



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Efecto de *Chlorella* sp. Biotipo I como fertilizante foliar en la productividad de albahaca (*ocimum basilicum*) en un sistema acuapónico con tilapia roja (*oreochromis* sp.) en el subtrópico occidental ecuatoriano

Navarro López, Alejandro Sebastián

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Tirado Juan PhD

11 de enero de 2022



✓ Introducción

- Justificación
- Objetivos
- Marco Teórico

✓ Materiales y métodos

✓ Resultados y discusión

✓ Conclusiones

✓ Recomendaciones

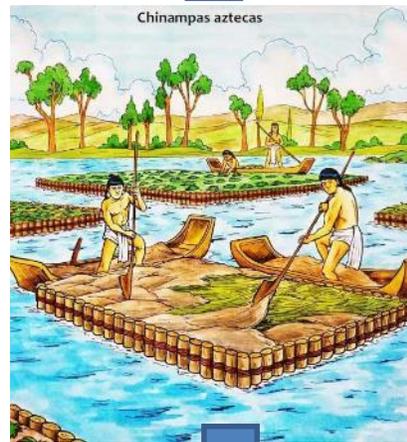
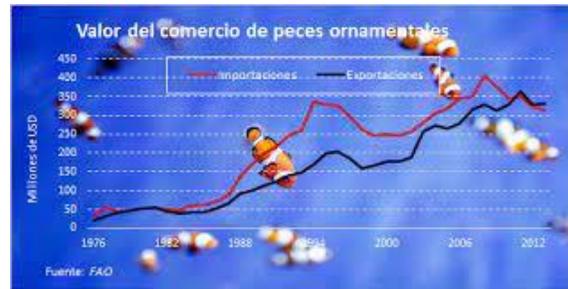


INTRODUCCIÓN

40% del total de exportaciones no petroleras.



El uso de microalgas en sistemas acuapónicos mejora el rendimiento de las plantas



EL NEGOCIO DE LA ACUICULTURA SOSTENIBLE

Si es TECNIFICADO, es Rentable!! .. **25%** Rentabilidad Neta / Año

¡Pare de sufrir!

Tenemos un negocio a su medida..
Asesoramiento desde Cero e Implementación
MODULOS TILMARÓN®

Módulos de cultivo hiperintensivo para engorde de camarón/tilapia todo equipado

+ info 099 418-5675
www.tilpiacenter.com

Si es tecnificado es más económica la inversión y 35 veces menos espacio que el tradicional



Consumo per cápita de pescado de 20,3 kg
100 mil empleos



JUSTIFICACIÓN

- Cultivo sano
- Sin residuos de pesticidas
- Se aprovecha todos los nutrientes generados por los peces



generando bajos rendimientos de kg/ha



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Evaluar las dosis de *Chlorella* sp. biotipo 1 como fertilizante foliar en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema acuapónico con tilapia roja (*Oreochromis* sp.), en el subtrópico occidental ecuatoriano

- Analizar el efecto de cuatro concentraciones de *Chlorella* sp. en la albahaca (*Ocimum basilicum*) sobre la circulación de nutrientes dentro del sistema acuapónico.
- Determinar el efecto de cuatro concentraciones de *Chlorella* sp. en la producción y composición nutrimental de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema acuapónico.
- Estimar la viabilidad económica de *Chlorella* sp. en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum*) en un sistema acuapónico.

H1: El uso de *Chlorella* sp. en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum*) afecta la biomasa de la misma en sistemas acuapónicos del subtrópico occidental del Ecuador

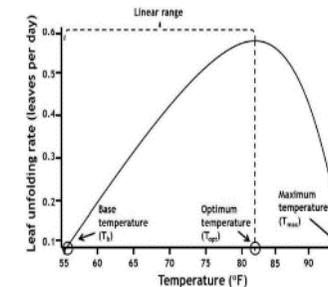
Cultivo de Albahaca (*Ocimum basilicum*)



- **Aceite:** pineno, canfeno, mirceno, limoneno. Alcanfor, etc
- **Farmacéutica:** timol o el carvacrol.
- **Medicinales:** asma, inflamaciones, diabetes, fiebre, dolor estomacal, conjuntivitis e infecciones.
- **Albahaca variedad Crispum** Conocida también como albahaca verde (Longoni, 2019). Esta variedad tiene hojas anchas de superficie arrugada y perfume intenso (Hernández, 2019).

Condiciones agroclimáticas

- Temperatura entre los 18 a 27 °C (26°C); sensible a temperaturas menores a 10°C
- El pH óptimo va desde 5.5 a 6.5
- Una humedad relativa entre el 60% al 70%
- muy sensible a heladas
- cosecha se la realizará entre las 12 a 16 semanas



Nutrient	Total g/planta	Total (Kg/ha) en campo
N	0.63	50.4
P	0.82	65.6
K	2.47	197.6
Ca	0.26	20.8
Mg	1.76	140.8
S	3.39	271.2
Cu	0.0002	0.01
Fe	0.0001	0.01
Mn	0.0009	0.01
Zn	0.0009	0.07
B	0.0002	0.02
Mo	0.00001	0.001

Reino:	Plantae
Subreino:	Traqueobionta (plantas vasculares)
División:	Magnoliophyta (plantas con flor)
Clase:	Asteridae
Orden:	Lamiales.
Familia:	Lamiaceae
Subfamilia:	Nepetioideae
Género:	Ocimum



Cultivo de Tilapia (*Oreochromis sp.*)



su temperatura óptima está entre 23 a 30 °C

Entre 6 a 9 meses, alcanzando pesos de 1 a 1,5 libras

altitud es desde 850 a 2,000 m.s.n.m

Muy resistente a factores físicos

aguas con una concentración de nitrógeno amoniacal total inferior al 1mg.L^{-1} y nitritos menor a 1mg.L^{-1}

Sistema intensivos como súper intensivos

valores óptimos de pH son entre 7 y 8

La proteína, es el componente más costoso y más importante en la dieta del animal los juveniles de tilapia o en crecimiento, el requerimiento de proteína varía de 30 a 40%,

El oxígeno es más conveniente son valores mayores de 2 ó 3 mg/l

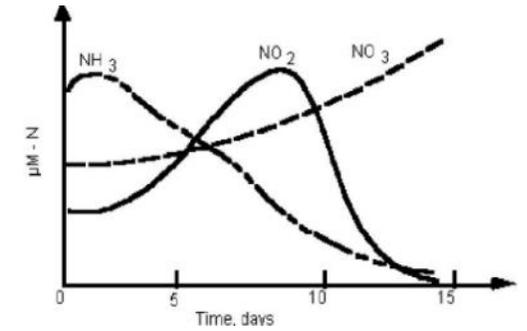


Sistema Acuapónico

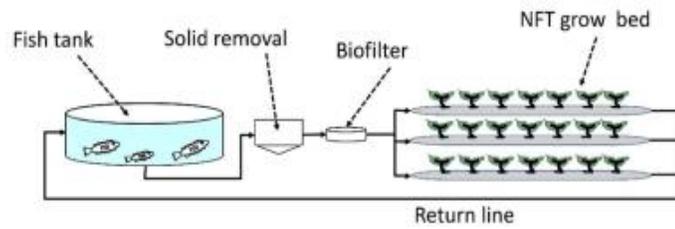
Acuícola



Hidropónico



Sistema NFT

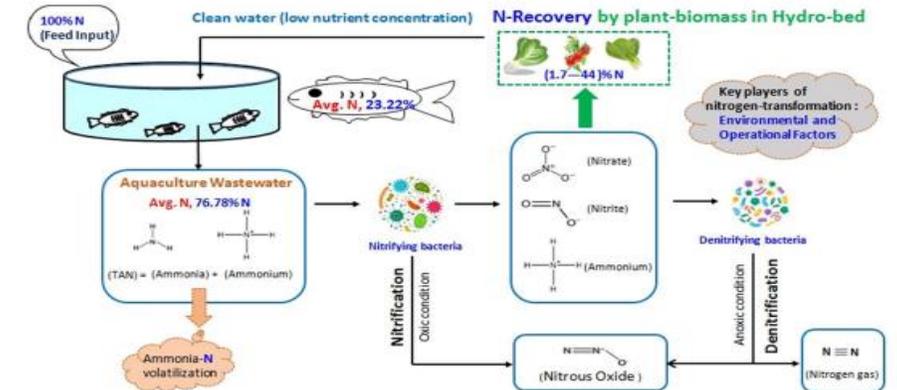


Peces

Plantas

Bacterias nitrificantes

Sistema Nitrificación



Cultivo de *Chlorella* sp, Biotipo 1

Características Nutricionales de *Chlorella* sp. Biotipo 1

Nutrientes	<i>Chlorella</i> B1	Unidad
Nitrógeno	8,3	%
Fósforo	0,5	%
Magnesio	0,4	%
Calcio	0,2	%
Manganeso	0,2	%
Hierro	62,4	mg/kg
Cobre	24,5	mg/kg
Zinc	23,8	mg/kg
Proteína	51,9	%

está dispersa en todos los hábitat desde marinos hasta terrestres, se han encontrado en casi todos los parques nacionales del Ecuador, es un alga verde que posee células unicelulares de forma esférica y se encuentran de forma solitaria o forman colonias de hasta 64 células



