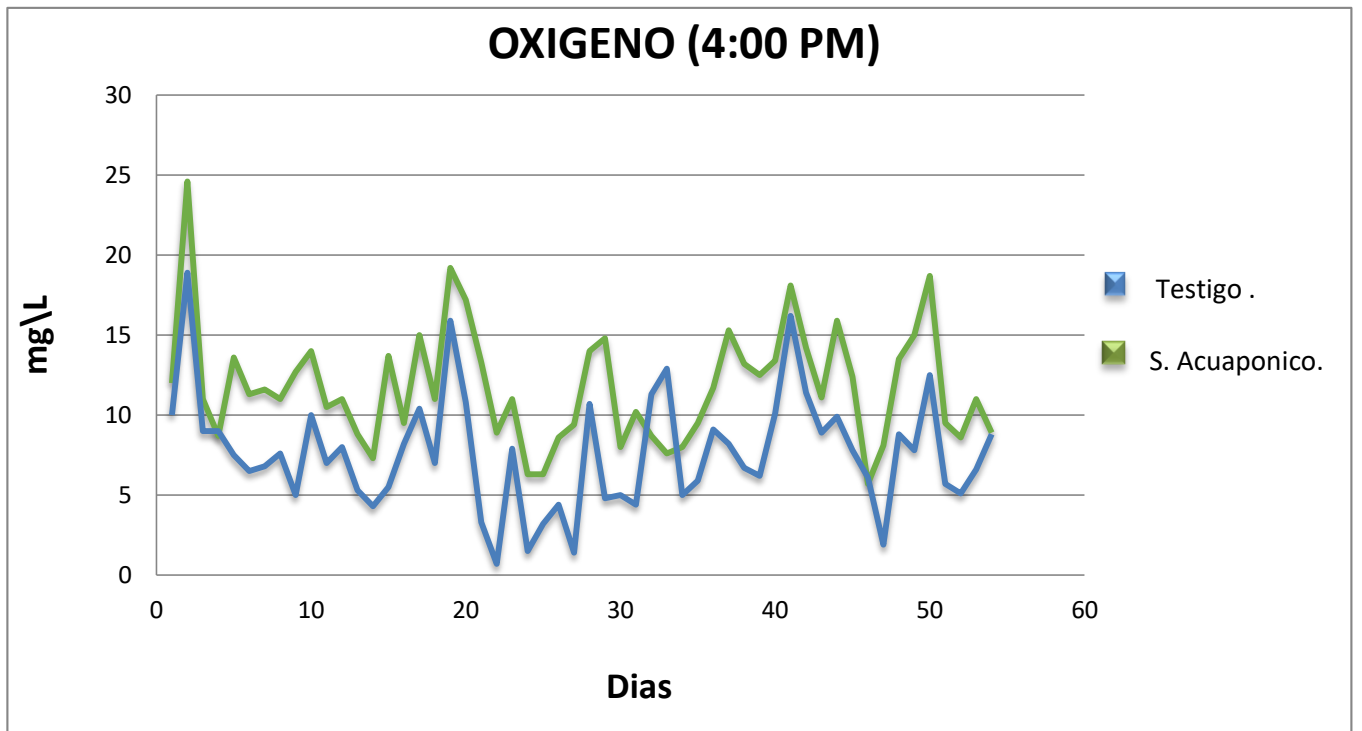


Figura N° 2. Comparación de oxígeno en horas de la tarde en ambas condiciones experimentales. Sistema acuapónico y testigo.

5.1.3. . Temperatura.

En nuestra investigación existió un rango de temperatura en la mañana entre 25.5 °C a 30.1 °C para el sistema acuapónico. En cambio, para el testigo el rango de temperatura por la mañana se mantuvo entre 25.2 °C a 32°C. El rango de temperatura por la tarde osciló entre 28.9°C a 33.6°C para el sistema acuapónico a diferencia del testigo cuyo rango fue entre 29.5° C a 34.6°C. (Ver gráfico 3)

Según (Martinez M. A., 2006).El rango óptimo es de 28-32 °C, cuando disminuye a los 15 °C los peces dejan de comer y cuando desciende a menos de 12 °C no sobreviven mucho tiempo. Durante los meses fríos los peces dejan de crecer y el consumo de alimento disminuye, cuando se presentan cambios repentinos de 5 °C en la temperatura del agua, el pez se estresa y algunas veces muere. Cuando la temperatura es mayor a 30 °C los peces consumen más oxígeno. Las temperaturas letales se ubican entre los 10-11 °C.

La temperatura según lo citado por Martínez M.A., 2006 concuerda con los datos obtenidos a lo largo de nuestra investigación.

