UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO

COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE (*Stevia rebaudiana*) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN COMPARACIÓN A UN SISTEMA CONVENCIONAL EN YARINACOCHA

Tesis para optar el grado académico de

MAESTRO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON MENCIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

ROGGER WAGNER, PEÑA PASMIÑO

PUCALLPA, PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

ESCUELA DE POSGRADO

ANEXO Nº 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACION PARA OBTENCION DEL GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS

En la Sala de Grados de la Universidad Nacional de Ucayali siendo las 11 am horas, del día 13 de Diciembre, ante el Jurado de Tesis o trabajo de investigación constituido por :

Dr. Raúl Armando Pilco Panduro. ..... Presidente

Msc. Rilá Riva Ruiz. ..... Secretario

Msc. María Adelaida Pilco Panduro. ..... Vocal

El aspirante al **GRADO DE MAESTRO O MAESTRO EN CIENCIAS** en: Ciencias Agrícolas.

Mención: en "Agricultura Sostenible"

Don(ña) Rogger Wagner Peña Pasmiño.

Procedió al acto de Defensa:

a. Con la exposición de la tesis o trabajo de investigación, titulada:

"Comportamiento Fenológico y Rendimiento de (Stevia rebaudiana) en un Sistema Agroforestal en Comparación a un Sistema Convencional en Yarinacocha"

b. Respondiendo las preguntas formuladas por los miembros del Jurado y público asistente.

Concluido el acto de defensa, cada miembro del Jurado procedió a la evaluación del aspirante a Maestro, teniendo presente los criterios siguientes:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
ESCUELA DE POSGRADO

a) Presentación personal
b) Exposición: el problema a resolver, hipótesis, objetivos, resultados, conclusiones, los aportes, contribución a la ciencia y/o solución a un problema social y Recomendaciones
c) Grado de convicción y sustento bibliográfico utilizados para las respuestas a las interrogantes del Jurado y público asistente
d) Dicción y dominio de escenario

Así mismo, el Jurado plantea a la tesis o trabajo de investigación **las observaciones** siguientes:

.....
.....
.....
.....
.....

Obteniendo en consecuencia el Maestrista la **Nota** de....Dieciseis.....(16)

Equivalente a ....Bueno....., por lo que se recomienda .....

(Aprobado o desaprobado)

Los miembros del Jurado, firman el presente **ACTA** en señal de conformidad, en Pucallpa, siendo las..12... horas del..13... de ..Diciembre..... del 20.24..

PRESIDENTE **SECRETARIO**

VOCAL **ASESOR**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0603-2024**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

"**COMPORTAMIENTO FENOLÓGICO Y RENDIMIENTO DE (Stevia rebaudiana) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN COMPARACIÓN A UN SISTEMA CONVENCIONAL EN YARINACOCHA**"

Autor(es)	:	**PEÑA PASMIÑO, ROGGER WAGNER**
Escuela	:	**POSGRADO**
Maestría	:	**CIENCIAS EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**
Mención	:	**AGRICULTURA SOSTENIBLE**
Asesor(a)	:	**Mg. VILLEGAS PANDURO PABLO PEDRO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 8%,** verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 28/10/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, ROGGER WAGNER PEÑA PASMIÑO

Autor de la tesis titulada : COMPORTAMIENTO FENOLOGICO Y RENDIMIENTO DE STEVIA REBAUDIANA EN UN SISTEMA ACUAPONICO EN COMPARACION A UN SISTEMA CONVENCIONAL EN YARINACOCHA

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): ING. MSc. PABLO PEDRO VILLEGAS PANDURO

Escuela de Posgrado

Maestría: CIENCIAS AGRICOLAS

Mención: AGRICULTURA SOSTENIBLE

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

Primero: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

Segundo: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 13 / 01 / 25

Email: Rowlypepas@gmail.com Firma:

Teléfono: 975832751 DNI: 47056213

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios Todo poderoso, por darme salud y fuerza, iluminarme el camino en los momentos más difíciles, darme la voluntad y permitir lograr la meta anhelada

A mi abuelo Dionisio Pasmiño Sinuiri y Lyan Mateo Sánchez Contreras (Q.E.P.D.)

A mi señora madre Edith Pasmiño Monjes, y hermanos por la comprensión y consejos que me han guiado día a día, y por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali y a la Escuela de Posgrado, en especial a los docentes de la Maestría en Ciencias Agrícola mención Agricultura Sostenible, por contribuir en mi formación de posgrado.

Al INSTITUTO SUPERIOR PEDAGOGICO BILINGÜE por las facilidades proporcionadas con los ambientes del sistema acuapónico para la ejecución de la investigación.

A mi asesor el Ing. M.Sc. PABLO PEDRO VILLEGAS PANDURO, por la orientación, consejos y conocimientos científicos, que son la base de la investigación, por la paciencia para guiarme a lo largo del desarrollo de mi tesis.

A la Lic. ZARELA BRAVO CASTAÑEDA por darme la oportunidad de ser parte de la familia acuapónica, por sus consejos y orientación brindada.

A mis amigos MARKO ANTONIO GRANDEZ CACHIQUE, MÓNICA ARLETH GIL OCMIN y LAURA TRUJILLO OLIMAR por el apoyo proporcionado durante la ejecución de la presente investigación.

RESUMEN

La investigación estudió el comportamiento fenológico y rendimiento de *Stevia rebaudiana* en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha, ejecutándose en el Sistema de Producción Acuapónico del Instituto Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha, ubicado en las coordenadas: 8°20´54" S 74°35´18" W, a una altitud de 155 msnm, iniciándose en el mes enero y concluyendo en el mes junio del 2024. El sistema acuapónico, estuvo conformado por una cama de concreto de 7 m x 1,2 m, con grabas de 0,5 cm a 3,5 cm de diámetro, regadas con agua proveniente del cultivo de paco (*Piaractus brachypomus*), a través de un sistema de riego, activado por una bomba centrifuga periférica de 2 HP, y automatizado mediante un timer. El sistema convencional estuvo constituido por una cama de 1,20 m de ancho x 7 m de largo, en el cual se mezcló la tierra con gallinaza. Los tratamientos fueron los sistemas de cultivo (convencional y acuapónico), y los resultados fueron analizados en un Diseño Completo al Azar, con un nivel de confianza de 95%, aplicándose la prueba de promedios de Tukey, concluyéndose que, para la altura de planta, diámetro de tallo y número de ramas por planta, las plantas cultivadas en el sistema convencional, superaron a las plantas cultivadas en un sistema acuapónico, sin embargo, el número de hojas por planta y número de flores, no mostraron diferencias entre los sistemas de cultivo. Asimismo, para el peso fresco de hojas por planta y contenido de grados brix, ambos sistemas de cultivo no mostraron diferencias, sin embargo, para el peso seco de hojas por planta y el rendimiento de hojas secas por hectárea, las plantas cultivadas en el sistema acuapónico, superaron a las plantas cultivadas en un sistema convencional.

Palabras claves: Acuaponía, crecimiento, producción, grados brix.

ABSTRACT

The research studied the phenological behavior and performance of Stevia rebaudiana in an aquaponic system compared to a conventional system in Yarinacocha, carried out in the Aquaponic Production System of the Bilingual Public Pedagogical Higher Institute of Yarinacocha, located at the coordinates: 8°20'54 "S 74°35'18" W, at an altitude of 155 meters above sea level, beginning in January and concluding in June 2024. The aquaponic system was made up of a 7 m x 1.2 m concrete bed, with gravels from 0.5 cm to 3.5 cm in diameter, irrigated with water from the paco crop (Piaractus brachypomus), through an irrigation system, activated by a 2 HP peripheral centrifugal pump, and automated by a timer. The conventional system consisted of a bed 1.20 m wide x 7 m long, in which the earth was mixed with chicken manure. The treatments were the cultivation systems (conventional and aquaponic), and the results were analyzed in a Complete Random Design, with a confidence level of 95%, applying the Tukey average test, concluding that, for plant height , stem diameter and number of branches per plant, the plants grown in the conventional system outperformed the plants grown in an aquaponic system, however, the number of leaves per plant and number of flowers did not show differences between the systems. crop. Likewise, for the fresh weight of leaves per plant and brix content, both cultivation systems showed no differences; however, for the dry weight of leaves per plant and the yield of dry leaves per hectare, the plants grown in the system aquaponic, outperformed plants grown in a conventional system.

Keywords: Aquaponics, growth, production, brix degrees.

INTRODUCCIÓN

La Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) es una especie vegetal originaria de Sudamérica la cual se ha vuelto muy conocida a nivel mundial por su uso como edulcorante natural, asimismo, su importancia se fundamenta en sus múltiples beneficios para la salud y su utilización como alternativa al azúcar. Dentro de los beneficios para la salud humana, se encuentra su capacidad de minimizar los niveles de glucosa en sangre hasta un 35%, debido al esteviósido, capaz de regular la glucosa y la insulina en el cuerpo, para el control de la diabetes (Salvador et al., 2014; Durán et al., 2012). Asimismo, Al ser un edulcorante sin calorías, la Stevia ayuda a controlar el peso corporal, ya que, al no aportar carbohidratos, no genera aumento de peso (La Vanguardia, 2024), y, al contener compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, protegen las células del daño oxidativo, reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas, incluido el cáncer (Salvador et al., 2014; La Vanguardia, 2024). La Stevia también se ha relacionado con la reducción de la hipertensión arterial y la mejora de la salud cardiovascular, actuando como una medicina natural para quienes padecen esta condición (La Vanguardia, 2024; Durán et al., 2012).

La Stevia se utiliza en diversas formas, incluyendo extractos líquidos y en polvo. Es comúnmente empleada para endulzar bebidas y alimentos, siendo entre 100 y 300 veces más dulce que el azúcar convencional (Salvador et al., 2014; Lirola, 2023). La Stevia representa una opción viable y saludable frente al azúcar, ofreciendo beneficios significativos para la salud sin las desventajas calóricas. Su creciente popularidad en todo el mundo refleja un cambio hacia alternativas más saludables en la alimentación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA……	vi
AGRADECIMIENTO……..	vii
RESUMEN…….…….……..	viii
ABSTRACT…….……..…….	ix
INTRODUCCIÓN…….……..……	x
ÍNDICE…….	xi
ÍNDICE DE TABLAS…….……..……..	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS…….	xviii
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN…….....	1
1.1. Descripción del problema…….…….	1
1.2. Formulación del problema…….…….	4
1.2.1. Problema general…….	4
1.2.2. Problema específico……..…….…….	4
1.3. Objetivos……..……..…….	4
1.3.1. Objetivo general…….……..…….	4
1.3.2. Objetivos específicos……...…….	4
1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis……..	5
1.5. Variables……..…….	5
1.6. Justificación e importancia…….…..…….	6
1.7. Viabilidad……..…….…….	7
1.8. Limitaciones…….…….	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO…….…….	8
2.1. Antecedentes de la investigación…..……..…….	8

2.2. Bases teóricas…….……. 11

2.2.1. La acuicultura…….. 11

2.2.2. La hidroponía…….. 12

2.2.3. La acuaponía……... 13

2.2.4. Origen del cultivo de Stevia…….. 14

2.2.5. Clasificación taxonómica……... 14

2.2.6. Descripción morfológica…… 15

2.2.7. Condiciones edafo climáticas……... 17

2.2.8. Densidad de siembra……. 17

2.2.9. Producción de plantines…… 18

2.2.10. Plagas y enfermedades……... 18

2.2.11. Elementos nutricionales exigentes…… 19

2.3. Definiciones conceptuales……...……..……. 20

2.4. Bases epistémicos. ……..……..……. 21

CAPÍTULO III. METODOLÓGIA……. 22

3.1. Tipo de investigación……..…… 22

3.2. Diseño y esquema de la investigación…….……. 22

3.3. Población y muestra…….……..…… 25

3.3.1. Población…….……..…… 25

3.3.2. Muestra……..…… 25

3.4. Instrumentos de recolección de datos…..…….…… 26

3.5. Técnicas de recojo, procesamiento y presentación de datos…. 26

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES…….…… 27

4.1. Comportamiento fenológico de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ……..…….. 27

4.1.1. Altura de planta……..…… 27

4.1.2. Diámetro de tallo……..……. 28

4.1.3. Número de ramas por planta…….…….. 29

4.1.4. Numero de hojas por planta…… 31

4.1.5. Numero de flores por planta…… 32

4.2. Comportamiento de rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ……..…….. 34

4.2.1. Peso fresco de hojas por planta……. 34

4.2.2. Peso seco de hojas por planta…… 35

4.2.3. Rendimiento por hectárea…… 36

4.2.4. Grados brix de las hojas……..…… 37

CAPITULO V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS…….. 40

5.1. Comportamiento fenológico de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha…..……..…… 40

5.2. Comportamiento de rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ……..…… 42

CONCLUSIONES……..…… 45

SUGERENCIAS……..…….. 46

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……... 47

ANEXOS……..…… 54

ÍNDICE DE TABLAS

En el contenido		Pág.
Tabla 1	Tratamientos estudiados……..	25
Tabla 2.	Altura de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha...	27
Tabla 3.	Diámetro de tallo de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ……..	28
Tabla 4.	Número de ramas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.…….……..	30
Tabla 5.	Número de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ..…….……	31
Tabla 6.	Número de flores por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ..…….……	33
Tabla 7.	Peso fresco de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ..…….	34