Parámetro	Promedio
Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	3.12
Macronutrientes	g * 100 ml (%)
pH	6.32
N total	0.1
P	0.45
K	0.93
Ca	0.49
Mg	0.27
S	0.03
Micronutrientes	mg.L ⁻¹ (ppm)
B	3.4
Zn	39.66
Cu	74.11
Fe	195.57
Mn	125.73

Ubicación y área de estudio



Centro Piscícola Nanegal - Pichincha, cantón Quito, parroquia Nanegal, vía Nanegalito- (1,5 ha)- El Centro Piscícola Nanegal se encuentra a una altitud de 1199 msnm

IASA I ESPE

- Laboratorio de química
- Laboratorio de acuicultura

MATERIALES

Biológicos



1600 ejemplares de 100 a 120 gramos



104 ejemplares x 4 tratamientos



81 litros



Físicos



• Estanque: de 28 m³



- Aireadores:
- Vasos plástico y esponja
- Lámpara
- Pecera
- Atomizadores
- Piolas

Equipos



- Cámara de Neubauer
- Balanza
- Microscopio
- Ictiometro



Químicos



- Nitrofoska
- Kits de análisis de nitrito, nitratos, amonio y fosfatos

MATERIALES Y MÉTODOS

Estanque de los peces

28 m³ con 1700 tilapias de 100g ± 20g

Sistema de Nitrificación Biofloc

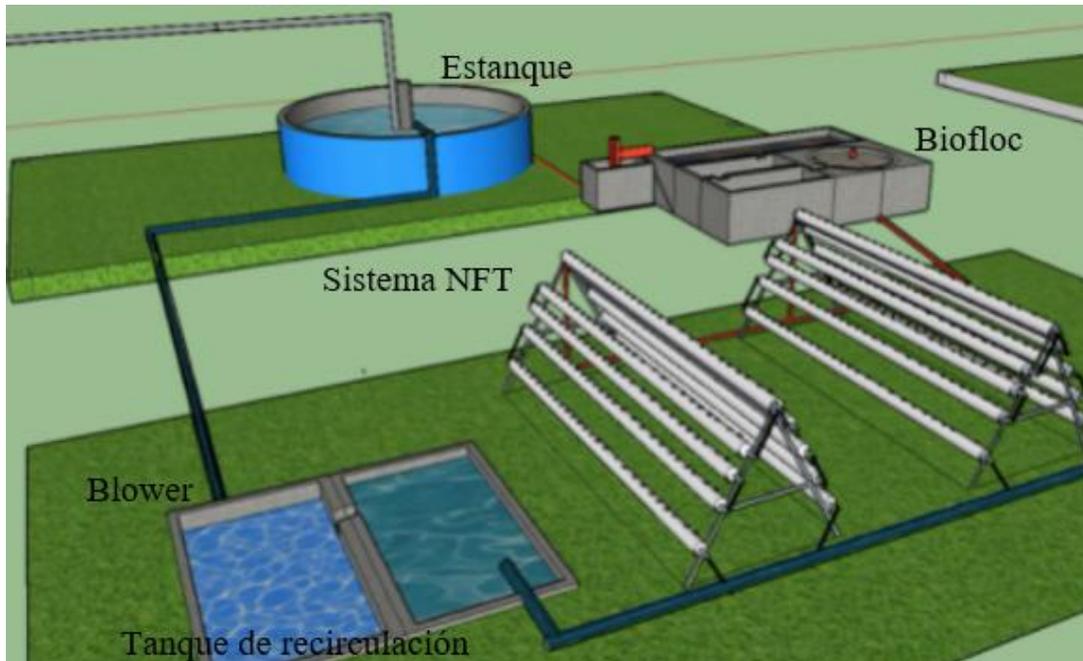
3 tanques.

Sistema NFT

2 estructuras con 8 tubos

Estanque de recirculación

2m conectados a una bomba



Maduración del Sistema de Nitrificación

10 gramos de *Bacillus subtilis*,



Manejo del cultivo de tilapia.



estanque se desinfectó con Nitrodesinfect proteína de 30 a 34 %..

Manejo del cultivo de albahaca

vasos desechables de 5 onzas con esponja



15 días, con una altura de 3 cm,

(macerado de jengibre, ají y ajo)

Manejo del cultivo de *Chlorella sp.*

250 ml del cultivo en el Laboratorio de Acicultura del IASA y se masificó en el laboratorio de Centro Piscícola de Nanegal



Se utilizó una solución nutritiva (SN) compuesta de 1 g.L-1 fertilizante foliar inorgánico Nitrofoska (30 – 10 – 10), en una relación 3:1



se esperó aproximadamente 5 días para su multiplicación hasta que alcance la densidad de 17×10^6 células.mL-1 en un volumen 81 L.

Manejo del cultivo de *Chlorella sp.*

se utilizó un motor de acuario para la aireación y luz en ciclos de 14 horas con temperaturas desde 15 °C hasta 28 °C.

se retiró la iluminación y la aireación, después se colocó el cultivo en un cuarto oscuro durante tres días hasta que precipite.

se eliminó el sobrenadante del cultivo y agitó

se presentaron diferentes concentraciones

La densidad celular se calculó con la siguiente fórmula:

$$DCI = N * 104 * F$$



MATERIALES Y MÉTODOS

Parámetros del agua (cada 3 y 4 horas por 60 días)

- pH
- Oxígeno disponible
- sólidos disueltos
- conductividad eléctrica



Parámetros productivos

- Altura de la planta
- Peso específico hoja.
- Número de hojas



Análisis Bromatológicos

- Proteína
- Fibra
- Ceniza
- Humedad
- Clorofila

Parámetros productivos de la tilapia

- Peso
- Longitud Total y Parcial
- Ancho total
- TCE, FCA e ICC

DISEÑO ESTADÍSTICO (DCA),

Las unidades experimentales fueron 16 y cada unidad constó de 26 plantas de albahaca

- T0: control
- T1: Chlorella sp. Biotipo I de $11 \cdot 10^6$ células * mL⁻¹
- T2: Chlorella sp. Biotipo I de $14 \cdot 10^6$ células * mL⁻¹
- T3: Chlorella sp. Biotipo I de $17 \cdot 10^6$ células * mL⁻¹

El diseño unifactorial y consistió en evaluar las diferentes dosis de

Chlorella sp. Biotipo I que fue utilizado como fertilizante foliar (Factor: concentración de Chlorella sp. Biotipo I)

Método del presupuesto parcial

Se determinó el mejor tratamiento.