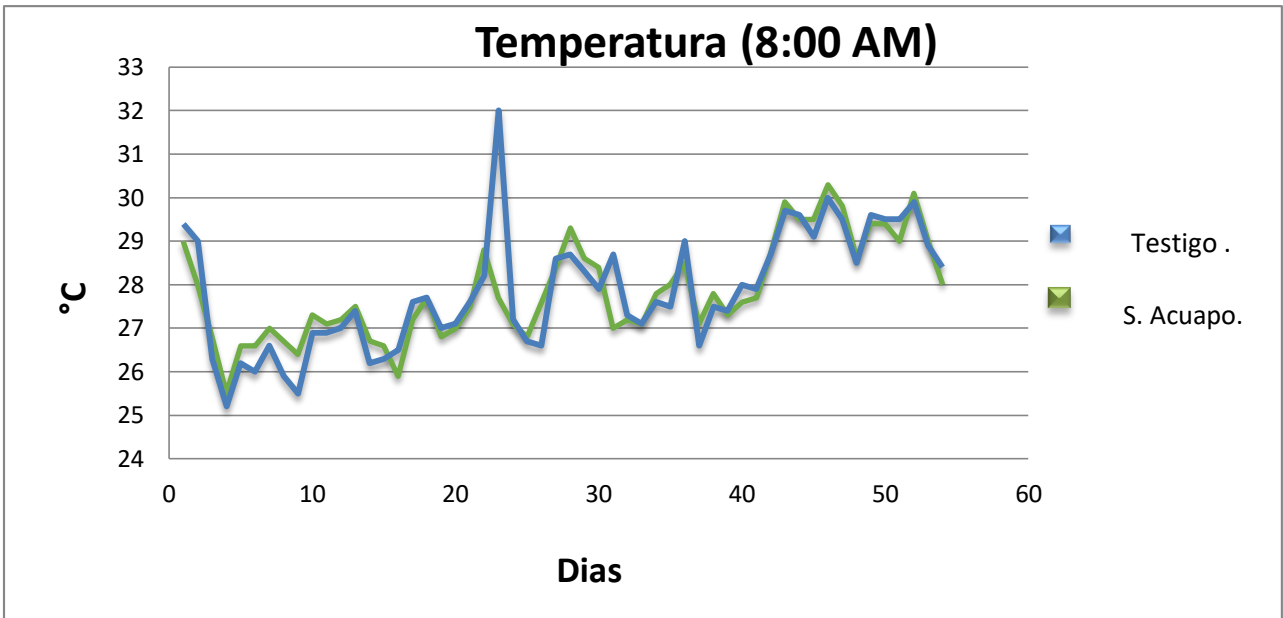


Figura N° 3. Comparación de la temperatura en horas de la mañana en ambas condiciones experimentales. Sistema acuapónico y testigo

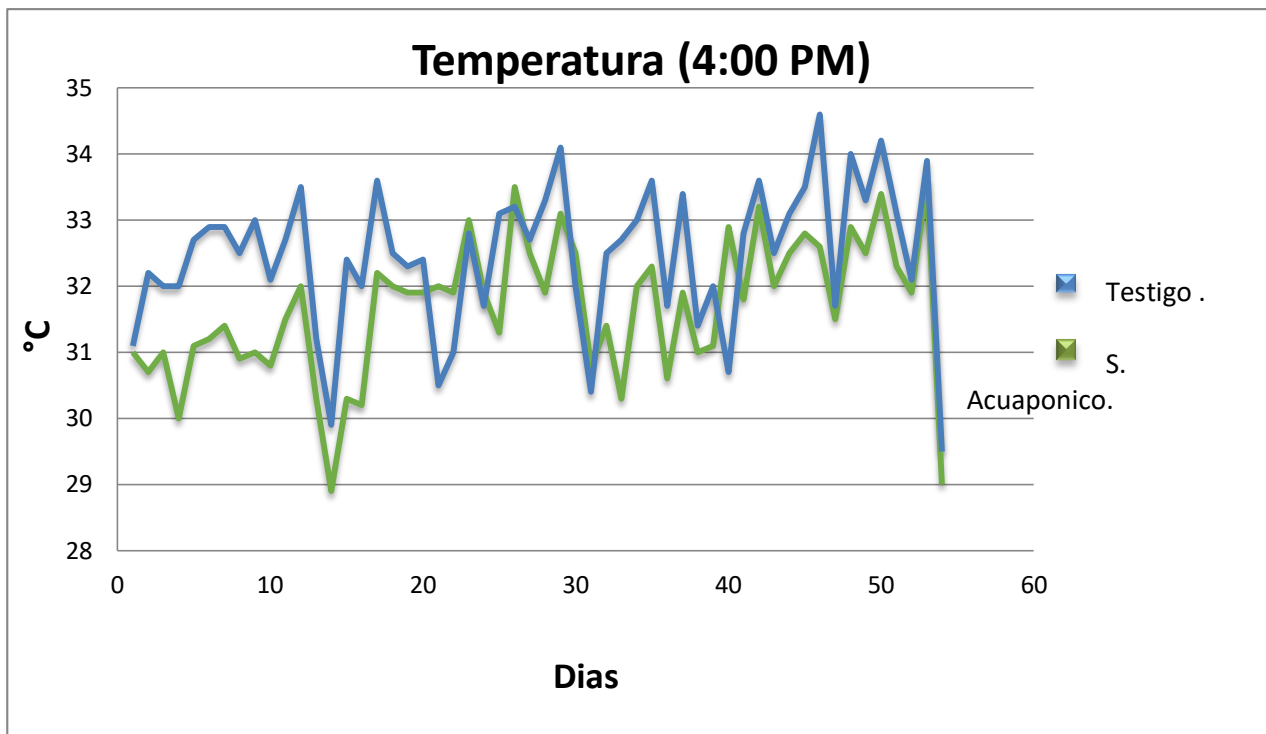


Figura N° 4. Comparación de la temperatura en horas de la tarde en ambas condiciones experimentales. Sistema acuapónico y testigo.