Tabla 8. Peso seco de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha. ..…….…. 35

Tabla 9. Rendimiento de hojas secas por hectárea de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.……. 36

Tabla 10. Grados brix de hojas de planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.…….…….. 38

En el anexo

Tabla 11. Altura de planta evaluación 1...…… 55

Tabla 12. Altura de planta evaluación 2...…… 55

Tabla 13. Altura de planta evaluación 3...…… 55

Tabla 14. Altura de planta evaluación 4...…… 55

Tabla 15. Altura de planta evaluación 5...…… 56

Tabla 16. Diámetro de tallo evaluación 1...……. 56

Tabla 17. Diámetro de tallo evaluación 2...…….. 56

Tabla 18. Diámetro de tallo evaluación 3...…….. 57

Tabla 19. Diámetro de tallo evaluación 4...…….. 57

Tabla 20. Diámetro de tallo evaluación 5..…….. 57

Tabla 21. Número de ramas por planta evaluación 1……. 58

Tabla 22. Número de ramas por planta evaluación 2. …….. 58

Tabla 23. Número de ramas por planta evaluación 3……. 58

Tabla 24. Número de ramas por planta evaluación 4……. 59

Tabla 25. Número de ramas por planta evaluación 5……. 59

Tabla 26. Número de hojas por planta evaluación 1……. 59

Tabla 27. Número de hojas por planta evaluación 2. ……. 60

Tabla 28. Número de hojas por planta evaluación 3. ……. 60

Tabla 29. Número de hojas por planta evaluación 4. ……. 60

Tabla 30. Número de hojas por planta evaluación 5. 61

Tabla 31. Número de flores por planta evaluación 1. ……. 61

Tabla 32. Número de flores por planta evaluación 2. ……. 61

Tabla 33. Número de flores por planta evaluación 3. ……. 62

Tabla 34. Peso fresco de hojas.…… 62

Tabla 35. Peso seco de hojas..…….. 62

Tabla 36. Rendimiento de hojas secas por hectárea……. 63

Tabla 37. Grados brix evaluación 1…….. 63

Tabla 38. Grados brix evaluación 2. ……. 63

Tabla 39. Grados brix evaluación 3…….. 64

Tabla 40. Grados brix evaluación 4…….. 64

Tabla 41. Grados brix evaluación 5…….. 64

Tabla 42. Grados brix evaluación 6…….. 65

Tabla 43. Grados brix evaluación 7…….. 65

ÍNDICE DE FIGURAS

En el contenido Pág.

Figura 1. Sistema acuapónico (Brenes et al., 2014)…… 14

Figura 2. Sistema acuapónico (Fuente propia)…… 24

Figura 3. Croquis de tratamiento…… 25

Figura 4. Altura de planta…… 28

Figura 5. Diámetro de tallo…….. 29

Figura 6. Número de ramas por planta…….. 31

Figura 7. Número de hojas por planta…….. 32

Figura 8. Número de flores por planta…….. 33

Figura 9. Peso fresco de hojas por planta……. 35

Figura 10. Peso seco de hojas por planta. ……. 36

Figura 11. Rendimiento de hojas secas por hectárea……... 37

Figura 12. Grados brix de hojas. ……. 39

En el anexo

Figura 13. Siembra de plántula de estevia en sistema convencional.. 66

Figura 14. Siembra de plántula de Stevia en sistema acuapónico….. 67

Figura 15. Evaluación de crecimiento, numero de hojas, ramas y diámetro de tallo. ……. 68

Figura 16. Medición de grados brix de las hojas de Stevia…….. 68

Figura 17. Pesado de hojas secas de Stevia…….. 69

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema.

Cabe mencionar que en el mundo han sido desarrollados un sin número de productos que nos ofrecen alimentos con alto contenido de conservantes y aditivos químicos, asimismo, no son nutricionalmente apropiados para el consumidor los anteriores hechos nos alertan para la necesidad de crear productos específicos a las necesidades de la población (Obregón, 2010).

La naturaleza es considerada como maestro artesano, hábil creadora de inagotables entidades moleculares. Las plantas, en su interacción con el ambiente, pueden sintetizar cientos de compuestos que, bien por sí solos o transformados, se consideran principios activos de medicamentos, plaguicidas, herbicidas, colorantes alimentarios, saborizantes naturales (Patil et al., 2021 citado por Vives, 2021).

Los edulcorantes se han utilizado como sustitutos del azúcar para fortalecer los esquemas de pérdida de peso y combatir la diabetes, la segunda forma rápida de adquirir la mayor cantidad de enfermedades, especialmente en la categoría crónica degenerativa (Velasco y Echavarría, 2011). Particularmente, la Stevia viene a ser un aditivo alimentario bajo en calorías o se podría llamar el fármaco potencial adecuado para los diabéticos (Yong Heng *et al.,* 2014).

En los últimos diez años, el aumento de la ansiedad de la población por la salud y la calidad de vida ha dado como resultado la adhesión a las personas que desarrollan ejercicios físicos, alimentos con un alcance funcional, y por

supuesto el consumo de alimentos altos en sal que son similares, como azúcares y grasas.

Stevia rebaudiana es un nuevo cultivo de interés debido al tratamiento de enfermedades como la diabetes y la obesidad. La Stevia es una planta herbácea con hojas dulces por la presencia de moléculas edulcorantes bajo o sin aporte calórico que no aumentan los niveles de azúcar en la sangre. Los recursos genéticos de las plantas cultivadas son la base biológica de la seguridad alimentaria mundial y, por tanto, son esenciales para una producción agrícola sostenible. La internacionalización de la conservación, utilización y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados, son motivo de preocupación (Wambugu *et al*., 2018; Smyth *et al*., 2020).

Para su crecimiento, esta planta necesita temperaturas entre 18 y 30 ºC y precipitaciones entre 1000 y 1400 mm al año. Se puede plantar en terrenos con una pendiente de alrededor del 30%, suelos arcillosos y a una altitud de entre 500 y 1500 metros sobre el nivel del mar (Alva *et al*., 2017; Rojas *et al*., 2018).

La Stevia es una planta medicinal con muchos beneficios para las personas que sufren de diabetes, colesterol, obesidad, etc. También es un edulcorante que se puede introducir en la industria farmacéutica para ser usada en medicinas para disminuir el nivel de azúcar en la sangre.

El uso excesivo de fertilizantes y pesticidas causan daños, muchas veces irreparables en los suelos, ecosistemas y la biodiversidad del planeta. En la búsqueda de alternativas respetuosas con el medio ambiente, la acuaponía se presenta como buena opción que garantiza una producción sana libre de agroquímicos la cual cada vez va obteniendo más aceptación.

La acuaponía es compatible con la filosofía de la economía circular, en vista que se muestra como un proceso natural de reutilización, en el cual, las salidas no se consideran como desechos, más al contrario se reconocen como insumos para nuevos procesos (Aleksić y Šušteršič, 2020, citado por Suarez, 2021).

La acuaponía ayuda a propiciar el crecimiento de la producción limpia, buscando reducir la explotación del suelo y la degradación de los recursos naturales, evitando: la destrucción de los bosques con la finalidad de establecer nuevas áreas de cultivo; suelos degradados debido al uso indiscriminado de agroquímicos (plaguicidas fungicidas, herbicidas), aprovechamiento deficiente del riego, motivo por el cual, es necesario desarrollar metodologías de producción compatibles con el ecosistema, siendo los sistemas de producción en acuaponía, modelos productivos capaces de aportar a la solución de este problema (Ramírez *et al*., 2009; Pizá *et al*., 2013, citado por Pandales y De Jesús Santos, 2017).

Los sistemas acuapónicos son capaces de convertirse en sistemas productivos, utilizando menores volúmenes de agua en comparación con un sistema de producción acuícola convencional, pudiendo tenerlo en cuenta como una solución factible y sostenible frente a los deficientes sistemas de producción pesquera y agrícola (Oladimeji *et al*., 2020).

Con respecto al estado nutrimental de Stevia, Aghighi *et al*. (2018) indica que, para el cultivo de estevia, los microelementos muestran un importante rol respecto al desarrollo y crecimiento de la Stevia, asimismo, el suministro de fertilización, su dosificación y momento de aplicación en las plantas de Stevia, afectaran la bioacumulación de la biomasa.

El presente trabajo buscó comparar el comportamiento fenológico de la Stevia en un sistema acuapónico, en comparación a un sistema convencional.

1.2. Formulación del problema.

1.2.1. Problema general.

- ¿Cuál será el comportamiento fenológico y rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha?

1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cuál será el comportamiento fenológico de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha?

- ¿Cuál será el comportamiento de rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo general.

- Determinar el comportamiento fenológico y rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Determinar el comportamiento fenológico de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha

- Determinar el comportamiento de rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis.

1.4.1. Hipótesis general.

- La Stevia (*Stevia rebaudiana*) tendrá mejores resultados en el comportamiento fenológico y rendimiento en el sistema acuapónico en comparación con el sistema convencional.

1.4.2. Hipótesis específicas.

- Existirán diferencias significativas en comportamiento fenológico de la Stevia cultivadas en un sistema acuapónico en comparación con un sistema convencional en el distrito de Yarinacocha.

- Existirán diferencias significativas en el comportamiento de rendimiento de Stevia cultivada en un sistema acuapónico comparado con un sistema convencional en el distrito de Yarinacocha.

1.5. Variables.

1.5.1. Variable independiente.

- Sistema convencional

- Sistema acuapónico

1.5.2. Variable dependiente.

- Comportamiento fenológico (crecimiento)

- Comportamiento de rendimiento

1.5.3. Variable interviniente.

- Condiciones climáticas

1.6. Justificación e importancia.

La investigación se justificó por la importancia que tiene la acuaponía en cuanto a la producción de peces y hortalizas, la cual promueve el desarrollo de una producción limpia, a fin de disminuir la explotación del suelo y el deterioro de los recursos naturales como la talas de bosques en busca de nuevos espacios para nuevos cultivos, donde no se utilice productos agroquímicos, el mal uso del agua y los riegos, motivo por el cual, se hace imperativo aplicar sistemas productivos compatibles con el medio ambiente, considerándose a los sistemas acuapónicos como una posible solución a esta problemática (Ramírez *et al*., 2009; Pizá *et al*., 2013, citados por Pandales y De Jesús Santos, 2017).

En países en desarrollo, las poblaciones están experimentando cambios rápidos en los hábitos nutricionales, así como aumentos en la prevalencia de obesidad infantil. Se ha reportado que los animales y el hombre prefieren el sabor dulce, por lo que en ocasiones pueden consumir más de lo que necesitan (Furudono, 2006).

Los estudios científicos demuestran que el extracto purificado de la hoja de Stevia puede ser utilizado con seguridad en alimentos y bebidas para público en general, y para los niños y los adultos aquejados por la diabetes, no encontrándose efectos secundarios negativos (GSI, 2013), así mismo ayuda a la reducción de peso por la sencilla razón de que endulza sin aportar calorías.

Los sistemas de producción acuapónicos en la actualidad, se consideran como modelos productivos amigables con el medio ambiente, debido a su

aspecto de producción intensiva, generando volúmenes abundantes de alimento de calidad para las poblaciones. En este estudio se determinó el comportamiento fenológico y rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación con un sistema convencional en Yarinacocha, en la cual, la investigación permitió corroborar si la Stevia puede llegar a desarrollarse fenológicamente, y si el rendimiento es similar tanto en el sistema acuapónico con sustrato de gravas y un sistema convencional con sustrato de tierra preparada. Así mismo la investigación permitió corroborar la eficiencia de las nuevas tecnologías sanas sin generar impactos negativos al medio ambiente.

1.7. Viabilidad.

La investigación fue viable debido a que, la Stevia cuenta con estudios bajo condiciones parecidas, como los sistemas hidropónicos, además, se cuenta con un sistema acuapónico instalado y en funcionamiento, y no se requirió equipos sofisticados.

Con la ejecución del presente estudio, se demostró que se puede contribuir con el medio ambiente sin necesidad del uso de agroquímicos para combatir las diferentes plagas que se da en nuestro cultivo, así mismo se demostró que se puede tener una mejor producción en un espacio muy pequeño.

1.8. Limitaciones.

La investigación presentó limitaciones en la ejecución del trabajo de campo, entre ellas: el factor climático, especialmente, el exceso de humedad, el cual generó encharcamientos, provocando la presencia de pudriciones radiculares en las plantas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Suárez (2021), en su tesis doctoral titulada “Caracterización y optimización de la producción de alimentos a través de sistemas acuapónicos de pequeña escala”, evaluó el comportamiento productivo de diferentes hortalizas, hierbas y frutas asociado a la crianza de tilapias, bajo un cultivo acuapónico, en los períodos de meses más fríos en Sevilla, demostrándose que los cultivos acuapónicos son sistemas productivos alternativos con bajos consumos de energía en períodos fríos.

Los sistemas de acuaponía a nivel de autoconsumo, son aquellos en los cuales se producen alimentos para el consumo familiar y de uso doméstico (Lobillo Eguíbar *et al*., 2020).

