

Efecto de *Arthrospira platensis* como fitoestimulante en Ají (*Capsicum annuum*), en un sistema acuapónico con tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en el subtrópico occidental ecuatoriano

Andrango Lovato, Cristhian Andrés

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera Agropecuaria

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Ortiz Tirado, Juan Cristóbal PhD.

11 de septiembre del 2023

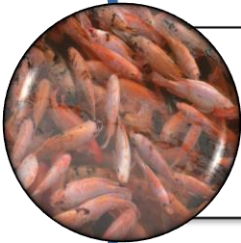


Introducción: Antecedentes

Cultivo de tilapia en el Ecuador



En 1998 la plaga de la mancha blanca afectó al camarón, producto de exportación del Ecuador.



La producción de tilapia roja fue catapultada por este evento.



La producción de tilapia se mantiene hasta la actualidad debido a sus cualidades nutricionales, económicas y de adaptabilidad.

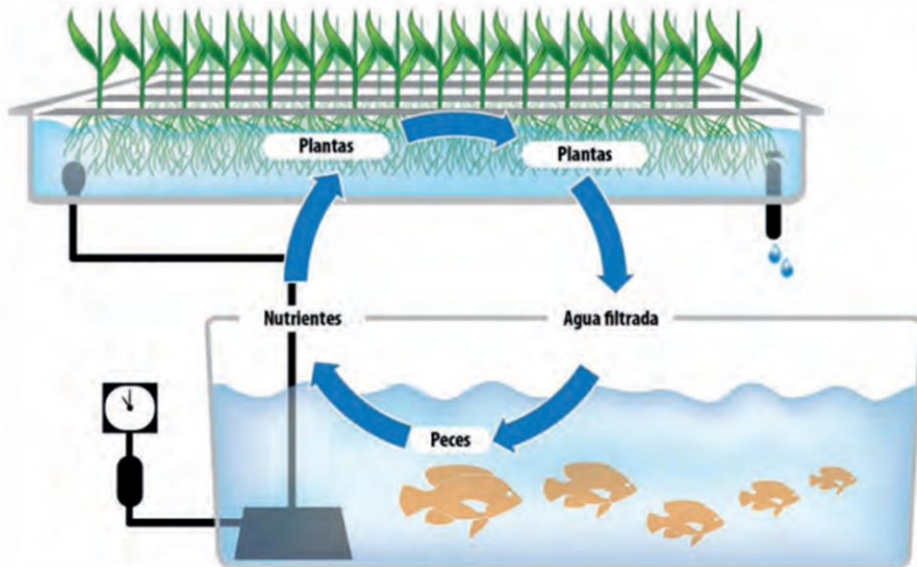
La producción de tilapia se realiza de forma semi-intensiva, en donde sus efluentes son arrojados a los ríos cercanos.



Nota. Recuperado de Pinedo (2018).

Introducción: Justificación

El agua de los sistemas acuapónicos posee deficiencias nutricionales, es por esta razón el uso de biofertilizantes o fertilizantes orgánicos en la acuaponía como la espirulina (Siringi, 2021) y té de compost los cuales, favorecen la absorción de nutrimentos, mejora los parámetros morfométricos, productivos en la planta e incrementa la calidad y bromatología en los frutos.



Nota. Recuperado de Ramírez *et al.*, (2008).



Nota. Recuperado de Pinedo (2018).

El cultivo de ají juega un importante papel en el sector hortícola del país, pues presenta compuestos beneficiosos para la salud y alimentación, contiene vitaminas A, C y E, carotenoides, capsaicinoides estimula los sistemas cardiovascular y respiratorio (Wahyuni *et al.*, 2013).

Objetivo General

Evaluar el efecto de *Arthrospira platensis* como fertilizante foliar en Ají (*Capsicum annuum*) bajo un sistema acuapónico con tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en el subtrópico occidental ecuatoriano.

Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de *Arthrospira platensis* sobre parámetros productivos en el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) en sistemas acuapónicos.
- Determinar el efecto de *Arthrospira platensis* sobre parámetros bromatológicos en el cultivo de ají (*Capsicum annuum*) en sistemas acuapónicos.
- Valorar los parámetros productivos de las tilapias dentro del sistema.

Hipótesis

- **H0:** La producción de plantas de flor como Ají (*Capsicum annuum*), mantiene sus condiciones productivas y bromatológicas en sistemas acuapónicos con tilapia híbrida (*Oreochromis* sp.) bajo el efecto de *Arthrospira platensis*.
- **H1:** La producción de plantas de flor como Ají (*Capsicum annuum*), mejora sus condiciones productivas y bromatológicas en sistemas acuapónicos con tilapia híbrida (*Oreochromis* sp.) bajo el efecto de *Arthrospira platensis*.



Ají (*Capsicum annuum*)

El ají es una planta anual herbácea, que llega a ser leñosa en condiciones adecuadas.

Presenta un sistema radicular pivotante.

Su tallo es erecto y de crecimiento limitado.

Sus hojas tienen un peciolo largo, son enteras y lampiñas (Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la ganadería, 2010).



(*Arthrospira platensis*)

Es una cianobacteria utilizada en la horticultura como biofertilizante.

Componentes:

- Ácidos grasos insaturados.
- Aminoácidos esenciales.
- Minerales.
- Vitaminas.
- Pigmentos (Shedee *et al.*, 2022)



Tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

Características:

- Alto porcentaje de masa muscular.
- Ausencia de espinas intramusculares
- Buena coloración de piel y carne.
- Rápido crecimiento.
- Adaptabilidad ambiental.
- Resistencia a enfermedades (Barraza, 2019).

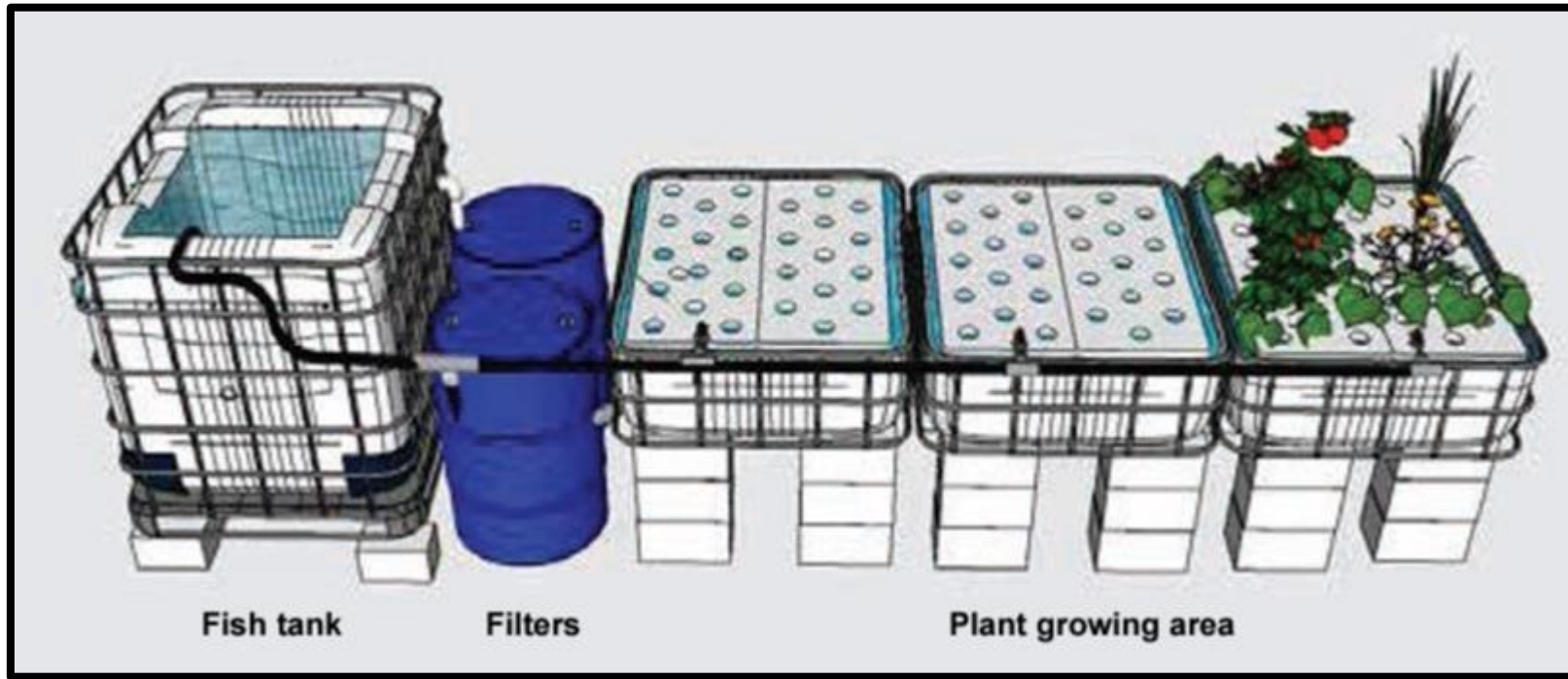


Té de compost

Es un biofertilizante líquido cuyos ingredientes son compost y agua.

Se obtiene remojando compost en una bolsa dentro de un recipiente con agua (Céspedes, 2021).

Revisión literaria

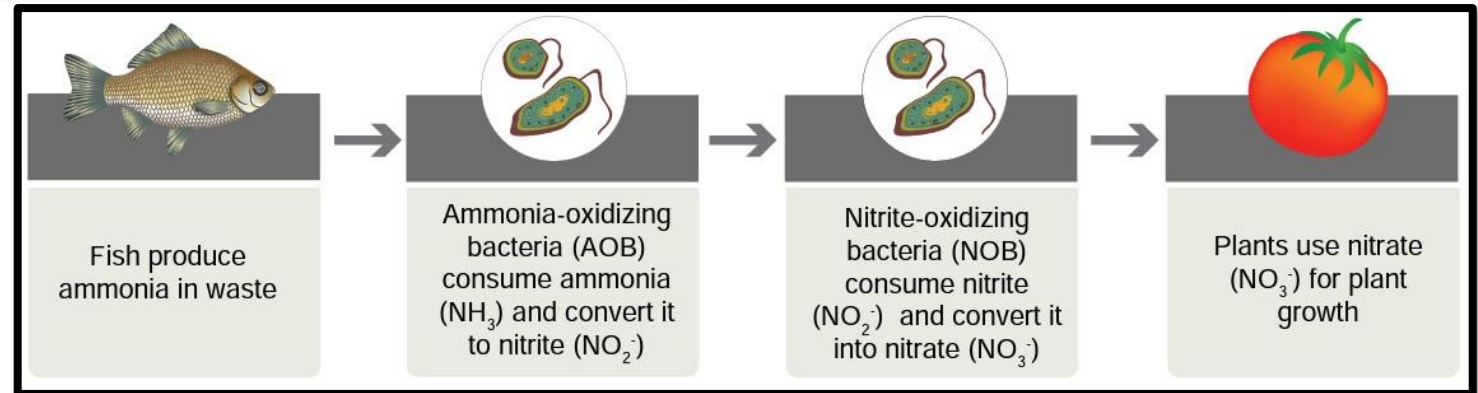


Nota. Tomado de Adhikari (2020)

Sistemas acuapónicos, producción sostenible, orgánica y reutilización de agua dulce (Manán, 2017).