5.2. Factores biológicos

5.2.1. Crecimiento Acumulado.

El crecimiento en peso de los alevines en la primera semana fue 1.9g para el testigo y 2.03g para el sistema acuapónico y finalizando con 44.13g para el testigo y 54.73g el sistema acuapónico. De la semana 1 a la semana 7 no se muestran diferencias significativas en cuanto al crecimiento en ambos sistemas ($0.263 > 0.05$). Sin embargo, en la semana 8 se observan diferencias significativas ($0.000 < 0.05$). (Ver gráfico 5)

Rosas, (1984). Menciona que 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 10g. Adaptándose rápidamente a diferentes tipos de alimentos y a diferentes formas de alimentación. La mayor tasa de crecimiento la presentan los machos de 6 a 8 meses. El crecimiento promedio de estos es de 18 a 25 cm, con un peso de 150 a 250 g.(Rosas, 1984).

El crecimiento acumulado, según lo citado por Rosas (1984) corresponde a los resultados obtenidos en nuestra investigación. Por lo tanto, podemos decir que existió un mejor crecimiento para el sistema acuapónico, esto puede suceder debido a que en el sistema Acuapónico existe una mejor fluctuación de oxígeno gracias al sistema de recirculación y también por la cantidad de nutrientes que aportan las plantas en el agua.

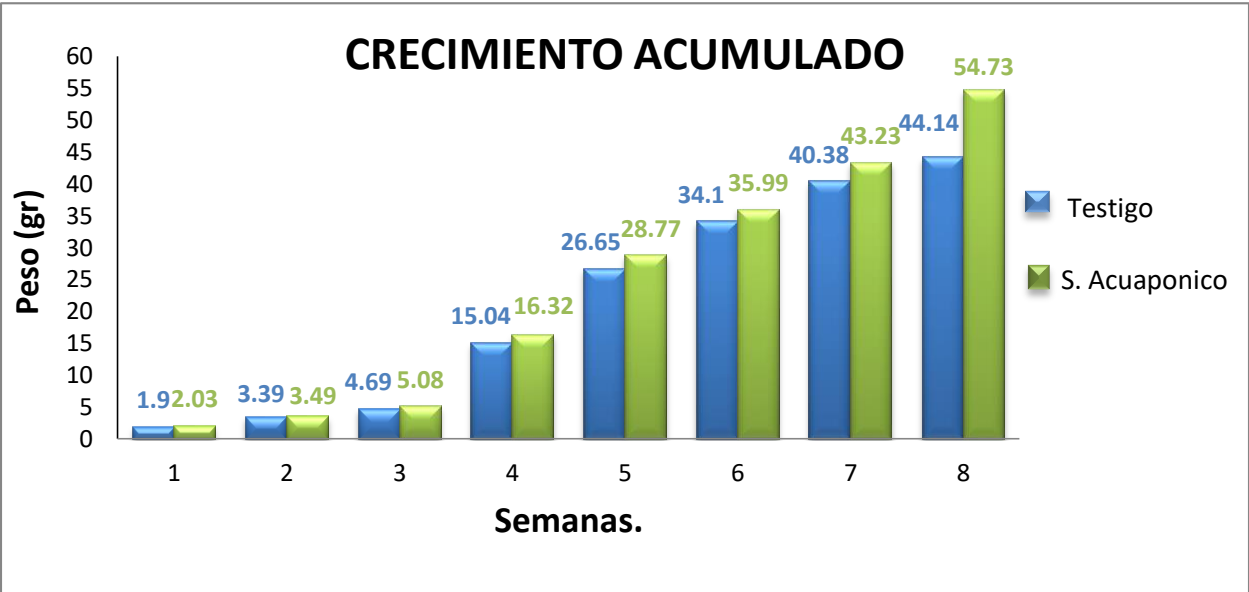


Figura N° 5. Comportamiento del crecimiento acumulado de la Tilapia roja (*Oreochromis sp*) en diferentes condiciones experimentales (sistema acuapónico y Testigo).

4.2.4. Ritmo de Crecimiento.

El ritmo de crecimiento inicial para el testigo fue de 1.49 g y 1.46 g para el sistema acuapónico. En la última semana del experimento el ritmo de crecimiento fue de 3.76 g para el testigo y 11.51 g para el sistema acuapónico. (Ver gráfico 6)

El crecimiento de un organismo implica un cambio de tamaño en el tiempo. Un individuo obtiene energía del alimento y esa energía puede ser destinada a crecimiento de producción o actividad, este crecimiento puede ser de 1 a 2 g por día, es decir de 3.5 a 7.14g por cada cinco días. (Anonimo, 2008)

Por lo cual podemos deducir que aproximadamente un promedio de 7.5 g de crecimiento semanal de los alevines que se encontraban en el sistema acuapónico presentan un mejor crecimiento en comparación a los 6 gr de crecimiento del sistema testigo.