Los sistemas de producción acuapónicos de aplicación educativa, se desarrollan para instruir de manera práctica a los estudiantes describir los ciclos de la naturaleza, las interrelaciones dentro de los subsistemas, asimismo la importancia de los procesos de reciclaje y su efecto en la generación de alimentos de manera sostenible, reduciendo los impactos negativos en el ecosistema (Maucieri *et al*., 2018).

Los sistemas de acuaponía a nivel comercial, se distinguen por su capacidad productiva a gran escala, siendo el objetivo, generar rentabilidad, pero, debido a su alto costo de inversión inicial y a los pobres antecedentes a este nivel comercial, los sistemas de acuaponía a nivel comercial son escasos (Somerville *et al*., 2014). Asimismo, los sistemas de acuaponía también están

orientados como actividades de entretenimiento o pasatiempo, ya que las personas desarrollan este tipo de sistemas para producir alimentos en casa, con un bajo costo de inversión (Blanchard, 2019). Varios institutos académicos de los Estados Unidos, Europa y Asia han construido sistemas acuapónicos con fines investigativos, que buscan entender y solventar los retos que acarrea la producción acuapónica (Somerville *et al*., 2014).

Según Zenith International (2016), a nivel mundial se cultivan 32 000 ha de Stevia, de los cuales, el 75% de los cultivos de Stevia se encuentran en China, específicamente, en las regiones de Jiangsu, Anhui, Shangdong y Heilongjiang, asimismo, las provincias de Sichuan, Xinjiang, Hainan y Guangdong, cultivan la Stevia a una escala intensiva.

Se calcula a 250 a 300 ha aproximadamente, de área sembrada en el Perú, concentradas específicamente en la región San Martín. La Stevia es, en su forma natural, diez a quince veces más dulce que el azúcar común de mesa, mientras que los extractos de Stevia tienen una potencia endulzante de cien a trescientas veces mayor que la del azúcar, y, mejor aún, la Stevia no afecta el metabolismo de la glucosa en la sangre (Atencio, 2005).

La Stevia se desarrolla de manera óptima en lugares con días largos, ya que a mayor horas luz, se incrementa la concentración de azúcares en las hojas. Se recomienda altitudes de 500 a 3000 msnm en terrenos montañoso semi-áridos, siendo las condiciones más optimas, los climas tropicales y sub tropicales. Es necesario cultivar la Stevia en suelos ligeramente ácidos, bien drenados y con una capa arable de un metro de profundidad. La temperatura requerida para la Stevia se encuentra entre 10 a 37 °C para el proceso de

crecimiento, y, la humedad relativa debe encontrarse en rangos de 65 a 85% (Zenith International, 2016).

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Segovia (2023), informa sobre el cultivo de Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), el cual se viene desarrollando en el valle del Alto Mayo, correspondiente a la región de San Martín, Perú, explicando aspectos sobre la conducción del cultivo, específicamente en los aspectos de multiplicación in vitro, multiplicación por esquejes, siembra, control de plagas y enfermedades, entre otros temas, asimismo, las potencialidades respecto a los procesos de comercialización e industrialización.

Rojas (2009), menciona que, la Stevia es capaz de adaptarse a diferentes altitudes, los cuales pueden estar en rangos desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm. Para el cultivo de Stevia se necesita precipitaciones promedio anual de 1500 mm y sin sequías prolongadas. La temperatura óptima se encuentra en rangos de 15 a 30 °C, con promedio de 24 °C. La humedad relativa debe encontrarse entre 78 a 85%.

Soto (2018) menciona que los cultivos de Stevia deben establecerse a una densidad de siembra de 140 000 plantas por hectárea, a un distanciamiento de 20 cm entre hileras y 20 cm entre plantas. Densidades mayores pueden provocar la reducción en cuanto al desarrollo de las raíces laterales y el rendimiento en cuanto al peso seco de hojas, asimismo puede generarse la muerte de las plantas después de la cosecha. Las camas de cultivo deben tener un largo de 8 a 20 metros y un ancho de 1 a 1,2 metros con altura de 30 cm. Las calles principales deben tener un ancho de 90 cm y las secundarias de 70 cm.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La acuicultura

La acuicultura comprende la crianza de organismos acuáticos bajo condiciones controladas para maximizar su capacidad productiva. Corresponde al sector productivo que, en la última década ha experimentado un crecimiento acelerado en el mundo, representando casi el 50% del pescado que se emplea para la alimentación en el mundo (FAO, 2014). Las tecnologías de producción acuícola vienen desarrollándose en diversos lugares a nivel mundial, motivo por el cual, dichos sistemas productivos vienen adaptándose a las condiciones ambientales propias de cada lugar. Existen cuatro sistemas productivos acuícolas, dentro de los cuales se encuentran: a) los sistemas abiertos de agua (jaulas, balsas, etc.); b) los sistemas de estanques; c) los sistemas en canales de flujo continuo y, d) los sistemas de recirculación acuícola. Si bien es cierto, los sistemas de recirculación acuícola, tienen un alto costo de inversión, consumo de energía y conducción, en estos tipos de sistemas de producción acuícola se lograr maximizar la capacidad productiva por unidad de superficie, convirtiéndose en el sistema productivo más efectivo, con un alto ahorro de consumo de agua para la producción de peces (Kubitza, 2006)

Los organismos hidrobiológicos pueden ser criados a nivel intensivo en los sistemas de recirculación acuícola, ya que, se requiere ambientes pequeños para alcanzar altos niveles de productividad, aplicando metodologías de tratamiento de efluentes, generando un mejor uso del recurso agua, convirtiéndolo en un sistema de producción altamente sustentable y amigable con el medioambiente. Los sistemas de producción acuícola desarrollan sistemas de crianza de organismos hidrobiológicos como peces, crustáceos,

moluscos y algas, en ambientes controlados, de acuerdo a las condiciones ambientales de cada localidad (Somerville *et al*., 2014).

2.2.2. La hidroponía

La palabra hidroponía tiene su origen del griego Hydro, que significa agua, y Ponos que significa labor, trabajo o esfuerzo, el cual significa trabajo en agua (Guzmán, 2004). La acuaponía integra a la acuicultura y a la hidroponía como componentes de un sistema de producción. La hidroponía también se le conoce como el cultivo de plantas sin suelo, ya que estos tipos de sistemas productivos no requieren de suelo, tampoco requieren de un sustrato sólido, ya que solo necesita el medio líquido, en el cual se encuentran disueltos los nutrientes necesarios para la planta y que serán absorbidos por sus raíces para los procesos biológicos (Sádaba *et al*., 2007). Los sistemas de producción acuapónicos, están mostrando un crecimiento significativo en el mundo, gracias a los altos niveles productivos logrados, al optimo aprovechamiento del agua y el suelo, mayor control de reciclaje de efluentes de los factores productivos, generando mayor calidad de productos y mayor seguridad alimentaria (FAO, 2014). La acuaponía está basada en sistemas biológicos productivos integrados por especies hidrobiológicas (acuicultura), y el cultivo de vegetales (hidroponía). La acuaponía se desarrolla en un contexto que va más allá de la producción intensiva y sostenible, aplicándose a nivel familiar, pudiendo producir grandes volúmenes de alimentos, aprovechando ambientes donde la agricultura convencional es difícil de llevar a cabo (FAO, 2014).

En los sistemas de producción acuapónico, los residuos producidos por los peces, son absorbidos y metabolizados por los vegetales para convertirlos de alimentos. Los peces aprovechan solo una parte del alimento balanceado

otorgado (20 a 30 %), los cuales son convertidos en peso corporal, y el resto del alimento, más las excretas, se trasforman en nutrientes, que serán absorbidos por las plantas para su crecimiento y producción (Church & Pond, 1982). Asimismo, la biorremediación de los efluentes generado por la crianza de los peces significa un costo adicional, sin embargo, la acuaponía, es una alternativa para el tratamiento de los efluentes generados por la acuicultura, siendo más rentable y amigable con el medio ambiente (Adler *et al*., 2000).

2.2.3. La acuaponía

La acuaponía corresponde a una alternativa amigable con el ecosistema, que permite minimizar los efectos negativos hacia el ecosistema, debido a las grandes descargas de efluentes hacia las cuencas hidrográficas. La acuaponía se basa em la generación sostenible de peces y plantas, en los cuales, tanto los peces como las plantas obtiene beneficios mutuos dentro del de recirculación de agua, de tal manera que, los peces aportan los nutrientes esenciales a las plantas y estas filtran los desechos de los peces. La acuaponía viene desarrollándose por mucho tiempo; iniciándose con el desarrollo de los centros de procesamiento de en los humedales, en los cuales se descargaban los efluentes con la finalidad de la vegetación procesara el efluente. Incorporando la Hidroponía al principio principal, se alcanzan beneficios económicos (CICESE, 2008, citado por Delgado, 2020).

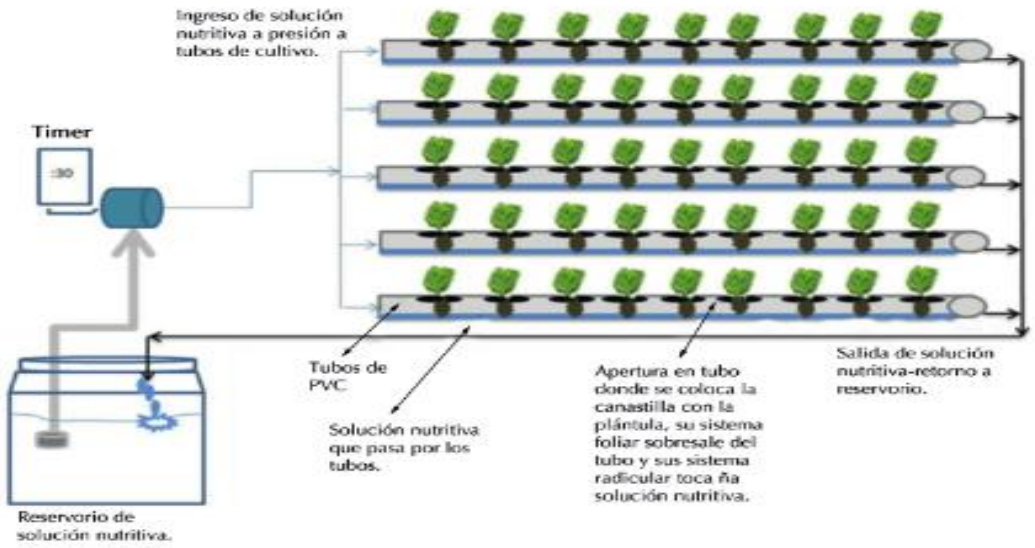


Figura 1. Sistema acuapónico (Brenes *et al*., 2014).

2.2.4. Origen del cultivo de Stevia

La estevia es una especie que se originó en la cordillera de Amambay, el cual se ubica entre el sur de Brasil y el norte de Paraguay (Rengifo *et al*., 2005), región donde se ubica el pueblo originario guaraní, los mismo que nombran a la estevia como Ka'a He'ë (hierba dulce), la cual es utilizada desde tiempos ancestrales como endulzante y medicinal (Alonzo Torres, 2007; Bonilla *et al*., 2007)

2.2.5. Clasificación taxonómica.

División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub-clase	Asteridae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	Stevia

Especie rebaudiana

Según Rojas (2009), en el género Stevia, hay 154 variedades del género Stevia, sin embargo, solo la especie *Stevia rebaudiana* Bertoni muestra alto poder edulcorante en sus hojas. Asimismo, Zenith International (2016) afirma que, el género Stevia contiene 240 especies, que se desarrollan en ambientes tropicales y sub tropicales de América Latina.

Rojas (2009) describe a Stevia como una planta sub fruticosa, con tallo anual, sub leñoso, levemente piloso en los extremos, ramificado, con tendencia a inclinarse, pudiendo alcanzar 0,90 m de altura en su medio natural, convirtiéndose en multicaule, después del primer ciclo vegetativo, produciendo hasta 20 tallos en el año 3 y 4.

Martínez (2015) afirma que las hojas son elípticas, ovales o lanceoladas, algo pubescentes, opuesta en la etapa juvenil, y alternas en la etapa de madurez, antes de la floración".

Kinghorn (2002), indica que los capítulos están dispuestos en inflorescencias sueltas, paniculadas y corimbosas en los extremos terminales de las ramas.

2.2.6. Descripción morfológica

Zanon (2000) indica que la planta corresponde a arbusto perenne, el cual puede logra 90 cm de altura, de hojas lanceoladas o elípticas y dentadas, alternas, simples, de color verde oscuro, con superficie rugosa, y alguna vellosidad, de hasta 5 cm de largo por 2 de ancho. Los tallos pubescentes y rectos, se ramifican al terminar el primer ciclo vegetativo. Las raíces generalmente son superficiales, fibrosas, filiformes y perennes, y no contienen

esteviósidos, las flores están dispuestas en capítulos pequeños, terminales o axilares, en agrupaciones de panículas corimbosas. El fruto es un aquenio delgado y plumoso. Los rendimientos en esteviósidos y rebaudiósidos son muy diferentes entre los distintos cultivares, alcanzando proporciones de 5:1, sin embargo, la Stevia peruana, en la actualidad muestra mejor calidad, con alta productividad, logrando hasta 4 cosechas por año.