Las aguas efluentes con macronutrientes NPK de los peces sirven como nutrientes para las plantas en hidroponía (Wongkiew *et al.*, 2017).

El proceso de nitrificación es el metabolismo del oxígeno y el nitrógeno, por bacterias, fitoplancton y algunas microalgas (Contreras, 2020).



Nota. Tomado de Adhikari (2020)

Metodología: Ubicación y características del área de estudio

El presente estudio se desarrolló en el Centro Piscícola Nanegal, el cual se encuentra situado en la subregión territorial del noroccidente de la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Nanegal, Sector Marianitas.



Nota. Tomado de Google Maps (2023).

Metodología: Diseño experimental

El trabajo de investigación se llevó a cabo con 96 plantas de ají, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) que comprendió 8 tratamientos con 3 repeticiones.

Tratamientos:

- T0 (Testigo)
- T1 (Espirulina 5 g/L)
- T2 (Espirulina 7 g/L)
- T3 (Espirulina 9 g/L)
- T4 (Espirulina 5 g/L + Té de compost 10%)
- T5 (Espirulina 7 g/L + Té de compost 10%)
- T6 (Espirulina 9 g/L + Té de compost 10%)
- T7 (Té de compost 10%)

Modelo Matemático

$$Y_{ij} = \mu + F + e_{ij}$$

Donde:

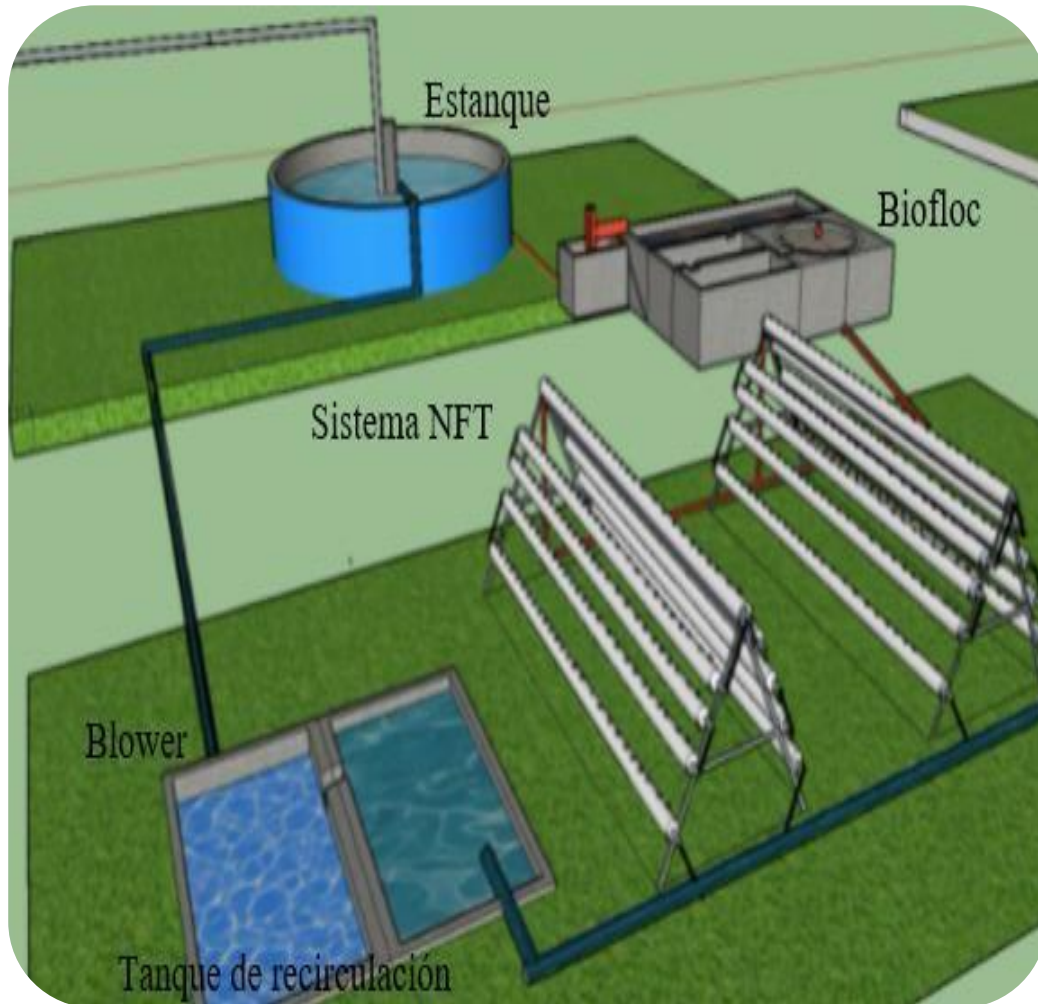
Y_{ij} = Productividad del ají

μ = Media general

F = Efecto de la i -ésima biofertilización foliar

e_{ij} = Error experimental

Metodología: Instalación del sistema acuapónico



Nota. Recuperado de Vivanco (2020)



Un estanque de 28 m³, con 1000 peces.



Cuatro tanques de nitrificación.



Sistema NFT (Nutrient Film Technique o Técnica de Film de Nutrientes).



Tanque de retorno.

Metodología: Control de los parámetros físico-químicos y calidad de agua de los estanques.

Se midió:

- Temperatura
- pH
- Conductividad Eléctrica
- TDS (Sólidos totales disueltos)

Equipo multiparámetro
Tipo: medidor portátil digital
Marca: HI9829
Año: 2018



Nota. Autoría propia

El agua de los estanques se recolectó en recipientes estériles y fueron transportados en un cooler a 10 °C de temperatura. Y posteriormente fueron analizados en el laboratorio de Acuicultura del IASA I con los kits Ammonia, Nitricol, Phospatest, Hardicol Marca YSI.



Nota. Autoría propia



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Metodología: Manejo del cultivo de tilapia

Tanque de 28 m³



Nota. Autoría propia

1000 Alevines 8,53 g



Nota. Autoría propia

Se empleó balanceado N° 5 y N° 38



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

Adicionalmente se calcularon los parámetros productivos como:

- Ganancia de peso
- Tasa de crecimiento específico
- Factor de conversión alimenticia
- Eficiencia alimenticia
- Mortalidad



Metodología: Manejo del cultivo de Ají (*Capsicum annuum*)

Se utilizaron 96 plántulas de 15 - 20 cm de altura.

Se expusieron a un periodo de adaptación de 2-3 días.

Se les aplicó una infusión de ajo, ají y alcohol al 96% (50 g, 50 g y 1 L, respectivamente) para prevenir plagas o enfermedades.

Se realizó una poda de productividad y sanitaria, eliminando hojas viejas.



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

Variables de respuesta

Longitud de raíz

Longitud de la planta

Número de hojas

Número de flores

Número de frutos

Número de brotes laterales

Variables de respuesta

Clorofila

Área foliar

Longitud del fruto

Ancho del fruto

Peso del fruto

Número de semillas

Grosor del pericarpio

Grados Brix

Variables de respuesta

Hoja : Flor

Hoja : Fruto

% Grasa

% Fibra

% Proteína

% De ceniza

% Humedad



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Metodología: Cultivo de Espirulina (*Arthrospira platensis*)

El cultivo se realizó en Pailones – IASA I, cada 15 días se realizó una realimentación con solución nutritiva compuesta de Kristalón, sal en grano, bicarbonato de sodio

En la recolección se empleó lienzo y cucharas para extraerla.



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

El producto recolectado se transportó en fundas ziploc en un cooler.

Proceso de Liofilización

Se realizó en el laboratorio de Poscosecha. La muestra se trituró, luego se colocó en el liofilizador.



Nota. Autoría propia

Se preparó el biofertilizante con tres dosis de espirulina: 5 g/L, 7g/L y 9 g|/L.



Nota. Autoría propia

Elaboración del Té de compost

1

2

3

Compost

Se coloca 1kg en un saco permeable sin roturas.



Nota. Autoría propia

Reposo

El saquillo con compost se sumergió en un balde con 4 L de agua limpia por 48 horas.



Nota. Autoría propia

Aireación

Se instala una bomba de pecera durante 48 horas.



Nota. Autoría propia

Se diluyó 1L de té en 9 L de agua, se aplicó de manera foliar en las plantas de ají.



Nota. Autoría propia



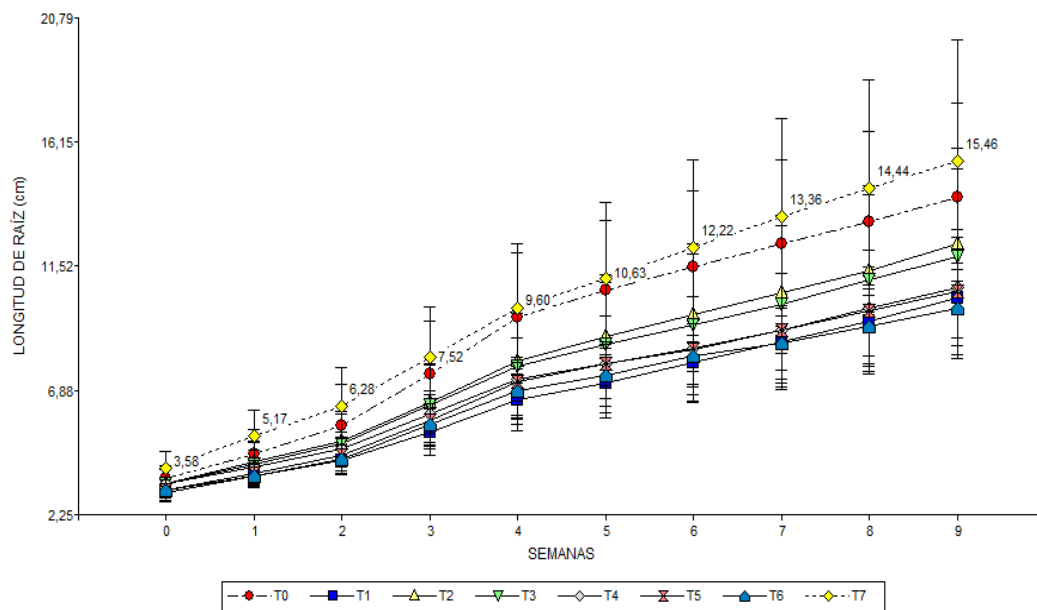
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Resultados y discusión: Análisis morfométricos de las plantas de ají