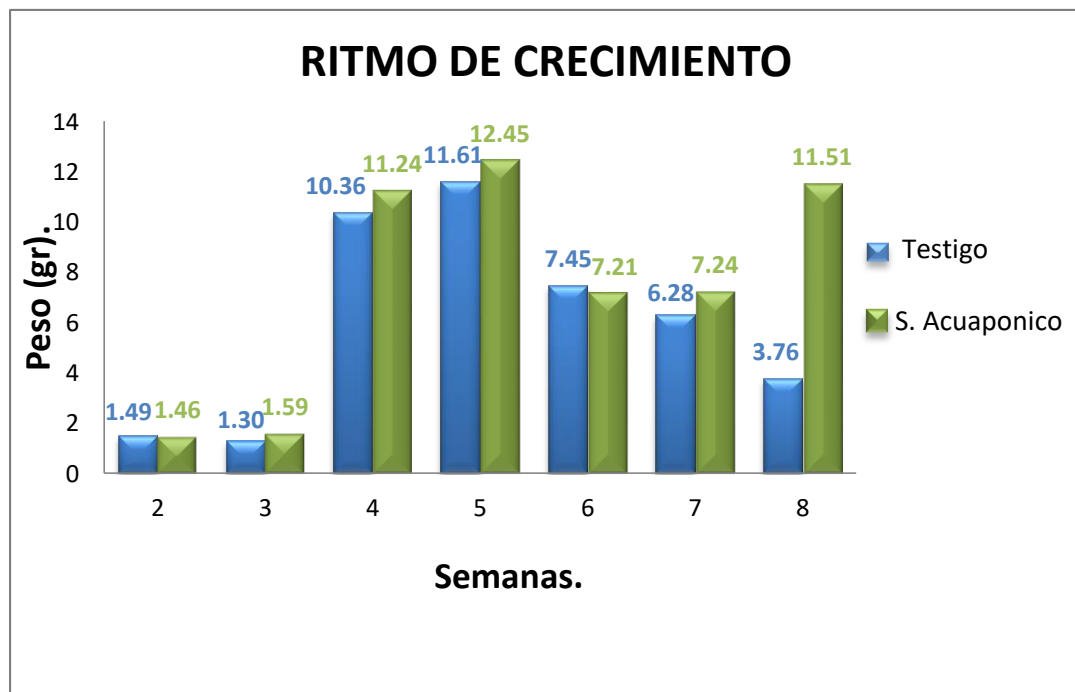


Figura N° 6. Comportamiento de la tasa de crecimiento de alevines de Tilapia roja (Oreochromis sp) en dos distintas condiciones experimentales (sistema acuapónico y Testigo).

5.2.3. Tasa de Crecimiento

La Tasa de crecimiento inicial fue de -3.59 g para el testigo y -3.36 para el sistema acuapónico. Finalizando en la semana ocho con -0.55 para el testigo y -1.46g para el sistema acuapónico. (Ver gráfico 7)

Según (Mancini, 2002). El crecimiento de Tilapia es muy rápido en las fases de desarrollo de larvas y juveniles, en donde llega a ser superior al 30% del alevín por día, para decrecer a medida que el pez aumenta de peso, de modo que un pez de 1 kg por lo general crece menos de 1% diario.

La tasa de crecimiento en el desarrollo de esta investigación, indica, que en la semana 4 fue donde hubo una disminución del crecimiento. Esto pudo suceder debido a que durante esta semana se presentó disminución de oxígeno y aumento de la temperatura, por lo tanto, los peces se encontraban sometidos a estrés y probablemente dejaron de ingerir alimento lo cual produjo una disminución en el crecimiento.

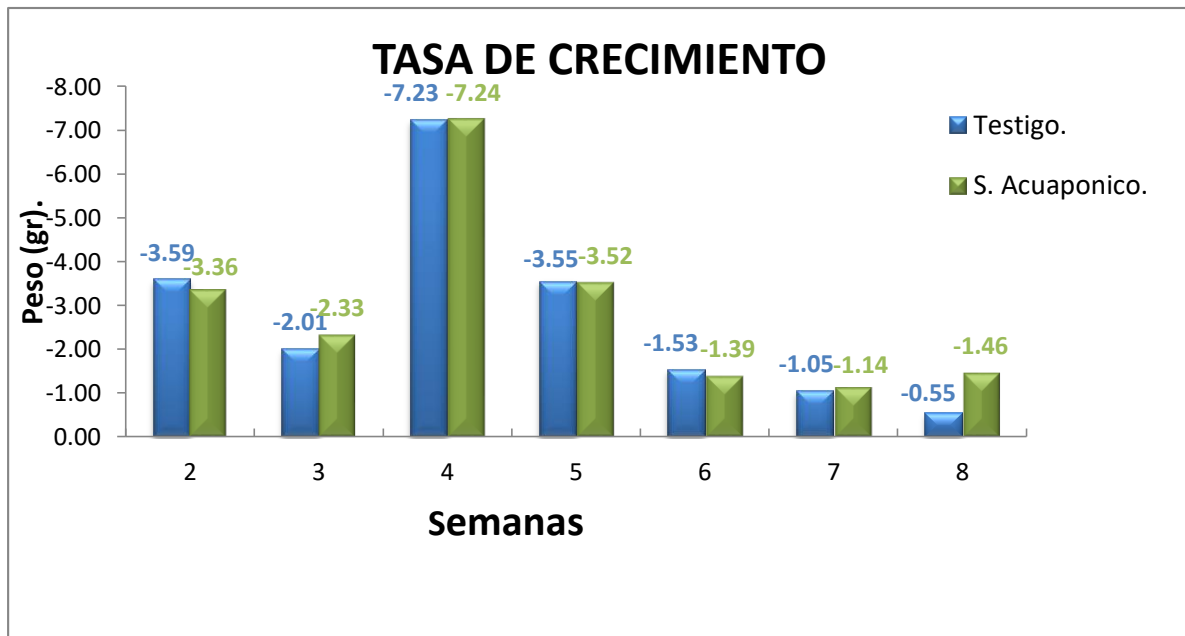


Figura N° 7. Comportamiento de la tasa de crecimiento de alevines de Tilapia roja (Oreochromis sp) en dos distintas condiciones experimentales (sistema acuapónico y Testigo).

5.2.4. Sobrevivencia

Según (Gunter, 2000) Es el factor que determina los resultados de cultivo. Desde la primera siembra y en todas las etapas se debe contar los organismos y revisar que no tengan lesiones, que no estén descamados y que se encuentren en perfectas condiciones físicas. Desde el primer muestreo quincenal al contar los peces, se obtendrá la diferencia de los que se sembraron con respecto a los que sobreviven hasta el momento del muestreo, esta operación se repite con cada muestreo.

Por lo dicho anteriormente podemos concluir, que ambos sistemas funcionan de manera satisfactoria a lo esperado, ya que obtuvimos una sobrevivencia del 100% para ambos sistemas.

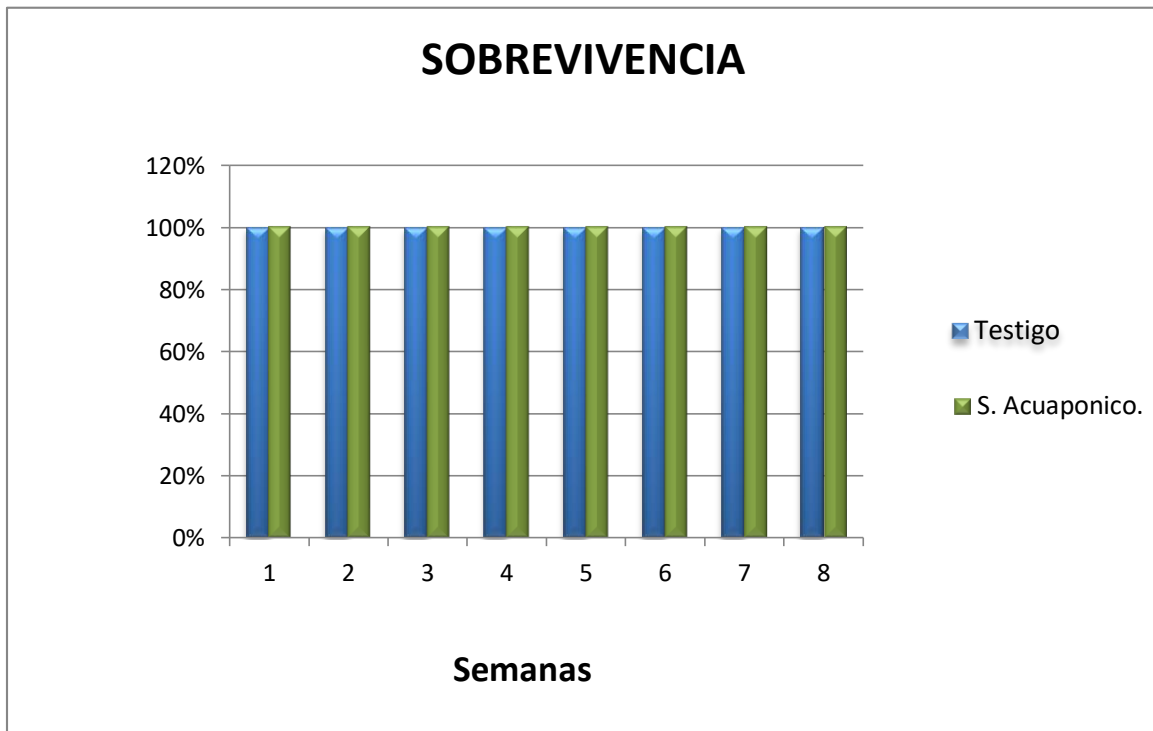


Figura N° 8. Comparación de la sobrevivencia de Tilapia roja (Oreochromis sp) en diferentes tratamientos (sistema acuapónico y Testigo).

4.2.5. Rendimiento Productivo

Como resultado de nuestra investigación obtuvimos un rendimiento productivo de 8,480 kg (18,695 lbs) para el sistema acuapónico y 7,945 kg (17,515 lbs) para el testigo.

Según (Ramos, Treminio , Meyer, & Barrientos , 2006) La producción puede variar en función de la densidad de siembra, porcentaje de sobrevivencia y peso promedio final de los organismos. Este autor propone que para las tilapias juveniles el Rendimiento Productivo es de 17,100 lbs/ha. En sistemas semi intensivos.

El rendimiento productivo según lo citado anteriormente concuerda con los datos obtenidos en nuestra investigación. Por lo tanto, podemos decir que ambos sistemas presentan un buen rendimiento productivo sin embargo existe un mayor rendimiento en el sistema acuapónico.

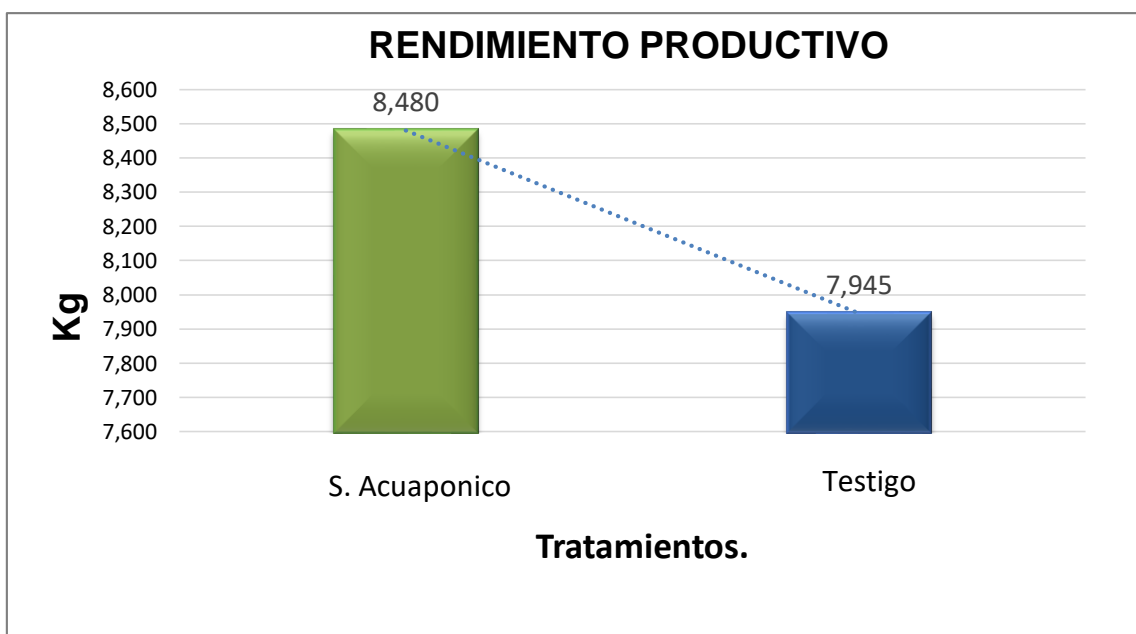


Figura N° 9. Comportamiento del rendimiento productivo en las diferentes condiciones experimentales, sistema acuapónico y testigo.

4.2.6. Factor de conversión alimenticia.

El FCA inicial fue de 1.19 lbs/ha para ambos sistemas y finalizó en la semana ocho con 1.59 lbs/ha igualmente para ambos sistemas.

Según (Guerrero , 2011). El Factor de Conversión Alimenticia (FCA)= alimento entregado/ganancia de peso. Es la medida más usual para la utilización del alimento. El FCA depende por supuesto al igual que el crecimiento de la calidad de la dieta, de las condiciones de manejo, pero también depende de la ración, normalmente una conversión alimenticia de 1.5 de libra de alimento por libra de pez, es una buena conversión. Más arriba de eso la producción es económicamente inviable.

El factor de conversión alimenticia según lo citado por Guerrero (2011) se corresponde con los datos obtenidos de nuestra investigación. Por lo tanto, podemos decir que existió un FCA adecuado en ambos sistemas.

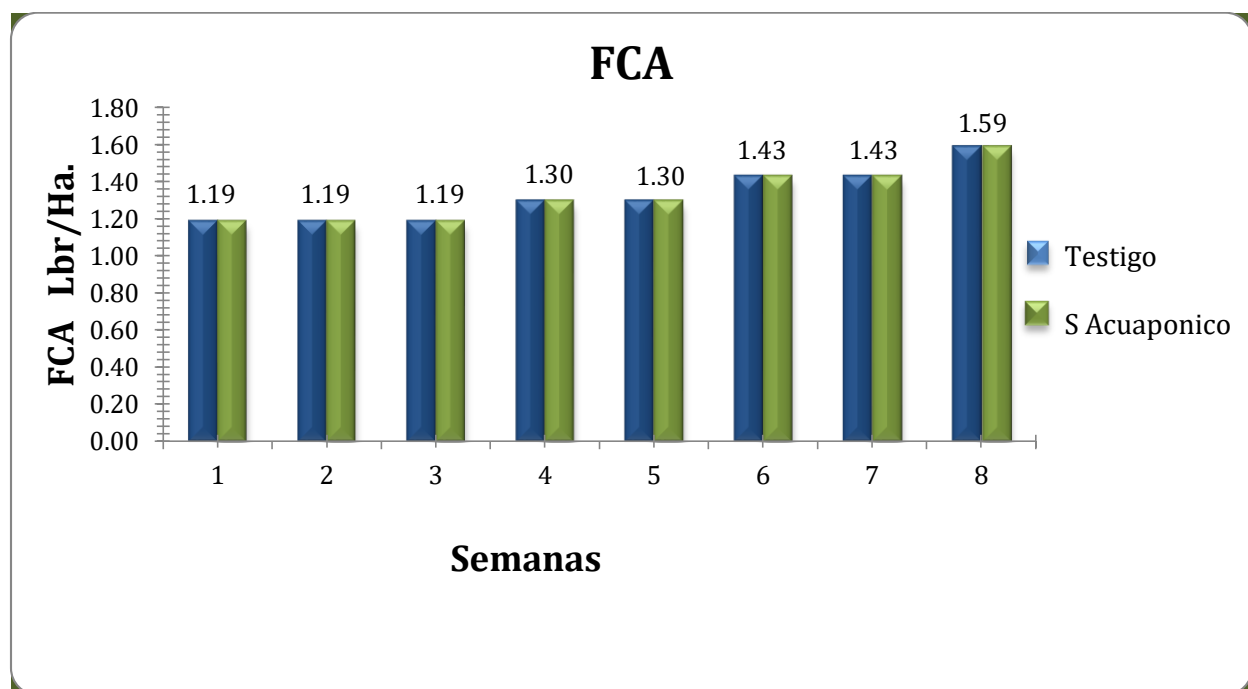


Grafico N° 10. Comportamiento del factor de conversión alimenticia en ambas condiciones experimentales (sistema acuaponico y testigo).

VII. Conclusión.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación llegamos a la siguiente conclusión:

El oxígeno disuelto del sistema acuapónico tuvo un valor máximo de 24.6mg/l y un mínimo de 0.5mg/l; mientras que el oxígeno disuelto para el testigo tuvo un máximo de 18.9mg/l y un mínimo de 0.4mg/l. En cuanto a las temperaturas del sistema acuapónico el valor máximo fue de 33.6° y un mínimo de 25.5°; en el cultivo testigo se observaron temperaturas máximas de 34.6° y un mínimo de 25.2°.

El crecimiento acumulado en la primera semana fue 1.9 para el testigo y 2.03 para el sistema acuapónico y finalizando con 44.13 para el testigo y 54.73 el sistema acuapónico, donde estadísticamente no hubo una diferencia entre ambos sistemas ($P > 0.263$) Sin embargo, en la semana ocho. El ritmo de crecimiento tuvo un promedio de 7.5 gr de crecimiento en el sistema acuapónico y 6 gr de crecimiento del sistema testigo. La tasa de crecimiento final fue -0.55 para el testigo y -1.46 para el sistema acuapónico.

La sobrevivencia para ambos sistemas fue de 100%. El rendimiento productivo extrapolado fue de 8,480 kg (18,695 lbs) para el sistema acuapónico y 7,945 kg (17,515 lbs) para el testigo. El factor de conversión alimenticia fue de 1.19 lbs/ha para ambos sistemas y finalizó en la semana ocho con 1.59 lbs/ha igualmente para ambos sistemas.

VIII. Recomendaciones

Para futuros investigadores que deseen replicar o realizar un estudio similar al nuestro les brindamos las siguientes recomendaciones:

- Cuando se diseñe el dispositivo experimental evitar el acceso de animales que puedan perjudicar la calidad del experimento.
- Garantizar una limpieza constante del filtro mecánico para mantener las raíces libres de los desechos sólidos del estanque.
- Contar con un timer para tener un mejor control de los períodos de recirculación del agua.
- Verificar que las Tilapias tengan el mismo peso y talla para llevar un mejor control.

IX. Bibliografía

- Anónimo. (n.d.). *La importancia de Filtración mecánica y biológica por la acuaponía*. . Retrieved from <http://mundoacuaponia.com/filtracion/>
- Anonimo. (2000). *Manual de Crianza de Tilapia. Alimentos Balanceados*. Nicovita. Retrieved from <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza>
- Anonimo. (2008). *Tilapia: Antecedentes de la especie del futuro*. .Retrieved from <https://panoramaacuicola.com/2018/09/03/tilapia-la-oportunidad-de-negocio-de-una-startup-alemana/>
- BIOAQUAFLOC. (2018, Junio 24). *Bioaquafloc*. Retrieved from <https://www.bioaquafloc.com/tilapia/que-es-la-tilapia/#:~:text=La%20tilapia%20es%20un%20pez,de%20colonizar%20diversos%20ambientes%20acu%C3%A1ticos>.
- CESAY . (n.d.). *COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD ACUÍCOLA DE YUCATÁN A.C.* Retrieved from <http://cesay.org.mx/download/material-consulta/Alimentaci%C3%B3n%20tilapia.pdf>
- CIDEP. (2020). *FAO*. Retrieved from FAO: <http://www.fao.org/3/ad020s/AD020s13.htm>
- Cols, & Arredondo, J. (n.d.). *Tilapia la alternativa social y económica del tercer milenio*. Retrieved from http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_tilapia3milenio.pdf
- FAO. (2018, Abril). *FAO*. Retrieved from <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1113809/>
- FAO. (n.d.). *SISTEMAS INTEGRADOS DE CULTIVO*.Retrieved from <http://www.fao.org/3/y1187s/y1187s05.htm>
- Guerrero , R. (2011). Retrieved from Manual de inducción al cultivo de tilapias.: <http://www.mag.gov.py/.../Manual%20Extencionista%20Acuicola%202011.pdf>
- Gunter. (2000). In *Guia para el cultivo de Tilapia* (p. 138). México.
- INTAGRI. (2017). *Acuaponia para producción de plantas y peces*. . Retrieved from <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>
- INTAGRI. (2019). *Requerimientos del cultivo de Tilapia. Calidad de Agua*. . Retrieved from <https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-del-cultivo-de-tilapia#:~:text=Caracter%C3%ADsticas%20f%C3%ADsticas%20del%20agua&text=El%20rango%20%C3%B3ptimo%20es%20de,10%20y%2011%C2%B0c>.

La importancia de Filtración mecánica y biológica por la acuaponía. . (n.d.). Retrieved from <http://mundoacuaponia.com/filtracion/>

Mancini, M. (2002). Retrieved from Introducción a la bibliografía de los peces. : http://www.producción-animal.com.ar/producciónpeces/piscicultura/07-introduccion_biologia_peces.pdf

Martinez, E., López, L., Arteaga, M., Roque, M., & Herrera, C. (2015). Crecimiento de los camarones *Litopenaeus Vannamei* en dos sistemas de alimentación. *Revista Científica de UNAN-León* , 130.

Martinez, M. A. (2006, agosto 4). Retrieved from <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

Martinez, M. A. (2006). *Manejo de Cultivo de Tilapia*. CIDEA, Managua, Nicaragua.

NICOVITA. (n.d.). *Manual de crianza de Tilapia*. Retrieved Octubre Miércoles , 2020, from <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

Palou, N. (2018, Septiembre 19). *Lavanguardia* . Retrieved from <https://www.lavanguardia.com/natural/tu-huella/20180919/451906450465/acuaponia-cultivo-agricola-peces-hortalizas-simbiosis-agua-ahorro-ecologico.html>

Pineda, M. (2017, Julio 17). *Piscicultura Global* . Retrieved from <https://www.pisciculturaglobal.com/la-tilapia-alimento-natural-habitos-alimenticios/#:~:text=Los%20alevines%20y%20juveniles%20de,Tambi%C3%A9n%20consumen%20detritos%20y%20zoobentos>.

Ramos, F., Treminio , S., Meyer, D., & Barrientos , A. (2006). Retrieved from Determinación de costos de cultivo de tilapia.: http://pdacrsp.oregonstate.edu/pubsfeatured_titles/determinación

Rodriguez , & García. (2010). Efecto de la Temperatura sobre el Crecimiento y Supervivencia del camarón. . *Aquatic* , 21.

Rodriguez, & Garcia. (2010). Efecto de la Temperatura sobre el Crecimiento y Supervivencia del camarón de río. . *Aquatic* , 21.

Rodriguez, & Garcia. (2010). Efecto de la Temperatura sobre el Crecimiento y Supervivencia del camarón. *AQUATIC* , 21.

Rodriguez, A., & Garcia , A. (2010). Efecto de la temperatura sobre el crecimiento y supervivencia del camarón de río. . *Aquatic* , 21.

Rosas , C. (1984). *Respuestas metabólicas de *Sarotherodon mossambicus* medidas experimentalmente en un gradiente térmico.* . Mexico DF. .

Rosas, C. (1984). *Respuestas metabólicas de Sarotherodonmossambicus medidas experimentales en un gradiente térmico*. Retrieved from México D.F.: <http://bibloweb.dgsca.unam.mx/cienciasdelmar/instituto/1986->

Salazar, J. P. *Sistemas de producción acuapónicos*. . Jalisco, México. .

Totocayo, N. H. (2002). *Slideshare*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/nhurtado2000/comparacion-de-2-tipos-de-hapas-en-el-proceso-de-reversion-sexual-de-tilapias>

Urbano, T. (n.d.). *Agrotendencia*. Retrieved from <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-tilapia/?lang=en>

X. Anexos



Figura 3. Aclimatación de los organismos.



Figura 4. Siembra al cultivo convencional (testigo).



Figura 5. Siembra en sistema acuaponico.



Figura 6. Alevín de tilapia roja.



Figura 7. Sistema hidropónico con materiales reciclados.



Figura 8. Sistema acuapónico



Figura 11. Lavado de botellas.



Figura 9. Filtro mecánico del sistema acuapónico.



Figura 12. Perforación de botellas.



Figura 10. Bomba de agua reciclada.



Figura 13. Unión de botellas (elaboración de tuberías recicladas)