Las hojas son ricas en esteviósido y rebaudiósido A, siendo el rebaudiósido A, con mayor dulzor y menor sabor amargo que los esteviósidos, sin embargo, presentan menor concentración. El rebaudiósido E es igual de dulce como el esteviósido y el rebaudiósido D y el rebaudiósido A (Cramer – Ikan, 1987, citado por Payzant *et al*., 1999).

Brandle (2001), afirma que el papel que cumplen los glicósidos en la planta de la Stevia no está determinado. La alta concentración en la hoja demostraría que, tendría una acción repelente frente a insectos fitófagos o también puede deberse como forma de control de las concentraciones de ácido giberélico. Asimismo, se afirma que la Stevia logra su madurez fisiológica en un periodo de 3 meses, mostrando la madurez organoléptica, cuando las hojas muestran un mayor dulzor.

Tanaka (1982), afirma que, antes de la floración es el momento óptimo para realizar la cosecha de las hojas destinadas a la extracción del edulcorante.

Brandle (2001) indica que, cuando la Stevia alcanza la etapa de la floración, las concentraciones de glicósidos iniciales se reducen. Por estos motivos, se recomienda procesar hojas cosechadas antes de la floración, para optimizar la extracción de los edulcorantes.

2.2.7. Condiciones edafo climáticas

Rojas (2009) afirma que, la Stevia puede adaptarse a diferentes altitudes, que van desde el nivel del mar hasta los 1500 msnm. Para el cultivo de la Stevia se prefiere niveles de precipitación promedio anual de 1500 mm, sin sequías prolongadas. La Stevia prefiere temperaturas en un rango de 15 a 30 °C, con medias de 24 °C, y una humedad relativa entre 78 a 85%.

La Stevia necesita de suelos con buena profundidad y permeabilidad, de textura franco arenosa a franco arcillosa. Los pH entre pH de 5,5 a 6,5 son adecuados para la Stevia, con salinidad baja a nula (Rojas, 2009).

Zenith International (2016) afirma que, la Stevia prefiere localidades con mayor cantidad de horas luz ya que aumenta la concentración de edulcorantes en las hojas. La altitud dentro de los rangos de 500 a 3000 msnm son los más recomendados, siendo los climas tropicales y sub tropicales los más apropiados. La Stevia requiere suelos ligeramente ácidos, bien drenados y con un metro de profundidad de capa arable. Rango de temperatura de 10 a 37 °C son adecuados, con humedades relativas entre los 65 a 85%

2.2.8. Densidad de siembra

Soto (2018) recomienda densidades de siembra de 140,000 plantas/ha, en un distanciamiento de 20 cm entre hileras y 20 cm entre plantas. Altas densidades reducen el desarrollo de las raíces laterales y el rendimiento en peso seco de hojas, incrementando además la mortandad de las plantas después de la cosecha. Las camas de cultivo deben ser de un largo de 8 a 20 metros y un ancho de 1 a 1,2 metros con altura de 30 cm.

Lándazuri y Trigero (2009) recomiendan distanciamientos de 20 cm entre hileras y 16 cm entre plantas, a una densidad de siembra de 180,000 plantas/ha con pasadizos amplios de 3 m de ancho cada 100 m.

2.2.9. Producción de plantines

La multiplicación por esquejes es el método más utilizado a nivel comercial (Rojas, 2019), generando plantas uniformes para desarrollar plantaciones uniformes. Los esquejes deben cumplir con las siguientes características:

- Provenir de plantas vigorosas y sanas
- Presentar mínimamente 5 pares de hojas abiertas y opuestas.
- No debe presentarse botón floral
- Longitud de 8 a 10 cm.

Las semillas de Stevia muestran una baja capacidad germinativa, motivo por el cual se prefiere la propagación por (Hossain, 2017).

2.2.10. Plagas y enfermedades

Rojas (2019) menciona que, en Colombia se han reportado las siguientes plagas claves y enfermedades para la Stevia:

Plagas

- Gusanos de tierra
- Ácaros y áfidos
- Lepidópteros

Enfermedades

- *Rhizoctonia* sp., *Sclerotium* sp., *Sclerotinia* sp., y *Fusarium* sp.

- *Alternaria* sp. y *Septoria* sp.

2.2.11. Elementos nutricionales exigentes

La Stevia requiere elementos nutritivos como el potasio (K), como elemento prioritario, ya que está relacionado con la productividad de hoja seca. El nitrógeno (N) aumenta el desarrollo de la planta, en cuanto al número de nudos, diámetro de tallo y número de ramas, sin embargo, no está relacionada en el rendimiento de hojas secas. El fósforo (P) incrementa el desarrollo de flores y el crecimiento radicular de la planta. Los requerimientos de agua son altas y continuas en las diferentes fases de crecimiento de la planta. Las sequías prolongadas y el exceso de humedad pueden generar pérdida y pudriciones de plantas. Los rendimientos anuales se encuentran entre 3 a 4 toneladas de hojas secas/ha, en tres o cuatro cosechas/año, con una concentración de esteviósido de 100 mg/g. La cosecha de las hojas puede realizarse manualmente utilizando hoz (segadera) o mecánicamente (cortadores específicos) cada 40 días. El secado se realiza al aire libre de preferencia, previo oreado bajo sombra, también puede emplearse secadores rotatorios artificiales. Los secados artificiales deben realizarse utilizando 60 a 70 °C. La humedad en el follaje debe ser menor del 10%. Las hojas pueden almacenarse por un periodo de 3 meses en ambientes secos y bien ventilados (Galarza, 2011).

2.3. Definición de términos básicos.

2.3.1. Sustrato de siembra

Un sustrato es cualquier material sólido distinto del suelo, el cual puede ser natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que, incorporado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permitirá el desarrollo del sistema radicular de la planta, propiciando el anclaje y soporte para la planta. El sustrato puede o no estar involucrado en el proceso de la nutrición mineral de la planta (Maroto, 1990).

2.3.2. Edulcorante

Vázquez *et al*. (2005), conceptualiza al edulcorante como una sustancia de sabor dulce. Además de la sacarosa, la sacarina, aspartame, ciclamato, taumatina, etc., son empleados frecuentemente como edulcorante, sin embargo, la naturaleza química los diferencia frente a los azúcares naturales. Asimismo, los edulcorantes pueden ser: a) calóricos como la glucosa, fructosa, el sorbitol, etc., y b) no calóricos, como la sacarina, ciclamatos, etc., ya que no aportan calorías. Sin embargo, se ha demostrado que los edulcorantes sintéticos son nocivos para la salud.

2.3.3. Condiciones climáticas

La Stevia es un cultivo propio de climas tropicales y subtropicales, semihúmedo, requiriendo rangos de precipitación de 1400 a 1800 mm distribuidos uniformemente en todo el año (Cardozo, 1986, citado por Garay, 2007).

Según Sakaguchi (1982), la temperatura más apropiada para Stevia es de 15 a 30 ºC con un límite inferior de -3 ºC soporta medias mínimas de 5 ºC. (Cardozo, 1986, citado por Garay, 2007).

2.4. Bases epistémicos

La investigación tiene como base epistemológica al positivismo, ya que la experimentación permitió lograr hallazgos sobre el comportamiento productivo de la Stevia cultivados en dos sistemas de producción agrícola, demostrándose diferencias de respuestas en los dos sistemas de producción y su sostenibilidad en la región Ucayali.

El paradigma fundamental en que se sustenta la base epistémica es el paradigma explicativo, empírico analítico.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La investigación fue de tipo experimental, ya que el estudio consistió en manipular variables independientes para observar el efecto en las variables dependientes, en la cual se estableció básicamente relaciones entre causa-efecto.

3.2. Diseño y esquema de la investigación

3.2.1. Descripción del sistema acuapónico.

El sistema de acuaponía estuvo compuesto por camas de siembra con sustrato de gravas para el cultivo de las hortalizas y tanques para el cultivo de los peces de la especie paco (*Piaractus brachypomus*).

Las camas en las cuales se sembró la Stevia, fueron de material noble, siendo las dimensiones, de 7 metros de largo por 1,20 m de ancho.

El sustrato para el cultivo de la Stevia fue de graba (pequeñas piedras) de distintos tamaños siendo el más pequeño de 0,5 cm de diámetro y el más grande el de 3,5 cm de diámetro, las cuales fueron homogéneamente distribuidos.

El agua se distribuyó mediante tuberías dispuestas de manera uniforme en todas las camas que estuvieron en constante monitoreo.

La aireación de los tanques se realizó mediante la caída de agua. El agua circuló mediante el impulso de una bomba centrifuga periférica de 2 HP, y aireadores de blower, el cual estuvieron automatizados mediante un timer, para activar la circulación del agua en un tiempo de 20 minutos y por 40 minutos de

descanso. El sistema acuapónico fue facilitado por el Instituto Superior Pedagógico Público Bilingüe.

3.2.2. Construcción del sistema convencional.

La instalación del sistema convencional se realizó con ayuda de una wincha, para lo cual se construyó una cama de 1,20 m de ancho x 7 m de largo, y se procedió a mezclar la tierra con gallinaza, levantándose un camellón.

3.2.3. Obtención de plántulas de Stevia

Las plántulas fueron obtenidas del vivero H.G.D de la ciudad de Lima.

3.2.4. Siembra

Se aclimató las plántulas de Stevia por un período de 24 horas, posteriormente se realizó la siembra en el sistema acuapónico como en el sistema convencional. Asimismo, se colocó malla Rachell como techo temporal para aclimatar las plantas y a su nuevo tipo de sustrato.

3.2.6. Riego

En la cama del sistema convencional, los riegos se realizaron con la ayuda de regaderas de 5 litros de capacidad, de manera homogénea en toda la cama

La cama de grava fue regada mediante la caída de agua, el cual estuvo automatizado mediante un timer, que se activaba, para la circulación del agua, en un tiempo de 20 minutos y por 40 minutos de descanso.

3.2.7. Evaluación de las plantas en el sistema convencional y en el sistema acuapónico

Se realizó 5 evaluaciones, cada 15 días, en los cuales se evaluó la altura de planta, diámetro de tallo, número de ramas por planta, número de hojas por

planta, y número de flores, así mismo, se evaluó peso fresco y seco de hojas por planta y rendimiento por hectárea, y, con la ayuda de un refractómetro se midió el nivel de grados brix que presentaron las hojas de Stevia, tanto en el sistema convencional como en el sistema acuapónico.

3.2.8. Limpieza de malezas de la cama del sistema convencional

La limpieza de la cama del sistema convencional se dio de manera manual para no dañar a las plantas.

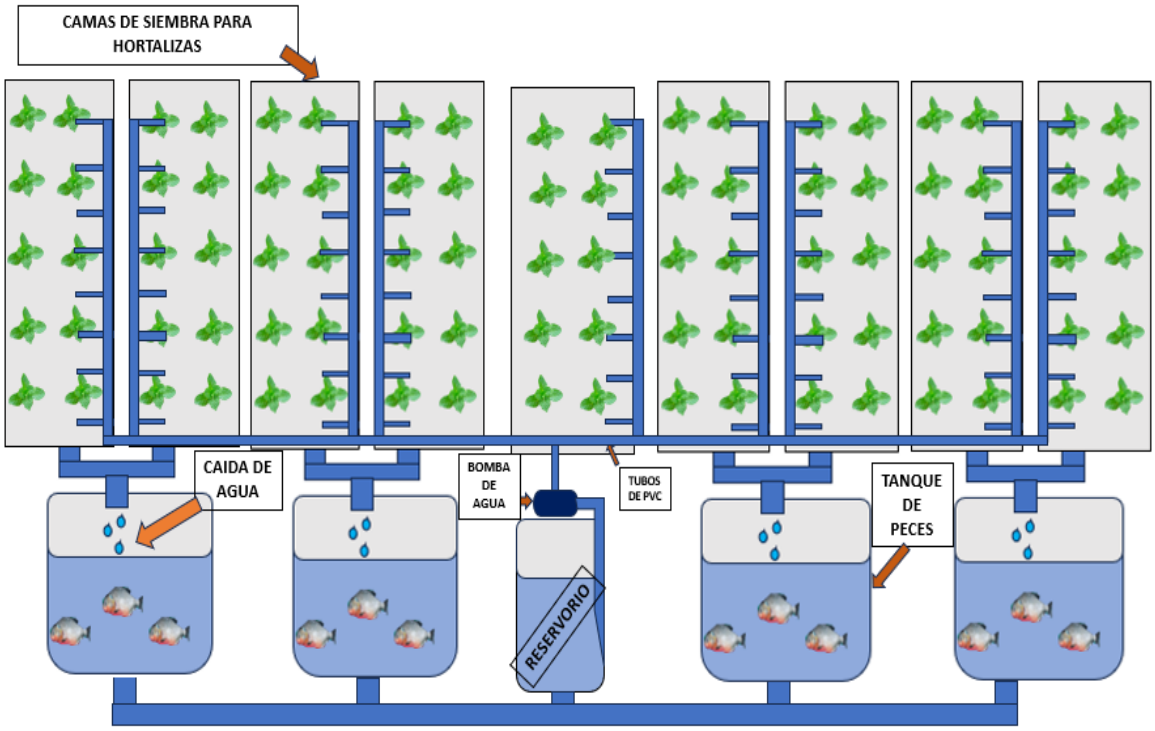


Figura 2. Sistema acuapónico (Fuente propia).

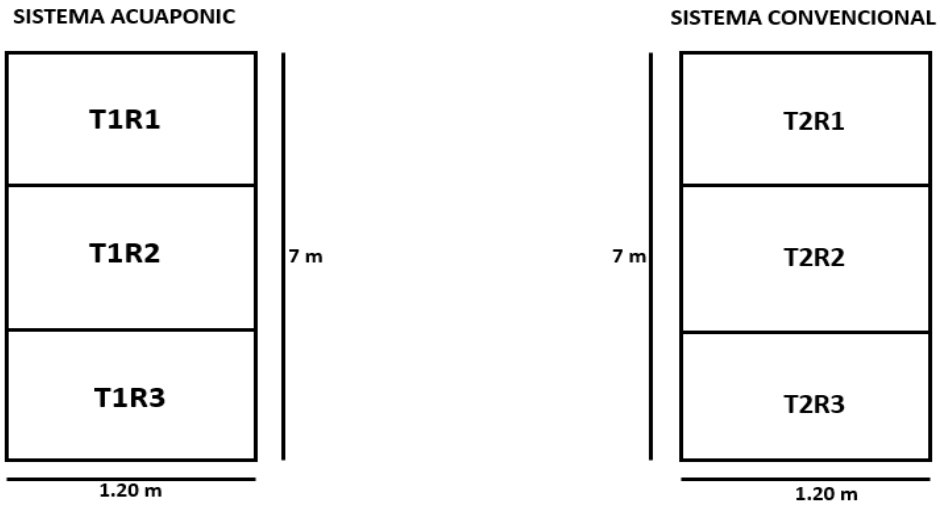


Figura 3. Croquis de tratamiento.

Se estudio los siguientes tratamientos:

Tabla 1. Tratamientos estudiados.

Tratamiento	Descripción	No de plantas evaluadas por tratamiento
1	Sistema convencional	34
2	Sistema acuapónico	34

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población fue un total de 66 plantas por tratamientos, haciendo un total de 132 plantas.

3.3.2 Muestra

Se procedió a evaluar 34 plantas por tratamiento, haciendo un total de 68 plantas evaluadas, significando el 51,5% de la población de plantas total.

3.4. Instrumentos de recolección de datos

La técnica directa que se utilizó en la investigación fue la observación, experimentación. El instrumento que se utilizó para recolectar los datos de los parámetros de crecimiento y rendimiento fueron los formatos de evaluación.

El diseño de la investigación fue experimental, ya que se manipuló, y se aplicó a las variables independientes para observar su efecto en las variables dependientes. Además, se estableció relaciones entre causa-efecto.

3.5. Técnicas de recojo, procesamiento y presentación de datos

Los datos obtenidos del trabajo, fueron analizados, utilizando un análisis de varianza (ANOVA) en un diseño completo al azar, con un nivel de confianza de 95%. Cuando se mostraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, se aplicó la prueba de promedios de Tukey. Se utilizó el programa estadístico SAS v 9.4, para desarrollar el análisis estadístico.

Modelo matemático.

$$Yij = u + ti + Eij$$

Yij = el comportamiento productivo de la Stevia en el j-esima repetición del i-esimo tratamiento.

u = es la media general del i-ésimo tratamiento.

ti = es el efecto de i-esimo tratamiento.

Eij = es el efecto del error experimental con el j-esima repetición y el i-esimo tratamiento

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Comportamiento fenológico de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

4.1.1. Altura de planta

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos de la altura de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 2. Altura de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Altura de planta (cm)				
		Eval. 1	Eval. 2	Eval. 3	Eval. 4	Eval. 5
1	Sistema convencional	17,76 a	35,14 a	50,45 a	65,43 a	74,32 a
2	Sistema acuapónico	15,85 b	24,47 b	34,05 b	47,57 b	54,67 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey p ≤ 0,05)

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos de la altura de plantas de Stevia, demostrándose que, en todas las evaluaciones, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema convencional lograron una mayor altura en comparación con las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico, observándose diferencias significativas entre ellos, como se muestra en la siguiente figura.

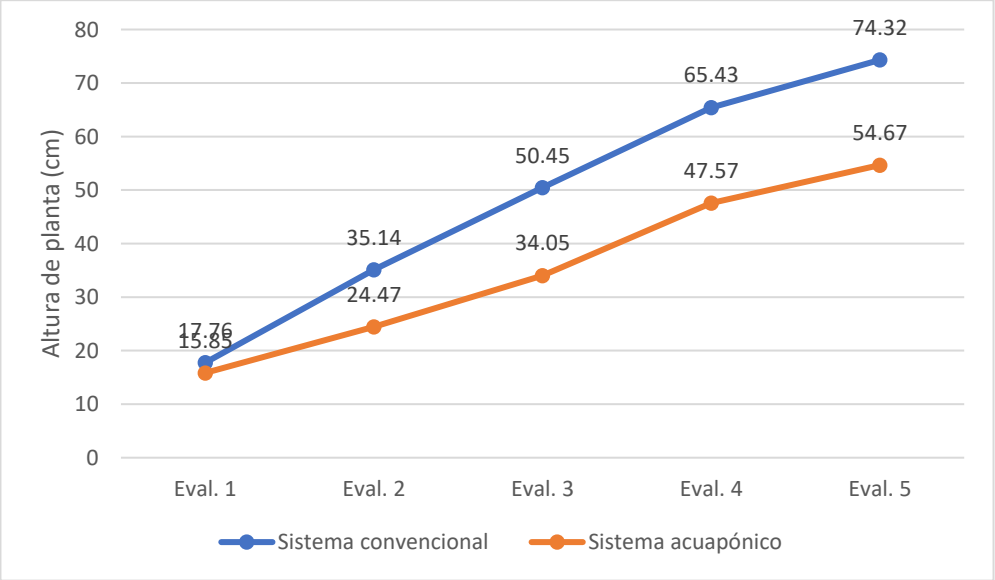


Figura 4. Altura de planta.

4.1.2. Diámetro de tallo

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos del diámetro de tallo de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 3. Diámetro de tallo de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Diámetro de tallo (mm)				
		Eval. 1	Eval. 2	Eval. 3	Eval. 4	Eval. 5
1	Sistema convencional	2,82 a	3,68 a	4,99 a	6,27 a	6,90 a
2	Sistema acuapónico	2,23 b	2,75 b	3,65 b	4,55 b	4,89 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey p ≤ 0,05)

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos del diámetro de tallo de plantas de Stevia, demostrándose que, en todas las evaluaciones, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema convencional lograron mayor diámetro de tallo en comparación con las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico, observándose diferencias significativas entre ellos, como se muestra en la siguiente figura.

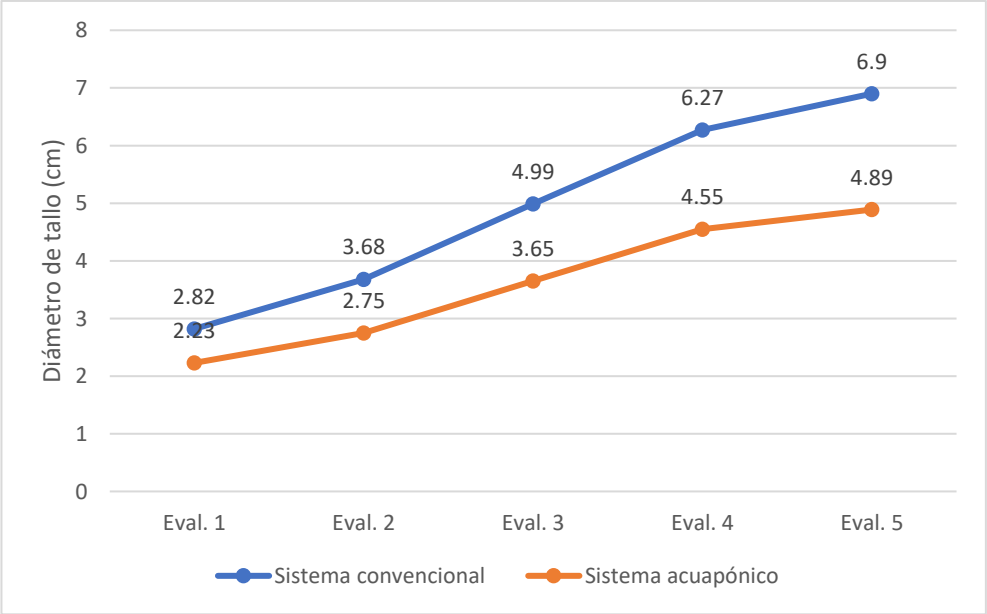


Figura 5. Diámetro de tallo.

4.1.3. Número de ramas por planta

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos del número de ramas por planta de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 4. Número de ramas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Número de ramas por planta				
		Eval. 1	Eval. 2	Eval. 3	Eval. 4	Eval. 5
1	Sistema convencional	10.11 a	10.94 a	11.85 a	13 a	14.14 a
2	Sistema acuapónico	8.52 b	9.67 b	10.38 b	11.5 b	12.47 b

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey $p \leq 0,05$)

La tabla 4 muestra los resultados obtenidos del número de ramas por planta de Stevia, demostrándose que, para todas las evaluaciones realizadas, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema convencional mostraron mayor número de ramas en comparación con las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico, observándose diferencias significativas entre ellos, como se muestra en la siguiente figura.

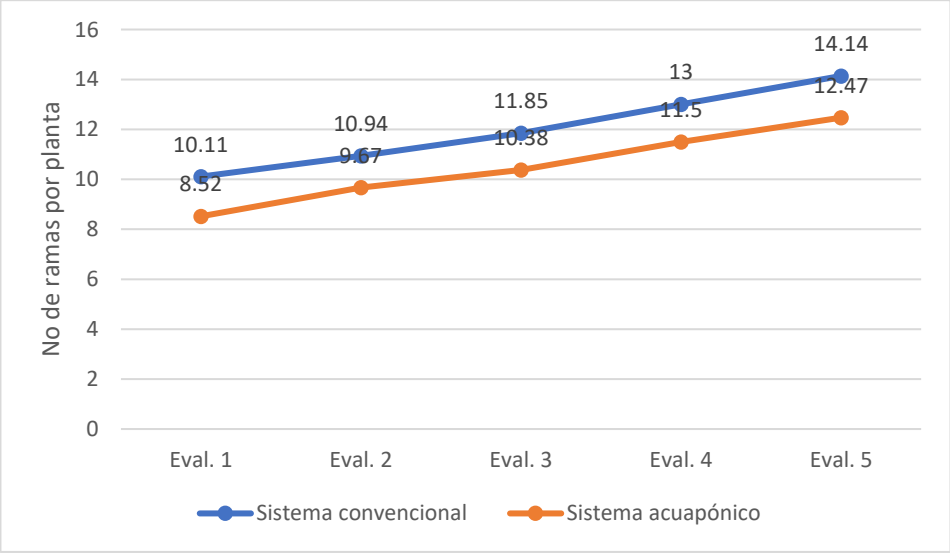


Figura 6. Número de ramas por planta.

4.1.4. Número de hojas por planta

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos del número de hojas por planta de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 5. Número de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Número de hojas por planta				
		Eval. 1	Eval. 2	Eval. 3	Eval. 4	Eval. 5
1	Sistema convencional	113,0 a	158,4 a	434,56 a	501,09 a	544,76 a
2	Sistema acuapónico	53,97 b	129,24 b	260,71 b	447,18 a	552 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey p ≤ 0,05)

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos del número de hojas por planta de Stevia, demostrándose que, en las evaluaciones 1, 2 y 3, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema convencional mostraron mayor número de hojas por planta, en comparación con las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico, sin embargo, en las evaluaciones 4 y 5, las plantas de Stevia cultivados en el sistema convencional no mostraron diferencias significativas en comparación con el sistema acuapónico en cuanto al número de hojas por planta, como se muestra en la siguiente figura.

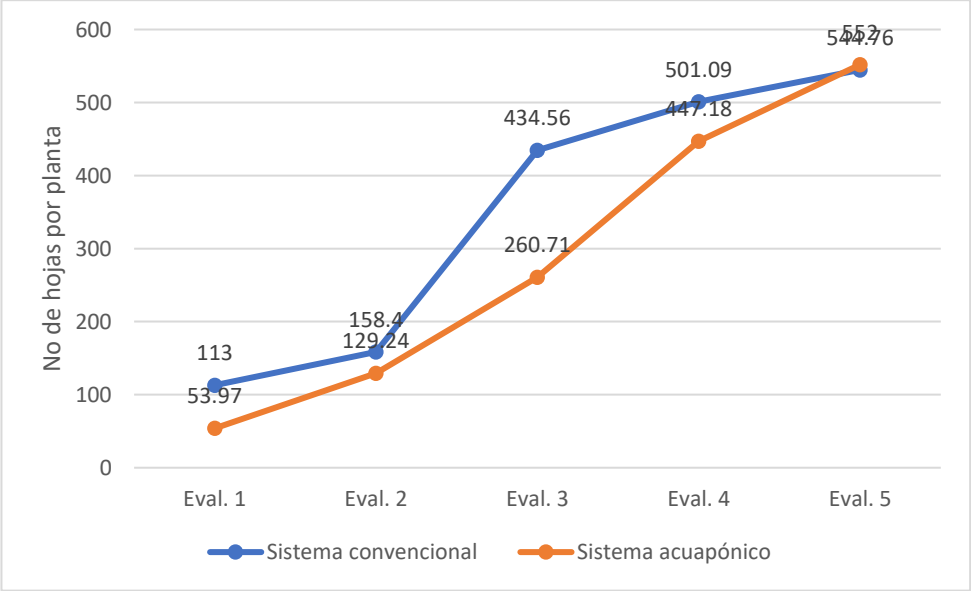


Figura 7. Número de hojas por planta.

4.1.5. Número de flores por planta

La tabla 6 muestra los resultados obtenidos del número de flores por planta de plantas de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 6. Número de flores por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Número de flores por planta		
		Eval. 1	Eval. 2	Eval. 3
1	Sistema convencional	2,94 a	11,61 a	30,58 a
2	Sistema acuapónico	0,70 b	7,11 a	23,32 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey p ≤ 0,05)

La tabla 6 muestra los resultados obtenidos del número de flores por planta de Stevia, demostrándose que, en la primera evaluación, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema convencional mostraron mayor número de flores en comparación con las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico, mostrándose diferencias significativas entre ellos, sin embargo, en las evaluaciones 2 y 3, ambos sistemas de cultivo no mostraron diferencias significativas entre ellos en cuanto al número de flores por planta, como se muestra en la siguiente figura.

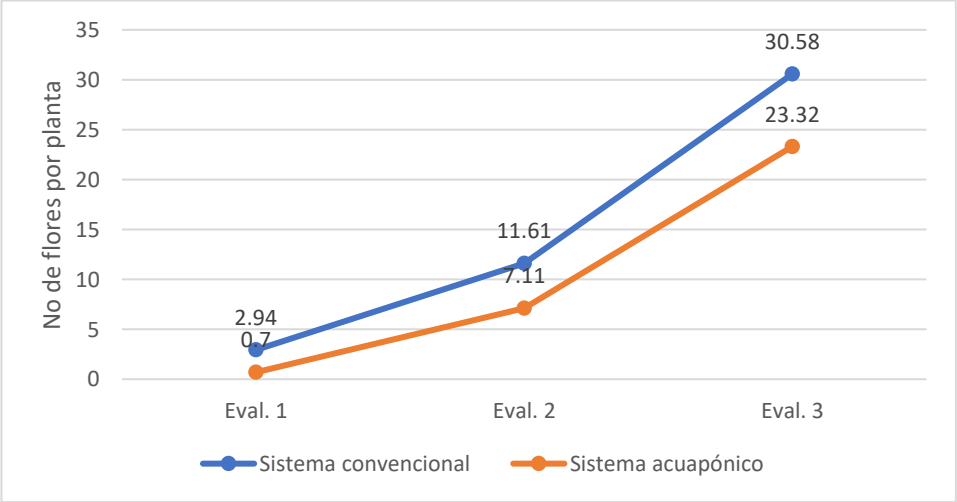


Figura 8. Número de flores por planta.

4.2. Comportamiento de rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

4.2.1. Peso fresco de hojas por planta

La tabla 7 muestra los resultados obtenidos del peso fresco de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 7. Peso fresco de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Peso fresco de hojas (g)
1	Sistema convencional	28,8 a
2	Sistema acuapónico	30,2 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey $p \leq 0,05$)

La tabla 7 muestra los resultados obtenidos del peso fresco de hojas por planta de Stevia, demostrándose que, tanto las plantas de Stevia cultivadas en el sistema convencional como las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico, al finalizar el trabajo de investigación, no mostraron diferencias significativas entre ellas, como se muestra en la siguiente figura.

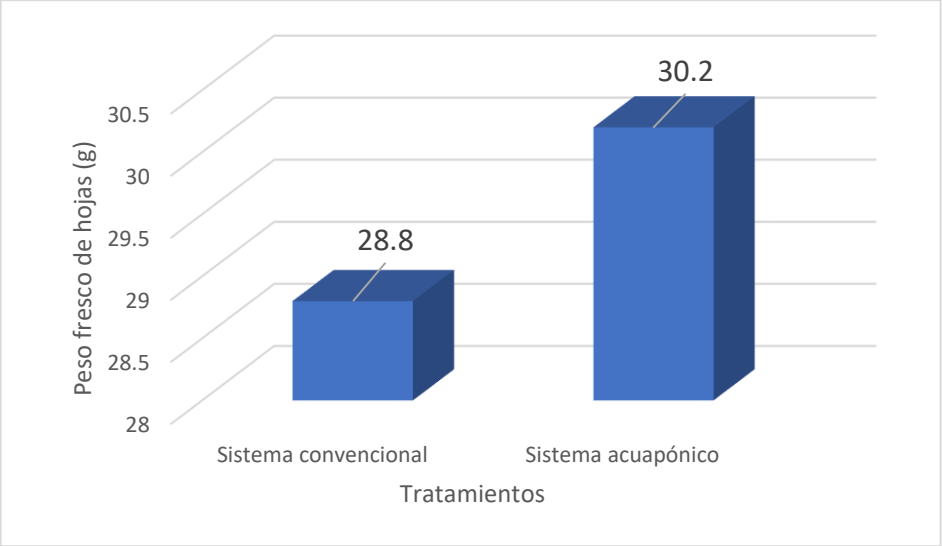


Figura 9. Peso fresco de hojas por planta.

4.2.2. Peso seco de hojas por planta

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos del peso seco de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 8. Peso seco de hojas por planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Peso seco de hojas (g)
1	Sistema convencional	6,89 b
2	Sistema acuapónico	10,86 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey p ≤ 0,05)

La tabla 8 muestra los resultados obtenidos del peso seco de hojas por planta de Stevia, demostrándose que, al finalizar el trabajo de investigación, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico mostraron mayor peso seco de hojas por planta en comparación con las plantas de Stevia cultivadas en

el sistema convencional, mostraron diferencias significativas entre ellas, como se muestra en la siguiente figura.

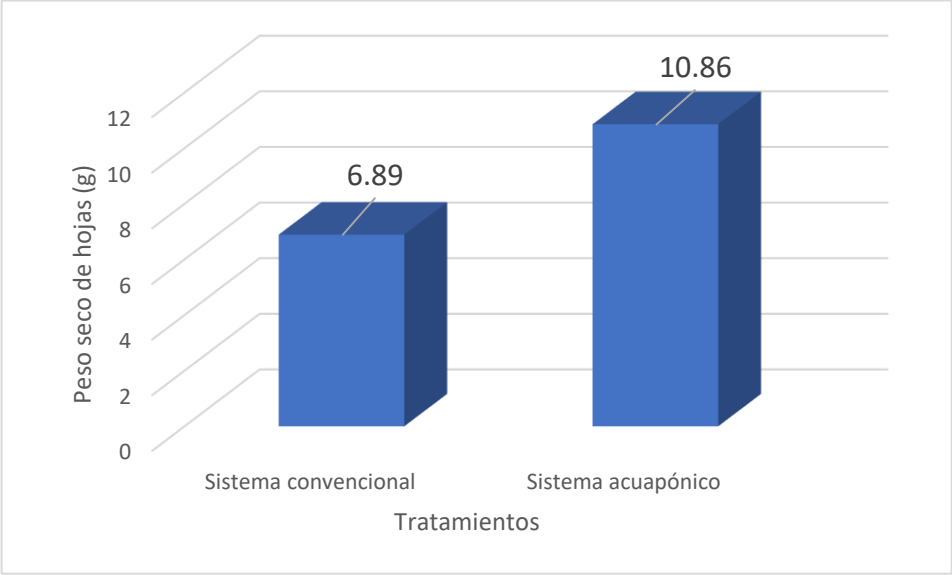


Figura 10. Peso seco de hojas por planta.

4.2.3. Rendimiento por hectárea

La tabla 9 muestra los resultados obtenidos del rendimiento de hojas secas por hectárea de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 9. Rendimiento de hojas secas por hectárea de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Rendimiento de hojas secas/ha (kg)
1	Sistema convencional	459,41 b
2	Sistema acuapónico	724,16 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey p ≤ 0,05)

La tabla 9 muestra los resultados obtenidos del cálculo del rendimiento de hojas secas por hectárea de Stevia, demostrándose que, al finalizar el trabajo de investigación, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema acuapónico mostraron mayor rendimiento de hojas secas por hectárea en comparación con el rendimiento de hojas secas por hectárea de Stevia cultivadas en el sistema convencional, mostraron diferencias significativas entre ellas, como se muestra en la siguiente figura.

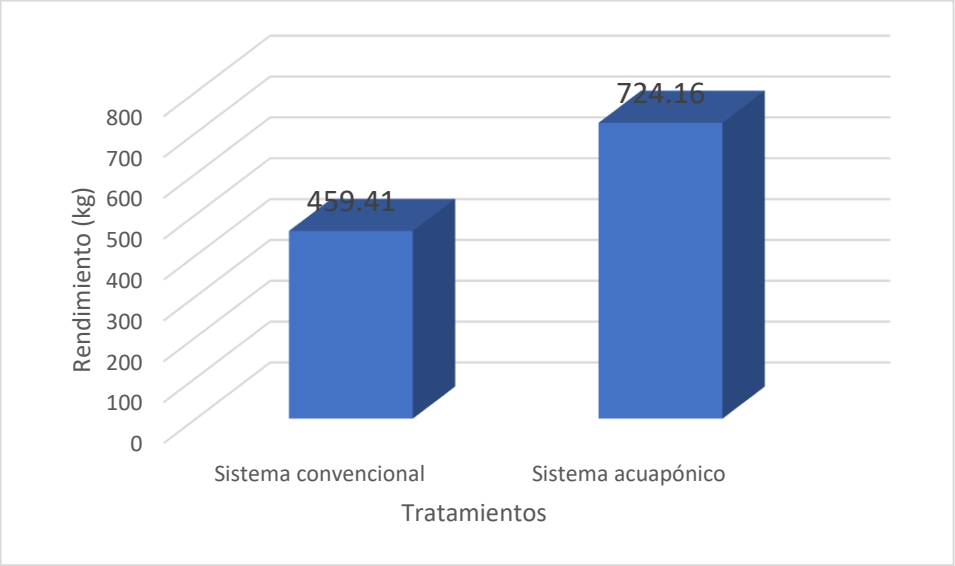


Figura 11. Rendimiento de hojas secas por hectárea.

4.2.4. Grados brix de las hojas

La tabla 10 muestra los resultados obtenidos del contenido de grados brix de las hojas de planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Tabla 10. Grados brix de hojas de planta de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Trat.	Descripción	Grados brix						
		Etapa de crecimiento				Etapa de floración		
		Eval. 1	Eval. 2	Eval. 3	Eval. 4	Eval. 5	Eval. 6	Eval. 7
1	Sistema convencional	9,6 a	9,7 b	9,8 b	27,7 a	27,7 a	27,6 b	27,6 b
2	Sistema acuapónico	9,7 a	15,1 a	17,9 a	24,9 b	25,0 b	30,4 a	38,3 a

Letras iguales no presentan diferencias significativas. (Tukey $p \leq 0,05$)

La tabla 10 muestra los resultados obtenidos del contenido de grados brix de hojas por planta de Stevia, demostrándose que, en la primera evaluación no se observaron diferencias significativas entre el contenido de grados brix en hojas de plantas de Stevia en el sistema convencional y acuapónico, sin embargo, en la segunda y tercera evaluación, se observa mayor contenido de grados brix en las hojas de plantas cultivadas en el sistema acuapónico en comparación con el sistema convencional, asimismo, en la cuarta y quinta evaluación, las plantas de Stevia cultivadas en el sistema convencional mostraron mayor contenido de grados brix en comparación con el sistema acuapónico, mostrándose diferencias significativas entre ellas, finalmente, en la sexta y séptima evaluación, se observa mayor contenido de grados brix en las hojas de plantas cultivadas en el sistema acuapónico en comparación con el sistema convencional, mostraron diferencias significativas entre ellas, como se muestra en la siguiente figura.

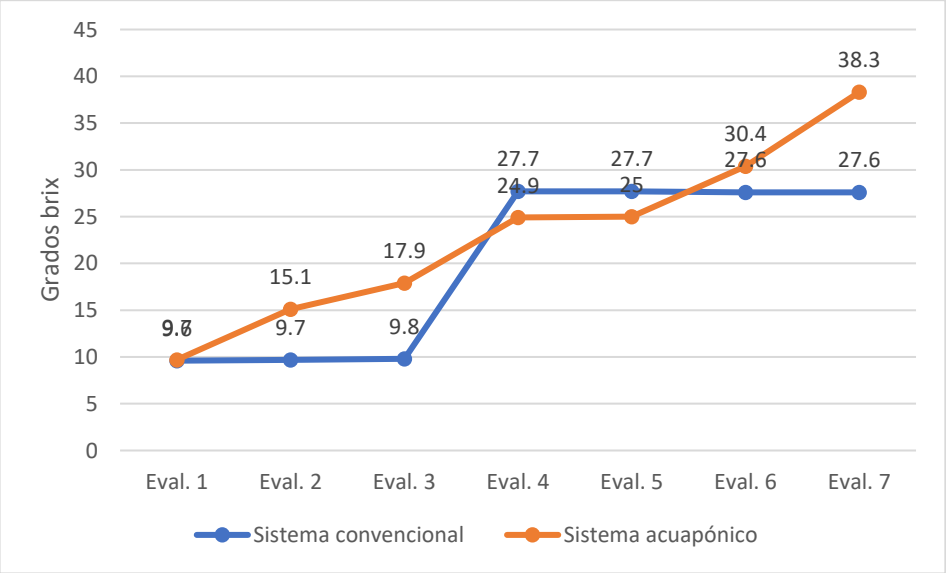


Figura 12. Grados brix de hojas.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES DE RESULTADOS

5.1. Comportamiento fenológico de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Lara *et al.* (2018) estudio el efecto del ion amonio en el desarrollo de plántulas de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en condiciones de hidroponía, siendo Stevia una planta que crece en ciertas regiones de América del Sur, siendo esta planta importante por sus hojas, las cuales muestran alto poder endulcorante. Las plántulas de Stevia tuvieron dos meses de edad y para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron porcentajes de aniones y cationes constantes: 35% NO_3, 45% P_2O_4, 20% SO_4, 60% K+, 5% Ca++ y 35% Mg++. En algunos tratamientos se incluyó el ion amonio en concentraciones de 0 a 3 Meq., demostrándose que, la presencia del ion amonio en la solución nutritiva afectó el peso seco de las hojas; siendo el valor óptimo, 1,7 Meq., asimismo, La concentración de 15 Meq. mostró la mayor concentración de estevioles totales.

Useche *et al.* (2017), diseñaron un prototipo de invernadero hidropónico para Stevia, siendo la humedad relativa, la variable más crítica, demostrándose que, un nivel de humedad relativa menor al 66%, se generan síntomas de deshidratación en las plantas. Asimismo, se demostró que, alto nivel de nitrógeno producía intoxicación a la planta, motivo por el cual se sustituyó los nutrientes por un compuesto orgánico como el humus de lombriz, el cual contiene nitrógeno, potasio y fósforo en concentraciones similares, siendo menos dañino para la planta.

Salgado (2013) evaluó el comportamiento de distintas concentraciones de nitrato en generación de biomasa, la concentración foliar y el requerimiento de nitrógeno (N) en plantas de estevia en hidroponía. Se estudiaron 4 concentraciones de NO_{3-} (12, 9, 6 y 3 meq L-1) en la solución de nutrientes, con 4 repeticiones para cada concentración. Se realizaron tres cortes a los 30, 60 y 75 días después del inicio de la aplicación de las concentraciones (ddt), observándose que, el tratamiento con 9 meq L-1 de NO_{3-} obtuvo los mejores resultados en cuanto a la altura de la planta a los 75 ddt y al número de tallos en los tres cortes efectuados; a los 30 y 60 ddt se obtuvo el mayor peso fresco y seco (total, de hojas y de tallo) y área foliar. La concentración de N en hojas recientemente maduras fue de 3,4% de N a los 30 ddt, 3,5% a los 60 ddt y 3,0% a los 75 ddt. La necesidad interna de N bajo el mejor tratamiento (9 meq L-1) fue de 0,55 g de N/planta a los 30 ddt, de 1,72 g a los 60 ddt y 2,15 g a los 75 ddt, el valor del índice de cosecha a los 60 ddt fue de 0,47, es decir, de la materia seca producida el 47% corresponde a las hojas al final del ciclo.

Peñate (2022), analizo la respuesta de diferentes concentraciones de solución nutritiva de Steiner modificada (SN), en la morfología y la dinámica de los minerales en la hoja de Stevia. Se estableció un diseño en fajas, con tratamientos de 25%, 50%, 75% y 100% de SN. La mezcla de sustrato tezontle-fibra de coco se hizo en una relación 1:1. Se realizaron muestreos destructivos a los 60, 75 y 90 días después del trasplante (ddt), demostrándose que, la SN 75% obtuvo la mejor respuesta en cuanto al número de ramas y volumen de la raíz, mientras que los minerales en hojas secas fueron muy dinámicos en cada corte lo que indica que el estrés hídrico incidió en la absorción de estos elementos.

5.2. Comportamiento de rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha.

Salgado (2013), menciona que, la estevia se utiliza en la agroindustria y la farmacéutica, ya que los elementos glucósidos obtenidos a partir de las hojas, muestran un poder edulcorante de hasta 250 a 300 veces mayor a la sacarosa.

Villalba (2015) evaluó el rendimiento y la concentración del esteviósido y rebaudiosido A de *Stevia rebaudiana* Bertoni var. Eirete cultivada en invernadero con dos fuentes de abonos orgánicos (gallinaza y lombricompost), en tres dosis cada una. Los resultados muestran que el mejor tratamiento fue el lombricompost a 4 g planta-1 de N, en cuanto a la emisión de brotes y producción de biomasa total. Se observó una disminución del contenido de agua disponible en la gallinaza, mas no en el lombricompost. Para la concentración de nutrientes, el potasio se concentró en mayor cantidad en hojas y en tallos. El modelo fenológico muestra que la energía que se necesita para cosechar la Stevia a la aparición de las flores, es de 604 grados días desarrollo (GDD) con una temperatura base de 15°C, sin embargo, la concentración máxima del esteviósido y del rebaudiosido A, se alcanzó a los 562 GDD, los cual significa, a los 63 días después del trasplante y diez días antes de la cosecha total.

Reyes (2018) afirma que, la importancia *Stevia rebaudiana* Bertoni, como cultivo comercial se encuentra en las hojas, ya que poseen un sabor dulce característico gracias a la producción de unas moléculas llamadas esteviosidos. El autor estudio la plasticidad de la especie al estar sometida a estrés hídrico y su recuperación y como se encuentra relacionada con la producción de esteviosidos, demostrando que, las plantas de estevia son capaces de recuperar sus valores fotosintéticos normales después de haber pasado por un periodo de

escases de agua, mientras que su crecimiento se ve limitado en las plantas sin riego en comparación con el control, concluyendo que, la estevia disminuye su actividad fisiológica y ganancia de biomasa como una estrategia durante periodos de sequía prolongados, con el propósito de recuperar estas actividades y sobrevivir.

Rodríguez (2015) indica que, *Stevia rebaudiana* es una planta originaria de Paraguay y conocida como Ka'a he·e, que quiere decir "hierba dulce". Sus hojas tienen un intenso sabor dulce, propiedad que se debe al contenido de nueve glicósidos. La producción de los esteviósidos en la planta, al igual que la de otros metabolitos, puede estar influenciada por las condiciones de propagación y del manejo del cultivo. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de la fertilización en el desarrollo de plantas de *S. rebaudiana* y las condiciones de secado sobre la producción de esteviósidos. La propagación de Stevia se llevó a cabo a través de esquejes bajo condiciones de invernadero, las plantas fueron regadas con diferentes concentraciones de la solución nutritiva universal de Steiner (control O, 25, 50, 75 y 100%). Los resultados obtenidos mostraron que el tratamiento con solución Steiner al 50% fue el que favoreció los valores más altos de diámetro del tallo, distancia intermodaly área foliar. Los datos de tres cosechas de follaje de las plantas de *S. rebaudiana* regadas con la solución nutritiva universal de Steiner al 50 %, generaron 6 veces más ganancia de peso, que las hojas regadas con agua (control). Sin embargo, el contenido específico estimado de los esteviósidos en las hojas disminuyó con el empleo de los riegos con la solución nutritiva universal de Steiner. Asimismo, se compararon dos métodos de secado de las hojas de *S. rebaudiana* (secador solar y un secador tipo invernadero). Los resultados de la cinética de secado indicaron que

el secador tipo invernadero fue el más rápido que el secador solar, debido a las altas temperaturas alcanzadas.

Respecto al contenido de grados brix en las hojas de Stevia, Tanaka (1982) afirma que, antes de la floración es el momento óptimo para realizar la cosecha de las hojas destinadas a la extracción del edulcorante, y Brandle (2001), indica que, cuando la Stevia alcanza la etapa de la floración, las concentraciones de glicósidos iniciales se reducen, recomendándose procesar hojas cosechadas antes de la floración, para optimizar la extracción de los edulcorantes, sin embargo, en el presente estudio, las concentraciones más altas de grados brix, se obtuvieron en las evaluaciones realizadas en la etapa de floración, contradiciendo lo afirmado por Tanaka (1982) y Brandle (2001).

CONCLUSIONES

- Se logró determinar el comportamiento fenológico y rendimiento de Stevia en el sistema convencional y en el sistema acuapónico en Yarinacocha.

- En cuanto al comportamiento fenológico del cultivo de la Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha, se determinó que, para la variable altura de planta, diámetro de tallo y número de ramas por planta, las plantas cultivadas en el sistema convencional, superaron a las plantas cultivadas en el sistema acuapónico, sin embargo, el número de hojas por planta y número de flores, ambos sistemas de cultivo presentaron resultados estadísticamente iguales en las últimas evaluaciones.

- En cuanto al comportamiento de rendimiento de Stevia en un sistema acuapónico en comparación a un sistema convencional en Yarinacocha, se determinó que, para las variables peso fresco de hojas por planta, ambos sistemas de cultivo presentaron resultados estadísticamente iguales, sin embargo, para el peso seco de hojas por planta y el rendimiento de hojas secas por hectárea, las plantas cultivadas en el sistema acuapónico, superaron a las plantas cultivadas en un sistema convencional, finalmente, para el contenido de grados brix, ambos sistemas de cultivo presentaron resultados estadísticamente iguales.

SUGERENCIAS

- Estudiar el contenido y rendimiento de esteviósidos producidos bajo condiciones de cultivo en un sistema acuapónico.

- Estudiar la relación existente entre el rendimiento del cultivo de Stevia y la crianza de peces amazónicos.

- Evaluar la aplicación de abonos orgánicos líquidos como el humus de lombriz líquido en el mejoramiento del rendimiento de la Stevia cultivada en un sistema acuapónico.

- Realizar un análisis costo beneficio del cultivo de la Stevia en un sistema acuapónico, valorando la producción acuícola y los servicios ambientales que brinda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adler, P.R., Harper, J.K., Wade, E.M., Takeda, F. & Summerfelt, S.T. (2000). Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. International Journal of Recirculating Aquaculture. Vol.1: 10-13

Alonzo Torres, M. (2007). Uso del Kaa Hee en la horticultura. En: Producción de hortalizas todo el año. Mod. IV. Producción de Kaa Hee. Provincia de Formosa. Argentina.13 p

Atencio, F. (2005). Enciclopedia práctica de las medicinas alternativas. Primera edición. Editorial Ediciones LEA S.A. Buenos Aires, Argentina.

Bonilla, C.R., Sánchez, M.S., Perlaza, D.F. (2007). Evaluación de métodos de propagación, fertilización nitrogenada y fenología de estevia en condiciones del Valle del Cauca. Acta Agronómica. (Colombia) 56 (3):131-134

Brandle, J. (2001). Stevia, Edulcorante Natural, j. plant sci. Vol.72, 1263-1266.

Cardozo, V. (1980). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Informe sobre el viaje a Japón para observar la producción, comercialización e industrialización de la *Stevia rebaudiana* Bertoni.

Delgado. (2020). Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de tilapia (*Oreochromis* sp.) en acuaponía, universidad nacional agraria la molina. 144p. https://hdl.handle.net/20.500.12996/4446

Durán, S., Rodríguez, M. D. P., Cordón, K., & Record, J. (2012). Estevia (*Stevia rebaudiana*), edulcorante natural y no calórico. Revista chilena de nutrición, 39(4), 203-206.

FAO. (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, 2014. 274 Pp. ISBN 978-92-5- 308275-9 (edición impresa). E-ISBN 978-92-5-308276-6.

Galarza, F., Lores, N. (2011). Obtención De Un Extracto Concentrado De Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni).

GSI (Global Stevia Institute). (2013). Estudio de la seguridad de la Stevia.

Garay Chuquimia, V. (2011). Efecto del aporque y la densidad de plantación en dos cortes, en el rendimiento de la stevia (*Stevia rebaudiana*) En La Localidad De Campo Grande, Bermejo – Tarija.

Guzmán Díaz, G. (2004). Hidroponía en casa. Una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Sistema Unificado de Información Institucional. ISBN: 9968-877-11-5. Pp.1-25.

Hossain, F., Islam, M.T., Islam, M.A. y Akhtar, S. (2017). Cultivation and uses of Stevia, a review. African Journal of food, agriculture, nutrition and development Vol 17 Nª 4.

Jiménez, A. (2013). Acuaponía: Herramienta educativa para el aprendizaje transversal de las ciencias. Revista Ciencia y Desarrollo, 16(2) 83-90. doi: http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v16i2.1113

Kinghorn, D. (2002). Stevia, the genus Stevia. New York. Taylor & Francis

Kubitza, F. (2006). Sistemas de Recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da agua. Panorama da Aqüicultura. Río de Janeiro. vol. 16, n° 95, p. 15 a 22.

Landazuri, P. y Trigero. J. (2009). *Stevia rebaudiana*, una planta medicinal. Salgonquí, Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército.

Lara Viveros, F. M., Landero Valenzuela, N., Aguado Rodriguez, G. J., Ehsan, M., Moreno Hernandez, V., & Ventura Maza, A. (2018). Use of ammonium in the development of stevia plants (*Stevia rebaudiana* Bertoni) in hydroponic conditions. Interciencia, 2018, Vol. 43, No. 2, 106-110 ref. 23. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20183379134

La Vanguardia (2024). Stevia: descubre sus beneficios y propiedades. Disponible en: https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20190206/46103366369/stevia-propiedades-beneficios-valor-nutricional.html

Lirola, A. (2023). Stevia natural: beneficios, contraindicaciones y uso en la cocina. Disponible en: https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/stevia-natural/

López, D., & Peña, G. (2005). Plan estratégico para la creación de una empresa dedicada a la comercialización de edulcorante a base de Stevia. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Colombia

Martinez, M. (2015). *Stevia rebaudiana* (Bert) Bertoni. Una revisión. La Habana, Cuba. Cultivos tropicales, vol. 36, pp. 5 -15.

Maucieri, C., Nicoletto, C., Junge, R., Schmautz, Z., Sambo, P. & Borin, M. (2018). Hydroponic systems and water management in aquaponics: a review. Italian Journal of Agronomy, 13(1/1012).

Pandales y Santos (2017). Evaluación del desempeño de un sistema acuapónico con tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) bajo condiciones de invernadero como una alternativa de producción limpia. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad de Ciencias Básicas y Aplicadas. Tecnología en Horticultura 1-56p.

Payzant Pasquel, A., Marques, M. y Meireles, A. (1999). Extracción de la Stevia (S.R.B.) usando CO_2 presurizado. Revista. Vol. 5. Pág. 107-118. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú.

Peñate Arcos, J. (2022). Respuesta de la *Stevia rebaudiana* Bertoni (Morita II) al manejo nutricional en invernadero. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Postgrado en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. http://colposdigital.colpos.mx:8080/handle/10521/5141

Reyes Guerrero, A. R. (2018). Respuestas fisiológicas y metabólicas de *Stevia rebaudiana* Bertoni en condiciones de déficit hídrico. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical. Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yucatán, México. https://conkal.tecnm.mx/images/POSGRADO_NEW/GEN_2015-2017/Alain%20Rodrigo%20Reyes%20Guerrero.pdf

Rodríguez García, T. (2015). Fertilización, secado y obtención de esteviósidos en *Stevia rebaudiana* Bertoni. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias en Desarrollo de productos Bióticos. Instituto Politécnico nacional. Centro de Desarrollo de productos Bióticos. Yautepec de Zaragoza, Morelos, México.

Rojas, S. (2009). Stevia, edulcorante orgánico del siglo XXI. Lima. Editorial de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rengifo, T., Jarma, A.O., Araméndiz Tatis, H. (2005). Aspectos fisiológicos de estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Caribe Colombiano: I. Efecto de la radiación incidente sobre el área foliar y la distribución de biomasa. Agronomía Colombiana. 23(2):207- 216

Sádaba, S.J., Del Castillo, J., Sanz de Galdeano, A., Uribarri & G. Aguado. (2007). Lechuga en cultivo hidropónico. Acercamiento a nuevas formas de producción. ITG. Agrícola. Pp. 29-34.

Salgado Cordero, L. E. (2013). Requerimiento de nitrógeno en la producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni en hidroponía e invernadero. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Postgrado en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2133

Salvador Reyes, R., Sotelo Herrera, M., & Paucar Menacho, L. (2014). Estudio de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) como edulcorante natural y su uso en beneficio de la salud. Scientia Agropecuaria, 5(3), 157-163.

Segovia. (2023). El cultivo de Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en el Valle Del Alto Mayo. Universidad Nacional Agraria La Molina.155p

Suarez. (2021). Caracterización y optimización de la producción de alimentos a través de sistemas acuapónicos de pequeña escala, 177p.

Soto, M. (2018). Descripción del cultivo de Stevia en la irrigación de Santa Rita de Siguas. Arequipa. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Tanaka, O. (1982). Steviol glycosides': new natural sweeteners Trent anal chem. vol. I (11): 246-248.

Useche Ossa, G.J., García Montoya, C., Vallejo Velásquez, M.A. (2017). Control and monitoring of a Stevia plantation in a hydroponic system. 2017 IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control (CCAC). 978-1-5386-0398-7/17/$31.00 ©2017 IEEE. https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8276462

Vázquez Martínez, A., Blanco, C., López. (2005). Alimentación y nutrición- 2B: Pág. 258. Publicado por Ediciones Díaz de Santos, 2005, Madrid. España.

Villalba Martinez, C.J. (2015). Glucosidos en *Stevia rebaudiana* Bertoni en respuesta a dos fuentes de nutrición orgánicas en invernadero. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Postgrado en Edafología. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/2659

Vives Hernandez, K.A. (2021) Efecto de condiciones foto-autotróficas en cultivares de *Stevia rebaudiana* B. sobre la producción de esteviol glicósidos. 134p. https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/1e429320-2ed7-41a9-be58-db17c028d9ec/content

Wambugu, P.W., Ndjiondjop, M.N., Henry, R.J. (2018). Role of genomics in promoting the utilization of plant genetic resources in genebanks. Brief. Funct. Genom. 17 (3), 198-206,

Yong Heng, Y., Su Zhen, H., Yu Lin, H., Hai Yan, Y., Chun Sun, G. (2014). Base substitution mutations in uridinediphosphate-dependent glycosyltransferase 76G1 gene of *Stevia rebaudiana* causes the low levels of rebaudioside A Mutations in UGT76G1 A key gene of steviol glycosides synthesis. Plant Physiol Biochem 80: 220-225.

Zanon Zapata, A. (2000). El cultivo del Kaheê (*Stevia rebaudiana* B.). Consultora agro-stevia. Buenos Aires. Argentina Pág.16 -20

ZENITH International. (2016). Global Stevia Market. Recuperado de https://www.zenithglobal.com/market-insights/reports/global-stevia-market-report

ANEXOS

Tabla 11. Altura de planta evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	62.1323529	62.1323529	8.90	0.0040
Error	66	460.8823529	6.9830660		
Total	67	523.0147059			

C.V. = 15,7

Tabla 12. Altura de planta evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	1937.779412	1937.779412	62.20	<.0001
Error	66	2056.235294	31.155080		
Total	67	3994.014706			

C.V. = 18,7

Tabla 13. Altura de planta evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	4572.320000	4572.320000	60.31	<.0001
Error	66	5003.464706	75.810071		
Total	67	9575.784706			

C.V. = 20,6

Tabla 14. Altura de planta evaluación 4.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	5421.93882	5421.93882	58.02	<.0001
Error	66	6167.75588	93.45085		
Total	67	11589.69471			

C.V.= 17.1

Tabla 15. Altura de planta evaluación 5.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	6562.11765	6562.11765	58.68	<.0001
Error	66	7380.88235	111.83155		
Total	67	13943.00000			

C.V. = 16,3

Tabla 16. Diámetro de tallo evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	5.82367647	5.82367647	20.34	<.0001
Error	66	18.90147059	0.28638592		
Total	67	24.72514706			

C.V. = 21.1

Tabla 17. Diámetro de tallo evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	14.87117647	14.87117647	35.97	<.0001
Error	66	27.28764706	0.41344920		
Total	67	42.15882353			

C.V. = 19.9

Tabla 18. Diámetro de tallo evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	30.44485294	30.44485294	39.73	<.0001
Error	66	50.57205882	0.76624332		
Total	67	81.01691176			

C.V. = 20.2

Tabla 19. Diámetro de tallo evaluación 4.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	50.3272059	50.3272059	36.78	<.0001
Error	66	90.3155882	1.3684180		
Total	67	140.6427941			

C.V. = 21.6

Tabla 20. Diámetro de tallo evaluación 5.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	68.4005882	68.4005882	36.34	<.0001
Error	66	124.2394118	1.8824153		
Total	67	192.6400000			

C.V. = 23.2

Tabla 21. Número de ramas por planta evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	42.8823529	42.8823529	32.16	<.0001
Error	66	88.0000000	1.3333333		
Total corregido	67	130.8823529			

C.V. = 12.38

Tabla 22. Número de ramas por planta evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	27.1911765	27.1911765	22.62	<.0001
Error	66	79.3235294	1.2018717		
Total corregido	67	106.5147059			

C.V. = 10.63

Tabla 23. Número de ramas por planta evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	36.7647059	36.7647059	23.27	<.0001
Error	66	104.2941176	1.5802139		
Total corregido	67	141.0588235			

C.V. = 11.3

Tabla 24. Número de ramas por planta evaluación 4.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	38.2500000	38.2500000	34.82	<.0001
Error	66	72.5000000	1.0984848		
Total corregido	67	110.7500000			

C.V. = 8.55

Tabla 25. Número de ramas por planta evaluación 5.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	47.7794118	47.7794118	30.11	<.0001
Error	66	104.7352941	1.5868984		
Total corregido	67	152.5147059			

C.V. = 9.46

Tabla 26. Número de hojas por planta evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	59236.0147	59236.0147	44.98	<.0001
Error	66	86924.9706	1317.0450		
Total	67	146160.9853			

C.V. = 43.4

Tabla 27. Número de hojas por planta evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	14471.5294	14471.5294	5.54	0.0215
Error	66	172332.3529	2611.0963		
Total	67	186803.8824			

C.V. = 35.5

Tabla 28. Número de hojas por planta evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	513822.368	513822.368	23.88	<.0001
Error	66	1419875.441	21513.264		
Total	67	1933697.809			

C.V. = 42.1

Tabla 29. Número de hojas por planta evaluación 4.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	49410.132	49410.132	1.65	0.2032
Error	66	1974307.676	29913.753		
Total	67	2023717.809			

C.V. = 36.4

Tabla 30. Número de hojas por planta evaluación 5.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	1	889.941	889.941	0.05	0.8207
Error	66	1134026.118	17182.214		
Total corregido	67	1134916.059			

C.V. = 23.9

Tabla 31. Número de flores por planta evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	84.941176	84.941176	5.23	0.0255
Error	66	1072.941176	16.256684		
Total	67	1157.882353			

C.V. = 221.1

Tabla 32. Número de flores por planta evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	344.25000	344.25000	1.48	0.2275
Error	66	15311.55882	231.99332		
Total	67	15655.80882			

C.V. = 162.5

Tabla 33. Número de flores por planta evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	897.19118	897.19118	0.86	0.3583
Error	66	69189.67647	1048.32843		
Total	67	70086.86765			

C.V. = 120.1

Tabla 34. Peso fresco de hojas.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	31.117647	31.117647	0.24	0.6283
Error	66	8679.823529	131.512478		
Total	67	8710.941176			

C.V. = 38.8

Tabla 35. Peso seco de hojas.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	268.094124	268.094124	20.49	<.0001
Error	66	863.743165	13.087018		
Total	67	1131.837288			

C.V. = 40.7

Tabla 36. Rendimiento de hojas secas por hectárea.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	1191547.088	1191547.088	20.49	<.0001
Error	66	3838853.031	58164.440		
Total	67	5030400.119			

C.V. = 40.75

Tabla 37. Grados brix evaluación 1.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	0.05000000	0.05000000	0.20	0.6601
Error	18	4.50000000	0.25000000		
Total	19	4.55000000			

C.V. = 5.1

Tabla 38. Grados brix evaluación 2.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	145.8000000	145.8000000	524.88	<.0001
Error	18	5.0000000	0.2777778		
Total	19	150.8000000			

C.V. = 4.2

Tabla 39. Grados brix evaluación 3.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	328.0500000	328.0500000	1312.20	<.0001
Error	18	4.5000000	0.2500000		
Total	19	332.5500000			

C.V. = 3.6

Tabla 40. Grados brix evaluación 4.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	39.20000000	39.20000000	141.12	<.0001
Error	18	5.00000000	0.27777778		
Total	19	44.20000000			

C.V. = 2.0

Tabla 41. Grados brix evaluación 5.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	36.45000000	36.45000000	107.56	<.0001
Error	18	6.10000000	0.33888889		
Total	19	42.55000000			

C.V. = 2.2

Tabla 42. Grados brix evaluación 6.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	39.20000000	39.20000000	103.76	<.0001
Error	18	6.80000000	0.37777778		
Total	19	46.00000000			

C.V. = 2.1

Tabla 43. Grados brix evaluación 7.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	1	572.4500000	572.4500000	2289.80	<.0001
Error	18	4.5000000	0.2500000		
Total	19	576.9500000			

C.V. = 1.5



Figura 13. Siembra de plántula de estevia en sistema convencional.



Figura 14. Siembra de plántula de Stevia en sistema acuapónico.



Figura 15. Evaluación de crecimiento, numero de hojas, ramas y diámetro de tallo.



Figura 16. Medición de grados brix de las hojas de Stevia.



Figura 17. Pesado de hojas secas de Stevia.