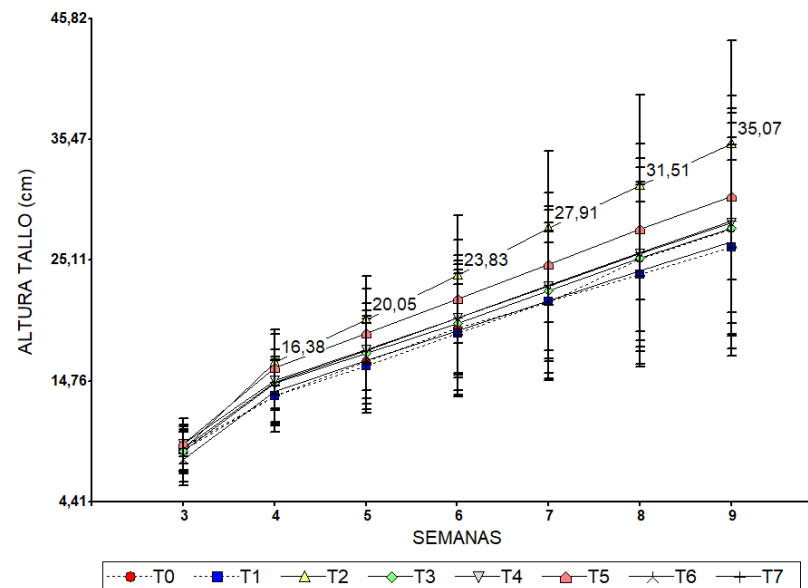
Medias ± DE, variables morfométricas de las plantas de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

Variables	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Longitud de Raíz (cm)	14,08 ± 0,04 bc	10,33 ± 2,25 a	12,38 ± 3,54 ab	11,86 ± 3,30 ab	10,72 ± 0,90 a	10,56 ± 2,33 a	9,97 ± 1,42 a	15,46 ± 1,50 c
Longitud Tallo (cm)	27,78 ± 9,12 ab	26,28 ± 9,33 a	35,07 ± 8,89 b	27,84 ± 7,20 ab	28,38 ± 10,85 ab	30,58 ± 7,13 ab	26,73 ± 6,99 ab	28,46 ± 9,70 ab

Nota: Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$.



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

Sadradjat *et al.*, (2016) menciona que la aplicación de espirulina a las plantas de ají, no tuvo efectos en la tasa de fotosíntesis la cual influye directamente en el crecimiento.

MacDonnell (2018) afirma que los microorganismos del té de compost habitan en la mayoría de la superficie radicular y permiten una mejor absorción de nutrientes.

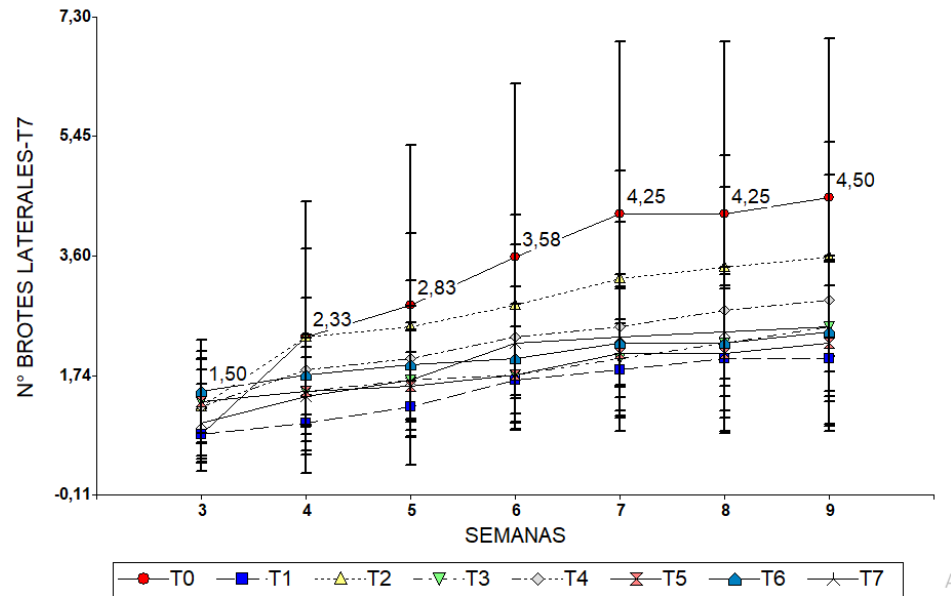
Resultados y discusión: Análisis morfométricos de las plantas de ají

Medias \pm DE, variables morfométricas de las plantas de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

Variables	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Brotes (unidades)	4,50 \pm 2,47c	2,00 \pm 1,13 a	3,58 \pm 1,78 bc	2,50 \pm 1,09 ab	2,92 \pm 1,93 abc	2,25 \pm 1,29 ab	2,42 \pm 1,08 ab	2,50 \pm 1,00 ab
Hojas (unidades)	29,75 \pm 22,26 ab	21,75 \pm 6,21 a	37,75 \pm 14,26 b	23,33 \pm 8,58 a	25,08 \pm 13,44 a	27,58 \pm 14,61 ab	22,75 \pm 7,52 a	24,42 \pm 8,53 a

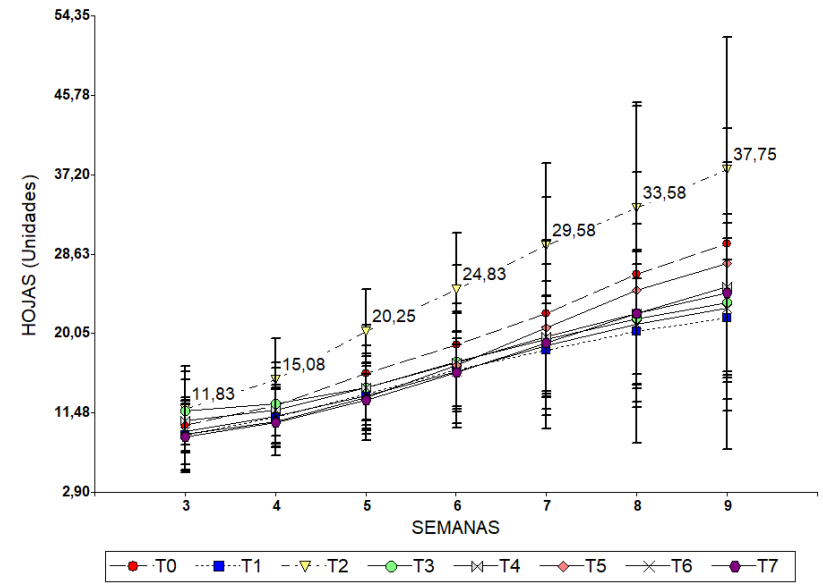
Nota. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$.

Desarrollo semanal de brotes laterales en plantas de Ají



Nota. Autoría propia

Número de hojas por planta de Ají



Nota. Autoría propia

La aplicación de *A. platensis* en plantas, no tiene efecto en hojas de ají según Sudradjat *et al.*, (2016).

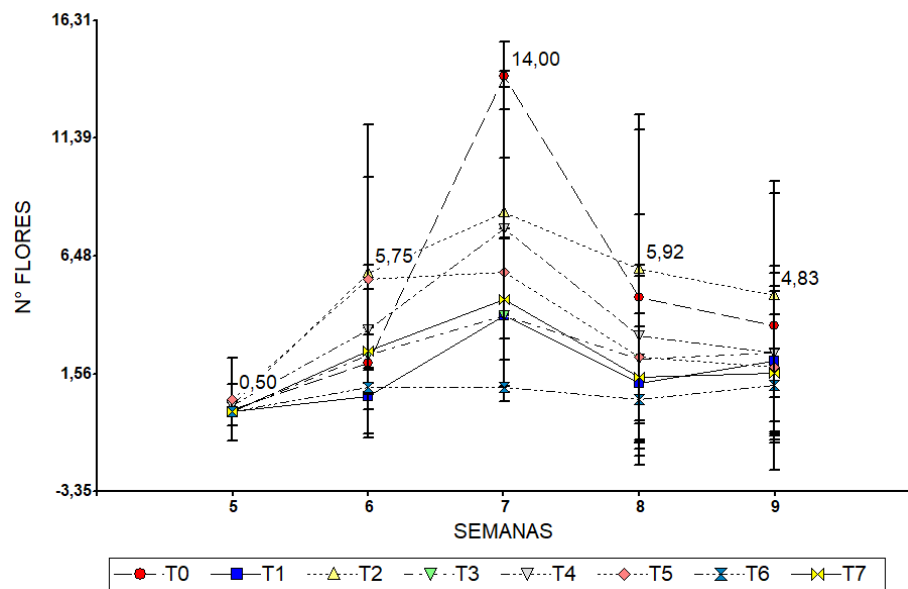
Agustín *et al.*, (2010) menciona que la baja disponibilidad de nutrientes da como resultado un desarrollo precoz de la planta de ají.

Resultados y discusión: Análisis morfométricos de las plantas de ají

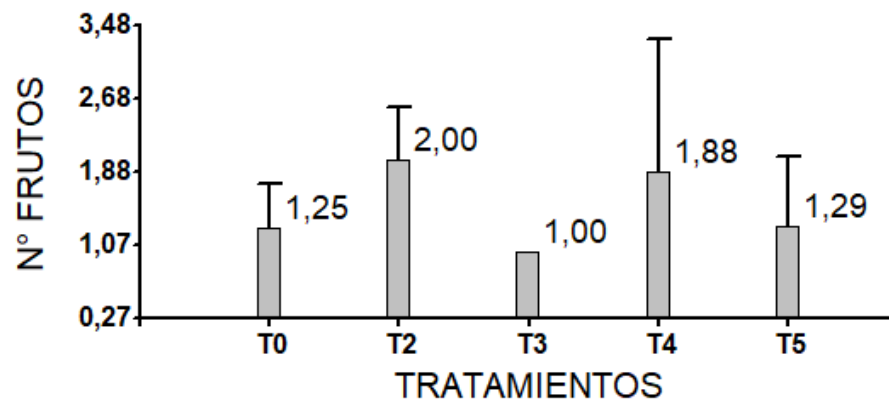
Medias \pm DE, variables morfométricas de las plantas de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

Variables	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Flores (unidades)	3,58 \pm 6,04 a	2,08 \pm 3,12 a	4,83 \pm 4,26 a	2,42 \pm 3,63 a	2,42 \pm 3,34 a	1,83 \pm 3,16 a	1,08 \pm 1,51 a	1,58 \pm 2,43 a
Frutos (unidades)	1,25 \pm 0,50 a	—	2,00 \pm 0,58 a	1,00 \pm 0,09 a	1,88 \pm 1,46 a	1,33 \pm 0,82 a	—	—

Nota. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$.



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

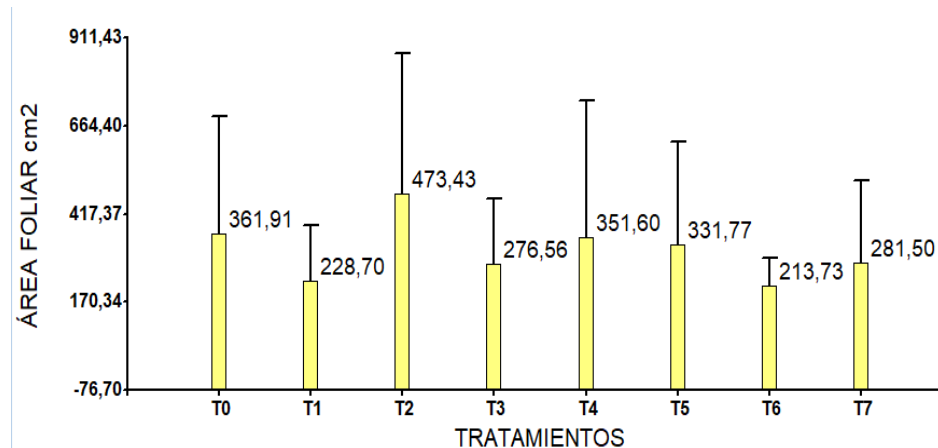
La biofertilización con *A. platensis*, mejora la producción de frutos, pues evita hasta en un 96% la caída de flores Aghofack *et al.* (2015)

Resultados y discusión: Análisis productivos de las plantas de ají

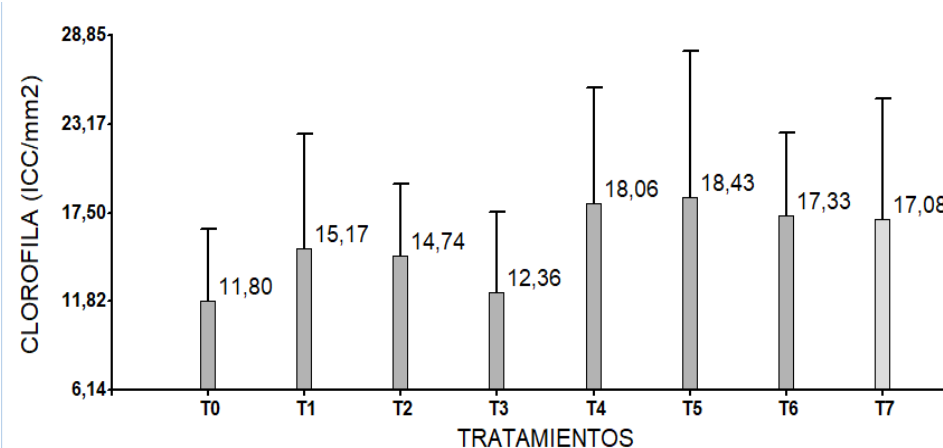
Medias \pm DE, variables productivas de plantas de ají, tratadas con diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema NFT.

Variables	Área foliar (cm ²)	Clorofila (ICC/mm ²)
T0	361,91 \pm 328,19 a	11,80 \pm 4,61 a
T1	228,70 \pm 157,00 a	15,18 \pm 7,39 a
T2	473,43 \pm 393,09 a	14,74 \pm 4,57 a
T3	276,56 \pm 182,82 a	12,36 \pm 5,19 a
T4	351,60 \pm 383,38 a	18,06 \pm 7,45 a
T5	331,77 \pm 288,83 a	18,43 \pm 9,39 a
T6	213,73 \pm 78,40 a	17,33 \pm 5,29 a
T7	281,51 \pm 230,47 a	17,08 \pm 7,73 a

Nota. Promedios con letras similares en la misma fila no son significativamente distintos ($p > 0,05$), $n = 12$.
Autoría propia



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

El aporte de macro y micronutrientes que permiten el mejor desarrollo del área foliar (Wuang *et al.*, 2016).

El valor promedio de 473,43 \pm 393,09 cm² de área foliar de plantas testigo fue mayor a los reportados por Castillo *et al.*, (2007).

La biofertilización con espirulina **incrementa la clorofila en plantas de lechuga** al igual que Vivanco (2022) quién también obtuvo **incrementos de clorofila en plantas de pepino**, sin embargo Sudradjat *et al.*, (2016) determinaron que la aplicación de espirulina en plantas de ají **no incrementa la tasa de fotosíntesis lo que interviene directamente en la clorofila.**

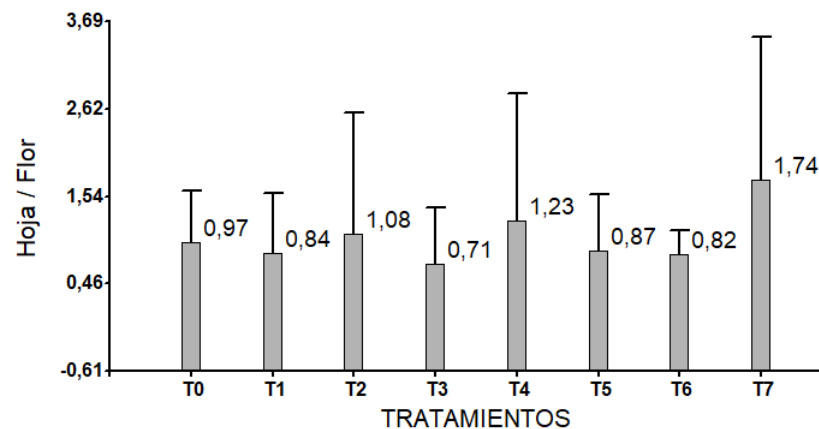


Resultados y discusión: Análisis productivos de las plantas de ají

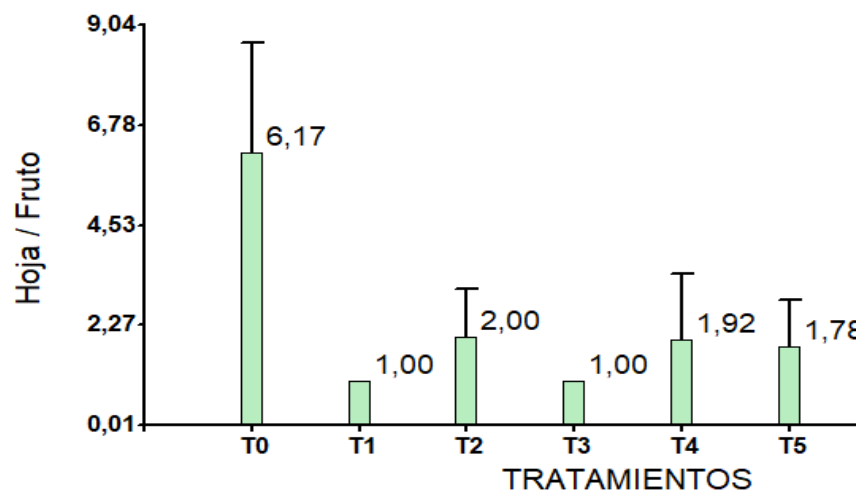
Medias \pm DE, variables productivas de plantas de ají, tratadas con diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema NFT.

Variables	Hoja/Flor	Hoja/Fruto
T0	0,97 \pm 0,64 a	6,17 \pm 2,47 a
T1	0,84 \pm 0,74 a	—
T2	1,08 \pm 1,49 a	2,00 \pm 1,08 b
T3	0,71 \pm 0,79 a	1,00 \pm 0,00 b
T4	1,23 \pm 1,58 a	1,92 \pm 1,51 b
T5	0,87 \pm 0,69 a	1,78 \pm 1,07 b
T6	0,82 \pm 0,30 a	—
T7	1,74 \pm 1,75 a	—

Nota. Promedios con letras similares en la misma fila no son significativamente distintos ($p > 0,05$), $n = 12$. Autoría propia



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

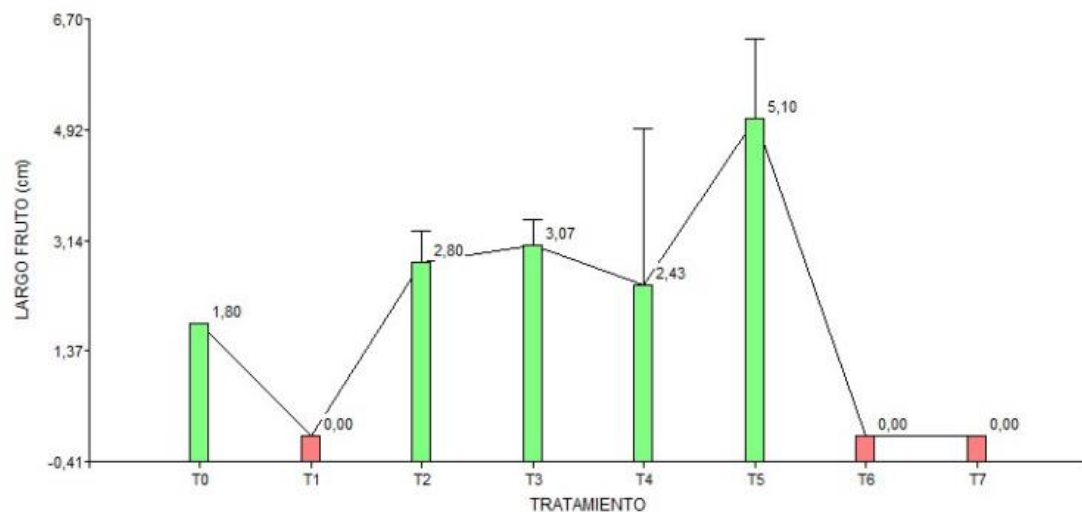
El papel que desarrollan las hojas en el cuajado de los frutos es de vital importancia, ya que estas **se encargan de sintetizar y movilizar metabolitos hacia los frutos** en desarrollo (Agustín, 2004).

Resultados y discusión: Características físicas de frutos de ají

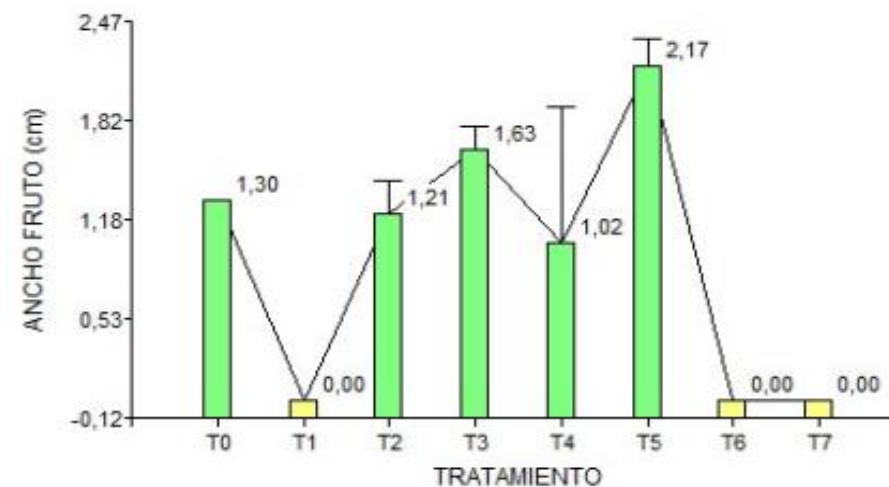
Medias ± DE, características físicas del fruto de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

	T0	T2	T3	T4	T5
Largo (cm)	1,80 ± 0,01 b	3,00 ± 0,36 b	3,07 ± 0,40 b	2,42 ± 1,78 b	5,07 ± 0,90 a
Ancho (cm)	1,30 ± 0,12 b	1,18 ± 0,26 b	1,63 ± 0,15 b	1,03 ± 0,63 b	2,15 ± 0,13 a

Nota: cm significa centímetros y g gramos. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$.



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

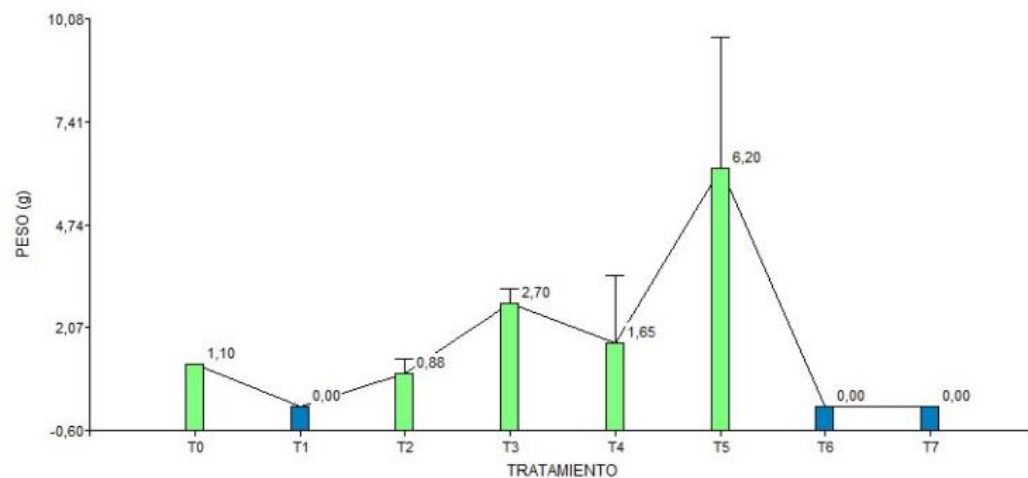
Segmen y Odazar (2023) obtuvieron frutos de *Capsicum annuum* más largos y pesados, esto puede ser por debido a que **la espirulina contiene moléculas como las poliaminas que favorecen el crecimiento de las plantas** (Mógor *et al.*, 2018).

Resultados y discusión: Características físicas de frutos de ají

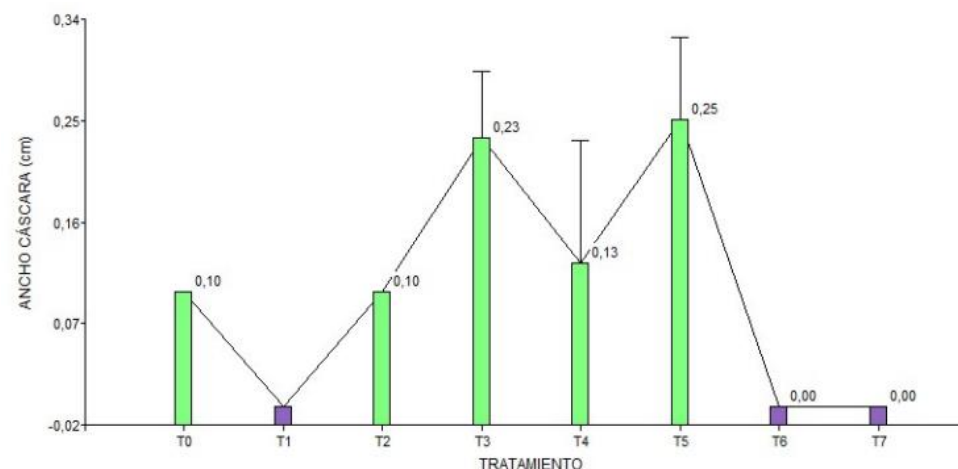
Medias \pm DE, características físicas del fruto de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

	T0	T2	T3	T4	T5
Peso (g)	1,10 \pm 0,08 b	0,87 \pm 0,45 b	2,70 \pm 0,36 b	1,60 \pm 1,25 b	6,20 \pm 2,40 a
Ancho cáscara (cm)	0,10 \pm 0,02 b	0,10 \pm 0,03 b	0,23 \pm 0,06 a	0,12 \pm 0,08 b	0,23 \pm 0,06 a

Nota. cm significa centímetros y g gramos. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$.



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

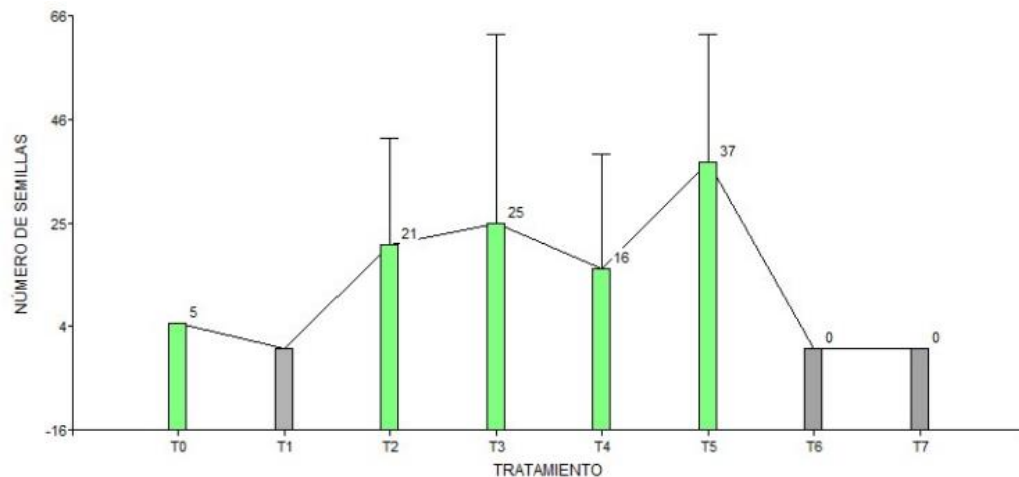
Las poliaminas afectan procesos celulares importantes como **la división celular, diferenciación, replicación del ADN, síntesis de proteínas y la viabilidad celular** (Sahin y Orgec, 2022).

Resultados y discusión: Características físicas de frutos de ají

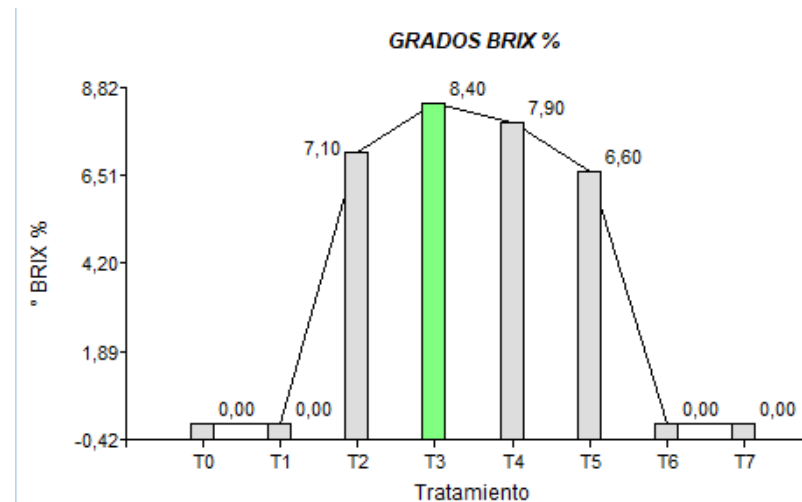
Medias \pm DE, características físicas del fruto de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

	T0	T2	T3	T4	T5
Semillas (unidades)	25,00 \pm 0,11 a	27,33 \pm 20,03 a	25,00 \pm 17,40 a	16,00 \pm 11,2 a	37,00 \pm 18,00 a
° Brix (%)	—	7,1%	8,4%	7,6%	6,6%

Nota. cm significa centímetros y g gramos. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

Entre más número de semillas contiene el fruto de Capsicum, la fruta tiene menor crecimiento (Moreno, 2017)

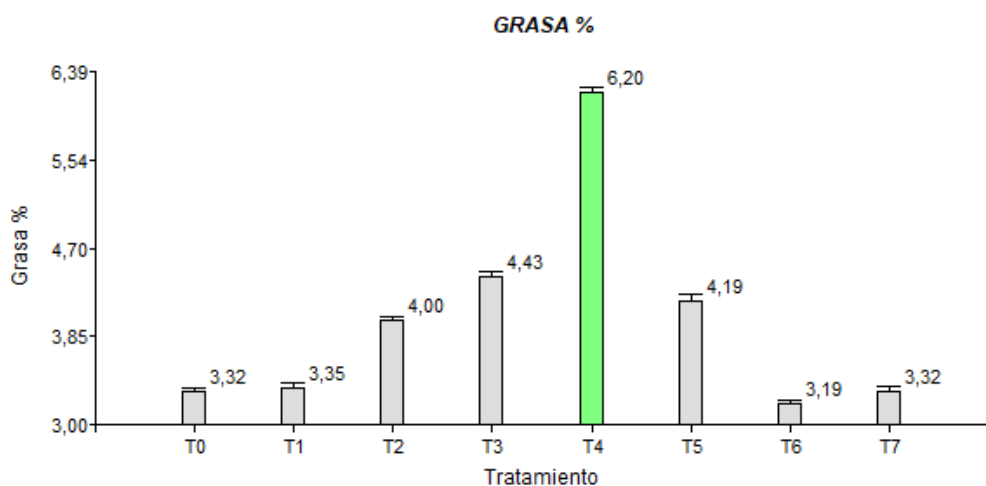
Mogor *et al.* (2018) afirma que los tratamientos con **espirulina** aumentan la cantidad de azúcares en plantas de remolacha, ya que la formación de azúcares está ligada al metabolismo de aminoácidos dotados por la cianobacteria.

Resultados y discusión: Análisis bromatológico de la biomasa de plantas de ají

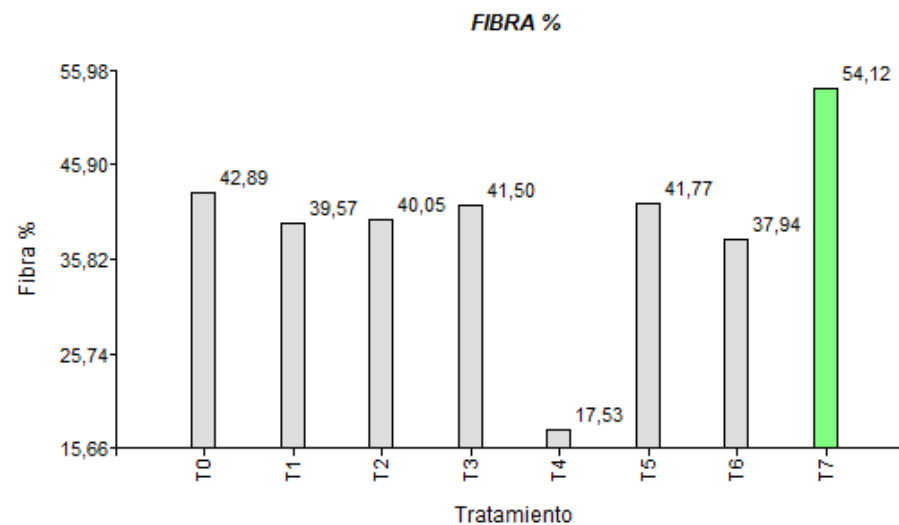
Medias \pm DE, parámetros bromatológicos de la biomasa aérea de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

Parámetro	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Grasa %	3,32 \pm 0,03 e	3,35 \pm 0,04 e	4,00 \pm 0,03 d	4,43 \pm 0,05 b	6,20 \pm 0,04 a	4,19 \pm 0,06 c	3,19 \pm 0,04 f	3,32 \pm 0,04 e
Fibra %	42,89 \pm 0,02 b	39,57 \pm 0,05 f	40,05 \pm 0,08 e	41,50 \pm 0,07 d	17,53 \pm 0,04 h	41,77 \pm 0,04 c	37,94 \pm 0,05 g	54,12 \pm 0,03 a

Nota: Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

Gutiérrez *et al.*, (2015), menciona que la *espirulina* proporciona ácidos grasos esenciales (gamma linolénico), concomitante con un bajo aporte de ácidos nucleicos.

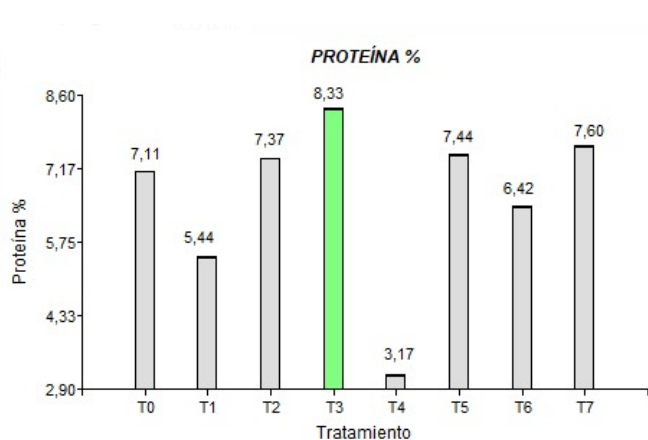
Bonillo *et al.*, (2015) determinó que cada 100 g de té de compost aporta con 46 mg de magnesio, 14,50 mg de potasio, 100 mg de fósforo y 0,05 mg de sulfato, los cuales contribuyen a la formación de fibra vegetal; polímeros de celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina (Deaquiz-Oyola y Moreno, 2016).

Resultados y discusión: Análisis bromatológico de la biomasa de plantas de ají

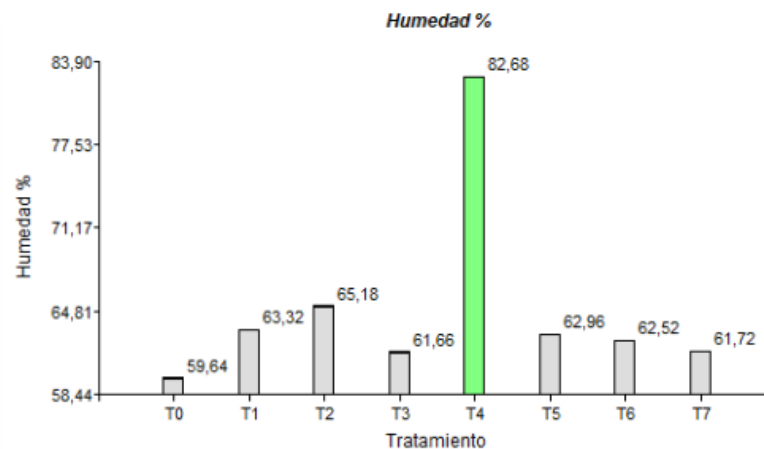
Medias \pm DE, parámetros bromatológicos de la biomasa aérea de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico.

Parámetro	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Proteína %	7,11 \pm 0,01 e	5,44 \pm 0,03 g	7,37 \pm 0,01 d	8,33 \pm 0,01 a	3,17 \pm 0,01 h	7,44 \pm 0,01 c	6,42 \pm 0,03 f	7,60 \pm 0,02 b
Humedad %	59,64 \pm 0,04 g	63,32 \pm 0,05 c	65,18 \pm 0,07 b	61,66 \pm 0,07 f	82,68 \pm 0,06 a	62,96 \pm 0,06 d	62,52 \pm 0,07 e	61,72 \pm 0,05 f
Ceniza %	6,02 \pm 0,04 g	7,95 \pm 0,06 c	8,27 \pm 0,06 b	7,31 \pm 0,08 e	17,12 \pm 0,04 a	6,77 \pm 0,08 f	7,69 \pm 0,03 d	7,28 \pm 0,07 e

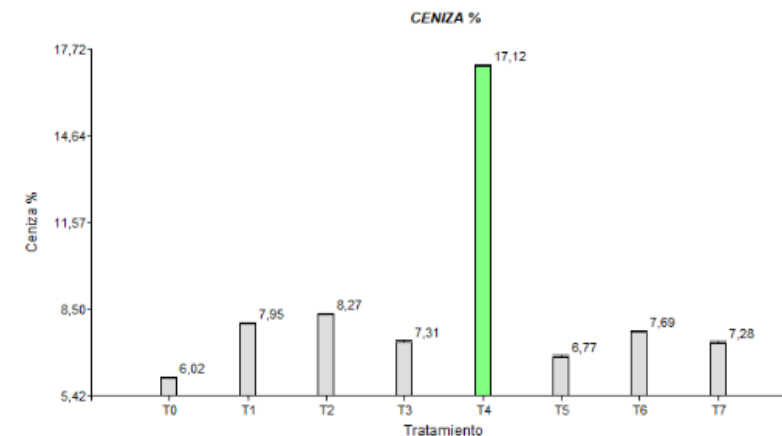
Nota. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintas ($p > 0,05$), $n = 12$



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

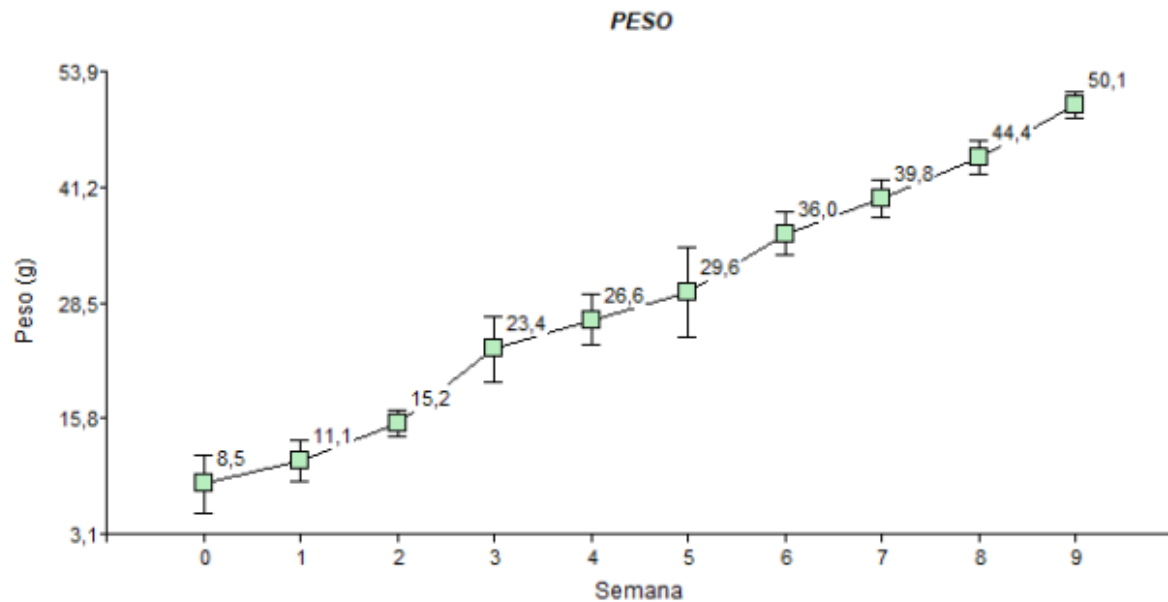
Wuan *et al.*, (2016) determinó que la biomasa de *A. platensis* concentrado, contiene más micronutrientes como el calcio, hierro, manganeso, zinc y selenio, que un fertilizante convencional.

Resultados y discusión: Parámetros Morfométricos de las tilapias

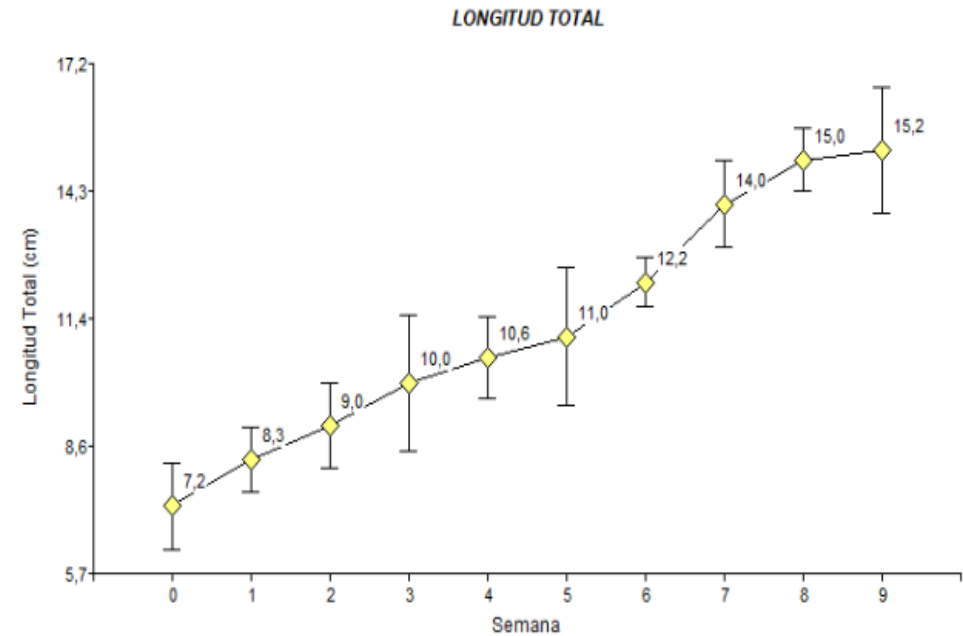
Parámetros morfométricos de tilapias evaluadas por semana

Variables /Semana	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso (g)	8,53 ± 3,17	11,13 ± 2,30	15,23 ± 1,43	23,37 ± 3,64	26,55 ± 2,79	29,60 ± 4,87	36,03 ± 2,30	39,83 ± 2,02	44,37 ± 1,90	50,10 ± 1,45
Longitud Total (cm)	7,21 ± 0,99	8,26 ± 0,74	9,03 ± 0,96	9,97 ± 1,53	10,55 ± 0,93	11,03 ± 1,53	12,25 ± 0,56	14,01 ± 0,97	14,99 ± 0,71	15,22 ± 1,42

Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia



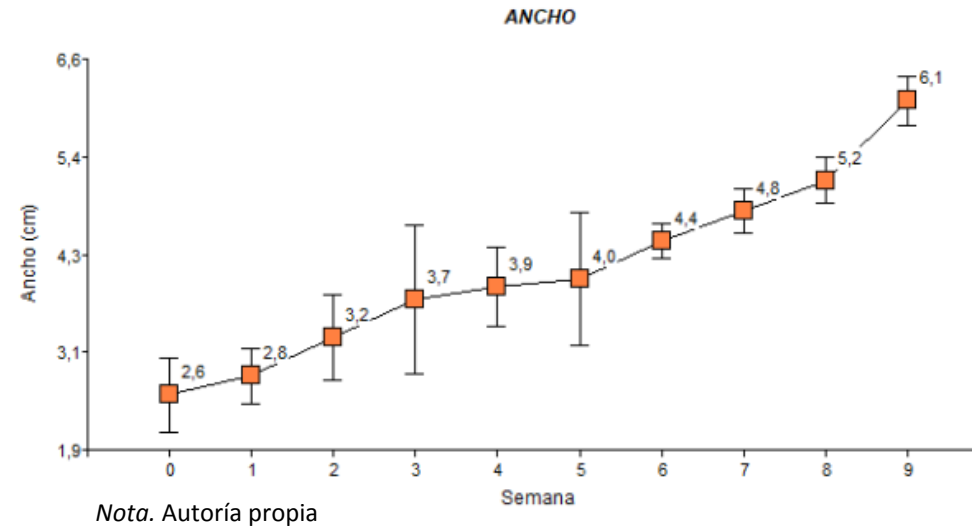
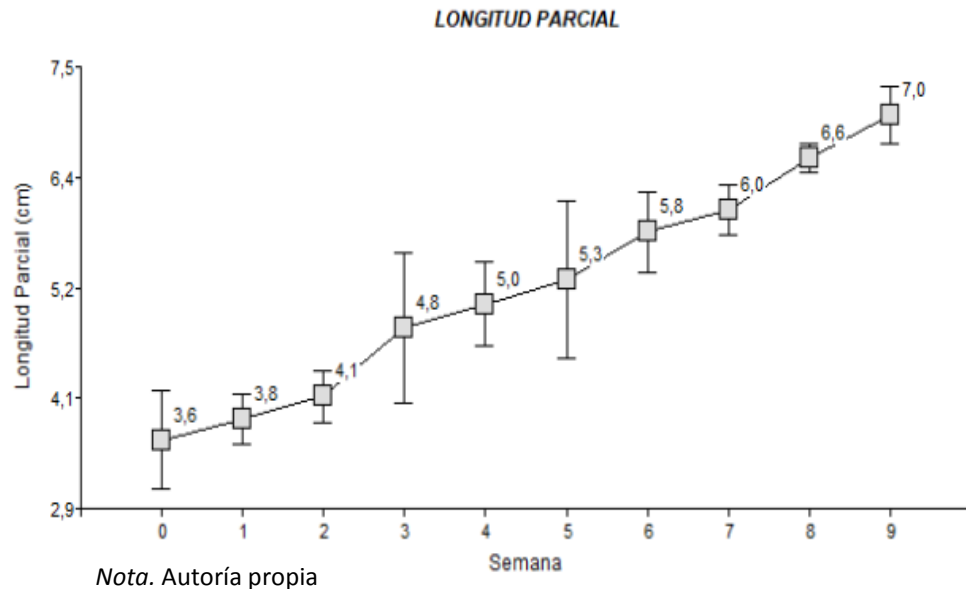
Nota. Autoría propia

Resultados y discusión: Parámetros Morfométricos de las tilapias

Parámetros morfométricos de tilapias evaluadas por semana

Semana/ Variable	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Longitud Parcial (cm)	3,61 ± 0,51	3,82 ± 0,26	4,07 ± 0,28	4,79 ± 0,79	5,04 ± 0,45	5,28 ± 0,82	5,79 ± 0,42	6,02 ± 0,26	6,56 ± 0,15	7,01 ± 0,30
Ancho (cm)	2,56 ± 0,45	2,79 ± 0,34	3,25 ± 0,52	3,72 ± 0,90	3,87 ± 0,48	3,96 ± 0,81	4,42 ± 0,21	4,79 ± 0,27	5,15 ± 0,28	6,11 ± 0,29

Nota. Autoría propia



Perdomo *et al.*, (2012) manejó valores similares de parámetros morfométricos en su investigación.

Adicionalmente, Vásquez (2019), reporta que los valores óptimos de longitudes y pesos en la etapa pre-engorde oscilan entre $16,4 \pm 1,2$ cm y $51,6 \pm 1,3$ respectivamente.

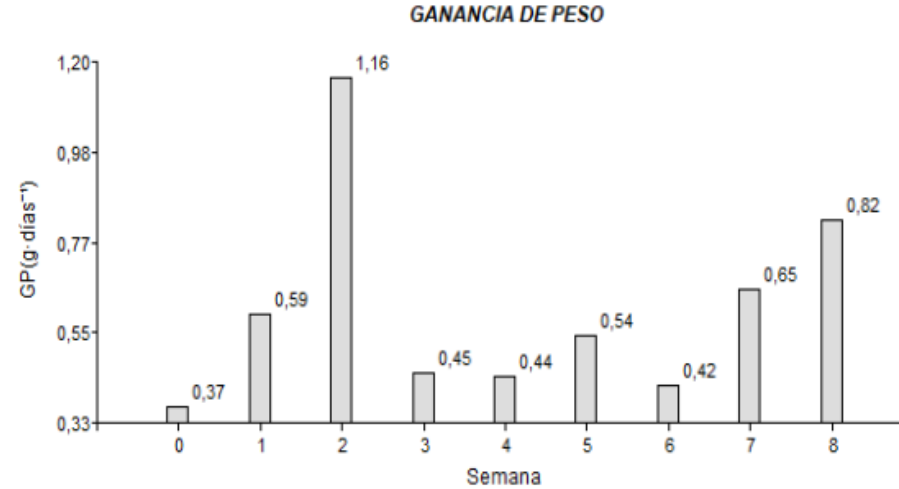


Resultados y discusión: Parámetros productivos de las tilapias

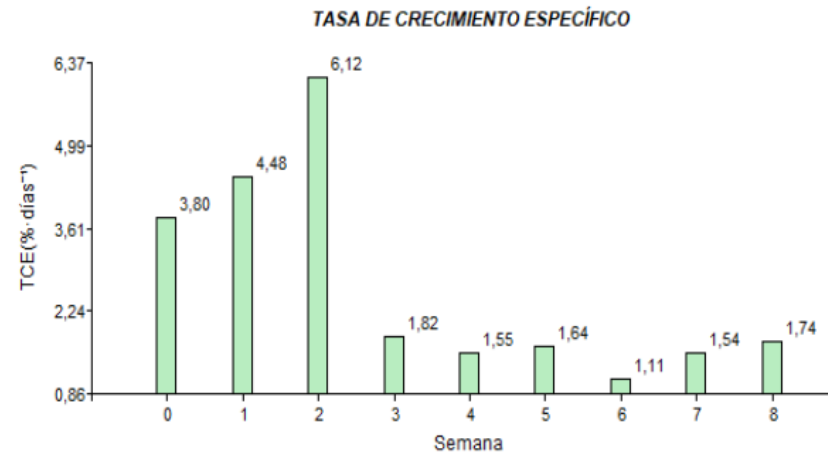
Parámetros productivos promedios de tilapias evaluadas por semana

Semana	GP(g·días ⁻¹)	TCE(%·días ⁻¹)
0	0,37	3,8
1	0,59	4,48
2	1,16	6,12
3	0,45	1,82
4	0,44	1,55
5	0,54	1,64
6	0,42	1,11
7	0,65	1,54
8	0,82	1,74
9	-	-

Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia



Nota. Autoría propia

Los valores obtenidos de ganancia de peso promedio fueron inferiores a los resultados obtenidos por Zometa y Luna (2010). La ganancia de peso se pudo ver afectada por tema de nitritos y amonio, lo que generó estrés.

Castillo y Sánchez (2018), reporta rangos de 0,23 %·días⁻¹ a 2,7%·días⁻¹, adicionalmente los valores reportados por Sabwa *et al.*, (2022), quienes mencionan similares datos de TCE de 1,19 %·días⁻¹ y 0,76 %·días⁻¹.

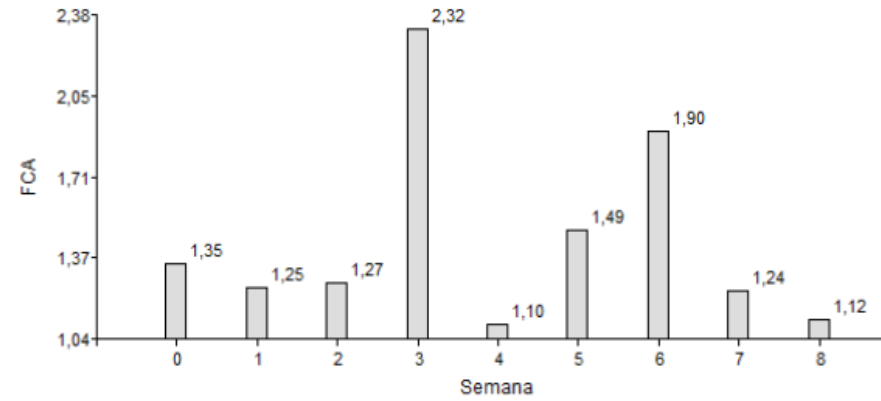
Resultados y discusión: Parámetros productivos de las tilapias

Parámetros productivos promedios de tilapias evaluadas por semana

Semana	FCA	EA (%)
0	1,35	74,29
1	1,25	79,74
2	1,27	78,91
3	2,32	43,07
4	1,1	90,79
5	1,49	67,3
6	1,9	52,64
7	1,24	80,42
8	1,12	89,37
9	-	-

Nota. Autoría propia

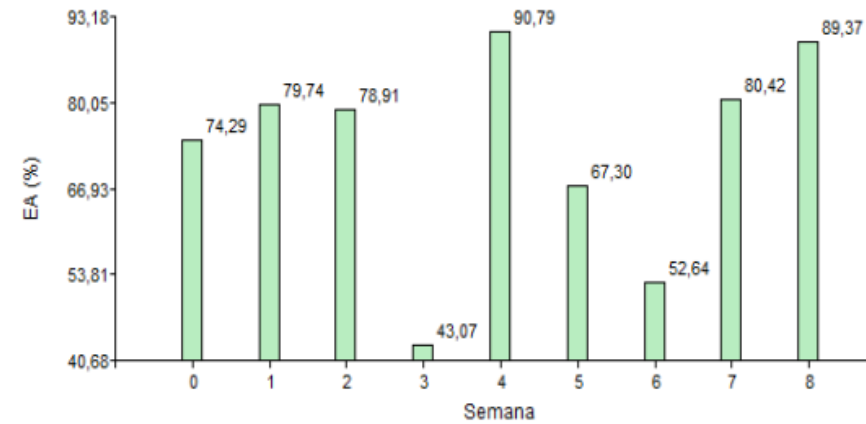
FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA



Nota. Autoría propia

Los valores determinados se encontraron en los rangos reportados por Juárez (2016), quien señaló que los valores en su investigación oscilaron entre 0,91 hasta 1,41.

EFICIENCIA ALIMENTICIA



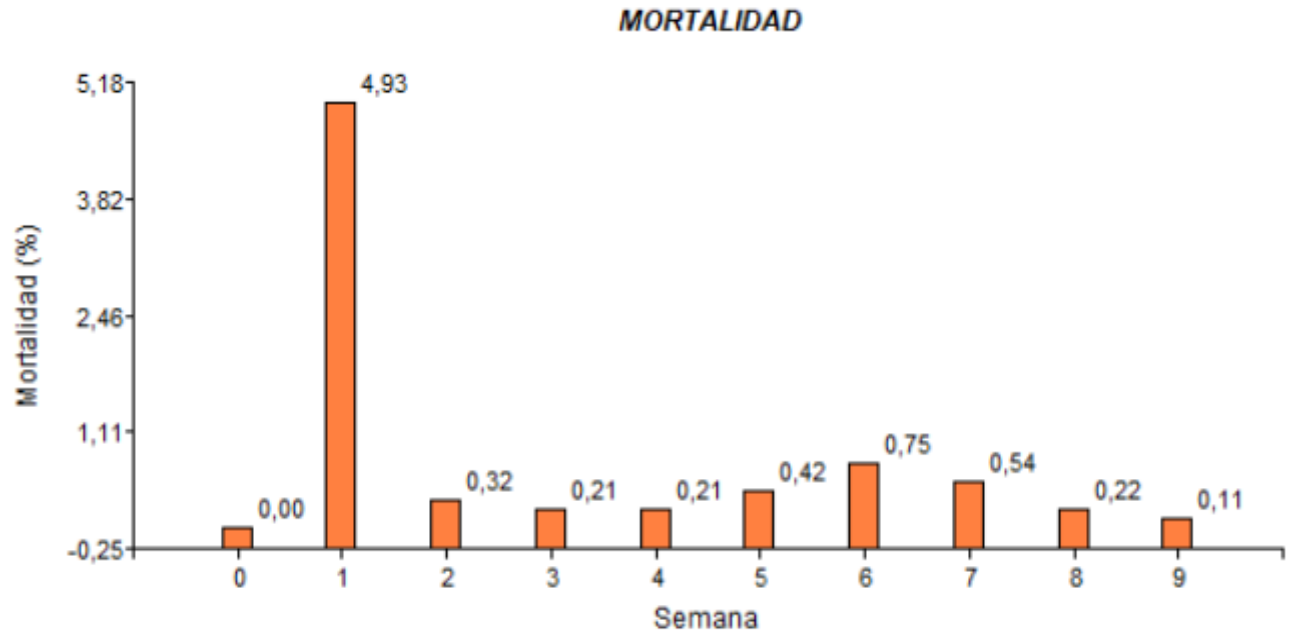
Nota. Autoría propia

Se obtuvo el mayor valor promedio en el día 28 el cual fue de 90,79 % en una producción intensiva, siendo este dato superior a los reportados por Wang (2011) con 80 %.

Resultados y discusión: Parámetros productivos de las tilapias

Parámetros productivos promedios de tilapias evaluadas por semana

Semana	Mortalidad (%)
0	0
1	4,93
2	0,32
3	0,21
4	0,21
5	0,42
6	0,75
7	0,54
8	0,22
9	0,11



Nota. Autoría propia

Kubitza (2009), quien indica que en la producción de tilapia semi-intensiva la mortalidad total no debe sobrepasar el 10 %.

Nota. Autoría propia

Resultados y discusión: Condiciones físico-químicos de los estanques

Medias \pm DE, condiciones físico químicas del agua circulante en diferentes sitios del sistema acuapónico.

	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (μ S.cm-1)	TDS (ppm)
Estanque 1	24,25 \pm 1,05 a	7,55 \pm 0,53 a	77,11 \pm 10,09 a	38,11 \pm 5,39 a
Estanque 2	24,73 \pm 0,66 a	7,71 \pm 0,24 a	74,70 \pm 7,56 a	37,33 \pm 3,80 a
Nitrificación	24,13 \pm 0,64 a	7,26 \pm 0,36 b	75,81 \pm 7,69 a	37,94 \pm 3,91 a
Retorno	24,25 \pm 0,75 a	7,18 \pm 0,19 b	75,80 \pm 7,32 a	37,90 \pm 3,70 a

Nota. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintos ($p > 0,05$), $n = 52$

La temperatura influye directamente en la velocidad del crecimiento del pez (Barrenechea, 2004).

Martínez (2015), quien evaluó el rendimiento de *Capsicum annuum* en hidroponía, afirma que el pH de las soluciones nutritivas oscilaron entre 5,5 - 6,3 para una máxima asimilación de nutrientes.

Proain Tecnología Agrícola (2020), considera una apropiada conductividad menor a 1500 μ S/cm, resultado que evita una toxicidad del sodio en los vegetales.

Estrada y Lagos (2022), mencionan que las tilapias rojas soportan máximo 200 g/ml SDT, y el agua en la investigación presentó 0,038 \pm 0,0055 g/ml SDT.

Medias \pm DE, variables de calidad del agua en de las plantas de ají bajo diferentes dosis de espirulina y té de compost en un sistema acuapónico

	Tanque 1	Tanque 2	Nitrificador	Retorno
Amonio (mg.L-1)	0,42 \pm 0,33 a	0,73 \pm 0,59 a	0,47 \pm 0,39 a	0,51 \pm 0,45 a
NO2 (mg.L-1)	0,56 \pm 0,15 a	0,36 \pm 0,33 a	0,31 \pm 0,29 a	0,37 \pm 0,32 a
NO3 (mg.L-1)	4,40 \pm 2,02 a	2,47 \pm 1,69 a	2,42 \pm 1,26 a	2,35 \pm 1,70 a
Fosfato (mg.L-1)	1,07 \pm 0,20 a	0,40 \pm 0,20 b	0,12 \pm 0,25 b	0,32 \pm 0,26 b

Nota. Promedios con letras semejantes en la misma fila no son significativamente distintos ($p > 0,05$), $n = 52$

Saavedra (2006), las concentraciones que las tilapias soportan en nitratos son 1,5 a 2 mg/L, en nitritos 0,01 mg/L al igual que el amonio y fosfatos 0,15 - 0,2 mg/L.

Conclusiones

La aplicación foliar de *Arthrospira platensis* 7g/L con 10% té de compost (T5), mejoró las características físicas del fruto de ají: largo, ancho y peso. La aplicación de espirulina 9 g/L (T3), aumentó el grosor de los frutos al igual que el tratamiento T5, se encontraron mayores valores de °Brix en plantas tratadas con 9 g/L de espirulina (T3) y todos los tratamientos mejoraron la relación hoja:fruto. En cuanto a los parámetros de producción como longitud de raíz, tallo, cantidad de brotes laterales, número de hojas, cantidad flores y frutos, relación hoja: flor, cantidad de semillas, clorofila y área foliar en plantas de ají no obtuvieron una respuesta favorable a la aplicación de espirulina y té de compost.

Conclusiones

- La aplicación de *A. platensis* en plantas de ají en concentraciones de 5 g/L + Té de compost 10% (T4) mejora el contenido de grasa, humedad y de ceniza. Mientras que la fertilización con 9 g/L de espirulina (T3), incrementa el porcentaje de proteína. Por otra parte, la fertilización de plantas de ají con biofertilizantes a base de 10% de té de compost aumenta la cantidad de fibra.
- Los parámetros productivos de las tilapias dentro del sistema acuapónico se controlaron con el manejo de los peces a temperaturas de $24,75 \pm 0,75$ °C, pH $7,55 \pm 0,53$, conductividad eléctrica de $77,11 \pm 10,09$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ y sólidos totales disueltos $0,038 \pm 0,0055$ g/ml, los cuales se encontraron en los rangos óptimos para el desarrollo de los peces. A pesar, de que las cantidades de algunos nutrientes inorgánicos como nitritos $0,56 \pm 0,15$ mg/L y amonio $0,42 \pm 0,33$ mg/L se encontraron en niveles tóxicos para las tilapias, no se evidenció sus efectos negativos en los parámetros morfométricos, pues los valores al día 70 de peso $50,10 \pm 1,45$ g, longitud total $15,22 \pm 1,42$ cm, longitud parcial $7,01 \pm 0,30$ cm y ancho $6,11 \pm 0,29$ cm, fueron el resultado de un constante crecimiento, correspondiente a la etapa de pre-engorde. Por otro lado, en cuanto a los parámetros productivos a excepción de la ganancia de peso, la tasa de crecimiento específico y factor de conversión alimenticia, se presentaron en los rangos, expresando una alta eficiencia en convertir el alimento en biomasa, un mejor resultado expresó la eficiencia alimenticia superando los rangos óptimos con un valor promedio de 90,79 %. Al finalizar la investigación el % de mortalidad en tilapias fue el 7,7 %.

Recomendaciones

- Incluir la aplicación de (*Arthrospira platensis*) en el plan de manejo orgánico del cultivo de ají, por su alto porcentaje de proteína que se pueden transferir a la planta y por las bondades evidenciadas en la presente investigación.
- Se recomienda previa aplicación de biofertilizantes foliares o edáficos, medir el pH y que este se ajuste entre 5,5 a 6,5, rango óptimo para la absorción y aprovechamiento de nutrientes en los vegetales.
- Ampliar los estudios del uso de espirulina a fin de consolidar el proceso y uso adecuado en sistemas acuapónicos.
- Aplicar espirulina en plantas de ají al inicio de la floración.

AGRADECIMIENTOS



PREFECTURA DE
PICHINCHA



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA