

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevines de *Oreochromis niloticus* y en la producción de *Beta vulgaris* en sistema acuapónico NFT”

Tesistas: Bach. Córdova Peralta Zuly Paola
Bach. Navarro Centurion Greysi Maricielo

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO
ACUICULTOR
JURADO EVALUADOR**

Dr. Luis Campoverde Vigo
Presidente

MSc. Juan Carhuapoma Garay
Secretario

Dr. Guillermo Saldaña Rojas
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevines de *Oreochromis niloticus* y en la producción de *Beta vulgaris* en sistema acuapónico NFT”

Tesistas: Bach. Córdova Peralta Zuly Paola
Bach. Navarro Centurion Greysi Maricielo

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE BIÓLOGO
ACUICULTOR**

Revisado y aprobado por el asesor de tesis

Dr. Guillermo Saldaña Rojas
Integrante

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA EN ACUICULTURA



Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevines de *Oreochromis niloticus* y en la producción de *Beta vulgaris* en sistema acuapónico NFT”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

AUTORES: Bach. Córdova Peralta Zuly Paola
Bach. Navarro Centurion Greysi Maricielo

ASESOR: Dr. Guillermo Belisario Saldaña Rojas

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ
2022

ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el
plataforma 200M, siendo las 19:00 horas del
día 2 de Junio del 2022, dando cumplimiento a la Resolución N°
234-2022-UNS se reunió el Jurado Evaluador presidido por Luis
Compover de Vico, teniendo como miembros a Juan Carhuopam
Gory (secretario) (a), y Guillermo Saldana Rojas (integrante),
para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biólogo Acuicultor
realizado por el, (la), (los) tesista (as)

GREYSI MARICIELO NAVARRA CENTURION

quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada:
"Efecto de la densidad de carga en el crecimiento
de juveniles de *Oreochromis niloticus* y en la
producción de *Beta vulgaris* en sistema acuagranario
NFT"

Terminada la sustentación, el, (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas
por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y
sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como
sobresaliente, asignándole un calificativo de 28 puntos (100%) puntos, según
artículo 40° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional del Santa, vigente
(Res.471-2002-CU-R-UNS)

Siendo las 20:35 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando
los miembros del Jurado en señal de conformidad

Nombre: Luis Compover de Vico
Presidente

Nombre: Juan Carhuopam Gory
Secretario

Nombre: Guillermo Saldana Rojas
Integrante

Distribución: Integrantes J.E (), tesistas () y archivo (02).



ACTA DE CALIFICACIÓN DE LA SUTENTACIÓN DE LA TESIS

En el Distrito de Nuevo Chimbote, en la Universidad Nacional de Santa, en el Plataforma Zoom, siendo las 19:01 horas del día 02 de Junio 2022, dando cumplimiento a la Resolución N° 234-2022-UNS, se reunió el Jurado Evaluador presidido por Luis Campo Verde Vico, teniendo como miembros a Juan M. Carrizosa GARCIA (secretario) (a), y Guillermo Saldaña Rojas (integrante), para la sustentación de tesis a fin de optar el título de Biologo en Acuicultura realizado por el, (la), (los) tesista (as) Zuly Paola Corrova Penalta

....., quien (es) sustentó (aron) la tesis intitulada: "Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de juvenes de Oreochromis niloticus y en la producción de Beto Vulgaris en sistema acuapónico NFT"

Terminada la sustentación, el (la), (los) tesista (as)s respondió (ieron) a las preguntas formuladas por los miembros del jurado.

El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como Sobresaliente asignándole un calificativo de 28 puntos (100%) puntos. (Art. 24° inc. a, b, c, d, e, f – Directiva N° 003-2020-UNS-VRAC: ADECUACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OBTENCIÓN DE GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES MEDIANTE TRABAJO NO PRESENCIAL VIRTUAL EN LA UNS).

Siendo las 20:35 horas del mismo día se dio por terminado el acto de sustentación firmando los miembros del Jurado en señal de conformidad

.....
Nombre: Luis Campo Verde Vico
Presidente

.....
Nombre: Juan M. Carrizosa Garcia
Secretario

.....
Nombre: Guillermo Saldaña Rojas
Integrante

Distribución: Integrantes JE (), tesistas () y archivo (02).

DEDICATORIA

A Dios quien me ha permitido vivir esta experiencia, por ayudarme a cumplir mis objetivos he impulsarme a no rendirme, a mis padres Nabelisa Peralta Lopez, Carlos Cordova Helguero y a mi tia Idalid Helguero Irasabal, quienes me han apoyado y han confiado en mí durante mi carrera universitaria y el desarrollo de este trabajo, quienes se han convertido en mi inspiración y mi motivo para seguir adelante.

Zuly Paola Cordova Peralta

A Dios por la vida y por ayudarme a cumplir con mis objetivos, a mis amados padres Jorge Navarro Agramonte y Maria Centurión Trigos, quienes son mi inspiración y mi motivo para seguir adelante, a mis hermanos Luis, Ronald, Lisbeth, Jorge y Elder, quienes con sus palabras, fastidios y enojos me motivaron siempre a seguir estudiando, a mis pequeños sobrinos Cesia Maria, Estelita e Israel y también este trabajo está dedicado a mi ángel guardián mi mamá Estela, quien desde algún lugar de este mundo se encuentra feliz y orgullosa de su querida nieta.

Greysi Maricielo Navarro Centurión.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor Dr. Guillermo Saldaña Rojas por brindarnos por su apoyo incondicional en la realización de la presente tesis de investigación.

A nuestro co-asesor el Biólogo Lenin Benites Pareja; por su amistad, consejos, tics y guía para la realización de la tesis de investigación.

A todos los docentes de la Escuela Académico Profesional de Biología en Acuicultura de la Universidad Nacional del Santa, en especial al Dr Luis Campoverde Vigo, Milthon Lujan Monja y Juan Carhuapoma Garay por brindarnos sus conocimientos y valores durante nuestra formación profesional.

A nuestros amigos: Michael Isidro Uceda por las veces que nos apoyó en la instalación del espacio de tesis, Claudia Ingar Velasquez: quien muchas veces nos ayudó alimentando a los peces, Ivon Sánchez y Abraham Isai quienes voluntariamente nos apoyaron en el seguimiento de la tesis.....

INDICE

<i>DEDICATORIA</i>	6
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	7
<i>RESUMEN</i>	10
<i>STRACT</i>	11
<i>I. INTRODUCCIÓN</i>	12
<i>II. OBJETIVOS</i>	16
2.1.1. <i>Objetivo general</i>	16
2.1.2. <i>Objetivos específicos</i>	16
<i>III. MATERIALES Y MÉTODOS</i>	17
1. <i>Materiales</i>	17
1.1 <i>Población</i>	17
1.2 <i>Muestra</i>	17
1.3 <i>Unidad de análisis</i>	17
2. <i>Método</i>	17
2.1 <i>Tipo de investigación</i>	17
2.2 <i>Diseño de investigación</i>	18
3.4 <i>Procedimiento</i>	19
2.2.2. <i>PROCESAMIENTO DE DATOS</i>	22
• <i>Crecimiento de Peces</i>	22
• <i>Crecimiento de acelga</i>	22
• <i>Producción</i>	22
• <i>Biomasa en peces</i>	22
• <i>Análisis estadístico</i>	23
<i>IV. RESULTADOS</i>	24
3.1. <i>Talla y peso de alevines de O. niloticus</i>	24
3.2. <i>Talla y peso de B. vulgaris</i>	26
3.3. <i>Parámetros ambientales</i>	28
<i>V. DISCUSIÓN</i>	30
<i>VI. CONCLUSIONES</i>	33
<i>VII. RECOMENDACIONES</i>	34
<i>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	35
<i>ANEXOS</i>	40
<i>Anexo 1: Tabla de promedios en talla (cm), peso (gr) de alevinos de tilapia O. niloticus</i>	41

<i>Anexo 2: Tabla de variación de los parámetros físico-químico de los tres tratamientos en el cultivo de alevinos de O. niloticus en sistemas de cultivo acuapónicos NFT</i>	<i>42</i>
<i>Anexo 3: Tabla de promedios de talla (cm) de de B. vulgaris</i>	<i>43</i>
<i>Anexo 4: Tabla de promedios de peso (gr) de de B. vulgaris.....</i>	<i>43</i>
<i>Anexo 5: Grafica de promedios de ph del agua de cultivo de alevinos de O. niloticus en sistemas acuapónicos NFT.....</i>	<i>44</i>
<i>.....</i>	<i>44</i>
<i>Anexo 6: Grafica de promedios de temperatura del agua de cultivo de alevinos de O. niloticus en sistemas acuapónicos NFT.....</i>	<i>44</i>
<i>Anexo 7: Grafica de promedios de solidos disueltos del agua de cultivo de alevinos de O. niloticus en sistemas acuapónicos NFT.....</i>	<i>45</i>
<i>Anexo 8: Grafica de promedios de conductividad del agua de cultivo de alevinos de O. niloticus en sistemas acuapónicos NFT.....</i>	<i>45</i>
<i>Anexo 9: Grafica de promedios de peso de acelga B. vulgaris en sistemas acuapónicos NFT .</i>	<i>46</i>
<i>Anexo 10: Tabla de operacionalización de variables.....</i>	<i>47</i>
<i>Anexo 11: Índice de similitud.....</i>	<i>48</i>

RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó el efecto de la densidad de carga de alevinos de *O. niloticus*, en el crecimiento y producción de *B. vulgaris* en sistemas acuapónicos NFT, realizado en el laboratorio de la Universidad Nacional del Santa (Ancash - Perú).

Durante la instalación de los cultivos acuapónicos, se trabajó con los sistemas NFT (Nutrient Film Technique) con una densidad de 8 plantas por cada sistema, y cultivos acuícolas a diferentes densidades para tres diferentes tratamientos: 375, 635 y 875 peces/m² y un control (125 peces/m²) cada uno con 3 repeticiones. Los alevinos de tilapia, fueron aclimatados y después distribuidos según cada tratamiento. Después de 45 días de cultivo los resultados mostrados fue que el tratamiento 2: 635 peces/m², obtuvo el mejor crecimiento de los vegetales, tanto en talla (42,3 cm) y peso (398,3 gr) además presentó un porcentaje de supervivencia 73%.

Palabras claves: tilapia, crecimiento, producción, sistema NFT, *Oreochromis niloticus*, acelga, *Beta vulgaris*.

STRACT

The present work evaluated the effect of the load stocking density of *O. niloticus*, in the growth and production of *B. vulgaris* in NFT aquaponic systems, carried out in the laboratory of the National University of Santa (Ancash - Peru).

For the cultivation of vegetables, the NFT (Nutrient Film Technique) system was used with a cultivation density of 0 plants for each system. Three treatments (375, 635 and 875 fish/m²) and a control (125 pces/m²) with 3 repetitions each were used. After 45 days of cultivation, the results were that the treatment of 635 fish/m², obtained the best growth of the plants, both in size (42.3 cm) and weight (398.3 gr) and a percentage of survival of 73%, being the best percentage between treatments 1 and 3.

Key words: tilapia, growth, production, NFT system, *Oreochromis niloticus*, Swiss chard, *Beta vulgaris*.

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha convertido en la actividad económica generadora de empleo y alimento para consumo humano a nivel global; con registros de 48 % de producción mundial. La tilapia integra el segundo grupo de peces más cultivados después de la carpa (FAO, 2021) así mismo, esta actividad genera grandes cantidades de desechos que son reaprovechados, como fertilizantes líquidos para el crecimiento hidropónico de las plantas y estas a su vez funcionan como un biofiltro el cual mejora la calidad del agua que está en constante recirculación (Rubio, 2012).

La acuicultura es como tal genera desechos orgánicos producidos por el alimento no consumido y por las heces de los peces, con la acuaponía se logra recuperar gran parte de estos desechos, mediante la actividad microbiana, se convierte los nitritos en nitratos para ser aprovechados por las plantas (Rubio, 2012 y Perez et al, 2013 Moreno y Zafra, 2014). A diferencia de los químicos; los cuales son usados como pesticidas para proteger a las plantas de plagas y enfermedades, alteran la calidad del agua de cultivo, por ende afecta el comportamiento acuático, por ello se debe de usar controladores biológicos (Muñoz, 2012).

La acuaponía es la combinación de la acuicultura convencional con la hidroponía, que incorpora el cultivo de plantas sin el uso de suelo y el cultivo de peces, el agua de la pecera pasa por filtros mecánicos y estos captan los desechos sólidos del agua para luego pasar por el biofiltro que procesa los desechos disueltos respectivamente (Alcocer *et al*, 2017, FAO, 2014). El biofiltro funcionan como sustrato para las bacterias que convierten el amoníaco tóxico para los peces, en nitrato, nutriente importante para el crecimiento de las plantas, esta agua cargada de nutrientes pasa a través de las camas de cultivo para ser absorbida por las raíces y regresa a la pecera con menos carga amoniacal (FAO, 2014).

La acuaponía es la integración de la acuicultura recirculante y la hidroponía en uno sistema de producción, este sistema incorpora el cultivo de plantas sin el uso de suelo, el agua de la pecera pasa por un filtro mecánico que elimina los desechos sólidos y un biofiltro que procesa los desechos disueltos respectivamente (Rakocy *et al.*, 2006, FAO, 2014). El biofiltro proporciona sustrato para que las bacterias convierten el amoníaco, que es tóxico para los peces, en nitrato, nutriente esencial para el crecimiento de las plantas, esta agua cargada de nutrientes viaja a través de las camas de cultivo para ser absorbida por las plantas y regresa a la pecera

purificada (FAO, 2014).

El agua del cultivo cargada de nutrientes pasa por un proceso de filtración y biofiltración, que gracias a la acción bacteriana el amonio pasa de nitrito a nitratos (Moreno y Zafra, 2014). Es así que, Moreno y Zafra., (2014), determinaron el crecimiento lechugas *Lactuca sativa* en un sistema NFT, de agua recirculada de juveniles de tilapia roja *Oreochromis sp.* con proporciones 50/50 por m². Se obtuvo pesos finales de 3,181 g para tilapia y 118,20 g para lechugas; en un periodo de 90 día.

De una fracción del alimento dado a los peces, solo del 20 al 30% se metabolizan y es incorporado como tejidos, mientras que el resto que es; excreción, alimento no consumido y diluido, pueden ser utilizados como nutriente para el crecimiento de plantas con y sin fruto (Rakocy, 1993). Con la acuaponía se logra recuperar gran parte de estos desechos, mediante la actividad microbiana, se convierte los nitritos en nitratos para ser aprovechados por las plantas (Rubio, 2012 y Perez *et al*, 2013 Moreno y Zafra, 2014).

Para los cultivos de hortalizas en sistemas acuapónicos de *Origanum vulgare* y *O. basilicum* se recomiendan densidades de 8 plantas/contenedores de 10 cm de largo, (Ramírez *et al.*, 2011; Ronzón *et al.*, 2012). Así mismo, Ortiz *et al.* (2015) y Ramírez *et al.* (2011) recomiendan densidades de 8 plantas/cama hidropónica para *Beta vulgaris*, lograron pesos finales de 27,02 g durante 35 días. Por otro lado, Ortiz *et al.* (2015) indica que se puede cultivar *B. vulgaris* en cama flotante durante las diferentes estaciones del año debido a sus ciclos cortos de crecimiento pero su mejor producción es en otoño y primavera. (Lara *et al.*, 2015).

La tilapia *O. niloticus* es un pez exótico originario de africa (DOF, 2021), la cual fue introducido al Perú en la década de los 50. Es un organismo que habita principalmente en zonas tropical, en aguas dulces o salobres (FAO, 2021). con gran resistencia física, que puede adaptarse a cualquier clima e incluso a aguas con baja concentración de oxigeno de buen crecimiento, alta productividad y buena adaptación al cultivo en estanques y jaulas (FAO, 2022).

Debido a su excelente adaptación se encuentran distribuido por America Central, sur del Caribe, sur de Norteamérica y el sudeste asiático y Medio Oriente y África, lo cual, le permite resistir cambios en el ambiente, convirtiéndola el una de las primeras opciones en la producción acuícola (Paz *et al*, 2019; FAO, 2022). Sin embargo, se produce más económicamente en los

países tropicales y subtropicales por tener temperaturas favorables para su crecimiento (FAO, 2021). Por otro lado, Ramírez *et al.*, (2008) indica que, en aguas frías tiene un rápido crecimiento y generan un buen nivel de nitratos.

Las hortalizas tienen alto contenido de calcio, fósforo, hierro, vitaminas y ácidos indispensables para los organismos. La *B. vulgaris* contiene sodio, potasio, fibra y vitaminas A y C (Delgado *et al.*, 2012).

Los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, B, Zn y Mo) son esenciales para lograr una buena producción de hortalizas y vegetales (con fruto – sin fruto) que se van a cultivar (Marulanda, 2003). Dichos nutrientes se pueden obtener de los desechos orgánicos generados por los cultivos acuicultura; los cuales sirven como un fertilizante líquido para el crecimiento hidropónico de las plantas, mejorando la calidad del agua que luego será recirculada (Rubio, 2012).

De una fracción del alimento dado a los peces, solo del 20 al 30% se metabolizan y es incorporado como tejidos, mientras que el resto que es; excreción, alimento no consumido y diluido, pueden ser utilizados como nutriente para el crecimiento de plantas con y sin fruto (Rakocy, 1993). Con la acuaponía se logra recuperar gran parte de estos desechos, mediante la actividad microbiana, se convierte los nitritos en nitratos para ser aprovechados por las plantas (Rubio, 2012 y Perez *et al.*, 2013 Moreno y Zafra, 2014).

El agua del cultivo de peces rica en nutrientes pasa por un proceso de filtración y biofiltración, donde por acción bacteriana el amonio pasa de nitrito hasta nitratos (Moreno y Zafra, 2014). Es así que, Moreno y Zafra., (2014), determinaron el crecimiento lechugas *Lactuca sativa* en un sistema NFT, de agua recirculada de juveniles de tilapia roja *Oreochromis sp.* con proporciones 50/50 respectivamente por m². Se obtuvo pesos finales de 3,181 g para tilapia y 118,20 g para lechugas; en un periodo de 90 día.

Para los cultivos de hortalizas en sistemas acuapónicos de *Origanum vulgare* y *O. basilicum* se recomiendan densidades de 8 plantas/contenedores de 10 cm de largo, (Ramírez *et al.*, 2011; Ronzón *et al.*, 2012). Así mismo, Ortiz *et al.* (2015) y Ramírez *et al.*, (2011) recomiendan densidades de 8 plantas/cama hidropónica para *Beta vulgaris*, lograron pesos finales

de 27,02 g durante 35 días. Por otro lado, Ortiz et al., (2015) indica que se puede cultivar *B. vulgaris* en cama flotante durante las diferentes estaciones del año debido a sus ciclos cortos de crecimiento pero su mejor producción es en otoño y primavera. (Lara et al., 2015).

García- Ulloa et al. (2005) utilizan alevinos de tilapia *Oreochromis mossambicus* a densidades de 0.6 peces/ litro en tanques de 500 l, para cultivar en dos camas flotantes con 40 plántulas de pepino *Cucumis sativus*, obteniendo crecimientos finales promedio de 3.5 cm y 25 gr de tilapia y 5 g de pepino en 75 días. Mientras que, Rodríguez et al, (2015) recomiendan que en cultivos de biofiltración para lechuga acropolis *Lactuca sativa* con de 60 plantas por sistema, las densidades de alevinos de *O. niloticus* es de 240 peces/m³ se logran pesos de 364 g de tilapia y 11, 74 g de lechuga en 30 días.

Para sistemas de recirculación de alevines de tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* (Ortega et al., 2015) recomiendan densidad 90 /m³ al ser un cultivo cerrado guarda relación con los cultivos acuapónicos. La tilapia *O. niloticus* se adapta al sistema de solución nutritiva recirculante (NFT), donde logra buen crecimiento (Hundley & Navarro, 2013). Esto la convierte en la especie más utilizada para estos cultivos.

Los cultivos de hortalizas en sistemas acuapónicos de *Origanum vulgare* y *O. basilicum* se recomiendan densidades de 8 plantas/contenedores de 10 cm de largo, (Ramírez et al., 2011; Ronzón et al., 2012).

Ortiz et al. (2015) y Ramírez et al. (2011) recomiendan densidades de 8 plantas/cama hidropónica para *Beta vulgaris*, lograron pesos finales de 27,02 g durante 35 días. Por otro lado, Ortiz et al. (2015) indica que se puede cultivar *B. vulgaris* en cama flotante durante las diferentes estaciones del año debido a sus ciclos cortos de crecimiento y su mejor época va desde otoño hasta primavera. (Lara et al., 2015).

Por otro lado, las acelgas cultivadas en invernadero según (Hoyos et al., 2005) indica que a partir de los 60 días ya está lista para la cosecha, sin embargo, su máximo desarrollo lo adquiere a los 125-130 días. De lo que se establece que el sistema de cultivo influye en el crecimiento y producción de la hortaliza.

La acelga contiene antioxidantes, como flavonoides y betacarotenos; estos compuestos en

el organismo humano se transforman en vitamina A, necesaria para el crecimiento y diferenciación de tejidos y esencial en la función de la retina (Vera et al, 2014).

Los sistemas tradicionales son cada vez menos productivos, debido a los cambios climáticos, plagas y enfermedades que pueden producir la muerte de las plantas. Debido a esto, los modelos acuapónicos proponen integrar el cultivo de plantas y peces para reducir ciertos factores que pueden afectarles; del mismo modo reducir el uso del recurso hídrico en un 90% (Guerra et al., 2016, Quinquilla et al., 2020).

Por lo tanto, debido a las diferentes variaciones de densidades de cultivo de tilapia *O. niloticus*, es probable que una adecuada densidad logre obtener una buena producción y buen crecimiento peces y vegetales en un mismo cultivo. Frente a todo ello se presenta el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es el efecto del agua de cultivo de *O. niloticus* en diferentes densidades recirculada al cultivo hidropónico NFT de *B. vulgaris* en el crecimiento y producción de ambas especies?.

II. OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevinos de *Oreochromis niloticus* en sistemas de cultivo acuapónicos NFT.

2.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cultivo a diferentes densidades 125 peces/m², 375 peces/m², 635 peces/m² y 875 peces/m² en el crecimiento en peso y talla de alevinos de tilapia *O. niloticus*.
- Medir la calidad del agua cultivo de tilapia de *O. niloticus* a diferentes densidades en la producción de hoja y tallo de cultivo de acelga *B. vulgaris*.
- Evaluar la calidad de agua de cultivo del sistema acuapónico NFT
- Evaluar el costo de producción de tilapia *O. niloticus* y acelga *B. vulgaris* en un cultivo acuapónico NFT.

1.1. Hipotesis

Si, empleamos densidades de 125, 375, 635 y 875 peces/m² en un cultivo de tilapia *O. niloticus*, en el cultivo hidropónico NFT de acelga *B. vulgaris*, se logra un mayor crecimiento y

producción de ambas especies entre 375 y 635 peces/m² de densidades de cultivo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Materiales

1.1 Población

Peces

Los alevinos de *O. niloticus* tilapias fueron adquiridos del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) (8° 24' 18" S y 79° 36' 23" W), distrito de, Provincia de Coronel Portillo, Región Ucayaly.

Plantas

Los sobres de semillas de acelga, fueron adquiridas de la Agropecuaria “Gran Chimú”, distrito de Chimbote, Provincia del Santa, Región Ancash.

1.2 Muestra

Peces

La muestra fue de 480 alevinos de *O. niloticus* tilapia de $4,5 \pm 0,5$ cm de longitud total, con aletas sin lacerar seleccionados al azar de un lote de 1 000 ejemplares.

Plantas

La muestra de *B. vulgaris* “acelga” se obtuvo a partir de un almacigo, de los cuales se seleccionaron 192 plántulas, las plántulas tenían de tres a cuatro hojas de color verde (5 a 8 cm de altura).

1.3 Unidad de análisis

Peces

Esta formado por un porcentaje de cada uno de los tratamientos de la población de alevinos *O. niloticus* tilapia.

Plantas

Se usaron ocho plantas de *B. vulgaris* acelga, por sistema NFT por cada uno de los tratamientos.

2. Método

2.1 Tipo de investigación

Investigación experimental

2.2 Diseño de investigación

Tabla N° 01. Diseño experimental, por tratamiento: densidad de alevinos de *O. niloticus* y densidad de *B. vulgaris*

El diseño experimental fue de estímulo creciente, con tres tratamientos y con control con tres repeticiones cada uno.

T0:	T1:	T2:	T3:
Densidad 125 peces/m ² y densidad de 8 plantas/sistema acuapónico	Densidad 375 peces/m ² y densidad de 8 plantas/sistema acuapónico	Densidad 635 peces/m ² y densidad de 8 plantas/sistema acuapónico	Densidad 875 peces/m ² y densidad de 8 plantas/sistema acuapónico

3.4 Procedimiento

❖ Transporte y aclimatación

Los alevines de tilapia fueron transportados en bolsas de plástico con oxígeno comprimido, acondicionados dentro de cajas de cartón, según lo recomendado por Cole et al (2001). El transporte terrestre duró 21 h (Pucallpa – Trujillo - Chimbote).

Los peces fueron aclimatados durante 15 días en un tanque de fibra de vidrio (500 lt), provisto de aireación constante y alimentados con balanceado (28 % de proteína). Cada dos días se realizaron recambios del 30% del agua, se quitaron los restos de alimento y de heces. Se emplearon 480 alevinos de $4,5 \pm 0,5$ cm de longitud total y 2.58 ± 0.03 g de peso, seleccionados al azar del lote de 1 000 ejemplares.

❖ Acondicionamiento de acelgas

La germinación de semilla de hiza en vasos de P.V.C., usando musgo de sustrato, luego los vasos fueron instalados en el sistema hidropónico NFT y posteriormente se cubrió cada sistema con papel periódico para mantener la humedad y la temperatura. Se emplearon 196 plantulas germinadas (5 cm de altura y con 3 hojas), la densidad fue de 16 acelgas en dos tubos de PVC por acuario.

❖ Instalación y acondicionamiento de los sistemas acuapónicos NFT

Se acondicionaron 12 acuarios de vidrio (0,60 m de largo, 0,38 m de ancho y 0,46 m de alto, con área de 0,228 m² y volumen efectivo de 100 L), cada uno con un filtro biológico percolador con flujo de agua de 1,5 L/min; además se instaló un filtro biológico (2,5 L) compuesto por una capa de napa, una capa intermedia de grava y una capa final de conchuelas (Caló, 2011), y dos piedras difusoras para recirculación y oxigenación del agua. El aire fue abastecido por un Blower.

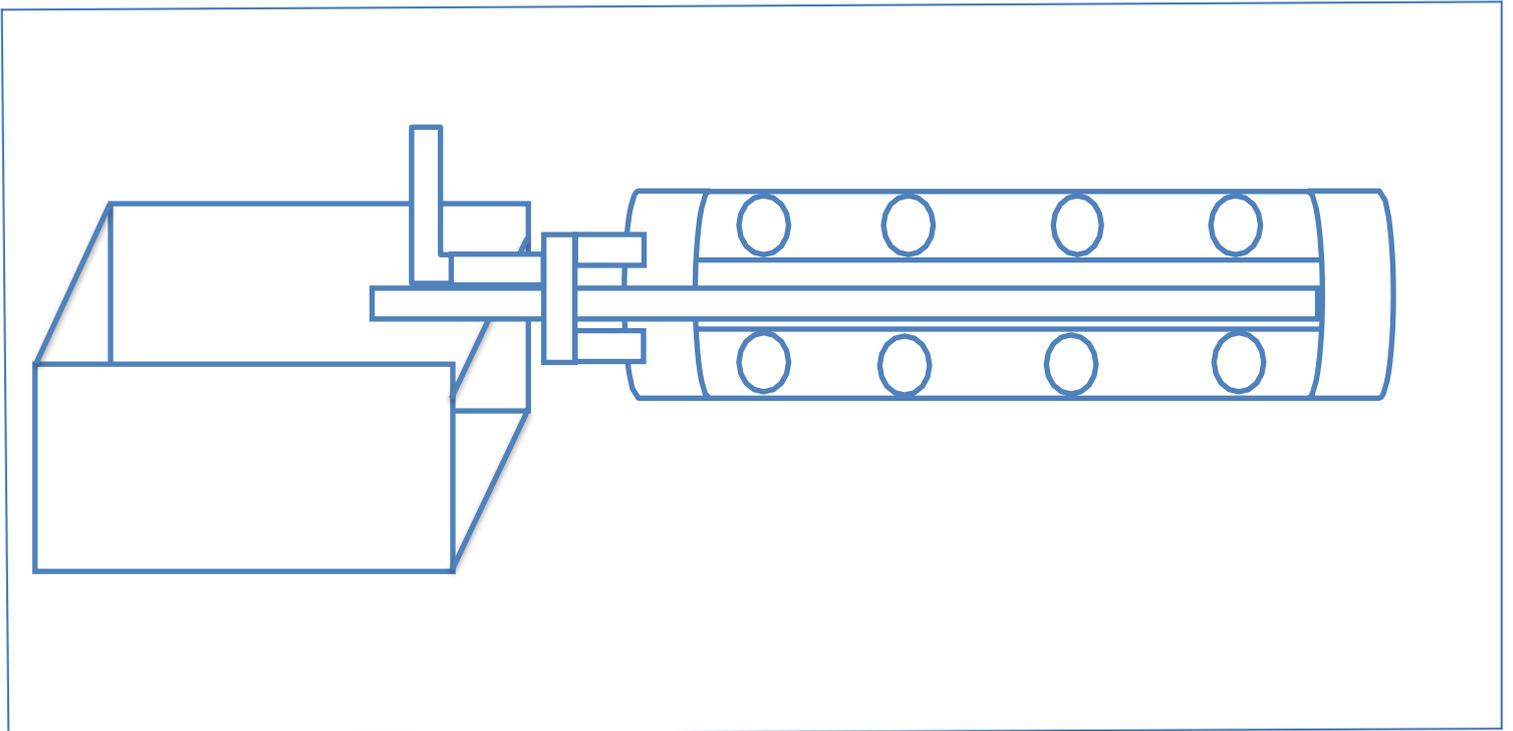
Para el sistema NFT se emplearon 13 tubos de PVC de 3" (0,60 m de largo, 0,10 m de diámetro y 0,33 de circunferencia) los cuales fueron divididos en dos partes iguales: cada uno con 8 agujeros donde fueron instalados los vasos con las plantas de acelga.

Este sistema fue instalado en el segundo piso del pabellón de acuicultura, el techo fue cubierto con malla rashell para permitir el ingreso de la luz solar y en las noches se iluminaba con dos fluorescentes de 40 W.

Sistemas acupónicos NFT



Esquema del sistema NFT



❖ Solución nutritiva

La solución nutritiva para los filtros de cultivos acuapónicos, se obtuvieron a partir de la maduración de filtros: es decir se dejó irrigar el agua de los acuarios durante 15 días a los filtros con la ayuda de una bomba cabeza poder de un metros y medio de impulso, y así se maduraron cada filtro para cada sistema NFT. Al dejar correr el agua por los filtro biológico garantiza la eficiencia en la remoción de materia orgánica y organismos patógenos (Rey V, 2016) así mismo, Moreno Y. & Arambulo V. (2020) considera que mientras más adaptadas estén las bacterias nitrificantes a las condiciones del cultivo mejor será su la filtración de nitrógeno amoniacal total el agua.

❖ Alimentación de peces

Los peces fueron alimentados a saciedad tres veces al día, se usó alimento balanceado al 28% de proteína.

❖ Determinación de muestreos:

Peces

Los peces fueron muestreados cada 15 días. El peso total (g) se determinó con una balanza digital ADAM AQT 600 (± 0.01 g), se midió la longitud total (LT= se mide desde la punta de la boca hasta el extremo de la aleta caudal), los peces fueron colocados en posición lateral y se utilizó una regla graduada de (± 1 mm).

Plantas

Cada siete días se realizó el muestreo en talla y peso, utilizando una regla graduada en cm (± 0.1 mm) para medir la longitud total de la planta, longitud de raíz, y hojas; para el número de hojas se hizo conteo manual; el peso fue determinado con una balanza digital ADAM AQT 600 (± 0.01 g). Se tomó en cuenta el peso fresco de la parte aérea (hojas y tallo) y la parte radicular (raíz) las plantas fueron medidas en posición vertical, así se determinaron los parámetros de crecimiento (Hoyos et al., 2005) .

❖ Determinación de parámetros ambientales

Durante la evaluación de los parámetros ambientales se tomó en cuenta:

- Cada 15 días se evaluó la calidad del agua: para medir el oxígeno disuelto y temperatura se usó un oxímetro digital sesion8 ($\pm 0,01$ mg L⁻¹ $\pm 0,01$ °C), y un pHmetro digital Hanna (± 0.01 unidades).

- Cada siete días se midieron los niveles de: nitrógeno amoniacal total (NAT): amonio - amoníaco NH_4/NH_3 (mg L^{-1}), nitrito $\text{NO}^- \text{N}$ (mg L^{-1}) y nitrato $\text{NO}^- \text{N}$ (mg L^{-1}) del agua a la entrada y salida de los sistema acuapónico NFT, para ello se usó un Kit de análisis colorimétrico Sera ($\pm 0.01 \text{ mg L}^{-1}$).

2.2.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

- **Crecimiento de Peces**

Los peces fueron muestrados cada quince día: el pesos y tallados. Con los datos obtenidos se determinó: crecimiento absoluto (CA), la ganancia porcentual (GP), la tasa de crecimiento absoluto (TCA), ganancia en peso (GP) y supervivencia (S) (Soriano y Hernández, 2002; Shete *et al.* 2016):

$$\text{CA} = X_2 - X_1$$

$$\text{GP} = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

$$\text{TCA} = (X_1 - X_2) / t_1 - t_2$$

Donde X_1 y X_2 = peso húmedo (g) o la longitud total (cm), inicial y final

t_1 y t_2 es la duración por cada día de muestreo

Supervivencia de la tilapia: La supervivencia (S), se determinó mediante la observación de los peces a través de los acuarios:

$$\text{S (\%)} = N_i \times 100 / N_o$$

Dónde: N_o = Número inicial de peces tilapia;

N_i = Número final de peces tilapia

- **Crecimiento de acelga**

Cada siete días se realizó el muestreo en talla y peso; con los datos obtenidos se determinó:

$$\text{TCA g/día}^{-1} = (\text{PS}_1 - \text{PS}_2) / (t_1 - t_2)$$

Dónde: PS_1 y PS_2 es el peso húmedo (g) o la longitud total (cm), inicial y final; t_1 y

t_2 es la duración en días por cada muestreo.

- **Producción**

$\text{P (kg m}^{-2}\text{)} = \text{Biomasa} / \text{área de cultivo en las lechugas}$ $\text{P (kg m}^{-3}\text{)} = \text{Biomasa} / \text{volumen de cultivo en los peces}$

- **Biomasa en peces**

$\text{Biomasa (Kg)} = \text{Peso promedio} \times \text{Número de peces}$

- **Análisis estadístico**

Los datos son presentados mediante tablas estadísticas de entrada simple con resultados absolutos y relativos; así como sus respectivos gráficos.

La normalidad de los datos se determinó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos de crecimiento y de calidad de agua fueron procesados y analizados estadísticamente mediante el diseño estadístico completamente al azar. Las diferencias entre las medias de los tratamientos se determinaron al 95% por análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5%, se usó el programa estadístico SPSS versión 25 para Windows.

IV. RESULTADOS

3.1. Talla y peso de alevines de *O. niloticus*

La tesis de investigación tuvo una duración de 45 días, los datos referentes a talla y peso provienen de los 4 tratamiento de los sistemas acuaponicos. En las figuras 1 y 2 se registran los resultados de talla y peso, desde el inicio hasta el final del trabajo de investigación. El tratamiento N° 02 de 635peces/m² y densidad de 8 plantas/sistema acuapónico, fue tuvo el mejor resultados, además de presentar mejor supervivencia de alevinos.

Crecimiento en peso tilapia

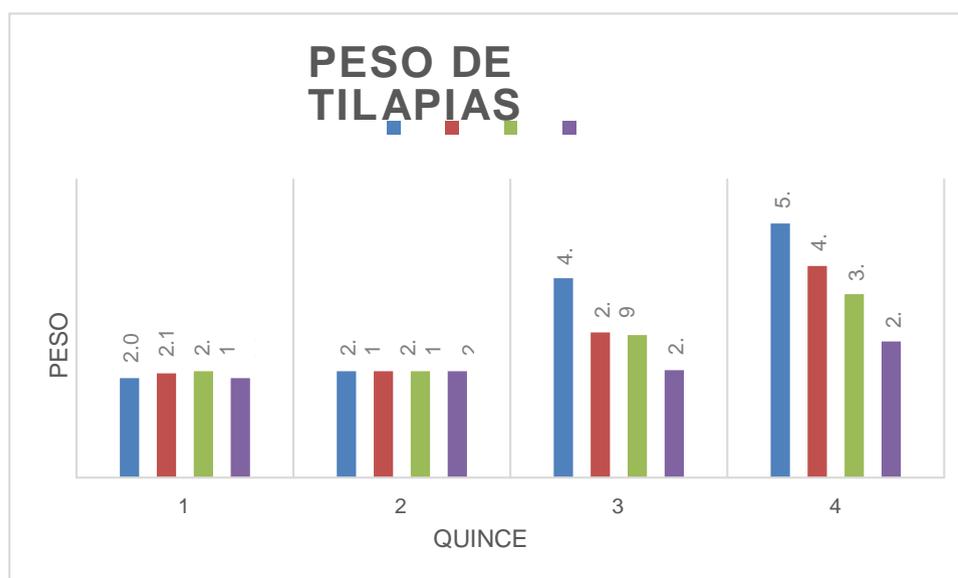


Figura 1. Crecimiento en peso de *O. niloticus* con diferentes densidades en cultivos acuapónicos con *B. vulgaris*, durante 60 días (cada 15 días).

Tabla 3. Parámetros de crecimiento en peso (Media \pm desviación estándar) de alevinos de *O. niloticus* en sistemas de cultivo hidropónicos NFT

Parámetros	Densidad del cultivo acuapónico			Sistema NFT
	125 peces/m ²	375 peces/m ²	635 peces/m ²	875 peces/m ²
Peso inicial (g)	2.1 \pm 0.05 ^a	2.1 \pm 0.02 ^a	2.1 \pm 0.03 ^a	2.1 \pm 0.02 ^a
Peso final (g)	5.1 \pm 0.06 ^a	3.7 \pm 0.79 ^{ab}	4.3 \pm 1.18 ^b	2.7 \pm 0.38 ^a
CA (g)	3 \pm 0.07 ^a	1.6 \pm 0.79 ^{ab}	2.2 \pm 1.17 ^b	0.6 \pm 0.37 ^a
TCA (g)	0.10 \pm 0.001 ^a	0.06 \pm 0.0.1 ^{ab}	0.08 \pm 0.02 ^b	0.02 \pm 0.005 ^a
GP (%)	142.85 \pm 16.8 ^a	76.19 \pm 28.9 ^{ab}	104.76 \pm 38.3 ^b	28.57 \pm 10.7 ^a
TCE (% día ⁻¹)	3.06 \pm 0.03 ^a	1.95 \pm 0.04 ^{ab}	2.47 \pm 0.05 ^b	0.86 \pm 0.02 ^a

PT: Peso total. CA: Crecimiento absoluto. GP: Ganancia porcentual. TCA: Tasa de crecimiento absoluta.

TCE: Tasa de crecimiento específica. P: Producción. Datos con letras diferentes en superíndices en una fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

Crecimiento en longitud de tilapia

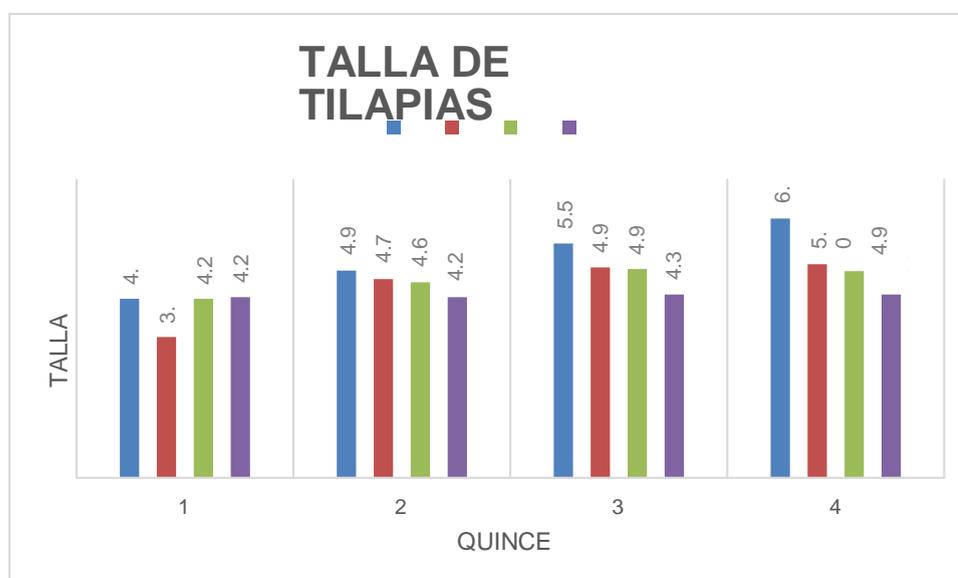


Figura 2. Crecimiento en peso de *O. niloticus* con diferentes densidades en cultivos acuapónicos con *B. vulgaris*, durante 60 días (cada 15 días).

Tabla 4. Biometría crecimiento en talla y peso de *O. niloticus* en los sistemas acupónicos de cultivo

	Biometría 1				Biometría 2				Biometría 3			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Tiempo												
Peso total (gr)	2,1	2,1	2,1	2,1	4,0	2,9	2,9	2,2	5,1	4,3	3,7	2,6
Ganancia en peso (gr)	-	-	-	-	1,9	0,8	0,8	0,1	1,1	1,4	0,8	0,4
Longitud (cm)	4,9	4,7	4,6	4,2	5,5	4,9	4,9	4,1	6,1	5,0	4,9	4,3
Crecimiento absoluto (cm)	-	-	-	-	0,6	0,2	0,3	0,1	0,6	0,1	0,0	0,2

Parámetros físicos de los alevinos de tilapia, obtenidos en cada biometría durante el periodo de cultivo de 60 días.

3.2. Talla y peso de *B. vulgaris*

El mayor crecimiento en talla y peso final de las plantas de acelga, se obtuvo en el T: N° 02 de los sistemas acuaponicos .

Se obtuvo crecimiento de 41.3 ± 4 cm de talla y 400,9 gr de peso.

Crecimiento de acelga

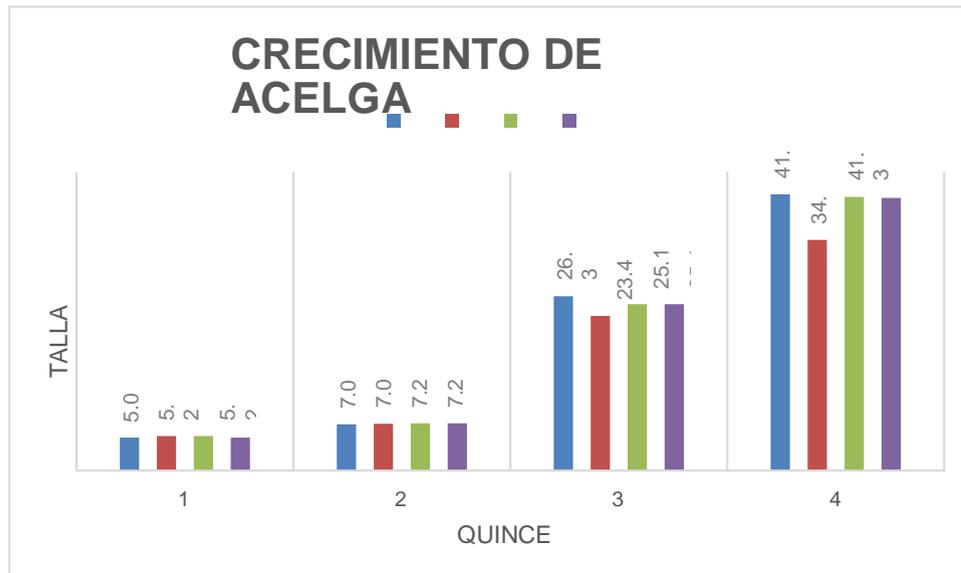


Fig. 03. Crecimiento en altura: de la raíz hasta las hojas de *B. vulgaris* con diferentes densidades de tilapia por cada tratamiento de cultivo.

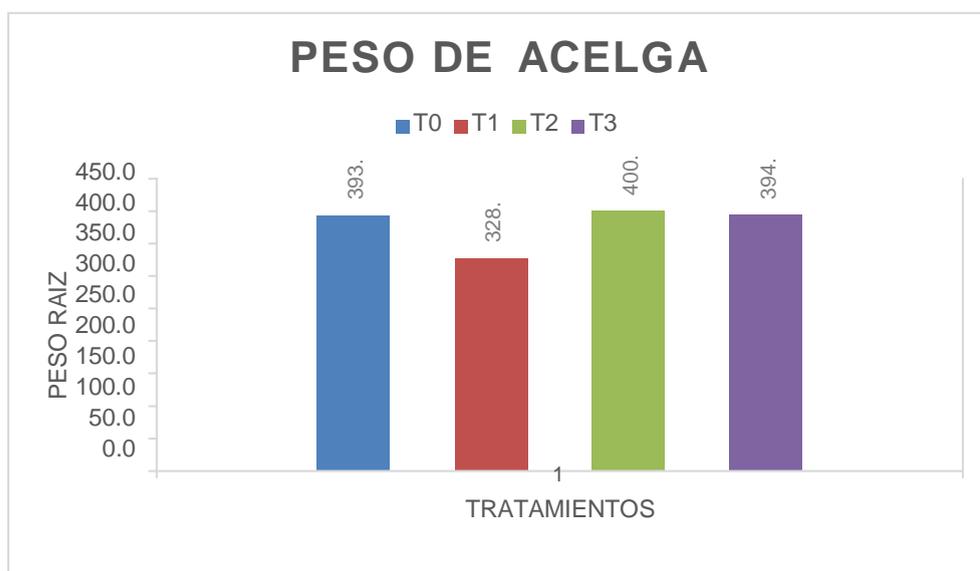


Fig. 04. Peso total (peso con raíz) de *B. vulgaris* con diferentes densidades de tilapia por cada tratamiento de cultivo

Tabla 4: Parámetros de crecimiento en longitud total y producción de *B. vulgaris* cultivada con diferentes densidades en sistema NFT, durante 45 días. (Media \pm desviación estándar)

Parámetros	Densidades del cultivo acuapónico			Sistema NFT
	125 peces/m ²	375 peces/m ²	635 peces/m ²	875 peces/m ²
LT inicial (cm)	7.0 \pm 0.12a	7.0 \pm 0.10a	7.2 \pm 0.06 ^a	7.2 \pm 0.10 ^a
LT final (cm)	41.7 \pm 0.91a	34.8 \pm 4.20a	41.3 \pm 4.72a	41.2 \pm 1.97a
TCA (cm día-1)	1.17 \pm 0.01a	0.95 \pm 0.05a	1.18 \pm 0.06a	1.17 \pm 0.03a
TCE (% día-1)	6.31 \pm 0.04a	5.69 \pm 0.12a	6.02 \pm 0.17a	6.01 \pm 0.05a

LT: Longitud total. TCA: Tasa de crecimiento absoluta. TCE: Tasa de crecimiento específica. P: Producción. Datos con letras diferentes en superíndices en una fila indica diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla. N°5. Biometría de crecimiento en talla y peso de *B. vulgaris*, dentro del sistema acuapónico de cultivo

	Biometría 1				Biometría 2				Biometría 3			
	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3	T0	T1	T2	T3
Tiempo												
Longitud (cm)	7,0	7,0	7,2	7,2	23,6	23,4	25,1	25,1	41,7	34,8	41,3	41,2
Promedio (cm)		7,1				24,3				39,7		
Longitud alto de la hoja (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	41,7	34,8	41,3	41,2
Longitud ancho de hoja (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	22,1	15,8	22,2	19
Peso total con raíz (gr)	-	-	-	-	-	-	-	-	393,6	328,3	405,7	398,3
Peso total sin raíz (gr)	-	-	-	-	-	-	-	-	302,1	238,7	302,7	310,5
Número de hojas	4	3	4	4	8	7	8	8	8	7	8	8

Parámetros físicos de acelga obtenidos en cada biometría a lo largo del periodo de cultivo de 45 días

3.3. Parámetros ambientales

En el anexo (), Los parámetros físicos y químicos del agua de cultivo de *O. niloticus* fueron similares ($p > 0.05$) entre tratamientos (Tabla ..). La temperatura fue de alrededor de 20 °C.

El amonio varió entre 0.2 a 0.5 mg L⁻¹ entre tratamientos. Los rangos de nitritos fueron de 0,5 a 0,7 mg L⁻¹ entre las densidades 125 peces/m² y 875 peces/m², a diferencia a densidades menores de 635 peces/m² con rangos de concentración de nitritos de 5,0 mg L⁻¹.

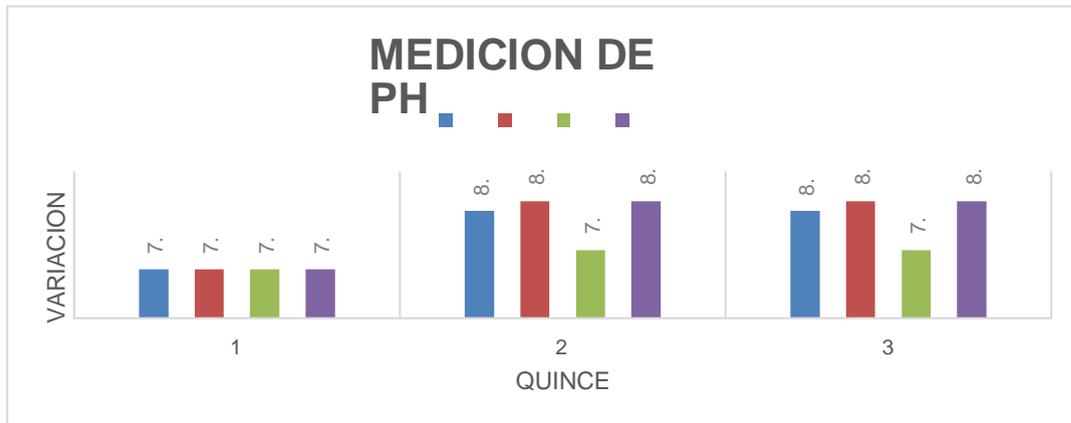


Fig. 05. Variación de niveles de pH, por cada tratamiento de cultivo cada 15 días

Tabla 6. Parámetros físico químicos del cultivo de *B. vulgaris* cultivada con diferentes densidades en sistema NFT, durante 45 días. (Media ± desviación estándar)

Densidad	Temperatura (°C)	Amonio (mg L ⁻¹)	Nitritos (mg L ⁻¹)	Nitrato (mg L ⁻¹)	pH
125peces/m 2	19.5 ± 0.58 ^a	0.33 ± 0.0 ^a	3.5 ± 0.05 ^a	70.0 ± 21.39 ^a	7.9 ± 0.64 ^a
375peces/m 2	19.5 ± 0.61 ^a	0.43 ± 0.01 ^a	3.5 ± 0.05 ^a	76.66 ± 24.25 ^a	7.9 ± 0.56 ^a
635peces/m 2	19.6 ± 0.48 ^a	0.43 ± 0.02 ^a	2.8 ± 0.05 ^a	70.0 ± 24.25 ^a	7..6 ± 0.82 ^a
875peces/m 2	19.5 ± 0.81 ^a	0.33 ± 0.01 ^a	3.3 ± 0.05 ^a	73.0 ± 21.39 ^a	7.9 ± 0.58 ^a

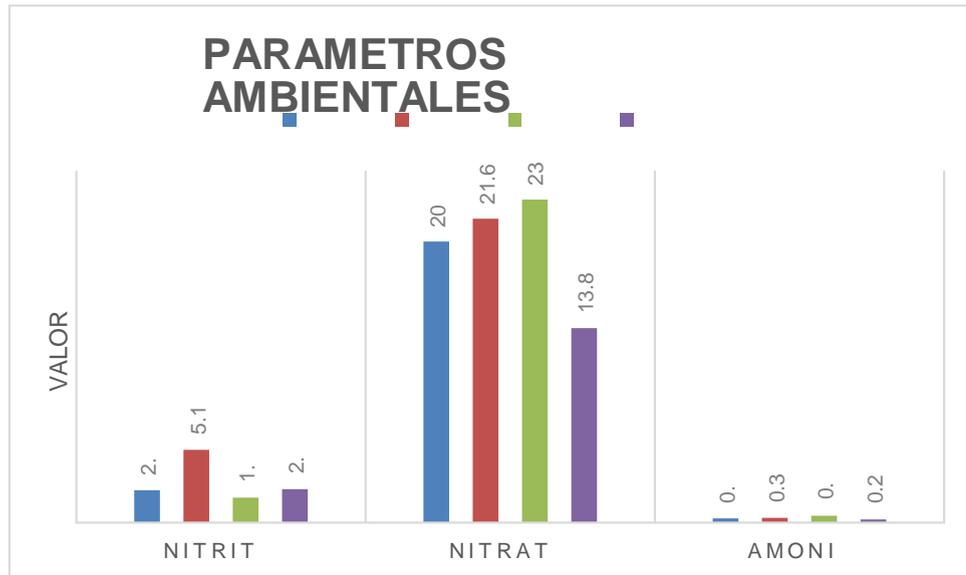


Fig. 06. Valores de nitritos, nitratos y amonio de los tratamientos



Fig. 07. Sólidos suspendidos totales adheridos a las raíces de *B. vulgaris*

V. DISCUSIÓN

La temperatura media del agua fue de 20 °C. La cual esta dentro del rango optimo 20 a 31.5 °C (Campos et al., 2013) asi mismos, Saavedra, (2006); Tsang & Quintanilla, (2008), recomienda temperaturas entre 28°C y 32 °C, aunque con un mínimo de 23 °C. En el presente estudio, la temperatura del agua fue similar ($p>0.05$) entre tratamientos y fue de 20 °C, siendo aceptable para ambas especies.

En el caso de acelga requiere de temperaturas de entre 5 a 33 °C con un óptimo de 15 y 25 °C; así mismo, en cultivos de invernaderos requiere de un 60 y 90 % de humedad (Camba., 2018). Lo que respalda las temperaturas de 19 y 20 °C registradas durante el desarrollo del trabajo.

El pH del agua se mantuvo entre 7.6 y 7.9; conciderando que, para sistemas acuapinicos un pH 7 es ideal, ya que si pasa de 8 de pH puede reducir la absorción de algunos nutrientes Flores O & Madris R., (2013).

Los nitritos son productos intermedios en el proceso de nitrificación del amoniaco a nitrato y su incremento por falta de oxidación biológica, es tóxico al producir metahemoglobina, por lo que se recomienda mantenerlo por debajo de 1 mg L⁻¹ para optimizar la producción (Timmons *et al.*, 2009).

Por ello la importancia del manejo de la calidad de agua es esencial para garantizar el crecimiento de bacterias, plantas y peces. Tal como lo afirma Barahona y Castillo, (2011) los peces y las plantas se benefician mutuamente, y la prosteridad de ambas dependerá de optimisacion de los parámetros.

Guerra et al., (2016). Menciona que los nutrientes optenidos de las excretas y alimento no consumido por los peces son absorbidos y utilizados como nutrientes por las plantas cultivadas, por lo tanto la hidropinia es una tecnología para producir alimento de forma sostenible.

Las densidades de 375 – 635 peces/m³ fueron las que permitieron mayor crecimiento en peso y en longitud de *O. niloticus*, después de 45 días de cultivo, comparados con la densidad 875 peces/m³ y con el control. Sin embargo. Los resultados sugieren que una baja densidad de cultivo reduce la carga de materia orgánica, por la acumulación de productos nitrogenados, afirmación respaldada por, James (2010) y Colt, (2006) indican que la acumulación de los

compuestos nitrogenados en sistemas acuaponicos afecta el metabolismo y reduce el crecimiento de los animales acuáticos y frutales.

En acuaponía la densidad es muy importante, Rodriguez et al., (2015) determina que en alevinos de *O. niloticus* es 240 peces/m³ con peso final de 364 g durante 160 días. (Ronzon-ortega et al.(2012) recomienda densidades de 28 alevinos /m³ con peso inicial de 160 g en tanques de fibra de vidrio de 7.01 m³, datos que sustentan los resultados obtenidos, con las densidades tomadas para nuestro trabajo.

Moreno y Zafra.,(2014), utiliza proporcione de 50 juveniles/50 lechugas con peso final de 3,181 g para tilapia y 118,20 g para lechugas durante 90 día.

Para el almacigo de acelga *B. vulgarsis* se utilizaron de 2 a 3 semillas, con una distancia de 0,30 m en los sistemas NFT; lo cual concuerda con, Valadez., (2002) recomienda de 2 a 3 semillas por almacigo, con distancia de 0.30 metros entre plantas en cultivos, Es importante tener en cuenta para la distancia entre plantas en el cultivo en sistemas NFT.

En el sistema NFT del sistema acuaponico usamos 8 plantas de *B. vulgare* por sistema, de la cual optuvimos plantas de hasta 41,1 cm de longitud con pesos de 398,3gr. Ortiz et al. (2015) y Ramírez et al. (2011) consideraron que a densidades de 8 plantas/cama hidropónicas para *B. vulgaris* y *O. vulgare* se lograron pesos finales de 27,02 g y 107,04 g durante 35 días. Por otro lado, Gonzalez et al. (2009) y Ortiz et al. (2015), indicaron que en cultivos hidropónicos de cama flotante para *B. vulgaris* la altura fue de 27,14 cm y un peso final de 27,02 g. con esta comparación podemos decir que los sistemas nft dan mejores resultados en cuanto a producción en peso y talla de *B. vulgaris*, se ve reglejado en nuestros resultados.

En el sistema NFT del sistema acuaponico usamos 8 plantas de *B. vulgaris* por sistema, de la cual optuvimos plantas de hasta 41,1 cm de longitud con pesos de 398,3gr. Ortiz et al. (2015) y Ramírez et al. (2011) consideraron que a densidades de 8 plantas/cama hidropónicas para *B. vulgaris* y *O. vulgaris* se lograron pesos finales de 27,02 g y 107,04 g durante 35 días. Por otro lado, Gonzalez et al. (2009) y Ortiz et al. (2015), indicaron que en cultivos hidropónicos de cama flotante para *B. vulgaris* la altura fue de 27,14 cm y un peso final de 27,02 g.

Por lo tanto *B. vulgaris* se puede cultivar en diferentes estaciones del año debido a sus ciclos cortos de crecimiento (Costa et al., 2003; Ocaña et al.,(2015), además, que es una

hortaliza de hojas verdes y tallos gruesos que contiene un alto nivel de proteína, fibra, minerales, vitaminas y ácidos grasos esenciales (Macías et al.,2003).

La incorporación de la hidroponía con la acuicultura permite usar eficientemente el agua y fertilizantes y garantiza menos riesgo de plagas, enfermedades y mejora la calidad del agua (Alcarraz et al., 2018). En el sistema acuaponico NFT se obtienen resultados que garantizan la buena calidad del agua.

En este proyecto se logró hacer uso eficiente de un espacio reducido para el cultivo en simultaneo de peces y hortalizas, se redujo el usos del agua y fertilizantes. Lo cual representa el 50% del costo en los cultivos convencionales tanto agrícola como acuícola (Scaglione et al., 2017)

VI. CONCLUSIONES

Se obtuvo mayor crecimiento en talla 41,3 cm y peso de 400,9 en acelgas con una densidad de 635 peces/m³, por 8 plantas por sistema acuapónico.

La densidad de cultivo de peces esta relacionada directamente con el mejor crecimiento en talla y peso de acelgas.

Dentro de los parámetros físico-químicos registrados durante el periodo de cultivo de acuaponico: pH, temperatura, amonio, nitritos y nitratos estuvieron dentro de los límites.

Los sistemas acuaponicos, son sistemas rentables y de fácil acondicionamiento, donde se reutiliza el agua de cultivo de los peces como nutriente para los vegetales, por ende se reduce la compra de nutrientes comerciales, así mismo se ahorra en un 90% de uso de agua.

Los sistemas de recirculación en cultivos acuapónicos permiten el ahorro y reduce gastos por el uso de agua. Así mismo con la mejora que se le hizo al sistema NFT se logro mejorar la distribución de nutrientes presentes en el agua, reglejandose en el crecimiento de todas las plantas de acelga.

Los sistemas de recirculación en cultivos acuapónicos permiten el ahorro y reduce gastos por el uso de agua.

La acuaponia, es una actividad muy rentable; ya que en un solo sistema de cultivo podemos tener peces y verduras con gastos de 4,000 soles de la cual se tiene dos cosechas de peces y 4 cosechas de verduras en un año, mientras que en la agricultura se tiene cosecha solo de acelgas con un costo de 3. 608.7 soles en una hectárea de terreno(INEI, 2018) y en acuicultura se gasta cerca de 2,000 soles para la instalación y cultivo de tilapia.

VII. RECOMENDACIONES

- Los cultivos acuapónicos deben de ser instalados en ambientes libres, con presencia de luz durante las 24 horas, de esa manera se tiene mejores resultados en menor tiempo, no es recomendable realizar cultivos acuapónicos en ambientes cerrados como laboratorios.
- Se recomienda llevar un control continuo de parámetros químicos: nitrito, nitrato y pH para tener un optimo crecimiento de acelgas.
- Se recomienda usar el sistema NFT, para asociar cultivos hidropónicos y acuapónicos.
- Continuar con investigaciones sobre el cultivo de acelgas en sistemas acupónicos.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcocer, M., Fernández, V., & Pérez, L. (2017). Diseño Y Contrucción De Dos Sistemas Acuapónicos Horizontales Para La Producción Conjunta De Preces Dorados Y Lechugas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica .
- Alcarraz, Q., Tapia, F., Bustamente, P., Tapia, L., Wacyk, G., Escalona, C. (2018). Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. Revista Anales Científicos, 79 (1): 101 – 110
- Baltazar, P.M. (2007). La tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. Rev. Perú. Biol. Número especial 13(3): 267 – 273
- Camba R. (2018). “Aplicación de tres soluciones nutritivas con cuatro sustratos en el cultivo de acelga (*beta vulgaris*).”, tesis para obtener grado., universidad de Guayaquil., facultad de ciencias agrarias carrera ingeniería agronómica.
- Campos, P., Alonso, L., Avalos, C., Asiain, H., Reta, M. (2013). Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponia, Revista mexicana de ciencias agrícolas. 5:939-950
- Delgado A. Morillas R. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. Rev. Nutr. clín. diet. hosp. 32(2): 8-20
- FAO (2020). Anuario estadístico de pesca y acuicultura 2018. Roma
- FAO (2021). Programa de información de especies acuáticas *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Departamento de pesca y acuicultura. Roma .

- FAO 2022. Análisis de la producción de crías de tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) en instalaciones acuícolas en México de 2014-2021. 1-6.
- Flores O, Madrid R. (2013) Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en Zamorano. Tesis para optar el título. 1-20
- García-Ulloa M, León C., Hernández F., Chávez R. (2005) Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. Revista de investigación y difusión científica 9(1):1-6
- Hoyos P., Álvarez V., Rodríguez A. (2005). Evaluación de algunos parámetros morfológicos de la acelga recolectada hoja a hoja, Rev. ITEA 101(3): 225- 236.
- Hundley, G. C., Navarro, R.D. 2013. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável 3(2), pp. 52-61. Disponible en: <http://www.rbas.com.br/index.php/rbas/article/view/218/214>
- Marulanda, C. (2003). Manual técnico la huerta hidropónica popular. FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-ah501s.pdf>
- Moreno W., Zafra, A. (2014). Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga *Lactuca sativa* con efluentes de cultivo de tilapia. Rebiol, 34(2): 60-72.
- Moreno Y., Arambulo V. (2020). Diseño de un protocolo efectivo para la maduración y manejo de biofiltros para sistemas de recirculación en acuicultura en CENAIM
- Muñoz, M.(2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. 123-129.
- Muñoz, M. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. Informador técnico (Colombia) Edición 76: 123 – 129.
- Ortiz L., Martínez A., Del Rosario A. (2015). Crecimiento de hortalizas en sistemas acuapónicos, Rev. Divulgación científica 1(2):14-18.

- Ortega N., Trejo L., Gomez F., Alonso A. y Salazar J. (2015). Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en un sistema acuaponico abierto. AP Agroproductividad. 20-25 pp.
- Ocaña J., Solís M., Reyes D., Solís A., Pérez H., Gil J. (2015). Evaluación económica del cultivo de Acelga (*Beta vulgaris*. cicla) usando Biol como fertilizante orgánico, Rev. International Multilingual Journal of Contemporary Research 3(2): 75-82.
- Pérez C, Hernández M, Amado I. (2013) Acuaponia: bases y alternativas. Instituto Tecnológico de boca del Río (ITBOCA) Veracruz, México.
- Paz E, Martinez T, Chavez Ch. (2019) Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación, CEIBA, 1–6.
- Quiquinlla C, Velarde Y, Valera Q, Osnayo T. (2020). Estudio de prefactibilidad del sistema autosustentable de acuaponía para producir alimentos orgánicos, peces y biosólido en un acuífero. Tesis para obtener el grado de bachiller en ingeniería ambiental. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Ramírez, D., Jiménez, P., Hurtado, H. (2008). La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible Revista Facultad de Ciencias Universidad Militar Nueva Granada, 4(1): 32-51.
- Ramírez L., Pérez M., Jiménez P., Hurtado H., y Gómez E. (2011). Evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano (*Origanum vulgare*: Lamiaceae), Rev. Facultad de ciencias básicas 7(2), pp. 242-259.
- Rubio, S. (2012). Análisis técnico de producción de tilapia *Oreochromis niloticus* y lechuga acrópolis *Lactuca sativa* en acuaponia. [Tesis Maestría]. Instituto Politécnico. Nacional Ecuador.
- Rakocy, J., Masser, M., Losordo, T. (2006). Recirculating aquaculture tank production

- systems: Aquaponics-integrating fish and plant culture. Souther Regional Acuculture Center, 154: 1-16.
- Rubio, S.G. (2012). Análisis técnico de producción de tilapia *Oreochromis niloticus* y lechuga acrópolis *Lactuca sativa* en acuaponia. [Tesis Maestría]. Instituto Politécnico. Nacional. Ecuador.
- Rakocy, J., Hargreaves, J., Bailey, D. (1993). Nutrient accumulation in a recirculation aquaculture system integrated with vegetable hydroponics. In: Wang, J.K. (Ed.), *Techniques for Modern Aquaculture. Proceedings of a Conference, 21–23 June 1993*, Spokane, WA, pp. 148-158.
- Ramírez L., Pérez M., Jiménez P., Hurtado H., y Gómez E. (2011). Evaluación preliminar de sistemas acuapónicos e hidropónicos en cama flotante para el cultivo de orégano (*Origanum vulgare*: Lamiaceae), *Rev. Facultad de ciencias básicas* 7(2):242-259.
- Rodríguez G., Rubio C., García U., Montoya M., Magallón B. (2015). Análisis técnico de la producción de tilapia (*Oreochromis Niloticus*) y lechuga (*Lactuca Sativa*) en dos sistemas de acuaponía, 8(3): 3-33.
- Ronzón M., Hernández P., Pérez I. (2012). Producción hidropónica y acuapónico de albahaca (*Ocimum basilicum*) y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) *Rev. Tropical and Subtropical Agroecosystems*,15:63-71.
- Rey, V. J. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales, 7(3):41-56
- Saavedra, M. A. (2006). Texto de Asignatura Producción Agropecuaria y Acuícola. Carrera Ingeniería Industrial. Departamento de Tecnología y Arquitectura. Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.Marzo.

Scaglione M., Ferrero G., Pergazere M., Bugnon M., Sciara A., Cerutti R. (2017) Acuaponia, nueva tecnología de producción agropecuaria. Boletín, Acuario del Río Paraná, Rosario, Santa Fe, 1-2

Valadez A., (2002). Revista de Producción de Hortalizas, Editorial LIMUSA. Mx. 3:33-34.

Vera C., Hinojosa A., Tapia M., Gomzalez D., Bustamante A., Luchsinger L. y Escalona V. (2014). Efecto de la radiación UV-B sobre los pigmentos y compuestos funcionales en dos cultivares de acelga “tipo baby”. Rev. Iber. Tecnológica Postcosecha 15(2): 193 – 200.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de promedios en talla (cm), peso (gr) de alevinos de tilapia *O. niloticus*

repet.	Tratamiento 3		Tratamiento 2		Tratamiento 1	
	Talla(cm)	Peso(gr)	Talla(cm)	Peso(gr)	Talla(cm)	Peso(gr)
R1	4.8	2.1	4.7	2.1	4.7	2.1
	4.2	2.2	5.7	3.6	5.4	3
	4.4	2.9	5.5	4.6	5.2	4.4
	4.5	2.4	5.3	3.4	5.1	3.2
R2	4	2.1	4.5	2.1	4.2	2.1
	4	2.1	4.5	2.7	4.4	3
	4.6	2.7	4.8	3.5	4.4	3.7
	4.2	2.3	4.6	2.8	4.3	2.9
R3	3.9	2.1	4.5	2.1	5.1	2.1
	3.9	2.1	4.5	2.3	5.1	2.8
	4	2.7	4.3	2.9	5.4	4.8
	3.9	2.3	4.4	2.4	5.2	3.2

Anexo 2: Tabla de variación de los parámetros físico-químico de los tres tratamientos en el cultivo de alevinos de *O. niloticus* en sistemas de cultivo acuapónicos NFT.

TRATAMIENTO		PARAMETRO						
		ph	Temperatura	Sol.Dis.	ppm conductividad	CE Nitrito	Nitrato	Amoni
T0R	ingreso					0.	1	0
	salida	8.1	20	439	783	0.0	50	0
T0R2	ingreso					0.7	10	0
T0R3	salida	8.2	20	350	671	0.5	10	0.5
	ingreso					5	10	0
ingreso	salida	8.0	20	406	761	3	10	0
salida						2.1	40.0	0.0
		8.1	20	398.3	738.3	1.2	53.3	0.2
T1R	ingreso					0.3	10	0.3
1	salida	8.3	20	373	694	0.5	5.0	0.3
	ingreso					0.0	10	0.3
T1R	salida	7.9	20	373	706	0.5	10	0.3
	ingreso					5.0	50	0.5
2	salida	8.4	20	373	686	5.0	75	0.5
		8.2	20	373	695.3	1.8	23.3	0.4
T1R3	ingreso					2.0	30.0	0.4
ingreso	salida	7.7	21	344	741	0.5	10	0.5
o	ingreso					0.5	0.0	0.3
salida	salida	7.8	20	401	743	0.5	50	0
T2R	ingreso					0.5	25	0.3
	salida	7.7	20	380	689	0	25	0.5
T3R						0.3	28.3	0.3
	o	8	2	38	71	2	25	0
T3R	salida					0.	25	0
	ingreso	7.	2	42	78	5	38	0.
T3R	o					0	0	0.3
	salida	8.	20	34	65	0	0	0.
ingreso	ingreso	8	20	8	9	1.5	25	0.1
o						0.7	21	0.2

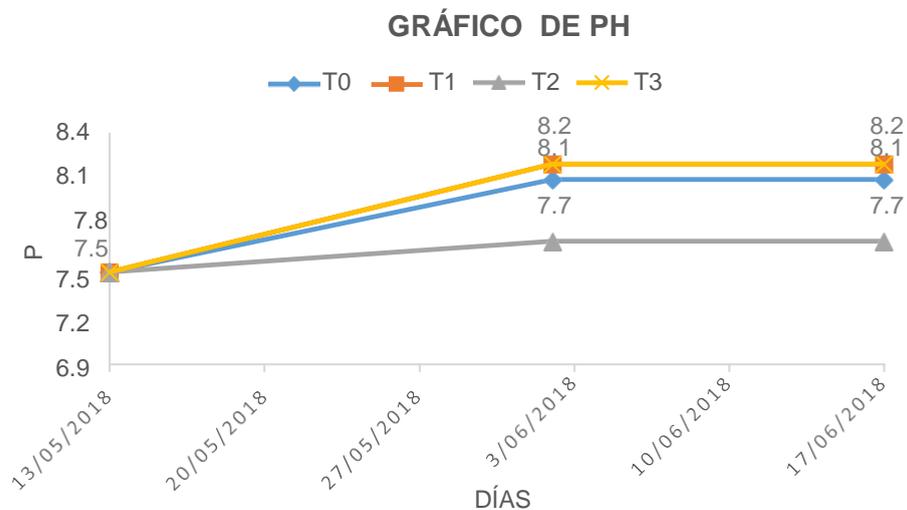
Anexo 3: Tabla de promedios de talla (cm) de de *B. vulgaris*

repet.	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3
	Talla(cm)	Talla(cm)	Talla(cm)
R1	7	7.1	7.3
	25.3	28.4	22.5
	39.5	44.1	40.9
R2	7	7.5	7
	24.9	26.4	29.4
	34.3	43.4	44.1
R3	7.1	6.9	7.3
	20	20.6	23.5
	30.6	36.4	38.5

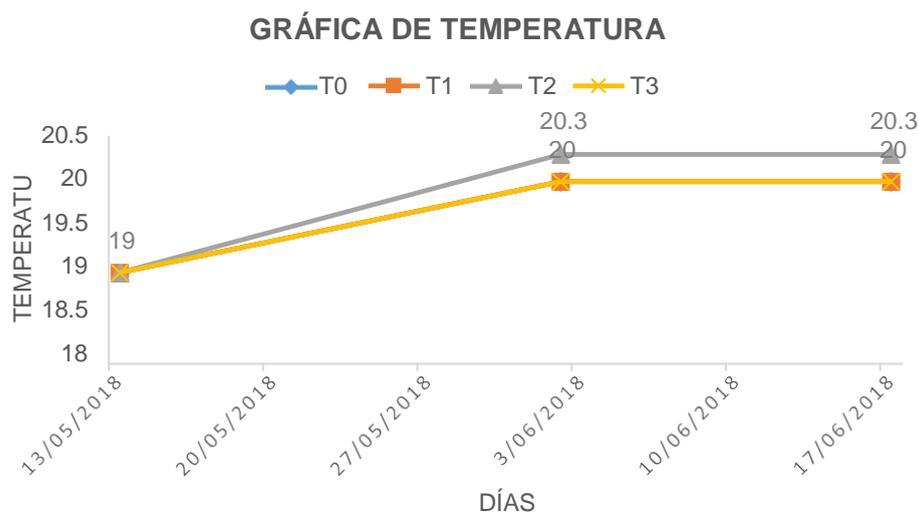
Anexo 4: Tabla de promedios de peso (gr) de de *B. vulgaris*

repet.	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3
	PESO(gr)	PESO(gr)	PESO(gr)
R1	360.3	423	386.6
R2	325.1	409.8	440.5
R3	299.4	362.3	390.1

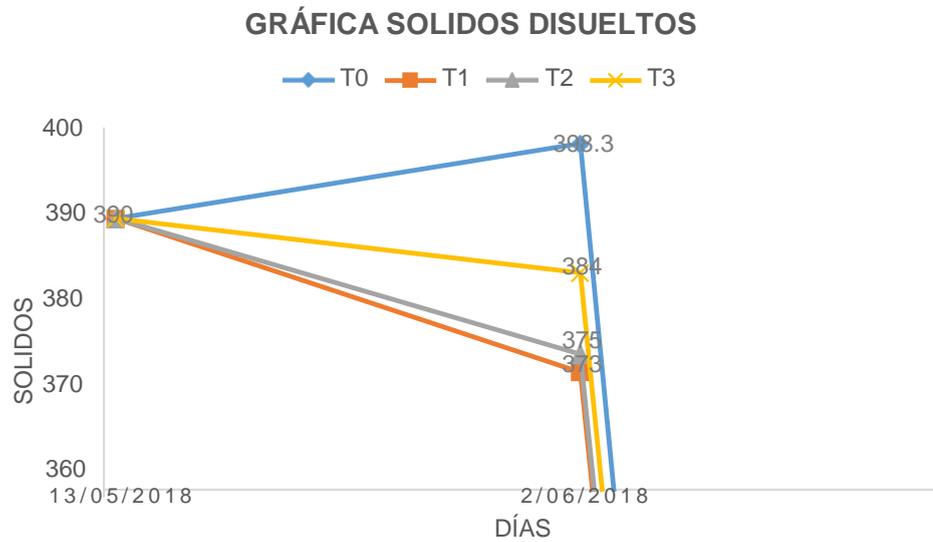
Anexo 5: Grafica de promedios de ph del agua de cultivo de alevinos de *O. niloticus* en sistemas acuapónicos NFT



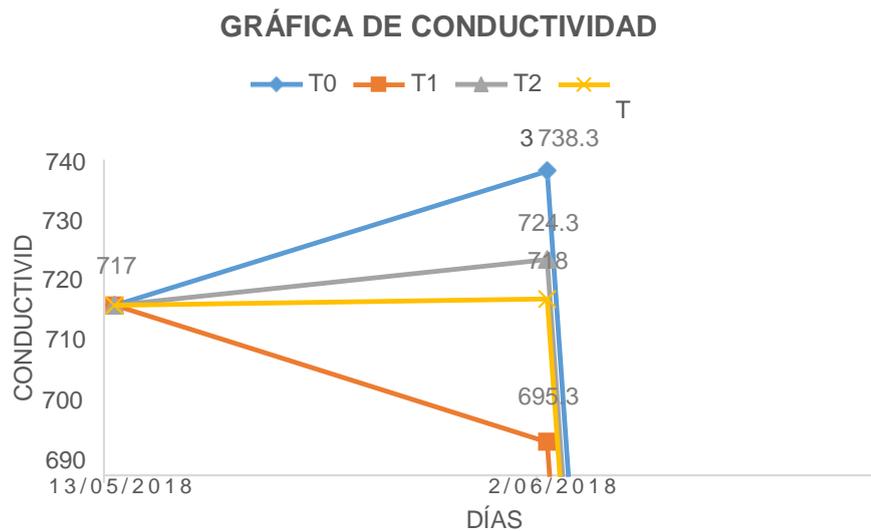
Anexo 6: Grafica de promedios de temperatura del agua de cultivo de alevinos de *O. niloticus* en sistemas acuapónicos NFT



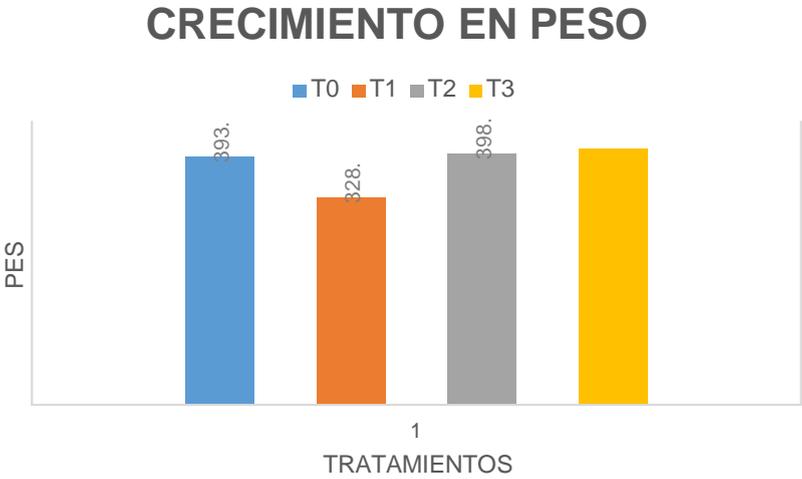
Anexo 7: Grafica de promedios de solidos disueltos del agua de cultivo de alevinos de *O. niloticus* en sistemas acuapónicos NFT



Anexo 8: Grafica de promedios de conductividad del agua de cultivo de alevinos de *O. niloticus* en sistemas acuapónicos NFT



Anexo 9: Grafica de promedios de peso de acelga *B. vulgaris* en sistemas acuapónicos NFT



Anexo 10: Tabla de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	
		Dimensiones	Indicadores
<u>V.Independiente</u>			
Densidad de cultivo de <i>O. niloticus</i>	Número de organismos por área o por volumen de agua	Diferentes densidades por m ² del cultivo de paco	T0=125 peces/m ² T1= 375peces/m ² T2= 635peces/m ² T3=875peces/m ²
<u>V. Dependiente</u>			
Crecimiento de <i>O. nilotic</i>	El crecimiento es el incremento en longitud y peso del pez por asimilación de energía	Crecimiento en peso y longitud	Longitud total (cm) Peso total (g) Tasa de crecimiento absoluto: $TCA = (Y_1 - Y_2) / (t_1 - t_2)$
Producción de <i>O. niloticus</i>	Incremento en biomasa y supervivencia del cultivo	Rendimiento bruto y neto	Kg de pez/m ² Peso bruto = P _{final} Peso neto = P _f - P _i S (%) = Ni x 100 / No
Crecimiento de <i>B. vulgaris</i>	Incremento de las dimensiones de hojas que es acompañados por aumento de peso	Largo y ancho de la hoja	Longitud total(cm) Dimensión y longitud (cm) y número(nº)de las hojas
Producción de <i>B. vulgaris</i>	<u>Incremento de la biomasa</u>	Peso de hojas con raíz	TCA g.día ⁻¹ = (PS ₁ -PS ₂) / (T ₁ -T ₂) Peso total (g)

Anexo 11: Índice de similitud

Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevines de *Oreochromis niloticus* y en la producción de *Beta vulgaris* en sistema acuapónico NFT

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

Anexo 12: Hoja TURNITIN



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Córdova Peralta Zuly Paola Navarro Centurion Greysi Maricie...
Título del ejercicio: TESIS
Título de la entrega: Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevines...
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_1.docx
Tamaño del archivo: 5.46M
Total páginas: 42
Total de palabras: 7,996
Total de caracteres: 40,581
Fecha de entrega: 06-jul.-2022 03:07p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 1867419394