Beneficio Neto = Beneficio bruto – Costos variables

Tasa de retorno marginal = $(\Delta BNA / \Delta CV) * 100$

- ΔBNA : cambio de los beneficios netos
- ΔCV : cambio de los costos variables

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

	Estanque tilapia	Nitrificador	NFT	Recirculación
Temperatura (°C)	24,07 ± 1,13 a	22,37 ± 1,38 c	24,1 ± 1,08 a	22,93 ± 1,00 b
pH	7,40 ± 0,28 a	7,35 ± 0,27 a	6,96 ± 0,39 b	7,11 ± 0,12 b
Salinidad (PSI)	0,67 ± 0,36 b	0,76 ± 0,38 a	0,17 ± 0,05 c	0,70 ± 0,36 ab
CE (uS/cm)	273,35 ± 74,05 ab	269,98 ± 54,42 ab	276,29 ± 58,68 a	261,70 ± 62,14 b
TDS (ppm)	148,17 ± 41,26 c	177,23 ± 53,38 b	141,96 ± 32,94 c	200,06 ± 68,57 a
O ₂ disponible (mg.L ⁻¹)	6,45 ± 0,62 c	7,84 ± 0,52 a	7,31 ± 0,32 b	7,3 ± 0,22 b

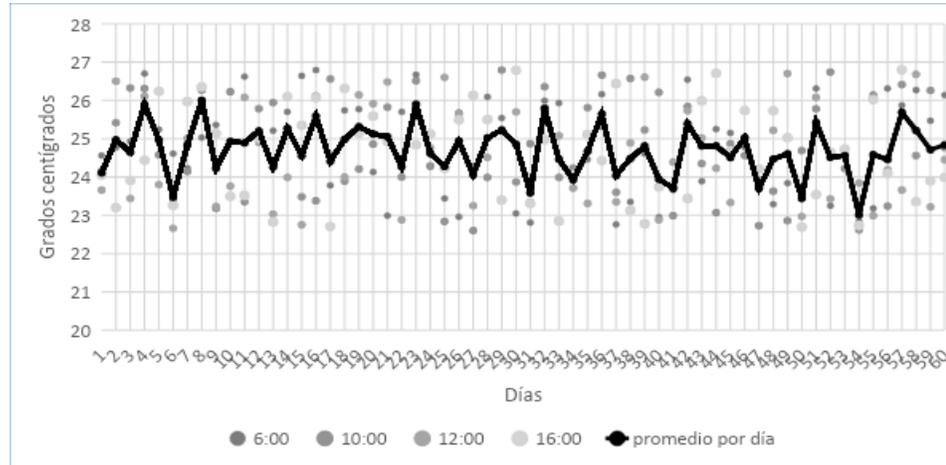
En el sistema acuapónico, los parámetros fisicoquímicos del agua como temperatura, pH, Salinidad, CE, TDS (sólidos totales disueltos) y oxígeno disponible, mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los diferentes componentes del sistema acuapónico

Nota: Medias con una letra común en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Físicoquímicos en los diferentes componentes del sistema acuapónicos

temperatura del agua en el estanque de las piscinas de tilapia

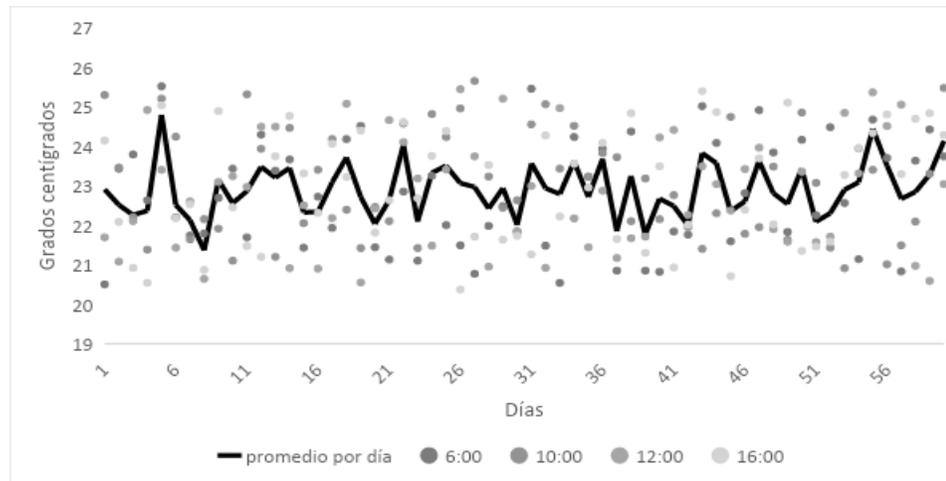


promedio (24,07 ± 1,13) °C

Según (Castro, 2008) la temperatura ideal para la producción de tilapia va desde los 24 ° a 30°C

(Valdez, 2017) en su estudio con tilapia asociada a plantas autóctonas de Guatemala, menciona que la temperatura del agua para la producción de tilapia fue de 23.7 ± 0.2 °C

temperatura del agua en nitrificador



promedio (22,37 ± 1,38) °C.

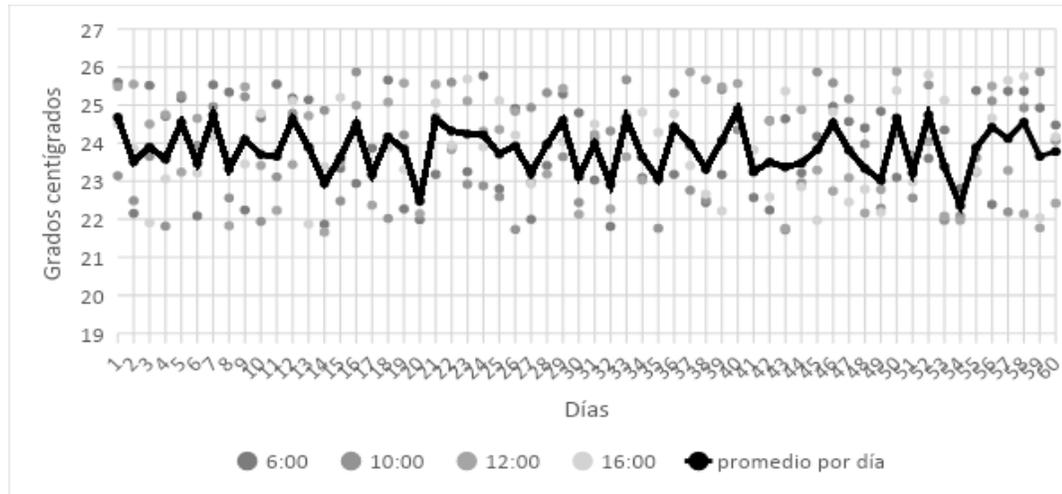
Según (Castaño & Medina Rodriguez, 2020) las bacterias nitrificantes actúan eficientemente en un rango de temperatura entre los 25°C y 30°C;

(Másmela Mendoza & Lizarazo Forero, 2019) en donde se midió la abundancia de diferentes bacterias nitrificantes a diferentes temperaturas, el tratamiento con 25°C obtuvo mejores resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros
Fisicoquímicos
en los
diferentes
componentes
del sistema
acuapónicos

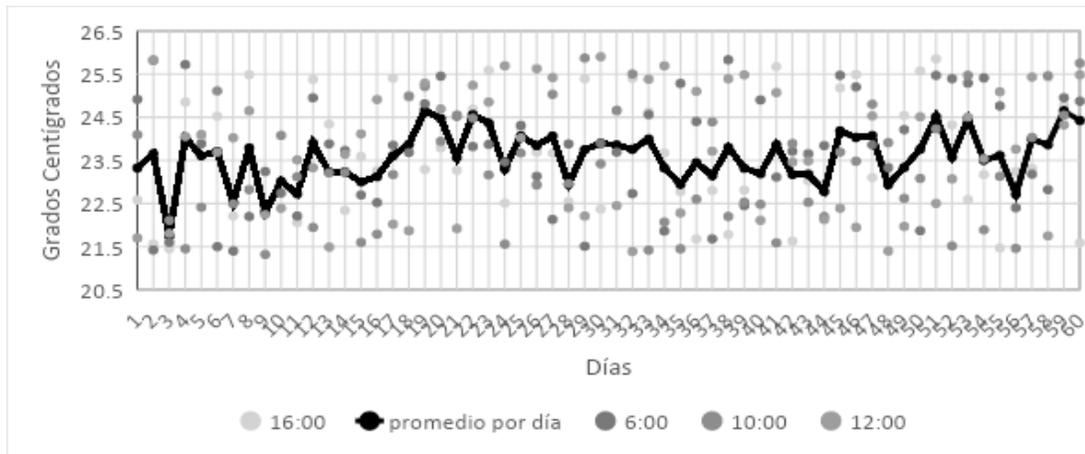
temperatura del agua en NFT



promedio ($24,1 \pm 1,08$) °C

Según (Plagron, 2021), las raíces de las plantas son muy sensibles a la temperatura en sistemas hidropónicos, se recomienda una temperatura de 22°C para el agua de la solución nutritiva.

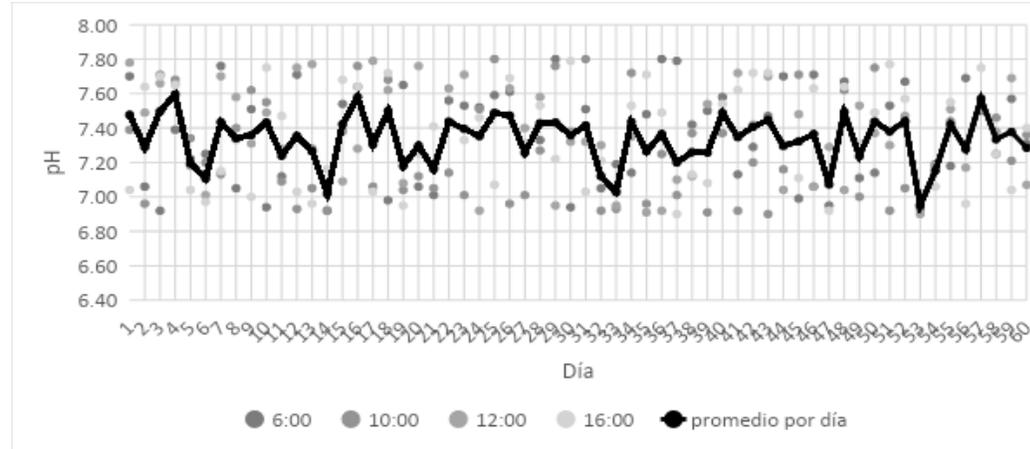
temperatura del agua en el estanque de recirculación



promedio ($22,93 \pm 1,00$) °C,

Parámetros Físicoquímicos en los diferentes componentes del sistema acuapónicos

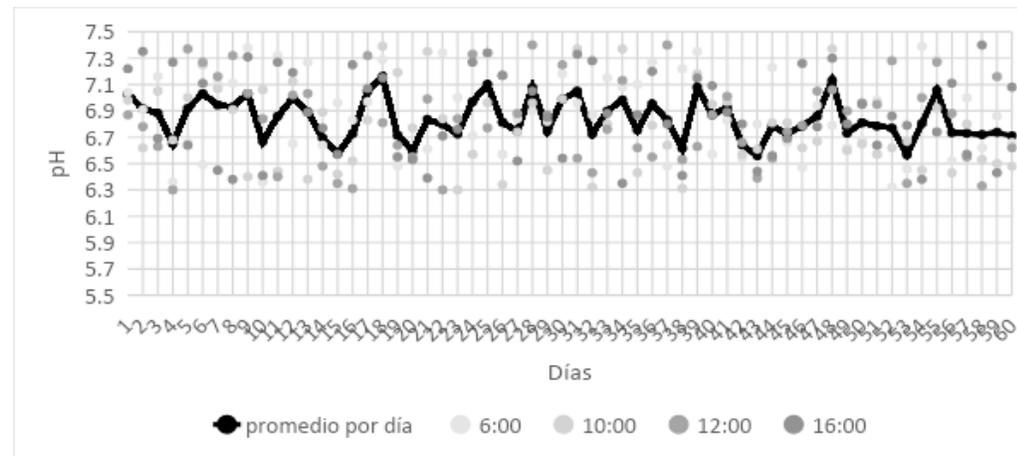
pH del agua en el estanque de las piscinas de tilapia



media de $(7,40 \pm 0,28)$

El pH también afecta el rendimiento de los animales, según menciona (Elfeky, 2009); por otra parte, Valdez et al. (2017), indica que el promedio del pH del agua en el estanque de los peces es 6.7 ± 0.15 ;

pH del agua en el estanque de recirculación

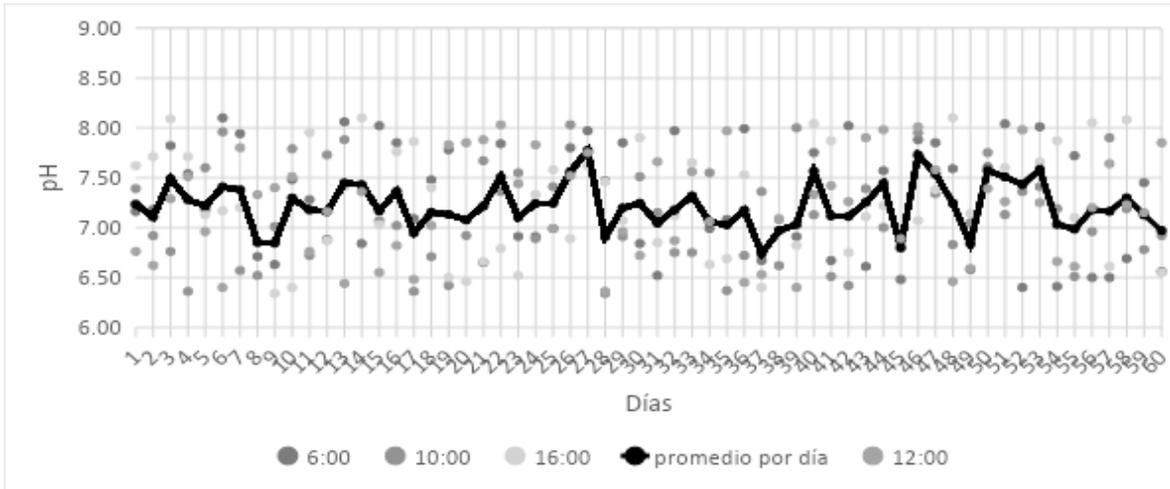


medio de $(7,11 \pm 0,12)$

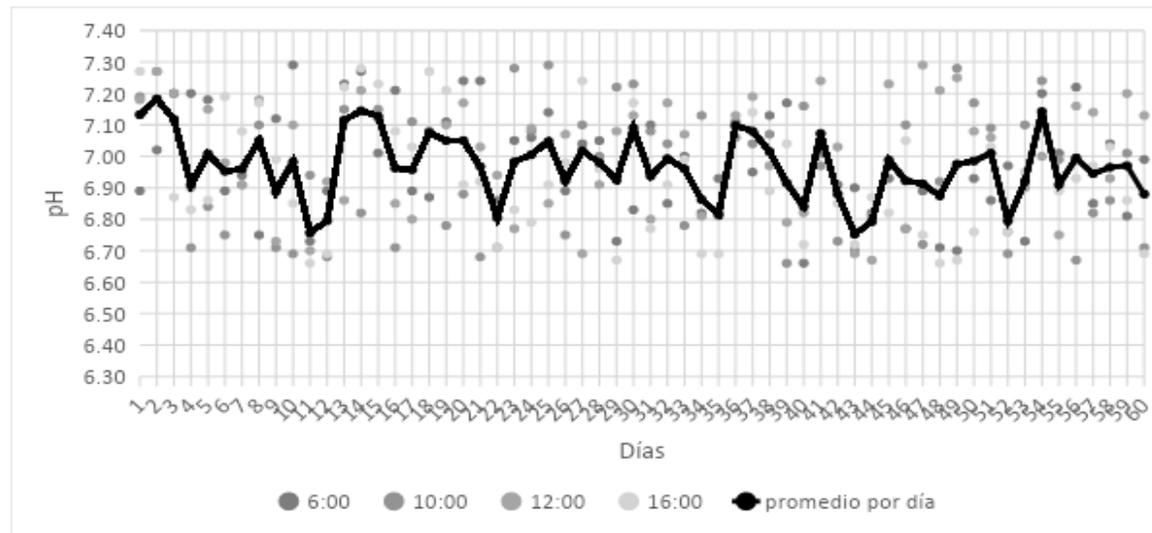
Riaño Castillo & Caicedo , 2019) quien analizó los cambios de los niveles de nutrientes en un sistema acuapónico con tilapia, el pH de la solución osciló entre 6.00-6.97,

Parámetros
Fisicoquímicos
en los
diferentes
componentes
del sistema
acuapónicos

pH del agua en el estanque de nitrificación



pH del agua en el sistema NFT



promedio de $7,35 \pm 0,27$

Majdom & Hosseini Shekarabi, 2017) menciona que el pH de un sistema puede disminuir debido a la actividad de las bacterias nitrificantes y su liberación de iones de hidrogeno, el autor menciona también que, el rango de pH ideal para estas bacterias es de 6 a 7.

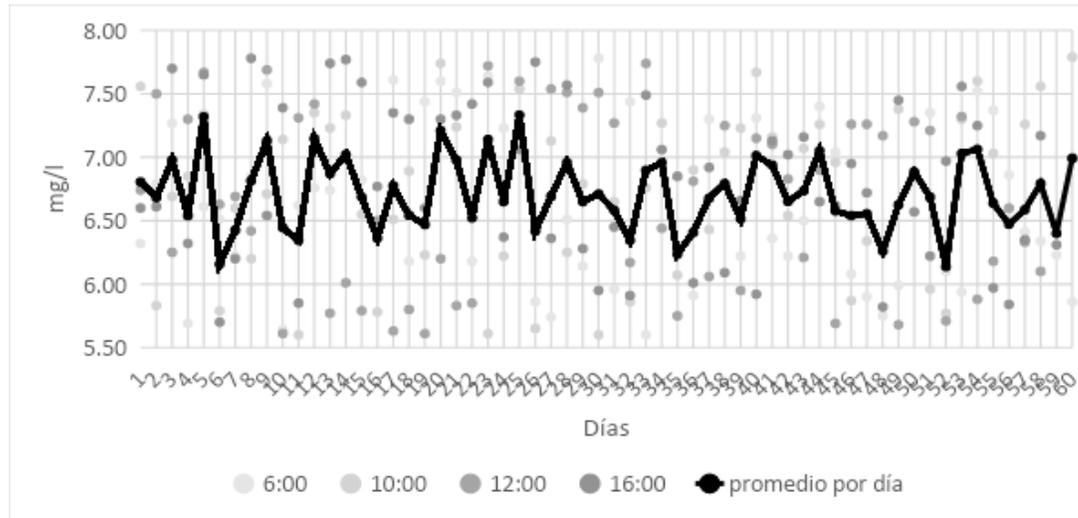
medio de $(6,96 \pm 0,39)$

pH óptimo para el desarrollo de las plantas es de de 5.5 a 6.5, también menciona que, cuando el pH es superior a 6, se dificulta la absorción de boro, cobre y fosfatos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros Físicoquímicos en los diferentes componentes del sistema acuapónicos

Oxígeno disponible del agua en el estanque de tilapias



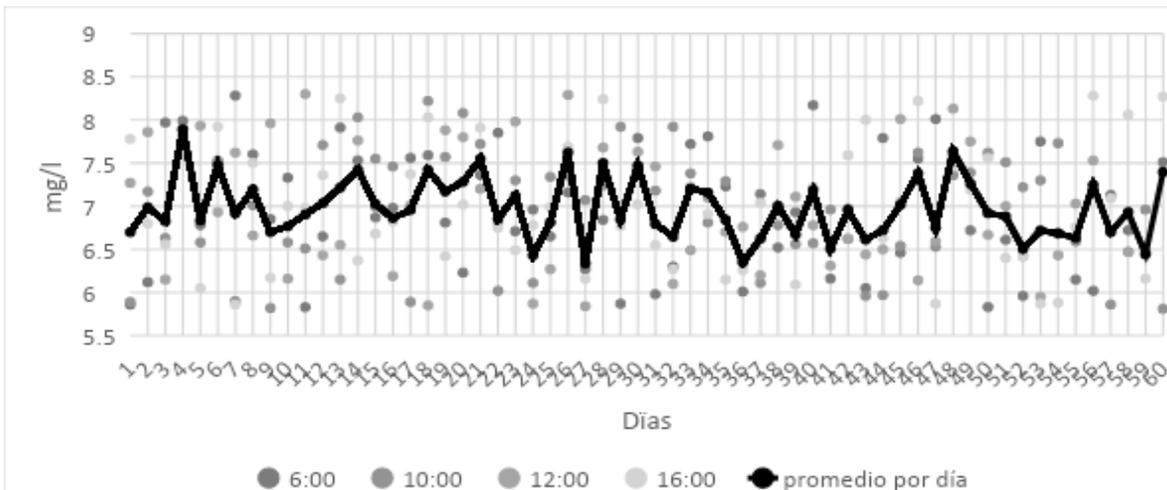
$6.45 \pm 0.62 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$

En el cultivo de tilapia, el oxígeno es muy importante ya que no debe ser inferior de $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (Covarrubias, 2011).

Superan al realizado por (Riaño Castillo & Caicedo, 2019) quien obtuvo un promedio de oxígeno disuelto entre $4.93\text{-}7.54 \text{ mg/L}$.

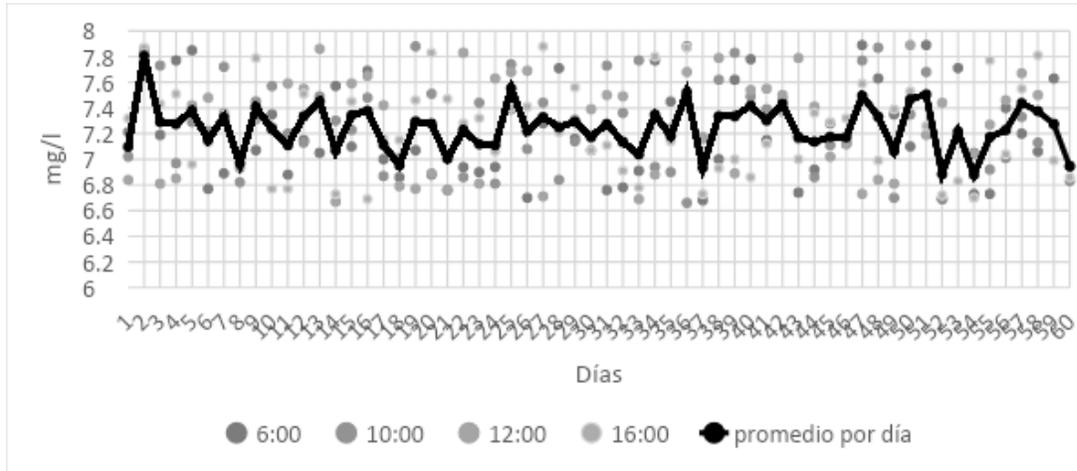
promedio de $7,84 \pm 0,52 \text{ mg/l}$

Oxígeno disponible del agua en el nitrificador

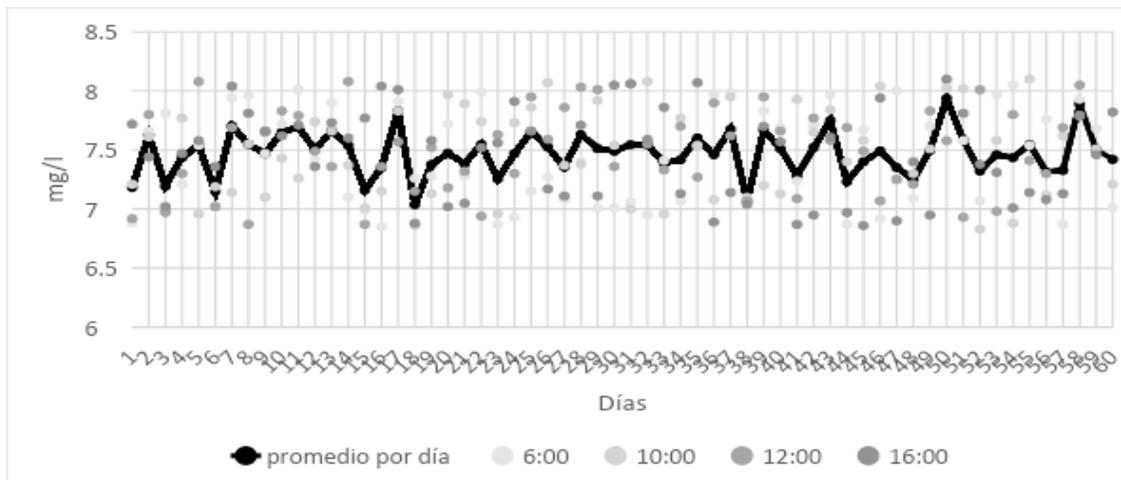


Por encima de la media, esto provoca que la formación de N_2 se detenga y por el contrario la concentración de nitratos (NO_3^-) aumente. (Garzón Zuñiga, 2005)

Oxígeno disponible del agua en el sistema NFT promedio de $7,31 \pm 0,32$ mg/l



Oxígeno disponible del agua en el estanque de recirculación



Parámetros Físicoquímicos en los diferentes componentes del sistema acuapónicos

El oxígeno en la zona radical y su efecto en las plantas”, la disponibilidad de oxígeno, puede afectar la morfología, metabolismo y fisiología de las raíces, con un efecto negativo sobre el crecimiento de la planta. El autor también menciona que este compuesto tiene un papel fundamental en el metabolismo de carbohidratos, la reducción de nitratos y la fijación de nitrógeno.

(Moreno Roblero & Pineda, 2020), concluye que la cantidad de O₂ en el agua en un sistema acuático depende de la presión del O₂, la temperatura, presión atmosférica, el área de contacto entre agua y aire y la salinidad del agua; sin embargo; bajo escenarios normales (20 °C, 1 atm, 20-21% de O₂ en el aire), el total máxima en solución está entre 8 y 9 mg L⁻¹.

El Oxígeno disponible disuelto en el agua del estanque de recirculación obtuvo un promedio de $7,3 \pm 0,22$ mg/l

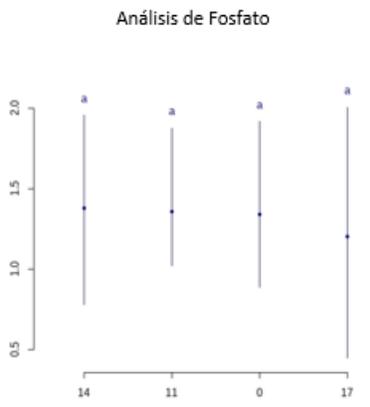
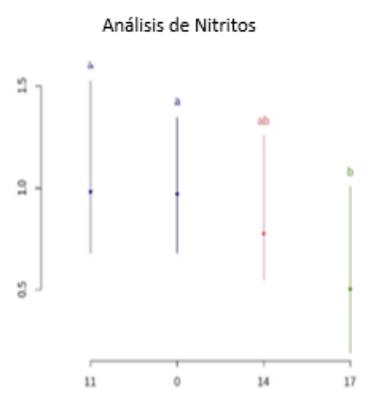
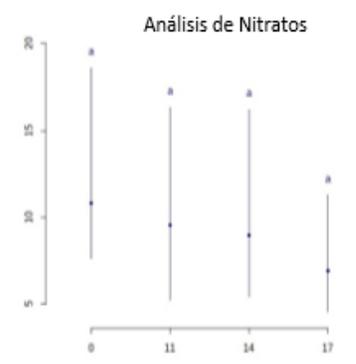
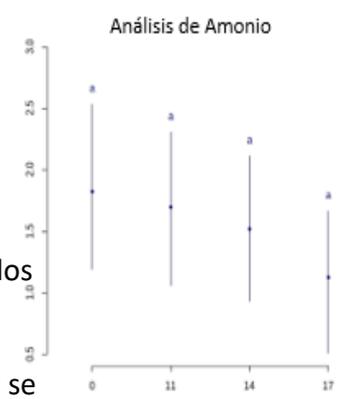
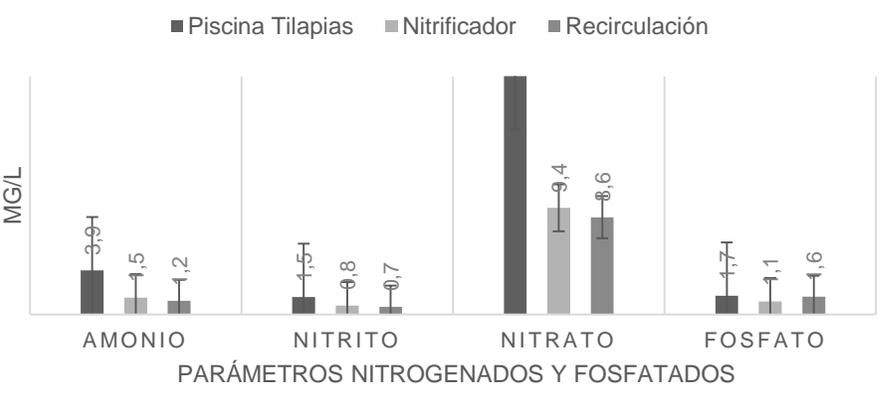
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros nitrogenados y fosfatos en la piscina de tilapias, recirculación y nitrificación

	Piscina tilapia	Nitrificador	Estanque
Amonio	3,8± 1,3a	1,47± 0,9b	1,18±0,7b
NO₂	1,5±0,4a	0,78±0,4b	0,66±0,5b
NO₃	21,03±9,3a	9,40±4,9b	8,57±2,3b
Fosfato	1,65±0,7a	1,14±0,4a	1,55±0,7a

Parámetros nitrogenados y fosfatos en el sistema NFT

Tratamiento	Amonio	Nitrito	Nitrato	Fosfato
T0	1.83 ± 0.54 a	0.97 ± 0.25 a	10.80 ± 4.05 a	1.34 ± 0.34 a
T1	1.70 ± 0.45 a	0.98 ± 0.29 a	9.56 ± 3.67 a	1.36 ± 0.32 a
T2	1.52 ± 0.49 a	0.77 ± 0.26 ab	8.99 ± 3.71 a	1.38 ± 0.43 a
T3	1.12 ± 0.49 a	0.50 ± 0.32 b	6.92 ± 2.38 a	1.20 ± 0.57 a



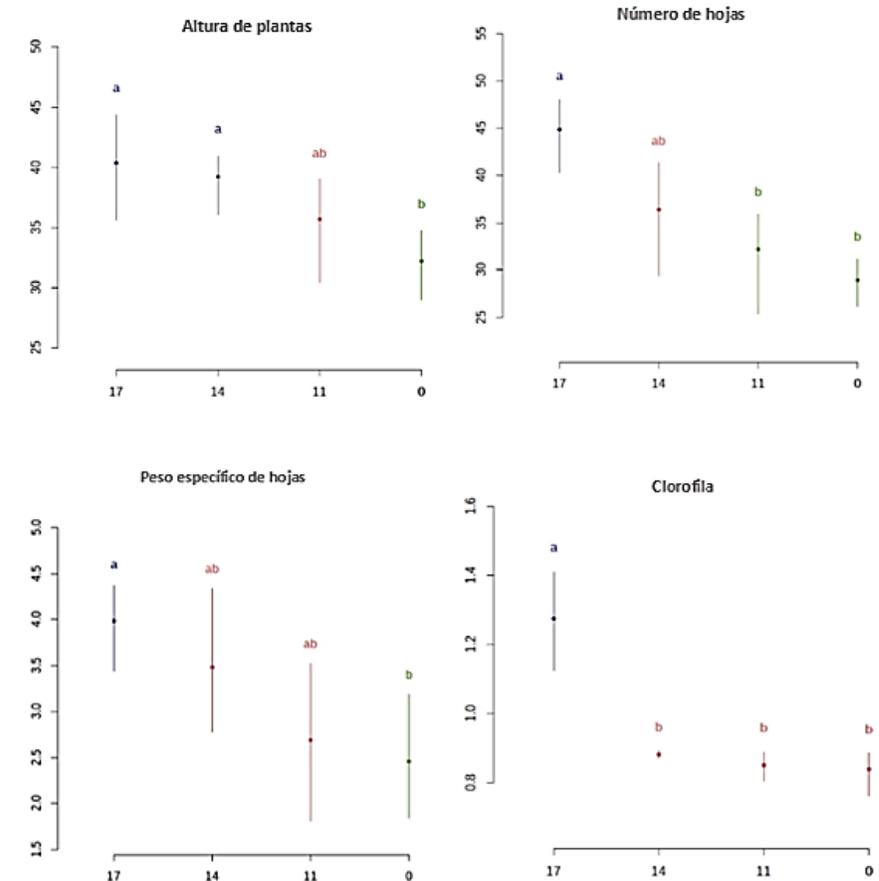
La concentración elevada de los elementos nitrogenado, se da por todos los desechos que producen los peces, (Gómez & Trejo, 2015) ya sea en sus excretas o por el desperdicio del alimento no ingerido y eso causa una disminución en el crecimiento de los mismos según (Calvachi, 2012); esto se debe a la gran carga animal 65 peces/m³ presente en el estanque y la tasa de recambio del 3% acumulándose las heces de los peces lo que imposibilita tener agua limpia en este lugar (Villalobos, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis productivos de las plantas de albahaca

Tratamiento	Altura (cm)	Hojas (unidades)	PEH (g)	Clorofila (mg/g)
T0	32.24 ± 2.65 b	28.95 ± 2.18 b	2.45 ± 0.58 b	0.84 ± 0.06 b
T1	35.68 ± 3.87 ab	32.23 ± 4.75 b	2.69 ± 0.71 ab	0.85 ± 0.04 b
T2	39.25 ± 2.26 a	36.40 ± 5.09 ab	3.47 ± 0.75 ab	0.88 ± 0.01 b
T3	40.39 ± 3.64 a	44.90 ± 3.78 a	3.98 ± 0.40 a	1.27 ± 0.12 a

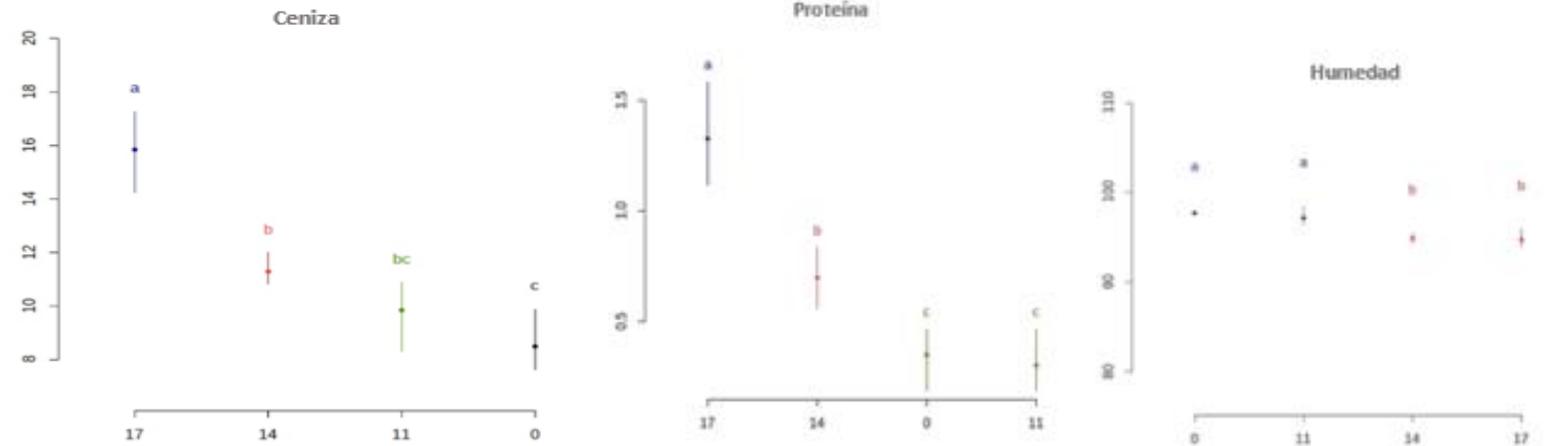
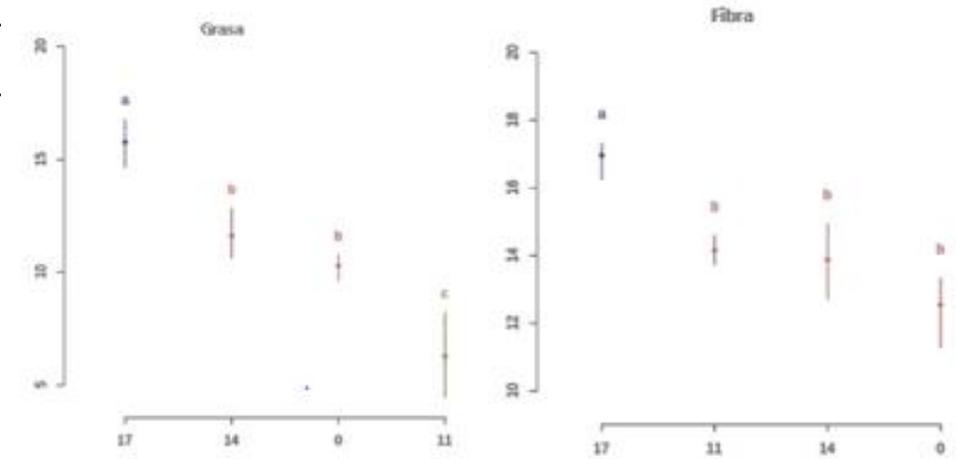
(Combatt, 2020) la altura de sus plantas tuvieron un promedio de (36,5 cm ± 2.56) (Ronzón, 2012) en donde las plantas de albahaca asociadas con langostino presentaron en promedio 35 cm de tamaño (Montañez, 2013) en donde menciona que el promedio de hojas por plantas en sistemas cerrados es de 45 hojas. (Montañez, 2013) quien menciona un peso promedio de 2,63 cm ± 0,3.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la calidad e hojas

Tratamiento	Grasa %	Fibra %	Proteína %	Humedad %	Ceniza %
T0	10.30 ± 0.51 ^b	12.53 ± 0.01 ^b	0.35 ± 0.18 ^c	97.69 ± 0.22 ^a	8.49 ± 1.08 ^c
T1	6.28 ± 0.24 ^c	14.14 ± 0.43 ^b	0.30 ± 0.12 ^c	97.14 ± 0.92 ^a	9.84 ± 1.12 ^{bc}
T2	11.62 ± 0.97 ^b	13.88 ± 1.10 ^b	0.70 ± 0.12 ^b	94.92 ± 0.64 ^b	11.31 ± 0.54 ^b
T3	15.75 ± 0.99 ^a	16.98 ± 0.49 ^a	1.33 ± 0.21 ^a	94.74 ± 0.93 ^b	15.85 ± 1.38 ^a



(Longoni, 2019) entre (2,5 – 4,0%) el contenido de

fibra y el de proteína (2,0 – 3,0 %)

(Combatt et al., 2020) menciona que la humedad debe ser menor al 98% y la ceniza menor al 20% para que el cultivo contenga mayor contenido de nutrientes.

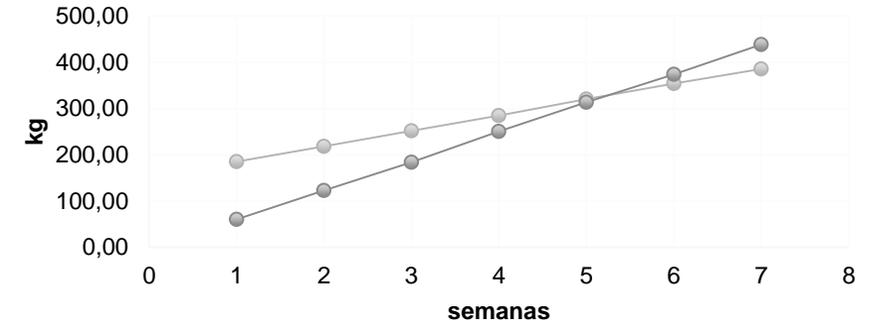
Parámetros morfológicos y productivos de la tilapia

Semana	Peso (g)	Longitud total (cm)	Longitud parcial (cm)	Ancho total (cm)	ICC
0	110,28± 6,78 g	19,11±2,21 e	16,86± 1,9 e	5,53±0.62 e	1,58a
1	130,11±5,67 f	21,65±1,37 d	18,25± 1,1 d	6,77±0.55 c	1,28c
2	150,10±5,73 e	23,47±1,72 c	20,88± 1,8 c	6,37±0.61 d	1,16d
3	169,71±5,44 d	24,54±1,24 a	22,24± 1,0 a	7,10±0.65 b	1,15d
4	190,92±4,98 c	24,36±0,78 ab	22,04± 0,7 ab	7,70±0.65 a	1,32c
5	210,73±5,89 b	23,77±0,97 bc	21,53± 1,0 bc	7,16±0.51 b	1,57a
6	229,65±5,01 a	25,02±1,19 a	22,61± 1,1 a	7,90±0.43 a	1,47b

(Villalobos, 2016) menciona que en el rango de pH del agua del estanque de tilapias de 7,5 a 8, los peces mantienen un crecimiento constante gracias a los procesos de nitrificación que se producen en el sistema acuapónico

(Valdez, 2017) en su estudio titulado “Adaptación y rendimiento de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico con tilapia” la ganancia de peso de la tilapia durante 8 semanas fue de 28,57 gramos por pez, con una ganancia de peso de 1 kg por m³ con una densidad de tilapia de 35 tilapias/m³; además no encontró diferencias significativas en la talla final de las tilapias después de 8 semanas.

FCA y ECA



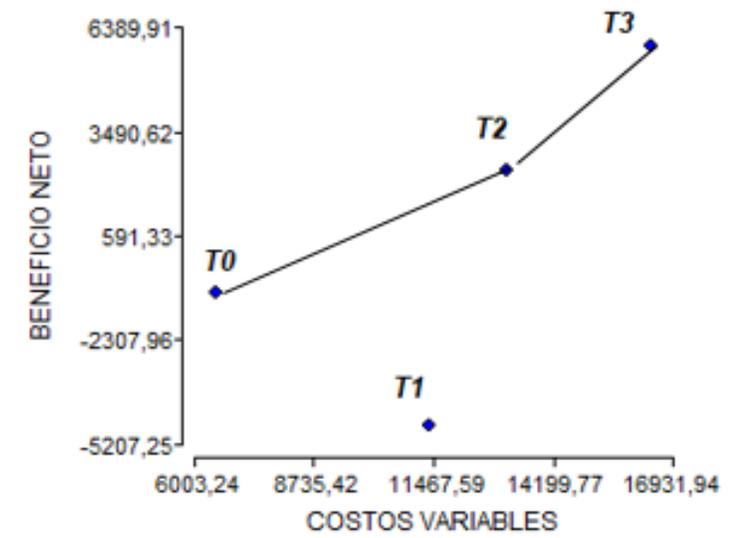
factor de conversión alimenticia acumulado de 1.14, con una biomasa total de 385,92 kg y un ECA de 87,72%.

(Toledo, 2000) en su libro menciona que el factor de conversión alimenticia (FCA) fluctúa entre 1.4 a 2.5 para las diferentes fases de cultivo en un sistema intensivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Económico

	T0	T1	T2	T3
Rendimiento medio (Kg/ha)	5.897,15	7.144,64	10.368,36	14.865,30
Rendimiento ajustado (Kg/ha)	4.422,86	5.358,48	7.776,27	11.148,98
Beneficio bruto de campo (\$/ha)	\$ 5.528,58	\$ 6.698,10	\$ 15.552,54	\$ 22.297,95
Costo variables (\$/ha)	\$ 6.500,00	\$ 11.378,21	\$ 13.148,15	\$ 16.435,19
Beneficio neto (\$/ha)	\$ -971,42	\$ -4.680,11	\$ 2.404,39	\$ 5.862,76



(Calderón García , 2019), quien asoció tilapia, lechuga y langostino en un sistema acuapónico y concluye que su mejor tratamiento tuvo una tasa de retorno marginal del 50%

TRATAMIENT	COSTOS	COSTO	BENEFICIO	BENEFICIO	TASA DE
O	VARIABLES	VARIABLE	NETO	NETO	RETORNO
		MARGINAL		MARGINAL	MARGINAL
0	\$ 6.500,00	\$ 6.648,15	\$ -971,42	\$ 3.375,81	51%
2	\$13.148,15	\$ 3.287,04	\$ 2.404,3	\$ 3.458,37	105%
3	\$16.435,19		\$ 5.862,7		

- Los nitratos, fosfatos y amonio del agua en el sistema NFT no tuvieron diferencias significativas bajo las cuatro dosis de *Chlorella sp. Biotipo1*; sin embargo, la cantidad de nitrito del tratamiento T3 (17×10^6 células \cdot mL⁻¹) obtuvo la menor concentración (0.50 ± 0.32) mg/l y por ende fue el mejor tratamiento.
- Los de parámetros nitrogenados y fosfatados del agua en los diferentes componentes del sistema acuapónico tuvieron diferencias significativas bajo las cuatro dosis de *Chlorella sp. Biotipo1*. La piscina de tilapia obtuvo los mayores valores en cuanto amonio ($3,8 \pm 1,3$), NO₂ ($1,5 \pm 0,4$), NO₃ ($21,03 \pm 9,3$) y Fosfato ($1,65 \pm 0,7$).
- Las plantas de albahaca sometidas a fertilización foliar con T3 (17×10^6 células \cdot mL⁻¹) de *Chlorella sp. Biotipo 1*, presentaron los mejores valores en la producción de la albahaca en el sistema acuapónico con tilapia roja, siendo T3 el mejor tratamiento sobre las variables: altura de la planta, número de hojas, peso específico y clorofila.

- Las plantas de albahaca sometidas a fertilización foliar con T3 (17×10^6 células * mL⁻¹) de *Chlorella sp.* Biotipo 1, presentaron los mejores valores en su composición nutrimental en los parámetros la cantidad de grasa, fibra, proteína, humedad y ceniza de las hojas de albahaca.
- Los beneficios netos obtenidos fueron T3 (\$ 5.862,76), seguido de T2 (\$2.404,39), T1 (\$-4.680,11) y T0 (\$971,42), por lo que el tratamiento que presentó mayores beneficios fue T3, sin embargo, su costo variable fue mayor (\$16.435,19) con respecto a los demás tratamientos.
- El tratamiento con mayor tasa de retorno marginal fue T3 con un 105%, sin embargo, el T2 mostró también ganancias del 51%, por esta razón, el T3 fue el mejor tratamiento para la producción de albahaca con *Chlorella sp.* Biotipo 1.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un análisis de macro y micronutrientes como calcio, fósforo, potasio, boro y magnesio del agua de los componentes del sistema acuapónico para lograr un mayor control de la calidad del agua del sistema.
- Se recomienda implementar un sistema acuapónico de tilapia con albahaca con diferentes dosis de *Bacillus subtilis* en el nitrificador, y posteriormente analizar la productividad de las plantas de albahaca.
- Se recomienda realizar un ensayo en un sistema acuapónico súper intensivo de tilapias con albahaca y observar su eficacia a gran escala.
- Se recomienda utilizar un cultivo mixto de dos o más hortalizas en un sistema acuapónico asociado con tilapia roja y así observar el comportamiento de las plagas y enfermedades en las plantas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar periódicamente la conductividad eléctrica y el pH del sistema NFT, del mismo modo corregirlos a través de la implementación de ácidos orgánicos, ya que estos parámetros tienden a variar constantemente y esto impide la absorción de nutrientes en el sistema perjudicando al crecimiento de las plantas.
- Para optimizar los recursos y tiempos de producción de *Chlorella sp.* biotipo 1 se recomienda usar auxinas, cuya función es acelerar la multiplicación celular y aumentar la concentración de estas microalgas.
- Se recomienda realizar un estudio de mercado para la exportación de la albahaca orgánica fertilizada con *Chlorella sp.*

AGRADECIMIENTOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



PICHINCHA
GOBIERNO PROVINCIAL

Ing. Juan Ortiz PhD
Ing. Santiago Ulloa PhD
Ing. Juan Tigreiro
Ing. Julio Pazmiño
Ing. Miguel Anasi
Ing. Daysi Muñoz
Lic. Marco Taco



IASA I

Centro Piscícola Nanegal
GAD de Pichincha



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA