UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA

COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PEPINO *(Cucumis sativus)* BAJO DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO Y CONVENCIONAL EN YARINACOCHA

Tesis para optar el título profesional de Agronomia

INGENIERO AGRONÓMO

MÓNICA ARLETH GIL OCMIN

Pucallpa, Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN O TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de la tesis, presentado por **Mónica Arleth Gil Ocmin,** denominada: **"Comparativo del comportamiento productivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico y convensional en Yarinacocha"** para cumplir con el requisito de **TÍTULO PROFESIONAL**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por la sustentante, lo declaramos: ..... APROBADO ..... con el calificativo (*) ..... dieciseis (16) .....

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el: Título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, de conformidad con lo estipulado en Art. 10 del reglamento general de grados académicos, título profesional y título de segunda especialidad profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, ... 14 ..... de ..... 11 ..... de 2024.

Dr. Gustavo Horacio Celi Arevalo Presidente	Dr. Héctor Arbildo Paredes Primer Miembro
M. Sc. Rita Riva Ruiz Segundo Miembro	M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro Asesor

(*) De acuerdo con el Art. 21 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, éstas deberán ser calificadas con términos de Sobresaliente, Aprobado por Unanimidad, Aprobado por Mayoría y Desaprobado.

Esta tesis fue aprobada por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, como requisito para optar el Título de Ingeniero Agrónomo.

Dr. Gustavo Horacio Celi Arevalo ..... PRESIDENTE

Dr. Héctor Arbildo Paredes ..... PRIMER MIEMBRO

M. Sc. Rita Riva Ruiz ..... SEGUNDO MIEMBRO

M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro ..... ASESOR

Bach. Mónica Arleth Gil Ocmin ..... TESISTA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº **V/0456-2024**.

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

"COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PEPINO (Cucumis sativus) BAJO DOS DENSIDADES DE SIEMBRA EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO Y CONVENCIONAL EN YARINACOCHA"

Autor(es)	:	**GIL OCMIN, MÓNICA ARLETH**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**M.Sc. VILLEGAS PANDURO, PABLO PEDRO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 7%,** 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: 11/09/2024

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, Mónica Arleth Gil Ocmin

Autor de la tesis titulada: "Comparativo del Comportamiento Productivo de Pepino (Cucumis sativus) bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico y convencional en Yarinacocha"

Sustentada el año: 2024

Asesor(a): Ing. Pablo Pedro Villegas Pandura, M.Sc

Facultad: Ciencias Agropecuarias

Escuela Profesional: Agronomía

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: 10 / 12 / 24

Email: gilocminmonica@gmail.com Firma:

Teléfono: 958080282 DNI: 71252397

DEDICATORIA

A Dios, ser maravilloso que me dio las fuerzas de seguir adelante pese a los obstáculos que se presentaron durante este proceso, enseñándome a levantarme con fuerza para asi poder guiarme por un buen camino

.

A mi querida madre Monica Jisela Ocmin Velásquez a mi querido padre Elias Benito Gil Illatopa que me guiaron por un buen camino e inculcaron una educación en este largo camino de vida, siempre apoyándome moral, sentimental y económicamente para poder lograr todos mis objetivos y ser una persona profesional.

A mis hermanos Jorge Elias Gil Ocmin, Rosalinda Gil Ocmin. Kenia Gil Ocmin y estoy agradecida con Dannfer Tafur Janampa, por su apoyo incondicional que me brindó todos los días de este largo camino de mi carrera universitaria

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma mater, por formarme como profesional con los mejores catedráticos de la región Ucayali.

A las instalaciones del Instituto Superior Pedagogico Publico Bilingüe, por permitirme realizar la ejecucion de mi tesis.

A los catedráticos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias por brindarme sus enseñanzas durante mi formación académica.

Al Ing. M. Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro, asesor de la tesis por sus consejos y apoyo en la ejecución y redacción de la tesis.

A mis compañeros de estudio por su apoyo en el aspecto moral, con los que compartí alegrías y tristezas.

INDICE GENERAL

		Pág.
Acta de sustentación……..		Ii
Acta de aprobación……..		Iii
Constancia antiplagio……..		Iv
Autorización de publicación de tesis…….		V
Dedicatoria……		Vi
Agradecimiento…….		Vii
Indice general……..		Viii
Resumen……..		X
Abstract…….		Xi
Índice de tablas……..……		Xii
Índice de figuras……..……		Xv
Introducción…….		Xvii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……..		1
1.1.	Descripción y fundamentación del problema……	1
1.2.	Formulación del problema……	2
1.2.1.	Problema general……..	2
1.2.2.	Problemas específicicos……	2
1.3.	Objetivo……	2
1.3.1.	Objetivo general…….	2
1.3.2.	Objetivos específicos…….	3
1.4.	Hipótesis y/o sistema de hipótesis……..……..	3
1.5.	Operacionalizacion de las variables……	3
1.6.	Justificacion e importancia…….	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO……		5
2.1.	Antecedentes……..……	5
2.2.	Bases teóricas……	8
2.2.1.	El cultivo de pepino……	8
2.2.2.	Acuaponía……..…….	10
2.3.	Definiciones conceptuales……	19

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA…… 22
3.1. Método de investigación…..…… 22
3.2. Tipo y nivel de investigación…...…… 22
3.3. Población y muestra…… 22
3.4. Componentes en estudio.…… 22
3.5. Tratamientos en estudio…….. 23
3.6. Diseño experimental…….. 23
3.7. Ejecución del experimento……... 24
3.7.1. Ubicación y duración del estudio…..…….. 24
3.7.2. Condiciones ambientales…….. 24
3.7.3. Proceso experimental…… 25
3.7.4. Variables evaluadas…….. 30
CAPÍTULO IV: RESULTADOS……..…… 31
4.1. Crecimiento…… 31
4.1.1. Altura de planta……..……... 31
4.1.2. Diámetro de tallo……..…… 33
4.1.3. Número de hojas por planta……..……... 36
4.2. Rendimiento……..…….. 39
4.2.1. Numero de frutos por planta……... 39
4.2.2. Peso de fruto……. 41
4.2.3. Longitud de fruto…… 43
4.2.4. Diámetro de fruto…… 45
4.2.5. Peso de frutos por planta……. 48
4.2.6. Rendimiento por hectárea…… 50
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN…… 53
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES……..…….. 59
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES…….……. 60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS……. 61
ANEXOS…… 69

RESUMEN

La investigación estudio el comportamiento productivo de pepino *(Cucumis sativus)* bajo dos densidades de siembra (30 x 30 cm y 60 x 30 cm) en un sistema acuapónico y convencional, se ejecuto en las instalaciones del Instituto Superior Pedagógico Público Bilingüe, distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, ubicado en las coordenada: 8°20´54” S 74°35´18” W, a una altitud de 155 msnm, iniciándose en marzo y culminando en junio del 2024, realizándose un muestreo de suelo, del sistema de cultivo convencional y un muestreo de aguas de los tanques de cultivo de peces, y se realizó la evaluación de los parámetros estudiados, concluyéndose que, para el comportamiento productivo de pepino bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico, no se observan diferencias significativas para las variables diámetro de tallo, número de hojas por planta, número de frutos por planta y peso de fruto, en ninguna de las densidades de siembra, sin embargo, en el diámetro de fruto, las plantas cultivadas en el sistema acuapónico lograron mayores promedios, no observándose diferencias significativas en las densidades de siembra. Asimismo, el comportamiento productivo de pepino bajo dos densidades de siembra en un sistema convencional, no mostró diferencias significativas para las variables diámetro de tallo, número de hojas por planta, número de frutos por planta y peso de fruto, en ninguna de las densidades de siembra, sin embargo, el sistema convencional logró los mejores promedios en cuanto a la altura de planta, longitud de fruto, peso de frutos por planta y rendimiento por hectárea, sin embargo, la densidad de 30 x 30 cm mostró diferencias significativas con respecto a la densidad de de 60 x 30 cm para el rendimiento por hectárea.

Palabras claves: *Cucumis sativus*, sistemas de cultivo, crecimiento, rendimiento.

ABSTRACT

The research studied the productive behavior of cucumber *(Cucumis sativus)* under two planting densities (30 x 30 cm and 60 x 30 cm) in an aquaponic and conventional system, carried out in the facilities of the Instituto Superior Pedagógico Público Bilingüe, district of Yarinacocha, province of Coronel Portillo, Ucayali region, located at the coordinates: 8°20'54" S 74°35'18" W, at an altitude of 155 meters above sea level, beginning in March and ending in June 2024, with soil sampling carried out , from the conventional culture system and a water sampling from the fish culture tanks, the conventional system was installed by preparing two beds, removing the soil and adding organic matter, and for the aquaponic system, the gravel disinfection was carried out. A seedbed was prepared to generate cucumber seedlings, which were transplanted in both cultivation systems, according to the densities always under study, installing stakes in both cultivation systems, entomopathogenic fungi were applied for pest control, and The evaluation of the studied parameters was carried out, concluding that, for the productive behavior of cucumber under two planting densities in an aquaponic system, no significant differences were observed for the variables stem diameter, number of leaves per plant, number of fruits per plant and fruit weight, in none of the planting densities, however, in fruit diameter, the plants grown in the aquaponic system achieved higher averages, with no significant differences being observed in planting densities. Likewise, the productive behavior of cucumber under two planting densities in a conventional system did not show significant differences for the variables stem diameter, number of leaves per plant, number of fruits per plant and fruit weight, in any of the planting densities. planting, however, the conventional system achieved the best averages in terms of plant height, fruit length, fruit weight per plant and yield per hectare, however, the density of 30 x 30 cm showed significant differences with respect to the density of 60 x 30 cm for the yield per hectare.

Keywords: Cucumis sativus, cropping systems, growth, performance.

ÍNDICE DE TABLAS

En el contenido		**Pág.**
Tabla 1.	Generación promedio de nutrientes en tanque de peces….	17
Tabla 2.	Requerimientos nutricionales para cultivos hidropónicos….	18
Tabla 3.	Parámetros sistema acuapónico…….....	18
Tabla 4.	Tratamientos…….	23
Tabla 5.	Análisis de varianza (ANVA)……..	24
Tabla 6.	Análisis de suelo del sistema de cultivo convencional……..	26
Tabla 7.	Análisis de aguas de riego del sistema de cultivo acuapónico…….....	27
Tabla 8.	Altura de planta en los sistemas de cultivo…….	31
Tabla 9.	Altura de planta en las densidades de siembra…….	32
Tabla 10.	Altura de planta de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra…….	33
Tabla 11.	Diametro de tallo de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo……	34
Tabla 12.	Diámetro de tallo de planta de pepino en las densidades de siembra……..	35
Tabla 13.	Diámetro de tallo de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra……..	36
Tabla 14.	Numero de hojas por planta de pepino en los sistemas de cultivo…….	36
Tabla 15.	Numero de hojas por planta de pepino en las densidades de siembra……..	37
Tabla 16.	Numero de hojas por planta de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra……	38
Tabla 17.	Numero de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo…….	39
Tabla 18.	Numero de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra…….	40

Tabla 19.	Peso de fruto de pepino en los sistemas de cultivo……....	41
Tabla 20.	Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra……..	42
Tabla 21.	Longitud de fruto de pepino en los sistemas de cultivo…….	43
Tabla 22.	Longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra……..	44
Tabla 23.	Diámetro de fruto de pepino en los sistemas de cultivo…….	45
Tabla 24.	Longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra……..	46
Tabla 25.	Numero de frutos por planta, peso, longitud y diámetro de fruto de pepino de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra…….	47
Tabla 26.	Peso de fruto por planta de pepino en los sistemas de cultivo…….	48
Tabla 27.	Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra……..	49
Tabla 28.	Rendimiento por hectarea de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo……..	50
Tabla 29.	Rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en las densidades de siembra……	51
Tabla 30.	Peso de frutos por planta y rendimiento por hectárea de las plantas de pepino de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra…….	52

En el anexo

Tabla 31.	Altura de planta inicio……...	70
Tabla 32.	Altura de planta a los 25 del transplante……...	70
Tabla 33.	Altura de planta a los 50 días del transplante……..	70
Tabla 34.	Altura de planta a los 75 días del transplante…….	71
Tabla 35.	Diametro de tallo inicio……	71
Tabla 36.	Diametro de tallo a los 25 del transplante……	71
Tabla 37.	Diametro de tallo a los 50 del transplante…….	72

Tabla 38. Diametro de tallo a los 75 días del transplante……. 72
Tabla 39. Numero de hojas inicio……. 72
Tabla 40. Numero de hojas a los 25 del transplante…… 73
Tabla 41. Numero de hojas a los 50 del transplante…… 73
Tabla 42. Numero de hojas a los 75 del transplante…… 73
Tabla 43. Numero de frutos por planta…… 74
Tabla 44. Peso de fruto……. 74
Tabla 45. Longitud de fruto……... 74
Tabla 46. Diámetro de fruto…….. 75
Tabla 47. Peso de frutos por planta…… 75
Tabla 48. Rendimiento por hectárea…….. 75

ÍNDICE DE FIGURAS

En el contenido		Pág.
Figura 1.	Arreglo de los componentes en un sistema de recirculación de acuaponía (Rakocy et al., 2007)……..	13
Figura .2	Arreglo de los componentes en un sistema de recirculación de acuaponía (Rakocy et al., 2007)……..	14
Figura 3.	Diagrama interactivo de los fundamentos biológicos de un sistema acuapónico. (Candarle, S.f.)……	15
Figura 4.	Altura de planta en los sistemas de cultivo…….....	31
Figura 5.	Altura de planta en las densidades de siembra……	32
Figura 6.	Diámetro de tallo de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo……	34
Figura 7.	Diámetro de tallo de plantasde pepino en las densidades de siembra……..	35
Figura 8.	Número de hojas por planta de pepino en los sistemas de cultivo…….....	37
Figura 9.	Número de hojas por planta de pepino en las densidades de siembra……..	38
Figura 10.	Numero de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo……	40
Figura 11.	Número de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra……	41
Figura 12.	Peso de frutos de pepino en los sistemas de cultivo……..	42
Figura 13.	Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra……..	43
Figura 14.	Longitud de frutos de pepino en los sistemas de cultivo……	44
Figura 15.	Longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra……..	45
Figura 16.	Diámetro de frutos de pepino en los sistemas de cultivo……	46

Figura 17.	Diámetro de frutos de pepino en las densidades de siembra……..	47
Figura 18.	Peso de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo…….	48
Figura 19.	Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra……..	49
Figura 20.	Rendimiento por hectarea de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo……...	50
Figura 21.	Rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en las densidades de siembra……	51
En el aneo		
Figura 22.	Preparacion de las camas del sistema convencional……..	76
Figura 23.	Preparacion de las camas del sistema acuapónico……	76
Figura 24.	Preparacion del almacigo……	77
Figura 25.	Instalacionde semillas de pepino en el almacigo…….	77
Figura 26.	Germinación de semillas de pepino en el almacigo……	78
Figura 27.	Transplante de plántulas de pepino a sistema convencional con dos densidades de siembra…….	78
Figura 28.	Transplante de plántulas de pepino a sistema acuapónico con dos densidades de siembra…….	79
Figura 29.	Instalación del tutorado para pepino en el sistema convencional en dos densidades de siembra……..	879
Figura 30.	Instalación del tutorado para pepino en el sistema acuaponico en dos densidades de siembra……..	80
Figura 31.	Control de plagas con aplicación de hongos entomopatógenos……	80
Figura 32.	Plagas afectando las hojas de las plantas de pepino…….	80
Figura 33.	Evaluación de variables de crecimiento y producción…….	81
Figura 34.	Cosecha…….	81
Figura 35.	Supervision de jurados de tesis……	82

INTRODUCCIÓN

La acuaponía es un sistema innovador de producción de alimentos que combina la acuicultura (cría de animales acuáticos) con la hidroponía (cultivo de plantas en agua), creando un ciclo sostenible donde los desechos de los peces se convierten en nutrientes para las plantas. Este enfoque no solo optimiza el uso del agua, sino que también promueve la seguridad alimentaria y puede ser implementado en espacios reducidos y terrenos marginales, lo que lo hace accesible para diversas comunidades (García et al., 2019). Un sistema acuapónico típico esta constituido por: tanques de peces, en las cuales se realizará la crianza de las especies hidrobiológicas; la bomba de agua, que recirculará el agua en el sistema; los filtros que removerán los sólidos, convirtiéndolos de amonio tóxico a nitratos el cual será aprovechado por las plantas; las camas de cultivo, en las cuales las plantas crecerán, gracias a los los nutrientes contenidos en el agua; y el sistema de aireación, que oxigenará el agua y mantendrá el correcto desarrollo de las especies hidrobiológicas. (Cifuentes et al., 2023). La Acuaponía muestra sostenibilidad, reduciendo el consumo de agua, comparado con los sistemas agrícolas convencionales, asimismo, hay un escaso uso de agroquímicos, ya que los desechos orgánicos fertilizan las plantas, generando una producción más orgánica, y, existe alta rentabilidad económica, tanto a escala comercial como familiar (García et al., 2019).

El pepino (*Cucumis sativus*), es una hortaliza de gran importancia tanto en la agricultura como en la nutrición, ya que, muestra un bajo contenido calórico (16 kcal) y alto contenido de agua (aproximadamente 95%), con alto contenido en vitamina C y pequeñas cantidades de vitaminas del complejo B, además, es rico en minerales como potasio, calcio y magnesio, lo que contribuye a su acción diurética y a la eliminación de líquidos del organismo (Chacon et al., 2020).

La investigación busco determinar el comportamiento productivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico y convencional en Yarinacocha.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema

El cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) es un vegetal con un valor importante que se produce en el país de manera hidropónica (SIAP, 2020). El desarrollo de la humanidad y el cambio climático que ha venido dando en estos años haciendo un excesivo uso de agua y de la tierra y dando como resultado que la agricultura está siendo afectado de manera drástico (Maijid et al., 2021)

Este vegetal tiene un valor importante por su corta fenología por tener una adaptabilidad de siembra pues este cultivo puede prosperar en cualquier época del año y es aún más abundante en la temporada de primavera (Seminis, 2018)

El suministro de nutrientes en la actualidad puede seguir dos enfoques uno adaptado a las cosechas especificas y sus condiciones ambientales (como tipo de suelo, clima y calidad del agua de riego) y otro basado en un solución nutritiva estándar que se ajusta aportando nutrientes despues de analizar el agua, Este último método es común en cultivos hidropónicos y se puede adaptar para suelo o cultivos en un sustrato arenoso, la idea es preparar una solución con los nutrientes necesarios y aplicarla según las necesidades detectadas mediante análisis del agua o el suelo, buscando mantener un equilibrio óptimo para el crecimiento de las plantas (Waris et al., 2014)

El pepino (*Cucumis sativus*) es una hortaliza que puede ser cultivada en todo el mundo gracias a su adaptabilidad y su consumo de manera fresca y gracias a su alto contenido de nutrientes medicinales. Este vegetal tradicionalmente se cultiva en gran mayoría en la época de primavera porque requiere de mejores resultados (Rodríguez, 2006).

La acuaponía es un método de rendimiento en alimentos que integra dos o más componentes que son vegetal y peces está basado en un diseño de circulación (Tyson et al., 2004)

En conclusión, se trata de un sistema que se basa en los desechos que pueden generar los organismos acuáticos, especialmente los peces, y gracias a las bacterías, estos desechos sirven como fuente de nutrientes para las plantas (Nelson, 2007).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el comportamiento productivo del pepino (*Cucumis sativus*) bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico y convencional?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el comportamiento productivo del pepino (*Cucumis sativus*) bajo dos densidades de siembra 30x30 cm en un sistema acuapónico en Yarinacocha?

- ¿Cuál es el comportamiento productivo del pepino (*Cucumis sativus*) bajo dos densidades de siembra 60x30 cm en un sistema convencional en Yarinacocha?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento productivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo dos densidades de siembra (30 x3 0 cm y 60 x 30 cm) en un sistema acuapónico y convencional en Yarinacocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento productivo de pepino *(Cucumis sativus)* bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico en Yarinacocha.
- Evaluar el comportamiento productivo de pepino *(Cucumis sativus)* bajo dos densidades de siembra en un sistema convencional en Yarinacocha.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las densidades de siembra y el sistema acuapónico y convencional influyen alta mente significativo en el comportamiento productivo de pepino *(Cucumis sativus)* en Yarinacocha

1.4.2. Hipótesis específicas

- El comportamiento productivo de pepino *(Cucumis sativus)* bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico en Yarinacocha, será altamente significativo.

- El comportamiento productivo de pepino *(cucumis sativus)* bajo dos densidades de siembra en un sistema convencional en Yarinacocha, sera altamente significativo

1.5. Operacionalizacion de las variables

Variables independientes

sistemas

(A1): Sistema acuapónico

(A2): Sistema convencional

Densidades

(B1): Densidades de siembra 30x30 cm

(B2): Densidades de siembra 30x60 cm

Variables dependientes

- Comportamiento productivo
- Numero de fruto
- Peso de fruto
- Tamaño de fruto
- Diámetro de fruto.

1.6. Justificación e importancia

En esta investigación se trabajo con el cultivo de pepino *(cucumis sativus),* debido a su alta demanda en el mercado, su riqueza nutricional y multiples aplicaciones tanto como alimento y medicina. El estudio se llevo a cabo en dos sistemas, acuapónico y convencional, bajo dos densidades de siembra, con el objetivo de evaluar su derarrollo y rendimeinto.

Este estudio sobre el comportamiento del pepino bajo dos densidades de siembra acuapónico y convencional proporciono información clave para determinar si ambos sistemas pueden lograr rendimientos similares o cual resulta ser mas eficiente los resultados podrían ofrecer a la población nuevas opciones de sistemas agrícolas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1 Antecedentes internacionales

Valenzuela et al. (2023) en su investigaron titulada “Efecto de la granulometría del tezontle en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) pepino (*Cucumis sativus* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en acuaponía”, menciona que, la granulometría del tezontle afecta el cultivo de tomate, pepino y lechuga en sistemas de acuaponía. El sustrato en acuaponía favorece la colonización de bacterias nitrificantes y actúa como biofiltro. El tamaño de partícula del sustrato podría influir en esta colonización y en el crecimiento de las plantas. Para el experimento, se emplearon recipientes específicos para peces y tinas con diferentes tamaños de tezontle, donde se trasplantaron los cultivos. A pesar de analizar aspectos como altura, diámetro del tallo y lecturas SPAD en tomate, pepino y lechuga, no se encontraron efectos significativos del tamaño de partícula en estas variables. Tampoco se observaron diferencias en el rendimiento, firmeza, acidez titulable en los frutos de tomate y pepino. Sin embargo, en lechuga, el tezontle con partículas menores a 1 cm mostró un 55% más de peso fresco en comparación con las partículas mayores a 5 cm, 89.87 y 50.12 g por planta, respectivamente. Aunque el tamaño de partícula no afecta en gran medida el rendimiento o calidad de los cultivos, el tezontle más fino parece ser recomendable por su mayor capacidad de retención de humedad y su superficie adecuada para la colonización bacteriana.

Huarilloclla (2022) en su investigación titulado “Agua de la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para el cultivo de Albahaca (*Ocimum basilicum*) en sistemas acuapónicos, tuvo como objetivo, determinar la eficiencia del agua proveniente de la crianza de trucha para el cultivo de Albahaca en sistemas acuapónicos. El estudio empleó 12 canastillas de albahaca con tres diferentes tratamientos de densidad de siembra: 2, 4 y 6 plantas, cada uno con cuatro

repeticiones bajo un diseño aleatorio completo. Los resultados promedio de los parámetros del agua de la crianza de trucha mostraron una temperatura de 16.8 °C, conductividad eléctrica de 490.1 µs/cm, turbiedad de 2.55 UNT, nitrito de 0.12 mg/l, nitrato de 1.49 mg/l, oxígeno disuelto de 5.17 mg/l y pH de 7.53. En relación a la densidad de siembra de la Albahaca, los resultados sugieren que la mejora en la calidad del agua no fue significativa para los parámetros fisicoquímicos analizados. No obstante, el tratamiento tres mostró un rendimiento ligeramente superior. Respecto a las características botánicas, el tratamiento uno exhibió un mayor crecimiento, con tallos de 14.4 cm, tamaño de raíz de 8.1 cm, peso de 6.1 gramos y un número de hojas de 33 en promedio.

2.1.2 Antedecentes Nacionales

Tapia (2020) En su investigación titulada“ Rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo” En el presente trabajo se plantea una alternativa de producción de alimentos frescos, saludables y libres de químicos con un rediseño de sistemas acuapónicos unifamiliares para centros urbanos como el Distrito Metropolitano de Quito, mediante la producción de tilapias rojas (Oreochromis niloticus), y lechugas (Lactuca Sativa), controlando a las variables del sistema acuapónico en 60 días producción. Las variables monitoreadas en el periodo de funcionamiento del sistema fueron: temperatura de agua, pH, longitud de raíces de lechugas, ganancia de peso y la longitud ganada por los peces y las lechugas, así como la eficiencia de los sistemas, comparándolo con un sistema Hidropónico elaborado con las mismas características y condiciones. Los resultados revelan que los peces alcanzaron una ganancia de peso de 1,24 gr/día, en el segundo mes de cultivo (Julio), llegando a un promedio de peso de 75,76 gr por tilapia. El pH se mantuvo en un rango de (7±0.6) en el sistema acuapónico y (6,5± 0,5) en el hidropónico a lo largo de 60 días. Las lechugas cultivadas llegaron a una talla admisible para su consumo (Hidroponía = 26,56 cm, Acuaponía = 31,91 cm) sin el empleo de pesticidas o fertilizantes químicos. Se

concluye que el diseño del reactor acuapónico desarrollada en este trabajo si es viable para producir proteína vegetal y animal, además es fáciles de instalar y manejar en espacios urbanos reducidos. Asimismo, brinda un apoyo complementario para suministrar proteína animal y biomasa vegetal cultivadas de manera orgánica.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Maicua et al. (2021) en su investigación titulada “Comparativo de producción del apio (*Apium grabeolens*) cultivado en un sistema convencional y en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha” tiene como objetivo analizar el rendimiento productivo del cultivo de apio en un sistema acuapónico en comparación con un sistema convencional. El sistema acuapónico, ubicado en el Instituto Superior Pedagógico Bilingüe de Yarinacocha, Región Ucayali, se fundamentó en el cultivo de *Piaractus brachypomus* "Paco" en tanques de crianza, mientras que el sistema convencional consistió en un camellón preparado con gallinaza. Las plántulas de apio fueron cultivadas en arena antes de ser trasplantadas. La metodología aplicada fue un Diseño Completamente Al Azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones. Los resultados revelaron que el sistema acuapónico superó al convencional en diversas variables, como altura de planta, diámetro de tallo, peso fresco, longitud de raíces y rendimiento por hectárea en la producción de apio. No se observaron diferencias significativas en el número de tallos. Además, el sistema acuapónico demostró un mejor costo-beneficio, destacando su capacidad para ofrecer productos orgánicos de calidad, proteína animal y biomasa vegetal, contribuyendo así a la seguridad alimentaria. En términos económicos, se concluyó que este tipo de tecnología es más rentable y sostenible en comparación con los sistemas de producción convencionales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El cultivo de pepino

El cultivo del pepino (*Cucumis sativus*) es considerado unas de las regiones húmedas, tropicales de la India, pero por lo general varios investigadores dicen que es de China, el pepino es una planta herbácea anual también nativo (centa 2008).

Es un hecho que el pepino ah sido cultivado hace muchos años aproximadamente unos 3000 años atrás, fue llevado por lo romanos ellos no solo lo cultivan si no también le dan uso en los invernaderos para que el emperador Tibero siempre tenga pepinos asi no sea su época de siembra (Centa, 2008).

Contenido nutricional

El pepino *(Cucumis sativus)* es una de las hortalizas que tiene un mayor contenido de vitaminas A, B, C y minerales que el ser humano requiere en su alimentación (Ochoa y Oballes, 2006).

Taxonomía

Clase: Magnoliopsida

Orden: Violales

Familia: Cucurbitaceae

Género: Cucumis

Especie: sativus L. (Calero, 2015)

Características botánicas

Raíz

El pepino es un vegetal que su raíz llega alcanzar una profundidad de 100 y 120 centímetros. De su raíz mayor salen sus raíces secundarias, son ramificaciones que se despliega de forma horizontal (Off, 2010)

Tallo

Su tallo principal da origen a la división en distintas ramas laterales, donde desarrolla los nudos y de cada uno se emite una hoja. En la parte del cuello de la planta el tallo al estar al contacto con el suelo tiene la gran capacidad de emitir raíces adventicias esto son muy útiles para evitar situaciones post-plantacion (Maroto, 2011).

Hojas

Son simples, tiene la forma de corazones su gran limbo, su peciolo largo, que está formado por tres lóbulos. Suelen colocarse de manera alterna alrededor del tallo y opuestos a los zarcillos. su color es desde el verde claro que son las hojas jóvenes hasta llegar al color verde oscuro que son las hojas adultas (Enciclopedia de la Agricultura, 2006).

Flores

Las flores en su gran mayoría aparecen en las axilas de las hojas y tienen un pedúnculo corto, que están formadas por cinco pétalos de color amarillo que forma parte de la corota y el cáliz formado por sépalos de color verde, esto se cae cuando la flor se marchita (Infoagro, 2014).

Semillas

Las semillas son largas y tiene un color amarillento. El número de semillas pro grano se pueden cifrar en 30-40. Su capacidad de germinativa de las semillas de pepino es de cinco años (Maroto, 2011).

Fruto

El ovario inferior da lugar a un fruto en pepónide con una forma alargada, cilíndrica y de un color verde entre verde oscuro, la cosecha se realiza la planta esta en su ciclo agrícola y con frutos optimos para realizar esa actividad, cuando el fruto alcanza un color amarillento es cuando ya ha alcanzado su madurez fisiológica (García, 2007)

Exigencias climáticas

Es una planta que se adapta en cualquier tipo de suelo es de clima cálido y no suele soportar climas heladas, con temperaturas altas (30°C a 35°C) su germinación es más acelerada su temperatura para el desarrollo optimo está en 25°C por lo general necesita buena intensidad de luz (Lorente, 2007).

Tutorado

Hoy en día el turorado es una actividad indispensable para conseguir que el pepino este erguido, favorenciendo la aireación y la radiación, gracias a ello nos permite una mayor población de plantas que a lo que obtenemos tradicionalmente y así podremos obtener una buena calidad de producción (Fundación Hogares Juveniles Campesinos, 2006).

Cosecha

Para el consumo fresco el tiempo de cosecha se alarga a un mes más, el fruto para ser cosechado debe de alcanzar el color verde y obtener las características deseadas y tener forma y buen tamaño, cuando llegan a la madurez comercial tiene que estar entre 20 a 30 cm de largo y 3 a 6 cm de diámetro (Hirzel, 2008).

Sus días de cosechas por lo general varían de 45 a 60 días, los frutos se cosechan cuando están inmaduro antes de su tamaño final pero antes de que las semillas crezcan a su tamaño normal y endurezcan (Hirzel, 2008).

2.2.2. Acuaponía

La acuaponía es un sistema que une la acuicultura recirculante con la hidroponía de plantas. Gracias a los nutrientes excretados por los organismos acuáticos y por el trabajo de las bacterias en los desechos orgánicos, estos son muy utilizados por las plantas que se dan en hidroponía (Muñoz, 2012).

FAO (2010) afirma que, la acuicultura, esta en desarrollo de manera rápida en comparación con otras áreas productivas pecuarias, con un aumento

del suministro acuícola per cápita desde 0,7 kg en 1970 hasta 7,8 kg en 2008, significanto un crecimiento medio anual del 6,6%. Esta previsto que, en un corto plazo, la acuicultura sobrepase a la pesca de captura, como fuente de productos hidrobiológicos para consumo humano.

Naylor *et al*. (2000) y Dediu *et al*. (2011) menciona que, el desarrollo del sector acuícola ha generado un creciente requerimiento de recursos naturales, como la tierra y el agua, generando un aumento en el impacto ambiental. Piedrahita (2003), Tacon y Forster (2003), Pardo et al. (2006) y Amirkolaie (2008) indican que, la acuicultura genera grandes volúmenes de residuos vertidos en los cuerpos de agua. Losordo et al. (1998) y Martins et al. (2009) mencionan que, estos residuos son los causantes de la degradación de la calidad del agua en los centros de producción acuícola, y Endut et al. (2010) afirma que, en algunos casos, las concentraciones son tan alto que puede alcanzar niveles similares a las soluciones nutritivas empleadas en hidroponía.

Ulloa *et al*. (2005), afirma que, los sistemas de producción acuapónico constituyen tecnologías con alto potencial en la producción de alimentos, los cuales incorporan el componente pez y el componente plantas, basados en un proceso de recirculación de agua.

Roosta et al., (2011) afirma que, en los sistemas acuapónicos, los nutrientes excretados por los organismos hidrobiológicos (peces, camarones, bivalvos) y los compuestos producidos por degradación microbiana a partir de las excretas generados por los organismos hidrobiológicos, son absorbidos y aprovechados como elementos nutritivos por las plantas cultivadas hidropónicamente. Diver (2006), Graber (2009) mencionan que, este sistema de producción, es una metodología sosteniblede producción de alimentos, ya que, al asociar la producción acuícola con la producción de vegetales en un sistema de policultivo, se incrementa la diversidad de productos y producción en si misma, generando productos sanos.

A. Sistema de recirculación acuapónicos

Adler *et al*. (1996), McMurttry *et al*. (1997), Rackoy *et al*. (1992, 1997), Watten y Busch (1984), Al-Hafedh et al. (2008), Hollyer et al. (2009), Villarroel et al. (2011), citados por Muñoz, (2012) afirman que, comercialmente, los sistemas acuapónicos están en sus inicios, sin embargo, esta tecnología constantemente crece y se redefine día a día, teniendo en cuenta que este sistemas de producción es promisorio en cuanto al mayor aprovechamiento y sostenibilidad en la producción de peces y vegetales.

Van Gorder (2003), Martins et al. (2005), Diver (2006) y Kotsen y Appelbaum (2010), citados por Muños (2012) manifiestan que, en acuaponía, los efluentes cargados de elementos nutritivos, provenientes de estanques de crianza de peces, se utilizan para regar y enriquecer la producción hidropónica, ya que, el sistema radicular de los vegetales absorveran los nutrientes disueltos en el agua. Los residuos disueltos en el agua, compuestos básicamente por las excretas de los peces y los residuso de alimentos en descomposición, son contaminantes, que pueden alcanzar niveles de toxicidad que pueden afectar a los peces, sin embargo, en un sistema de producción acuapónico, puede ser aprovechado como fuente de nutrientes para el desarrollo de las plantas. Por su parte Mateus (2009) menciona que, el filtrado de los nutrientes se realiza en las camas hidropónicas, mejorando la calidad del agua, el mismo que regresará a los tanques de crianza de peces. Nelson (2008) menciona que, en los sistemas acuapónicos, los residuso generados por los peces, viene a ser los nutrientes básicos para el desarrollo de las plantas, convirtiendose las plantas en biofiltros para el agua de los peces. Mateus (2009) afirma que, en los sistemas acuapónicos se desarrolla un miniecosistema, en los cuales tanto los peces como las plantas pueden desarrollarse y prosperar. Los sistemas de producción acuapónicos vienen a ser alternativas eficientes para el tratamiento de agua con altas concentraciones de nitrógeno, el cual será aprovechado para la producción de plantas.

B. Diseño del sistema de recirculación acuapónico

Rivara (2000) y Lennard y Leonard (2006) indican que, en general, los elementos esenciales de un sistema acuapónico son:

1) Un reservorio de agua para la crianza de peces (u otros organismos acuáticos) de fácil limpieza y practico para el proceso de la cosecha.

2) Un clarificador, para extraer los residuos solidos generados por los peces, las algas y el alimento no consumido. El clarificador, puede estar constituido por un reservorio de sedimentación, de tal manera que las raíces de las plantas esten protejidas de la acumulación de los residuos orgánicos.

3) Un biofiltro, el cual convertirá el amonio tóxico excretado por los peces en nitrato benefico para el crecimiento de las plantas. Un biofiltro debe tener lo siguiente: a) bacterias nitrificantes; b) un soporte o superfie en el cual puedan adherirse y desarrollarse las bacterias (arena, grava, plásticos, etc.) y c) oxígeno.

4) El componente hidropónico. Constituido básicamente por camas hidropónicas de cultivo, en los cuales las plantas desarrollaran su sistema radicular en el sustrato. En algunos casos, se puede acondicionar a los peces y las plantas en el mismo tanque de cultivo, requiriéndose proteger las raíces de las plantas con mallas o redes y evitar que sean afectadas por los peces.

5) Un colector, en el cual el agua pueda recolectarse, para luego ser dirigida a los tanques de crianza de peces.

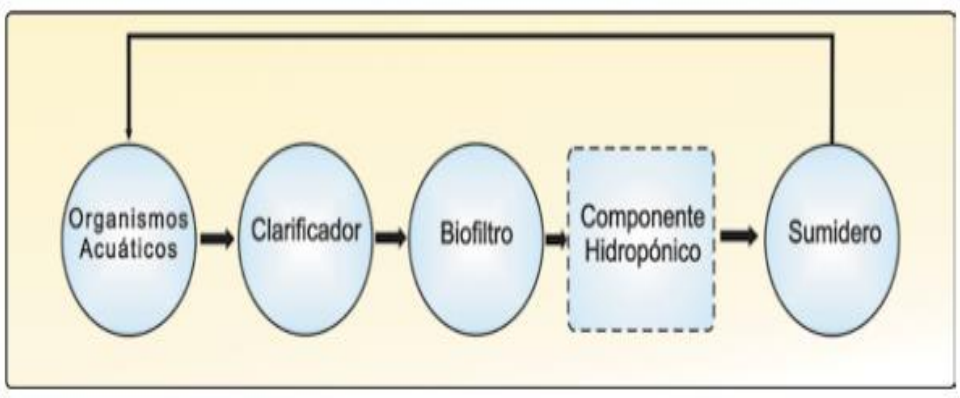


Figura 1. Arreglo de los componentes en un sistema de recirculación de acuaponía (Rakocy *et al*., 2007).

Ramírez et al. (2009), indica que: los componetes del sistema deben concetarse de tal manera que el agua cargada de nutrientes debe dirigirse al clarificador o sedimentador de particulas grades y pequeñas. Walsh (1998) y Rakocy (2007) indican que, luego el flujo de agua debe direccionarse desde el clarificador o sedimentador al biofiltro, en el cual se encuentra adheridas las baterías del nitrógeno, los mismos que trasformaran el nitrito en nitrato y finalmente, el flujo de agua, será regado en las camas de cultivo de plantas.

Rakocy (2007) menciona que, el flujo de agua puede ser dirigida directamente a los tanques de crianza de peces o puede acumularse en tanque colector para luego direccionarse a los tanques de crianza de peces y y asi reiniciar el proceso.

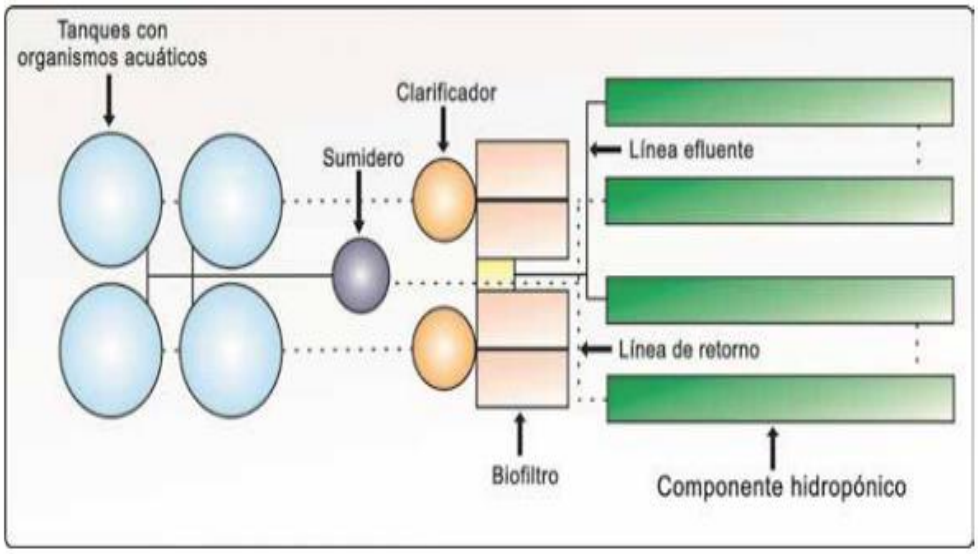


Figura 2. Arreglo de los componentes en un sistema de recirculación de acuaponía (Rakocy *et al*., 2007).

C. Peces, plantas y bacterias

Wongkiew et al. (2017) menciona que, los peces, las plantas y las bacterias, están relacionados entre si a través del sistema de circulación de agua, beneficiándose mutuamente. Los elementos nutritivos provenientes de la descomposición de los alimentos no ingeridos por los peces y las excretas de los mismos, son disueltos en el agua que va a circular desde el tanque de

crianza de peces hacia el biofiltro en el cual se dará el proceso de trasnformación del amonio a nitritos y a nitratos, por a acción de la Nitrosomonas y Nitrobacter.

Shnel et al. (2002) afirma que, las bacterias Nitrosomonas transforman el amonio en nitrito, elemento toxico para los peces, continuando el ciclo de nitrificación a trves de las bacterias Nitrobacter quienes convierten los nitritos en nitratos, el cual es poco toxico para los peces, y asibilables por las plantas.

Pérez, Bejarano y Barragán (2013) mencionan que, el flujo de agua pasa al biofiltro, luego al al sumidero en el cual se sedimentan las particulas, para que finalmente, fluirán hacia las camas de cultivo de plantas, en el cual los elementos nutritivos serán absorbidos por el sistema radicular de las plantas. Los aspectos fisicoquímicos del agua como la temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad eléctrica, alcalinidad total, nitrógeno, fosforo y niveles de minerales deben monitorearse con regularidad para mantener estos factores adecuados para el bienestar de los organismos hidrobiologicos.

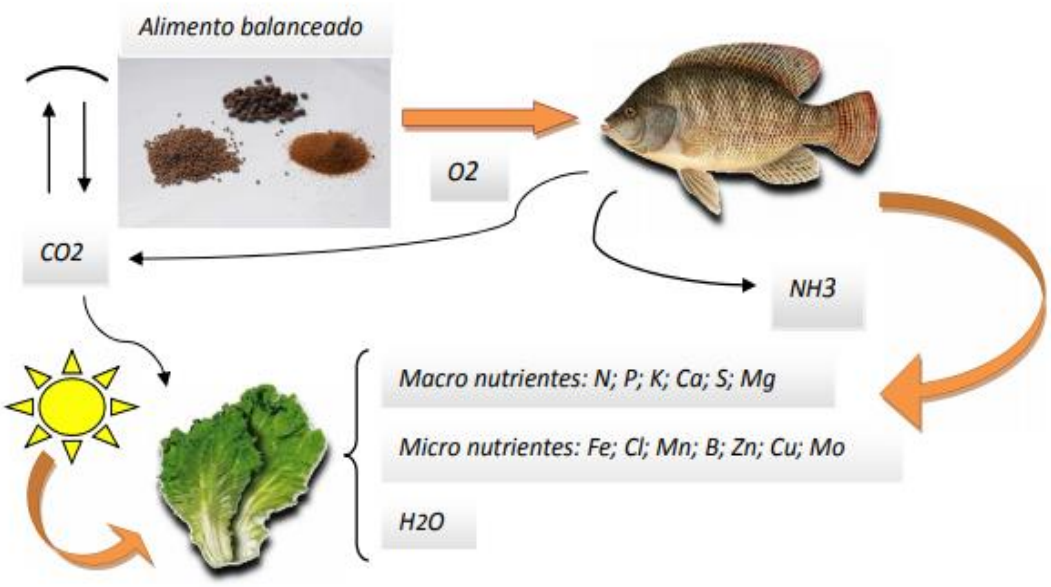


Figura 3. Diagrama interactivo de los fundamentos biológicos de un sistema acuapónico. (Candarle, S.f.).

D. Ventajas y desventajas de los sistemas de recirculación de acuaponía

Autores como Rakocy y Bailey (2003), Verdegem et al. (2006), Diver (2006), Pantanella (2008), Grab y Junge (2009), Martins et al. (2010), citados por Muños (2012), menciona que, las ventajas y desventajas de los sistemas de recirculación de acuaponía.

Ventajas:

- Los sistemas acuapónicos reducen eficientemente los desechos para ser reutilizados, que usualmente son depositados al ambiente.
- Las plantas absorben un porcentaje de los nutrientes disueltos en el agua, motivo por el cual el porcentaje de intercambio de agua se reducen, disminuyendo los costos de operación del sistema acuapónico en regiones aridas y en invernaderos con control de temperatura, en los cuales el agua tiene un costo significativo.
- Usualmente la construcción y operación de los sistemas acuapónicos son costosos, sin embargo, la incorporación del cultivo de plantas, las cuales absorberán los elementos nutritivos provenientes de los tanques de cultivo de peces sin ningusn costo, se mejorarar la rentabilidad del sistema acuaponico.
- Las plantas cultivadas en el sistema acuapónico filtraran el agua, y bajo un diseño apropiado, se puede prescindir de los biofiltros, reduciendo los costos, de esta manera, las plantas en las camas de cultuvo pueden biofiltrar eficientemente el agua, beneficiando a los peces y reduciendo los costos de operaciones.

Desventajas:

- La proporción entre el área de cultivo de plantas debe ser adecuado para alcanzar un equilibrio en el sistema y el área superficial para la cría de los organismos hidrobiológicos y asi lograr una concentración constante de nutrientes.
- Es necesario contar con conocimientos adecuados sobre la

acuicultura y el cultivo de plantas u horticultura, de esta manera se puede afrontar problemas y mejorara la eficiencia del sistema acuapónico.

- Los sistemas acuapónicos requieren un control biologico de plagas y enfermedades, ya que los agroquímicos empleados en los sistemas convencionales o comerciales puede afectar directamente a los organismos hidrobiológicos, generando la oportunidad de producir vegetales libres de agroquímicos.

E. Rendimiento de cultivo en sistemas acuapónicos

Graber (2009), observó que algunos elementos químicos como el potasio, hierro, calcio y fosforo, no presentan concentraciones adecuadas para ser absorbidos por las plantas en los sistemas acuapónicos generando un déficit en su crecimiento. En las tablas siguientes, se puede observarse la generación promedio de macronutrientes y micronutrientes generados en los ambientes de crianza de peces y las concentraciones adecuadas para generar un optimo desarrollo de las plantas.

Tabla 1. Generación promedio de nutrientes en tanque de peces.

Macronutrientes	Concentraciones (mg/L)	Micronutrientes	Concentraciones (mg/L)
$N – NO_3$	127	Fe	0.08
$N – NO_2$	0.39	Mo	0.016
$N – NH_4$	1.33	Cu	0.015
$P – PO_4$	6.89	Cl	82.63
K	6.12	Na	62.40
$S - SO_4$	165.37		
Ca	212.90		
Mg	32.33		

Fuente: Hernández (2017).

Tabla 2. Requerimientos nutricionales para cultivos hidropónicos.

Macronutrientes	Concentraciones (mg/L)	Micronutrientes	Concentraciones (mg/L)
$N - NO_3$	185.17	Fe	0.30
$N - NO_2$	0,08	Mo	0.70
$N - NH_4$	0.19	Cu	0.03
$P - PO_4$	6.62	Cl	202.43
K	39.92	Na	155.40
$S - SO_4$	344.83		
Ca	416.97		
Mg	164.92		

Fuente: Hernández (2017).

Reza (2013), desarrollo una investigación respecto al crecimiento de carpa y albahaca, encontrando buen crecimiento de peces con una sobreviencia del 100%, y, al analizar la albahaca, se determino la defiencia de hierro, evidenciado en las hojas con insuficiencia de clorofila, asimismo, se determino altas concentraciones de zinc en el sistema acuapónico, el cual interfieren con el trasporte de manganeso desde la raíz a la hoja.

La siguiente tabla, muestra los parámetros básicos en los cuales usualmente deben encontrarse los peces, plantas y bacterias para lograr los máximos rendimientos.

Tabla 3. Parámetros sistema acuapónico.

Parámetro	Peces	Plantas	Bacterias
pH	6 – 8	6 – 7	5.5 – 7
Oxígeno disuelto (mg/L)	3 – 9	3 – 5	4 – 7
Temperatura (°C)	15 - 30	17 – 25	15 – 25

Fuente: Hernández (2017).

F. Dinámica de los nutrientes

Candarle (S.f.) afirman que, los vegetales requieren elementos escenciales para alcanzar su máximo desarrollo, los cuales deben estar en un

correcto balance, agrupándose estos en macronutrientes (incluyen el carbono (C), Oxígeno (O), Hidrógeno (H), Nitrógeno (N), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Fósforo (P) y Azufre (S)) y micronutrientes (incluyen el Cloro (Cl), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn), Cobre (Cu) y Molibdeno (Mo)).

Candarle (S.f.) indica que, para la fotosíntesis, los vegetales requieren de carbono (C) disponible como Dióxido de Carbono atmosférico (CO_2), el Oxígeno e Hidrógeno obtenido del agua (HO_2), sumado a la energía solar, captada a través de las hojas. los otros elementos nutritvos, son absorbidos a partir del suelo a traves de sus raíces, y, en el caso de los sistemas acuapónicos, del agua de la crianza de los peces. Los desechos sólidos en los sistemas acuapónicos, tiene que ver con los nutrientes básicos para las plantas, generándose una acumulación significativa de nitratos y otros nutrientes principales.

Candarle (S.f.) también menciona que, las concentraciones de nutrientes son limitadas y desbalanceadas, en relación a los valores que necesitan las plantas. Esto significa que, si bien es cierto, el alimento balanceado empleado para la nutrición de los peces contiene los nutrientes escenciales, estos fueron balanceados pensando en los peces, notándose deficiencias en las plantas en el tiempo, en la concentración de ciertos nutrientes. Estas deficiencias están relacionadas con las propiedades de solubilidad de los compuestos, asi como su relación con el pH del agua, o su forma no disponible para que las plantas lo puedan absorber, ya que no tuvieron un apropiado proceso de mineralización.

2.3. Definiciones conceptuales

***Cucumis sativus*:** El pepino es una cucurbitáceas, cultivada casi en todo el mundo, especialmente para el consumo de sus frutos no climatéricos en estado inmaduro (Caicedo, 1993; Tsuchida et al., 2010; Kazemi, 2013, citados por Barraza, 2015). El pepino es la cuarta hortaliza más importante del

mundo, después del jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), repollo (*Brassica oleracea* L. var. capitata) y cebolla (*Allium cepa* L.). Es apliamente utilizado en cosmetología y salud, en la fabricación de jabones, cremas y productos que aprovechan sus propiedades como diurético, depurativo, laxante y calmante, así como sus efectos en tratamientos de aclaramiento de la piel y manchas, reducción de ojeras y nutrición del cuero cabelludo (Qureshi et al., 2010; Abu et al., 2013, citados por Barraza, 2015).

Sistema de cultivo convencional: La producción de verduras es uno de los cultivos más intensivos y con mayor peso en la industria agroalimentaria en toda Europa. Según la encuesta da Estructura de las Explotaciones Agrarias (2013) de Eurostat, casi 920.000 explotaciones agrícolas cultivan verduras, lo que supone un 12,4% de todas las explotaciones agrícolas con tierra arable. Casi la mitad de estas explotaciones (49,4%) están localizadas en tres países: Rumania (22.1 %), Polonia (15.4 %) and España (11.9 %). La superficie media por parcela es de 1,7 hectáreas y más de 2 millones de hectáreas (2% de la superficie arable de la UE) está dedicada a la producción de verduras, bien para consumo fresco o para la industria de procesado. Sólo el 7,2 % de la superficie total dedicada al cultivo de verduras es bajo invernadero, pero esta ratio es el doble en España e Italia (Fundación Global Nature, 2018).

Fundación Global Nature (2018). El cultivo de verduras y hortalizas. Food Bioversity.

Sistema acuapónico: es una metodología de cultivo basado en el reciclaje del agua. Es una técnica y al mismo tiempo, es una filosofía de vida, etendiendo el equilibrio entre los organismos vivos y su entorno. Los sistemas acuapónicos pueden generar vegetales y peces permanentemente, en un mismo espacio, recirculando y reutilizando el agua, gracias a su proceso de biofiltración realizado por las bacterias y plantas, los que se desarrollan a partir de los desechos de los peces. El sistema acuapónico genera alimentos,

ahorrando agua, espacio y energía, produciendo mayor cantidad y diversidad de productos en menor tiempo (Lopez, 2019).

Rendimiento: a partir de la estimación de los rendimientos generados por los cultivos, se realiza la planificación de los procesos productivos agropecuarios. La información confiable, anticipada y oportuna de rendimiento de los cultivos influenciara en las actividades de cosecha, almacenamiento, importación/exportación, transporte y comercialización. Las políticas de precios, la eficiencia y la mayor rentabilidad de las inversiones, así comominimizar riesgos económicos es importante para gobiernos, productores, compañías de seguros y otros actores sociales (Bocco et al., 2015).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

En la presente investigación se aplicó los métodos cuantitativos, descripciones estadísticas, análisis de datos y razonamiento inductivo.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo experimental aplicada, ya que se estudió comportamiento productivo del pepino en dos sistemas de cultivo y dos densidades de siembra.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población total estuvo compuesta de 256 plantas entre el sistema acuapónico y convencional.

En la densidad de 30 x 30 cm, se conto con un total de 84 plantas por cada unidad experimental y en la densidad de 60 x 30 cm, se conto con un total de 44 plantas por unidad experimenta.

3.3.2. Muestra

La muestra de esta investigación estuvo compuesta por 12 plantas evaluadas por cada unidad experimental.

3.4. Componentes de estudio

Las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.), los sistemas de cultivo (Sistema convencional y sistema acuapónico) y las densidades de siembra (30 cm x 30 cm y 60 cm x 30 cm) en el crecimiento y rendimiento.

En las densidades de 30x30 en una cama de 7m x 1.20m se obtuvieron 84 plantas, en las densidades de 60x30 en una cama de 7m x 1.20m se obtuvieron 44 plantas, esas plantas obtenidas por cada densidad son por las medidas adecuadas que se realizo en cada cama tanto convencional y el aacuaponico.

3.5. Tratamientos de estudio

Tabla 4. Tratamientos.

Tratamientos	Codigo	Factor A (Sistema de cultivo)	Factor B (Densidad)
T1	A1B1	Convencional	30 x 30 cm
T2	A1B2	Convencional	60 x 30 cm
T3	A2B1	Acuaponico	30 x 30 cm
T4	A2B2	Acuaponico	60 x 30 cm

3.6. Diseño experimental

Para esta investigación se utilizó el Diseño Completo al Azar, con arreglo factorial 2 x 2: Factor A: Sistemas de cultivo; Factor B: Densidades, con 3 repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales

$$Yijk = \mu + Ai + Bj + (AB)ij + Eijk$$

Dónde:

Yijk = Observaciones (variable dependiente)

μ= Efecto de la media general.

Ai = Efecto de las densidades de pepino

Bj = Efecto de los sistemas

(AB)ij = Efecto de la interacción del nivel i del factor A y el nivel j del factor B.

eijk = E rror experimental.

Tabla 5. Análisis de varianza (ANVA).

Fuente de variabilidad	Grados de libertad
Factor A (a – 1)	2 – 1 = 1
Factor B (b – 1)	2 – 1 = 1
A x B (a – 1) (b – 1)	1
Error	8
Total (abr – 1)	(2*2*3 – 1) = 11

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto Superior Pedagógico Público Bilingüe, distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali. El sistema de producción acuapónico, esta ubicada en las coordenadas: 8°20´54” S 74°35´18” W, a una altitud de 155 msnm.

La investigación tuvo una duración de cuatro meses, iniciándose en el mes de marzo del 2024 y culminando en el mes de junio del 2024.

3.7.2. Condiciones ambientales

La temperatura promedio mensual es de 25.7°C. La distribución de las lluvias en la Provincia de Coronel de Portillo es estacional, dividiéndose el régimen en dos estaciones lluviosas (enero a abril), una seca (mayo a agosto) y otra semiseca (octubre, noviembre y parte de diciembre). El periodo de mayor evaporación ocurre entre los meses de agosto a octubre, debido a que en estos meses el cielo se encuentra despejado. Los menores ocurren en los meses de Febrero – Abril. Pucallpa cuenta con 1,817.8 horas de sol anual; los meses de menor horas de sol son febrero y marzo, con 109.2 y 117.4

horas respectivamente. Inversamente, los meses de julio, agosto y septiembre son los meses de mayores horas de sol con 200.9, 183.1 y 171.3 horas respectivamente. Los vientos en las diferentes épocas del año, por lo general son de baja velocidad, siendo la más alta de 2.2 m/seg, en el mes de Octubre (Municipalidad Provincial de Coronel Portillo, 2017).

3.7.3. Proceso experimental

Materiales

- **Material genético de estudio**
  - Semilla de pepino (*Cucumis sativus*)
  - Paco (*Piaractus brachypomus*)
- **Materiales de campo**
  - Pala
  - Tierra negra
  - Rafia
  - Bandeja
  - Wincha
  - Madera
  - Machete
  - Pico
  - Plástico
  - Martillo
  - Clavo
  - Olla
  - Spray de 2litros
  - Tubos
  - Grabas de camas acuaponicas
  - Balde de 10 litros

- **Materiales de escritorio**
  - Papel Bond A4
  - Lápiz
  - Tablero
  - Lapicero
  - Libreta de campo
  - Plumón
  - Regla

- **Matriales de equipos**
  - Camara digital
  - Laptop
  - Balanza

Muestreo de suelos

Se recolectó una muestra de 500 g de suelo a 20 cm de profundidad en la cama del sistema de cultivo convencional, con el propósito de analizar la composición físico química de suelo, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 6. Análisis de suelo del sistema de cultivo convencional.

Ensayo	Unidad	LC	Resultados
pH (**)	Und. pH	0,1	7,0
Conductividad electrica (**)	mS/m	1,0	40,2
Materia orgánica	%	0,30	4,10
Fósforo disponible (**)	mg/kg	0,40	46,60
Potasio disponible (**)	Ppm	3,20	359,13
Calcio intercambiable (**)	Cmol(+)/kg	0,20	16,73
Magnesio intercambiable (**)	Cmol(+)/kg	0,10	6,83
Sodio intercambiable (**)	Cmol(+)/kg	0,10	0,94
Potasio intercambiable (**)	Cmol(+)/kg	0,10	1,90
Acidez y aluminio intercambiable			

Acidez (H+) y aluminio intercambiable (Al+3)	Cmol(+)/kg	0,50	--
Carbonato de calcio equivalente	%	0,50	1,60
Textura			
Arena	%	-	49,00
Arcilla	%	-	19,00
Limo	%	-	32,00
Clase Textural	-	-	Franco
Calculados (**)			
Suma de bases intercambiambles	Cmol(+)/kg	-	26,40
CICe	Cmol(+)/kg	-	26,40
Saturación de acidez y aluminio	%	-	--

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas – INIA – Km 44.

Muestreo de agua

Se tomó una muestra de 250 ml del agua utilizada para el riego del sistema de cultivo acuapónico, proveniente de los tanques de crianza de peces, con el fin de analizar sus componentes, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7. Análisis de aguas de riego del sistema de cultivo acuapónico.

Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**
pH	Und. pH	0,1	7,80
Conductividad electrica	uS/cm	0,1	625,00
Nitrato (NO_3)	mg/l		0.2
Amonio (NH_4)	mg/l		0.25
Calcio	mg/l	-	28,32
Magnesio	mg/l	-	5,02
Sodio	mg/l	-	5,87
Potasio	mg/l	-	8,05
Hierro	mg/l	-	<0,1
Manganeso	mg/l	-	<0,1
Cobre	mg/l	-	<0,1
Zinc	mg/l	-	1.85

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas – INIA – Km 44.

Preparacion de camas

La preparación de camas se llevó a cabo manualmente, empleando herramientas como pico, pala, madera, martillo, etc. En las camas convencionales, se removió el suelo y se acondicionó para optimizarlo para el cultivo. Para las camas acuapónicas, se retiró la grava y se realizó la desinfección.

Preparacion de cama de almacigo

Se realizo la limpieza de la cama de almácigo. Posteriormente, se mezcló y preparó el suelo, y se incorporaron tierra negra, arena y gallinaza para crear un sustrato rico en nutrientes, utilizando las proporciones de 1 en cada uno de ellas.

Siembra de semillas

Las semillas fueron cuidadosamente recolectadas y seleccionadas para asegurar su calidad. La siembra se realizó el 03 de abril del 2024, se llevó a cabo en hileras, colocando dos semillas en cada hoyo, lo que resultó en un total de 300 semillas de pepino. Después de la siembra, se implementó un riego diario para mantener la humedad adecuada en el sustrato.

Trasplante de plántulas de pepino

Para esta actividad, se seleccionaron plantas que presentaban al menos dos hojas verdaderas, lo que garantizó un trasplante adecuado y una mejor estabilidad en el suelo definitivo. Este proceso se llevó a cabo por la tarde, cuando las temperaturas son óptimas para minimizar el estrés en las plantas. Las plantas seleccionadas se trasplantaron de acuerdo con los tratamientos establecidos para los sistemas acuapónicos y convencionales y las densidades.

Instalacion de tutores

Se instalo el tutorado empleando madera, clavos, rafia y alambre, para brindar un soporte a medida que fueron creciendo las plantas del pepino. Esta instalación se realizó en ambos sistemas.

Riego

El riego se realizó de manera manual para los tratamientos del sistema convencional, con la ayuda de regaderas, tanto por la mañana como por la tarde.

El riego de las camas acuapónicas fue automatizado, el mismo que estuvo controlado por un Timer, que encendia la bomba periférica de 2 HP por un periodo de 20 minutos y apagarse por 40 minutos para cada hora.

Control fitosanitario

- Recolección de insectos: se capturarón los insectos presentes en el cultivo. Se utilizó alcohol al 70% para preservar los especímenes, que fueron almacenados en un envase de vidrio.
- Aplicación de entomopatógenos: se procedió a mezclar: 20 g de esporas liofilizadas de *Beauveria bassiana* y 20 g de esporas liofilizadas de *Metarhizium anisopliae*, mas 20 ml de aceite agrícola vegetal a base de aceite de soya, en un balde de 10 L, dejándolo humectar por 1 hora, para luego proceder a la aplicación en las camas de cultivo, con un spray de 2 L.
- Se realizo la aplicación tres veces de los entomopatógenos por las presencias de plagas.

Cosecha

A los 46 días después del trasplante se realizó la primera cosecha de pepinos, se pudo encontrar frutos en óptimas condiciones para realizar la cosecha, considerando los siguientes parámetros: diámetro, longitud y peso de fruto.

Evaluaciones de variables

La investigación tuvo una duración de 4 meses, desde la siembra hasta la finalización, durante este proceso se realizaron evaluaciones cada 25 días, donde se consideraron las variables dependientes

Tabulacion de los datos

Despues de los 4 meses de duración de trabajo en campo, se realizo la tabulación de los datos recolectados.

3.7.4. Variables evaluadas

Variables independientes

sistemas

(A1): Sistema acuapónico

(A2): Sistema convencional

Densidades

(B1): Densidades de siembra 30 cm x 30 cm

(B2): Densidades de siembra 30 cm x 60 cm

Variables dependientes

Comportamiento productivo

- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Número de hojas
- Número de frutos
- Longitud de fruto
- Diámetro de fruto
- Peso de fruto
- Rendimiento por hectárea (kg/ha)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Crecimiento

4.1.1. Altura de planta

La tabla 8 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la altura de planta en los sistemas de cultivo, al trasplante, a los 25 días del trasplante, a los 50 días del trasplante y a los 75 del trasplante.

Tabla 8. Altura de planta en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Altura de planta (cm)			
		Transplante	15 días	29 días	44 días
1	Convencional	18,16 a	80,1 a	138,2 b	211,1 a
2	Acuapónico	20,31 a	84,9 a	150,4 a	196,9 b

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

La tabla 8 muestra que, al trasplante y a los 15 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en la altura de planta de los pepinos en los sistemas de cultivo, sin embargo, a los 29 días del trasplante se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema acuapónico lograron mejores promedios de altura de planta en comparación del sistema convencional, y a los 44 del trasplante, se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema convencional lograron mejores promedios de altura en comparación al sistema acuapónico, como se muestra en la siguiente figura.

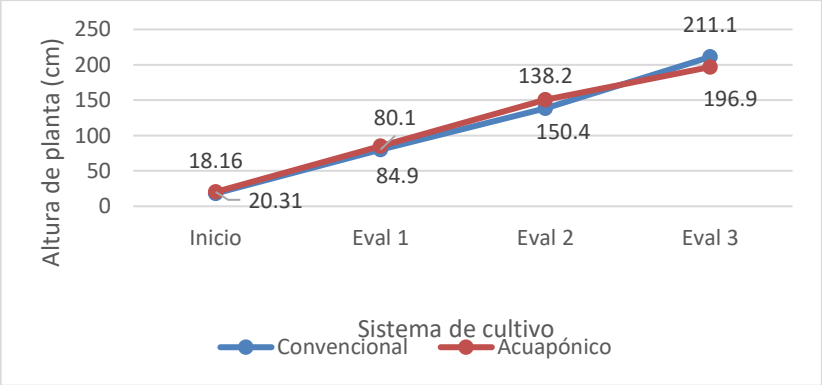


Figura 4. Altura de planta en los sistemas de cultivo.

La tabla 9 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la altura de planta en las densidades de siembra, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 del transplante.

Tabla 9. Altura de planta en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Altura de planta (cm)			
		Transplante	15 días	29 días	44 días
1	30 x 30	19,5 a	88,6 a	131,78 b	208,8 a
2	60 x 30	18,98 a	76,3 b	156,8 a	199,2 a

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

La tabla 9 muestra que, al trasplante, no se observaron diferencias significativas en la altura de planta de los pepinos en las dos densidades de siembra, sin embargo, a los 15 días del trasplante, se observa que los pepinos trasplantados en la densidad de 30 x 30, lograron mejores promedios de altura de planta en comparación con la densidad de siembra de 60 x 30, luego, a los 29 del trasplante, se observa que los pepinos trasplantados en la densidad de siembra de 60 x 30, lograron mejores promedios de altura en comparación el densidad de siembra de 30 x 30, y finalmente, a los 44 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas entre las dos densidades de siembra, como se muestra en la siguiente figura.

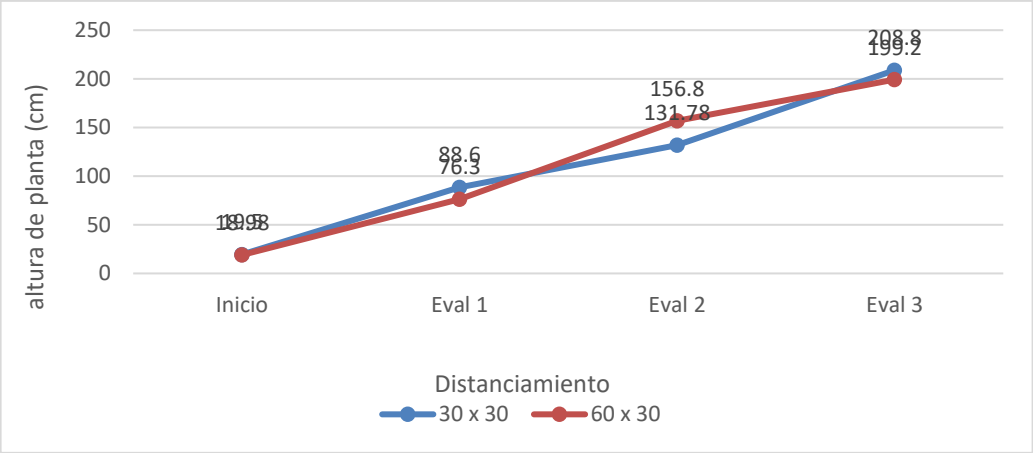


Figura 5. Altura de planta en las densidades de siembra.

La tabla 10 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 días del trasplante para la altura de planta de pepino.

Tabla 10. Altura de planta de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra.

Sistemas de cultivo	Densidades de siembra	Altura de planta (cm)			
		Transplante	15 días	29 días	44 días
Convencional	30 x 30	15,8	80,4	134,2	213,8
Convencional	60 x 30	20,5	79,7	142,2	208,4
Acuaponico	30 x 30	23,1	96,9	129,3	203,8
Acuaponico	60 x 30	17,4	72,9	171,5	190,1

La tabla 10 muestra que, al trasplante, no se observaron diferencias significativas en la altura de planta de los pepinos en las diferentes interacciones, sin embargo, a los 15 días del trasplante se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema acuapónico a una distanciamiento de siembra de 30 x 30, lograron mejores promedios de altura de planta, luego, a los 29 días del trasplante, se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema acuapónico a un distanciamiento de siembra de 60 x 30 lograron mejores promedios de altura, y finalmente, a los 44 días del trasplante, los pepinos trasplantados en el sistema convencional, a un distanciamiento de siembra de 30 x 30 lograron mejores promedios de altura.

4.1.2. Diámetro de tallo

La tabla 11 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del diámetro de tallo de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 días del trasplante.

Tabla 11. Diametro de tallo de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Diámetro de tallo (mm)			
		Transplante	15 días	29 días	44 días
1	Convencional	2,7 a	4,7 a	6,2 a	7,1 a
2	Acuapónico	3,1 a	4,1 a	6,0 a	6,6 a

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

La tabla 11 muestra que, al trasplante, y a los 15, 29 y 44 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en el díametro de tallo de las plantas de pepinos en los sistemas de cultivo, como se muestra en la siguiente figura.

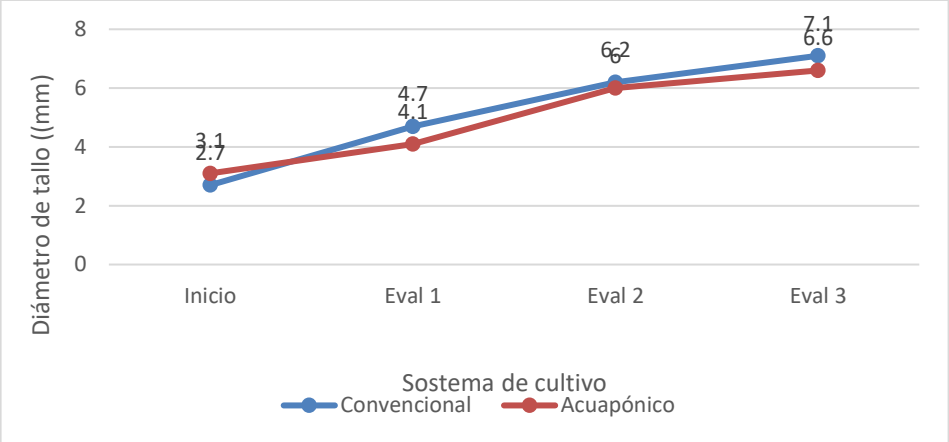


Figura 6. Diámetro de tallo de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 12 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del diámetro de tallo de planta de pepino en las densidades de siembra, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 días del trasplante.

Tabla 12. Diámetro de tallo de planta de pepino en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Diámetro de tallo (mm)			
		Transplante	15 días	29 días	44 días
1	30 x 30	3,1 a	4,1 a	5,9 a	6.8 a
2	60 x 30	2,8 a	4,7 a	6,4 a	7.0 a

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

La tabla 12 muestra que, al trasplante, a los 15, 29 y 44 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en el diámetro de tallo de las plantas de pepino en las dos densidades de siembra, como se muestra en la siguiente figura.

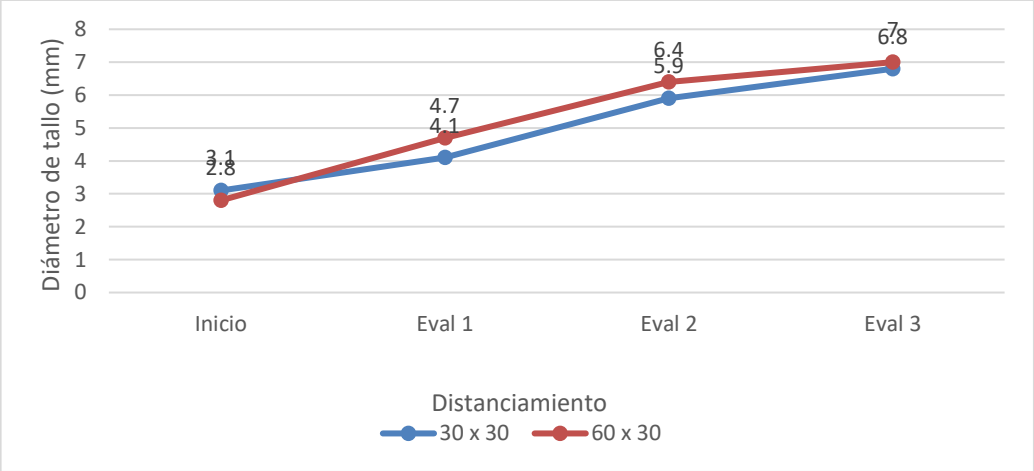


Figura 7. Diámetro de tallo de plantasde pepino en las densidades de siembra.

La tabla 13 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 del trasplante, para el díametro de tallo de las plantas de pepino.

Tabla 13. Diámetro de tallo de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra.

Factor 1	Factor 2	Diámetro de tallo (mm)			
		Transplante	15 días	29 días	44 días
Convencional	30 x 30	2.6	4.5	6	6.8
Convencional	60 x 30	2.9	4.9	6.5	7.5
Acuaponico	30 x 30	3.6	3.8	5.8	6.8
Acuaponico	60 x 30	2.7	4.5	6.3	6.5

La tabla 13 muestra que, al trasplante, a los 15, 29 y 44 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en diámetro de tallo de planta de pepinos en las diferentes interacciones.

4.1.3. Numero de hojas por planta

La tabla 14 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del número de hojas por planta de pepino en los sistemas de cultivo, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 del trasplante.

Tabla 14. Numero de hojas por planta de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Numero de hojas			
		Transplante	15 días	29 días	44 días
1	Convencional	2,5 a	14,1 a	20 a	33 b
2	Acuapónico	3 a	14,1 a	23,1 a	36 a

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

La tabla 14 muestra que, al trasplante, y a los 15 y 29 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en el número de hojas por planta de pepino en los sistemas de cultivo, sin embargo, a los 44 días del trasplante se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema acuapónico lograron mejores promedios de número de hojas por planta en comparación del sistema convencional, como se muestra en la siguiente figura.

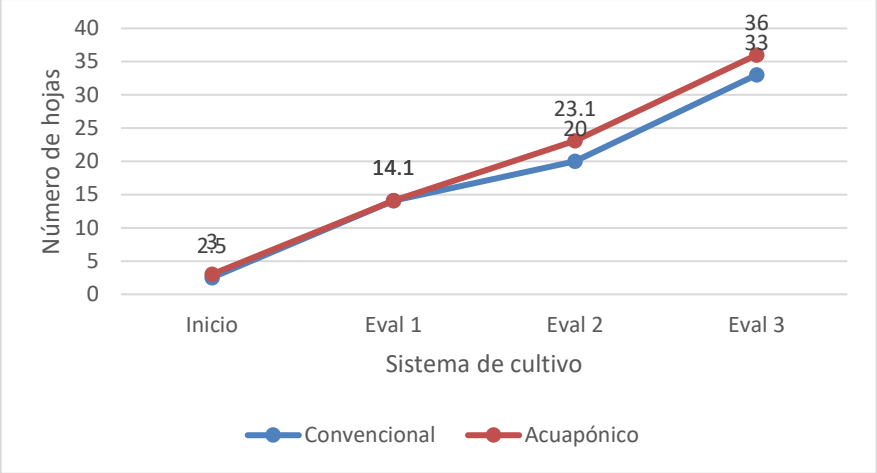


Figura 8. Numero de hojas por planta de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 15 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del número de hojas por planta de pepino en las densidades de siembra, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 días del trasplante.

Tabla 15. Numero de hojas por planta de pepino en las densidades de siembra.

		Numero de hojas			
Tratamiento	Descripción	Transplante	15 días	29 días	44 días
1	30 x 30	2,6 a	15,3 a	21,1 a	33,1 b
2	60 x 30	2,8 a	13 a	22 a	35,8 a

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

La tabla 15 muestra que, al trasplante, a los 15 y 29 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en el número de hojas por planta de pepino en las dos densidades de siembra, sin embargo, a los 44 días del trasplante se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema acuapónico lograron mejores promedios de número de hojas por planta en comparación del sistema convencional, como se muestra en la siguiente figura.

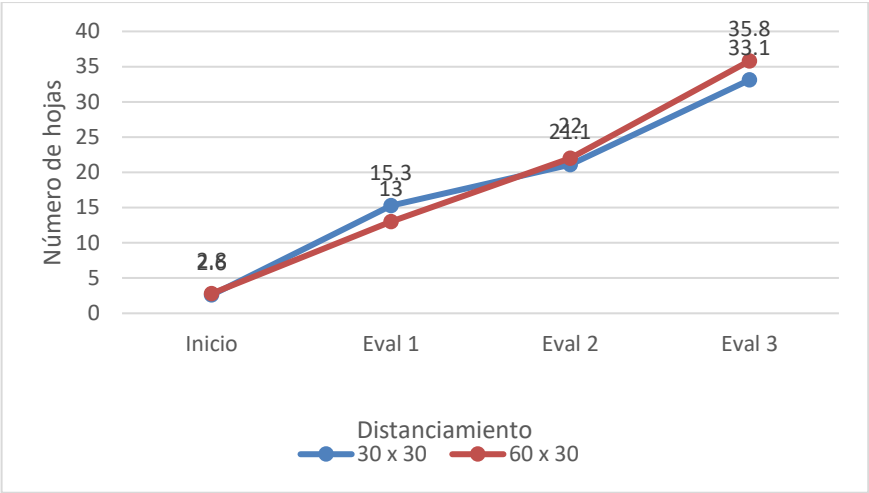


Figura 9. Número de hojas por planta de pepino en las densidades de siembra.

La tabla 16 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra, al trasplante, a los 15 días del trasplante, a los 29 días del trasplante y a los 44 días del trasplante, para el número de hojas por planta de pepino.

Tabla 16. Número de hojas por planta de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra.

		Número de hojas			
Factor 1	Factor 2	Trasplante	15 días	29 días	44 días
Convencional	30 x 30	2	14,6	21,6	33,3
Convencional	60 x 30	3	13,6	18,3	32,6
Acuaponico	30 x 30	3,3	16	20,6	33
Acuaponico	60 x 30	2,6	12,3	25,6	39

La tabla 16 muestra que, al trasplante, no se observaron diferencias significativas en el numero de hojas por planta de los pepinos en las diferentes interacciones, sin embargo, a los 15 días del trasplante se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema acuapónico a una distanciamiento de siembra de 30 x 30, lograron mejores promedios de número de hojas por

planta, luego, a los 29 días del trasplante, se observa que, los pepinos trasplantados en el sistema acuapónico a un distanciamiento de siembra de 60 x 30 lograron mejores promedios de numero de hojas por planta, y finalmente, a los 44 días del trasplante, los pepinos trasplantados en el sistema acuaponico, a un distanciamiento de siembra de 60 x 30 lograron mejores promedios de número de hojas por planta.

4.2. Rendimiento

4.2.1. Número de frutos por planta

La tabla 17 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del número de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo, a los 46 días del trasplante.

Tabla 17. Número de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Número de frutos
1	Convencional	2,8 a
2	Acuapónico	2 b

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

La tabla 17 muestra que, a los 46 días del trasplante, los pepinos trasplantados en el sistema convencional lograron mejores promedios de número de frutos por planta en comparación del sistema acuapónico, como se muestra en la siguiente figura.

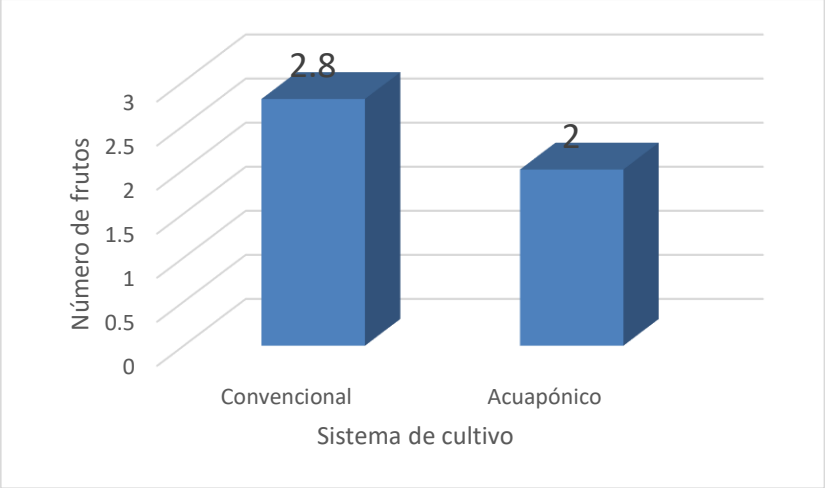


Figura 10. Número de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 18 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del número de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra, a los 46 días del transplante.

Tabla 18. Número de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Número de frutos
1	30 x 30	2,3 a
2	60 x 30	2,5 a

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

La tabla 18 muestra que, a los 46 días del transplante, no se observaron diferencias significativas en el número de frutos por planta de pepino en las dos densidades de siembra, como se muestra en la siguiente figura.

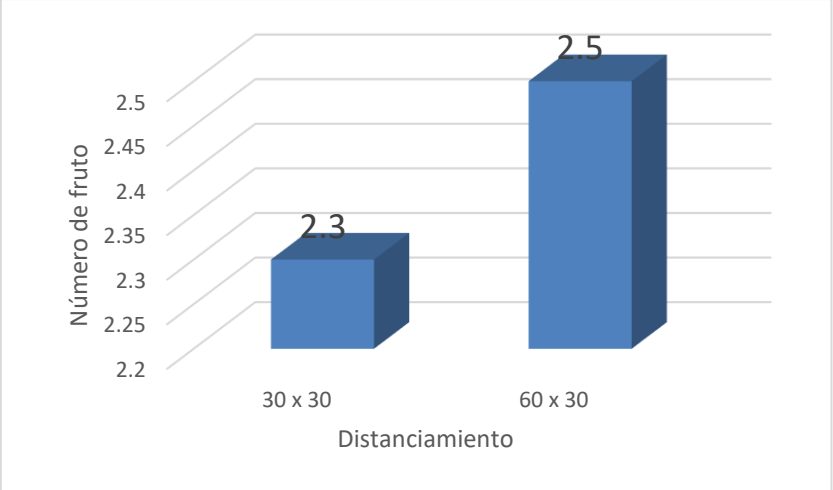


Figura 11. Número de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra.

4.2.2. Peso de fruto

La tabla 19 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del peso de frutos de pepino en los sistemas de cultivo, a los 46 días del trasplante.

Tabla 19. Peso de fruto de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Peso de frutos
1	Convencional	240,05 a
2	Acuapónico	198,47 a

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

La tabla 19 muestra que, a los 46 días del trasplante, no se observan diferencias significativas en el peso de frutos de pepino en los sistemas de cultivo, como se muestra en la siguiente figura.

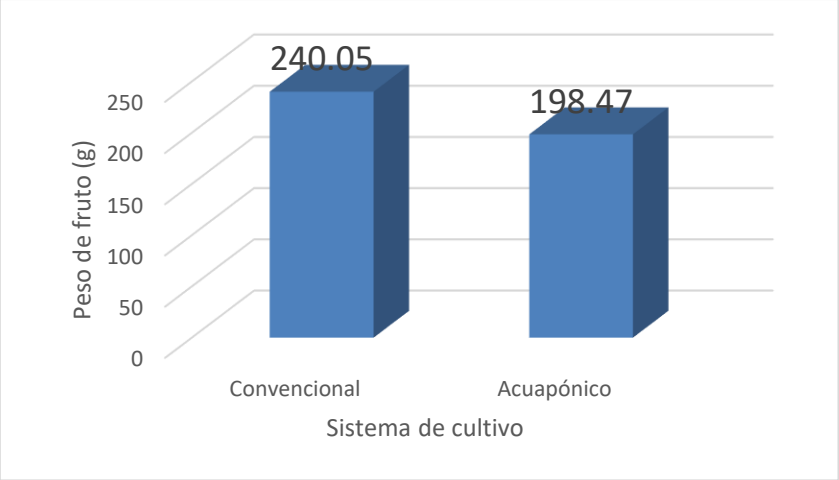


Figura 12. Peso de frutos de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 20 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra, a los 46 días del transplante.

Tabla 20. Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Peso de frutos (g)
1	30 x 30	202,05 a
2	60 x 30	236,47 a

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

La tabla 20 muestra que, a los 46 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en el peso de frutos por planta de pepino en las dos densidades de siembra, como se muestra en la siguiente figura.

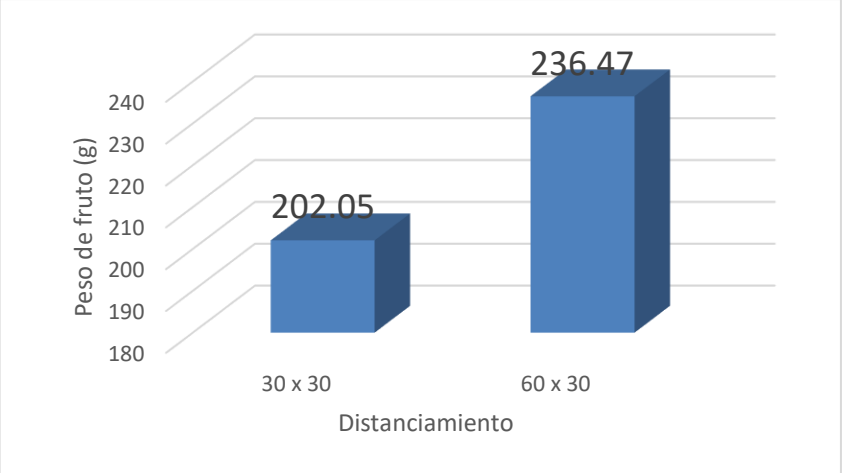


Figura 13. Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra.

4.2.3. Longitud de fruto

La tabla 21 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la longitud de frutos de pepino en los sistemas de cultivo, a los 46 días del trasplante.

Tabla 21. Longitud de fruto de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Longitud de fruto (cm)
1	Convencional	17,3 a
2	Acuapónico	15,8 b

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

La tabla 21 muestra que, a los 46 días del trasplante, se observan diferencias significativas en la longitud de fruto de pepino en los sistemas de cultivo, en los cuales, los futos de pepino del sistema convencional presentan mayor longitud en comparación con los frutos de pepino del sistema acuapónico, como se muestra en la siguiente figura.

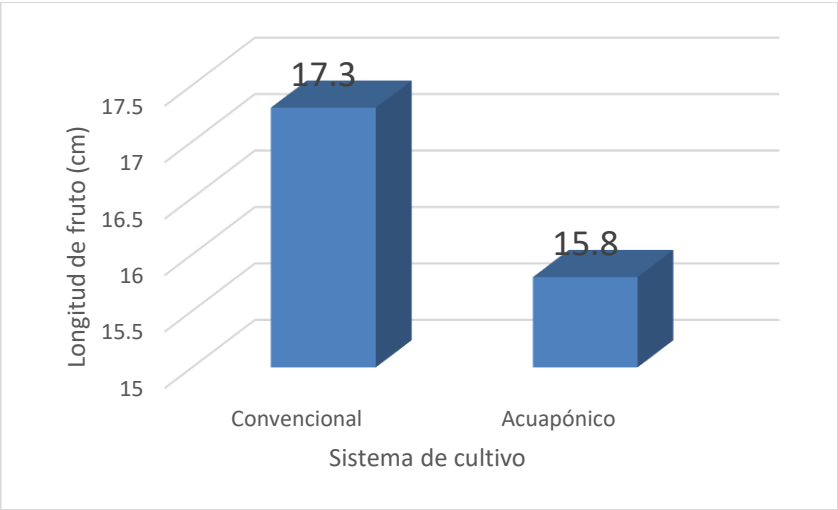


Figura 14. Longitud de frutos de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 22 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra, a los 46 días del trasplante.

Tabla 22. Longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Longitud de fruto (cm)
1	30 x 30 cm	15,9 a
2	60 x 30 cm	17,2 a

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

La tabla 22 muestra que, a los 46 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en la longitud de frutos de pepino en las dos densidades de siembra, como se muestra en la siguiente figura.

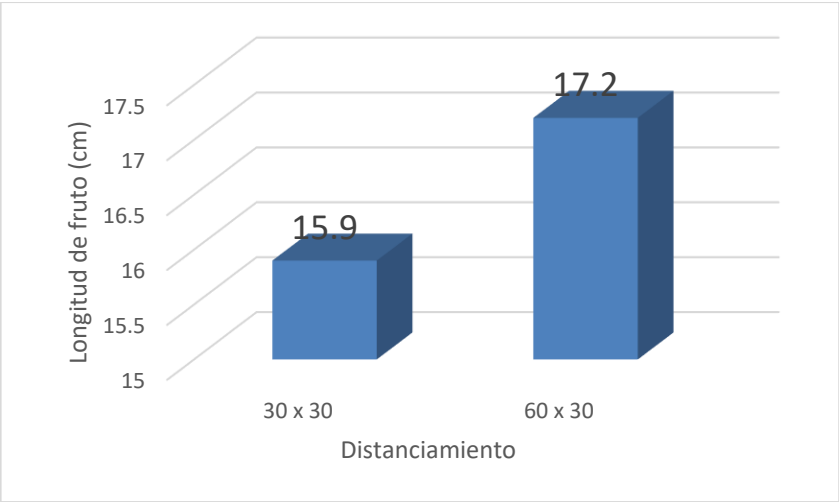


Figura 15. Longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra.

4.2.4. Diámetro de fruto

La tabla 23 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del diámetro de frutos de pepino en los sistemas de cultivo, a los 46 días del trasplante.

Tabla 23. Diámetro de fruto de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Diámetro de fruto (mm)
1	Convencional	51,3 a
2	Acuapónico	49,1 b

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

La tabla 23 muestra que, a los 46 días del trasplante, se observan diferencias significativas en el diámetro de fruto de pepino en los sistemas de cultivo, en los cuales, los futos de pepino del sistema convencional presentan mayor diámetro en comparación con los frutos de pepino del sistema acuapónico, como se muestra en la siguiente figura.

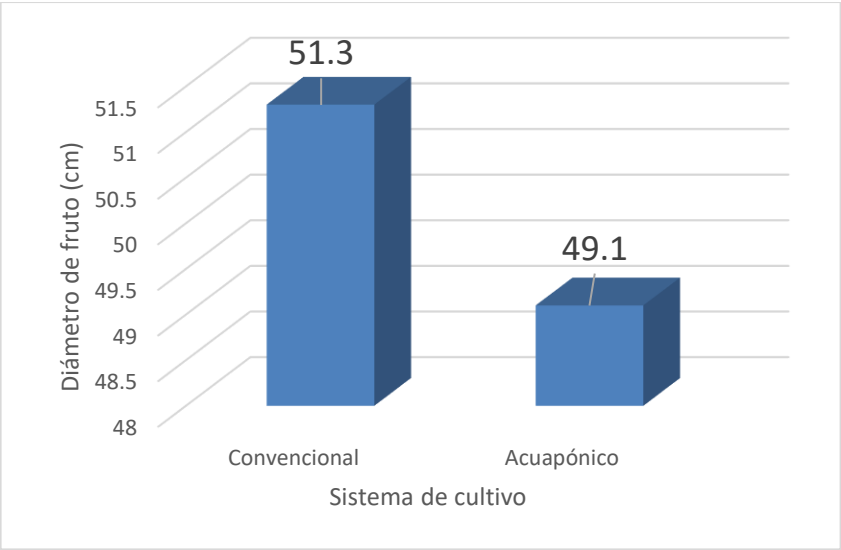


Figura 16. Diámetro de frutos de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 24 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra, a los 46 días del trasplante.

Tabla 24. Longitud de frutos de pepino en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Diámetro de fruto (mm)
1	30 x 30 cm	50 a
2	60 x 30 cm	50,4 a

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

La tabla 24 muestra que, a los 46 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en la longitud de frutos de pepino en las dos densidades de siembra, como se muestra en la siguiente figura.

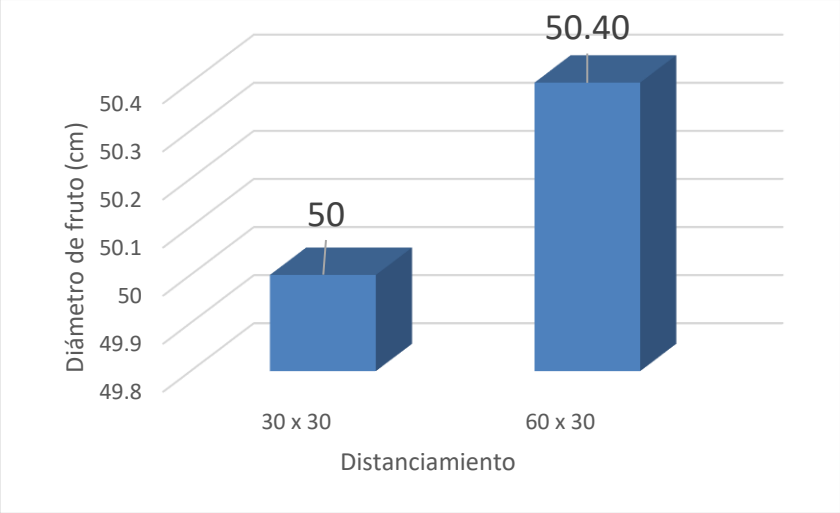


Figura 17. Diámetro de frutos de pepino en las densidades de siembra.

La tabla 25 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra, al trasplante, a los 46 días del trasplante, para el numero de frutos por planta, peso, longitud y diámetro de fruto de pepino.

Tabla 25. Número de frutos por planta, peso, longitud y diámetro de fruto de pepino de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra.

Factor 1	Factor 2	Número de frutos	Peso de frutos (g)	Longitud de fruto (cm)	Diámetro de fruto (mm)
Convencional	30 x 30 cm	2,6	230,9	16,9	52,5
Convencional	60 x 30 cm	3	249,2	17,8	50,2
Acuaponico	30 x 30 cm	2	173,2	14,9	47,6
Acuaponico	60 x 30 cm	2	223,7	16,7	50,6

La tabla 25 muestra que, a los 46 días del trasplante, se produjo mayor número de frutos por planta, mayor peso de fruto, y mayor longitud de fruto en el sistema convencional a un distanciamiento de siembra de 60 x 30 cm,

asimismo, se logró mayor diámetro de fruto en el sistema convencional a un distanciamiento de siembra de 30 x 30 cm.

4.2.5. Peso de fruto por planta

La tabla 26 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del peso de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo, a los 120 días del trasplante.

Tabla 26. Peso de fruto por planta de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Peso de frutos por planta (kg)
1	Convencional	0,636 a
2	Acuapónico	0,423 b

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

La tabla 26 muestra que, a los 120 días del trasplante, se observan diferencias significativas en el peso de fruto por planta de pepino en los sistemas de cultivo, en los cuales, el sistema convencional presenta mayor peso de futos por planta de pepino en comparación con peso de futos por planta de pepino del sistema acuapónico, como se muestra en la siguiente figura.

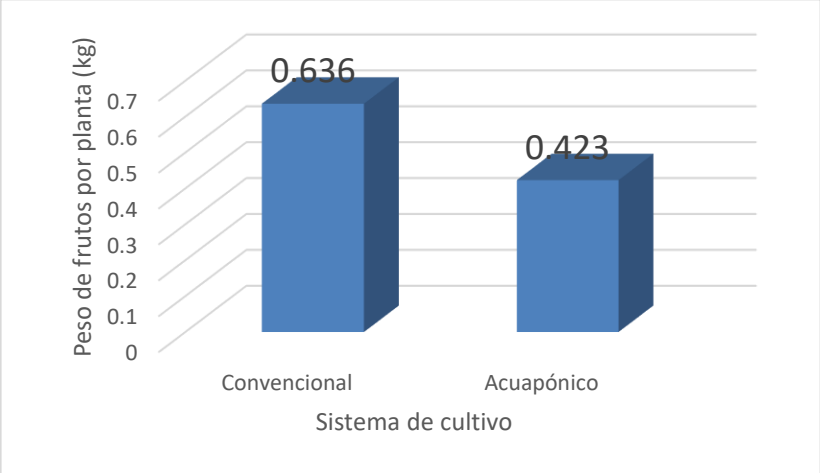


Figura 18. Peso de frutos por planta de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 27 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, del peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra, a los 120 días del trasplante.

Tabla 27. Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Peso de frutos por planta (kg)
1	30 x 30	0,477 a
2	60 x 30	0,582 a

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

La tabla 27 muestra que, a los 120 días del trasplante, no se observaron diferencias significativas en el diámetro de frutos de pepino en las dos densidades de siembra, como se muestra en la siguiente figura.

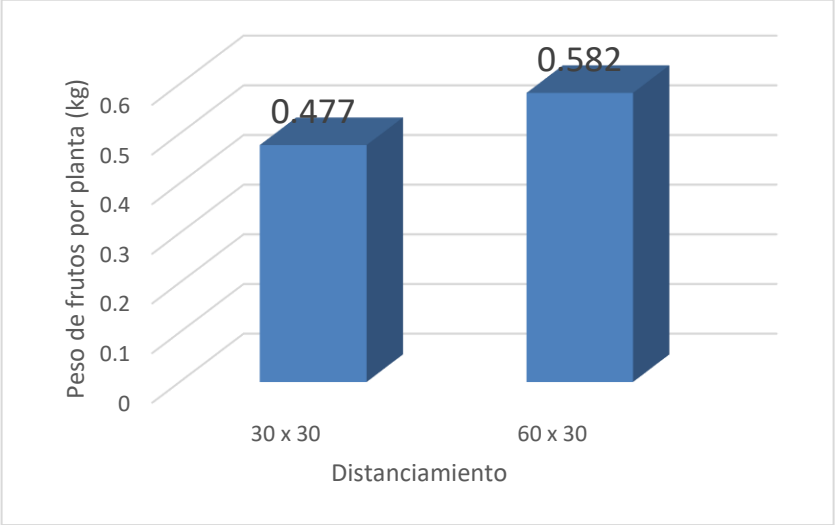


Figura 19. Peso de frutos por planta de pepino en las densidades de siembra.

4.2.6. Rendimiento por hectárea

La tabla 28 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, para el rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo, a los 120 días del trasplante.

Tabla 28. Rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (ton/ha)
1	Convencional	51,877 a
2	Acuapónico	33,563 b

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

La tabla 28 muestra que, a los 120 días del trasplante, se observan diferencias significativas en el rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo, en los cuales, el sistema convencional presenta rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en comparación con el rendimiento por hectárea de las plantas de pepino del sistema acuapónico, como se muestra en la siguiente figura.

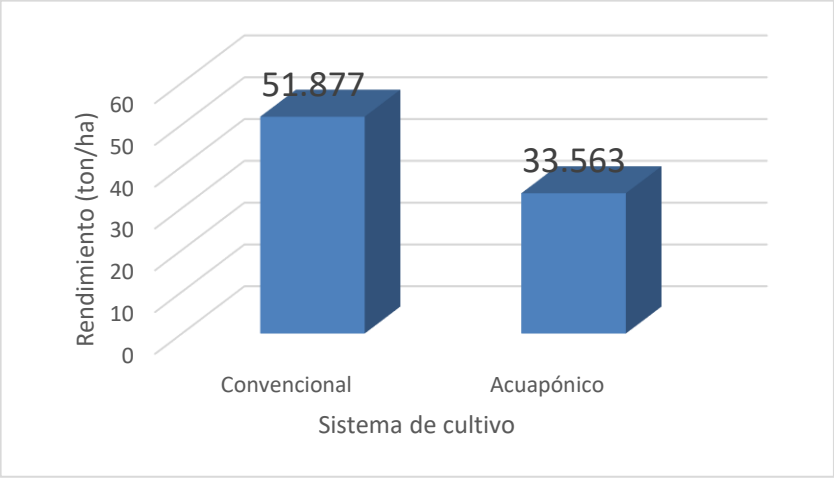


Figura 20. Rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en los sistemas de cultivo.

La tabla 29 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, para el rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en las densidades de siembra, a los 120 días del trasplante.

Tabla 29. Rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en las densidades de siembra.

Tratamiento	Descripción	Rendimiento (ton/ha)
1	30 x 30	53,105 a
2	60 x 30	32,335 b

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

La tabla 29 muestra que, a los 120 días del trasplante, se observan diferencias significativas en el rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en las densidades de siembra, en los cuales, la densidad de 30 x 30 cm presento mayor rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en comparación con la densidad de 60 x 30 cm de las plantas de pepino, como se muestra en la siguiente figura.

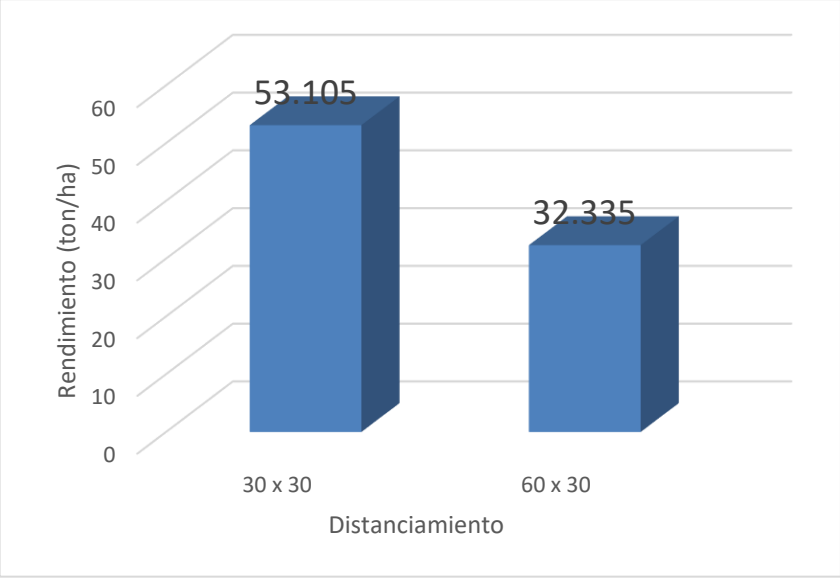


Figura 21. Rendimiento por hectárea de las plantas de pepino en las densidades de siembra.

La tabla 30 muestra los resultados del análisis de promedios de Tukey, de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra, para el peso de frutos por planta y rendimiento por hectárea de las plantas de pepino.

Tabla 30. Peso de frutos por planta y rendimiento por hectárea de las plantas de pepino de la interacción entre los sistemas de cultivo y las densidades de siembra.

Factor 1	Factor 2	Peso de frutos por planta (kg)	Rendimiento (ton/ha)
Convencional	30 x 30 cm	0,594	66,049
Convencional	60 x 30 cm	0,678	37,704
Acuaponico	30 x 30 cm	0,361	40,160
Acuaponico	60 x 30 cm	0,485	26,964

La tabla 30 muestra que, a los 120 días del trasplante, se produjo mayor peso de frutos por planta en el sistema convencional, a un distanciamiento de siembra de 60 x 30 cm, asimismo, se logró mayores rendimientos por hectárea de las plantas de pepino en el sistema convencional, a un distanciamiento de siembra de 30 x 30 cm.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Crecimiento

Al respecto, Aparecida et al. (2005) indica que, la acuaponía es un sistema de producción cíclico y sustentable, en el cual no se necesita el suelo, obteniéndose productos vegetal y animal al mismo tiempo. Se caracterizan por el cultivo de los vegetales en camas hidropónicas, las cuales son regadas con el agua del estanque de los peces, mediante bombas. El ciclo del nitrógeno fundamenta el sistema, ya que los residuos generados por los peces se asimilan como nitratos, los mismos que son absorbidos por las plantas, y aprovechados en su proceso de desarrollo vegetativo. Este proceso de trasformación es mediado por bacterias de los géneros Nitrosomonas y Nitrobacter, las mismas que forman parte del ciclo del nitrógeno. El amoniaco liberado por la excreta de los peces en el agua, son trasformados por las Nitrosomonas en nitritos, y las Nitrobacter son las encargadas de transformar el nitrito en nitratos, siendo los nitratos los elementos químicos absorbibles por las plantas, para ser incorporados a las células, para ser utilizadas en la síntesis de proteínas, traduciéndose en el desarrollo vegetativo. Las plantas actuan como filtro biológico en el sistema, ya que absorben los nutrientes disueltos en el agua, y esta regresa a los tanques de crianza de peces, limpia. Asimismo, el agua es fundamental en el correcto funcionamiento del sistema acuapónico, siendo el oxígeno disuelto, un factor clave, el mismo que debe estar por encima de 3 mg/L, siendo optimo una concentración igual o mayor a 5 mg/L, ya que escasas concentraciones de oxigeno disuelto afectaran la nitrificación, reduciendo el desarrollo vegetativo de la planta y provocando toxicidad a los peces. Se deben de evitar los cambios bruscos de temperatura. El pH debe ser entre 7,2 a 7,8 ya que la alteración del pH puede afectar el proceso de nitrificación (Martínez, 2013).

Sin embargo, los análisis de suelos realizados en el sistema convencional muestra mayor concentración de fósforo en comparación con el agua de los tanques de cultivo de peces y mayor a lo informado por Hernandez (2017) en la tabla 1, asimismo, el magnesio y potasio presentan mayor concentración en suelo en comparación con el agua de los tanques de cultivo de peces, sin embargo, es menor en cuanto al magnesio y mayor en cuanto al potasio a lo informado por Hernandez (2017). Asimismo, las concentraciones de calcio y sodio son mayores en comparación a lo encontrado en el suelo, sin embargo, son inferiores a las concentraciones informadas por Hernandez (2017). En cuanto al Nitrato y Amonio, las concentraciones en el agua de los tanques de cultivo de peces fueron de 0,2 mg/l y 0,25 mg/l respectivamente, los cuales son inferiores a lo informado por Hernandez (2017) quien indica que, para Nitrato y Amonio, las concentraciones son de 127 mg/l y 1.33 mg/l respectivamente. Por consiguiente, la concentración de nutrientes del sistema convencional en comparación con el agua de los tanques de cultivo de peces fue mayor en algunos elementos y menores otros elementos otros, demostrándose que, en las primeras evaluaciones, no se mostraron diferencias significativas en los sistemas de cultivo y los distanciamientos, salvo en la ultima evaluación, en la cual se diferencia el sistema convencional sobre el sistema acuapónico.

5.2. Rendimiento

Al respecto, Colque (2018) afirma que, en un sistema de acuaponía, el amoniaco (NH_3), generado como elemento de desecho del metabolismo de las proteínas que realizan los peces es transformado en nitrato (NO_{3-}) por la acción de las bacterias nitrificantes, y bajo esta forma, el nitrato pueda ser aprovechado por las plantas, de tal manera que las plantas se trasnforman en sistemas de filtración del agua, aprovechando los compuestos nitrogenados y los desechos, optimiando la calidad del agua para los peces. Ronso et al. (2015) evaluaron tres sistemas de producción aplicados a tres especies de vegetales (arúgula (*Eruca vesicaria*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y tomate

(*Solanum lycopersicum*)), asociadas al cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), determinando su adaptación y eficiencia productiva, concluyendo que, para el crecimiento de las tres variedades de plantas, tanto en el Sistema acuapónico con sustrato poroso e inerte, como el Sistema acuapónico con lluvia sólida como sustrato de fijación, fueron eficientes, y de manera particular en el Sistema acuapónico con sustrato poroso e inerte, se tuvieron las plantas de arúgula y tomate con excelente crecimiento, aunque no diferente significativamente entre tratamientos, mientras que las plantas de cilantro cultivadas en el Sistema acuapónico con lluvia sólida como sustrato de fijación tuvieron el mejor crecimiento, sin embargo, las tres variedades de plantas en el Sistema acuaaeropónico presentaron la menor supervivencia y crecimiento. Cordova y Navarro (2022) evaluaron el efecto de la densidad de carga de alevinos de *O. niloticus*, en el crecimiento y producción de *B. vulgaris* en sistemas acuapónicos NFT, en la Universidad Nacional del Santa (Ancash - Perú), con una densidad de 8 plantas por cada sistema, y cultivos acuícolas a diferentes densidades para tres tratamientos: 375, 635 y 875 peces/m^2 y un control (125 pces/m^2). Después de 45 dias de cultivo, los resultados mostrados fue que el tratamiento 2: 635 peces/m^2, el que obtuvo el mejor crecimiento de los vegetales, tanto en talla (42,3 cm) y peso (398,3 g) además presentó un porcentaje de supervivencia 73%. Huarilloclla (2022), estudio la eficiencia del agua de la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para el cultivo de Albahaca (*Ocimum basilicum*) en sistemas acuapónicos, con tres tratamientos (T1 = con 2 plantas, T2 = con 4 plantas y T3 = con 6 plantas), determinándose que, el T1 obtuvo mayor desarrollo vegetativo, con un tamaño de tallo de 14.4 cm, tamaño de la raíz 8.1cm, peso de 6.1 gramos y el número de hojas de 33. En tanto, Alcarraz et al. (2018), evaluaron el rendimiento, concentración de nitrato, y calidad microbiológica en lechugas (*Lactuca sativa* L.) en un sistemas acuapónico y en un sistema hidropónico, determinando la ganancia de masa fresca y el factor de conversión alimentaria de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), determinándose que, el rendimiento de masa fresca de lechugas acuapónicas fue un 6,73% superior al de lechugas hidropónicas,

siendo las lechugas acuapónicas las que mostraron menores concentraciones de nitratos en comparación con las lechugas hidropónicas, no encontrándose diferencias en la calidad microbiológica y funcional en los dos sistemas. Las truchas arco iris criadas en el sistema acuapónico, iniciaron con una masa fresca promedio de 27,1±0,8 g, incrementando en 13,6 g durante el experimento, logrando un factor de conversión alimenticia de 0,74, demostrándose que el sistema acuapónico es una alternativa sustentable de producción de lechugas y truchas arco iris. Por su parte, Martinez et al., (2021) compararon dos sistemas de cultivo (acuapónico y testigo) para determinar el mejor rendimiento productivo Dentro de los resultados obtenidos en ambos tratamientos fue una sobrevivencia del 100%. El peso acumulado al final para el sistema acuapónico fue de 54.73 y para el testigo fue de 44.13. Al culminar el experimento, el sistema acuapónico alcanzo mayor rendimiento productivo, con un total de 8480 kg/ha y para el testigo 7945 kg/ha. Estas investigaciones, corroboran las bondades del sistema acuapónico y su capacidad productiva tanto en los peces como en los vegetales cultivados en el, sin embargo, en el presente estudio, el sistema convencional logro los mejores promedios en cuanto al numero, longitud y diámetro de frutos, debido al mejor contenido de nutrientes en el suelo en comparación con los nutrientes disueltos en el agua de los tanques de crianza de peces que son regados en las camas de cultivo.

Al respecto, Ortiz et al., (2015), al evaluar el crecimiento de plantas de apio (*Apium graveolens*) y acelga *(Beta vulgaris*) cultivadas en un sistema acuapónico, bajo dos densidades de cultivo, con peces japoneses dorados (*Carassius auratus*), demostraron que, la densidad de siembra influye en el la altura y peso de las hortalizas cultivadas en acuaponía, en vista que se lograron mayor altura y peso en las camas hidropónicas con 8 plantas en comparación a las de 10. Asimismo, Colque (2018) estudio el efecto de las densidades (D1 = 15 cm, D2 = 20cm, D3 = 25 cm) en plantas de lechuga, demostrándose que, el valor de peso de plantas vario de 21.40 a 29.33 g. Las plantas que presentaron mayor peso por planta correspondieron a la distancia entre plantas de 20 cm (D2), y las plantas evaluadas en distancia entre plantas

de 15 y 25 cm, fueron las que menor peso de plantas presentaron, lo cual afirma los resultados obtenidos en el presente estudio, ya que, el mejor peso de frutos total por planta y el mayor rendimiento por hectarea se obtuvieron en el sistema convencional, superando al sistema acuaponico y al mismo tiempo, el mayor rendimiento por hectarea se obtuvieron en la densidad de 30 x 30 cm, ya que, esta densidad de siembre supone, mayor numero de plantas por hectarea, aumentando por ende el rendimimiento por hectarea. Sin embargo, hay aspectos dentro del proceso productivo en un sistema acuapónico que deben tenerse en cuenta, estos aspectos son explicados por Pérez-Rostro et al. (2013), quien afirma que, la necesidad creciente de alimento de alta calidad para satisfacer la necesidad de una población en continuo crecimiento, requiere la implementación de tecnologías intensivas de produccion, lo cual, conduce a la aplicación de políticas sustentable en el sector productivo, en el cual se pueden incorporar tecnologías de reciclado de agua y aprovechamiento de los nutrientes nitrogenados, en un sistemas de producción acuapónico. Asimismo, García y Rodríguez (2012), quienes indican que, la acuaponía es una práctica sustentable y económicamente redituable, ya que, en un mismo espacio se pueden obtener diferentes productos (Basualdo et al., 2012), los cuales, en comparación con los cultivos convencionales, no requieren de fertilizantes para mejorar el crecimiento, y por tanto muestra un mínimo impacto ambiental, evitando daños permanentes ni bio acumulación en el ecosistema. Sobre el mismo tema, Diver (2000) afirma que, la acuaponía muestra varias ventajas sobre los sistemas convencionales, como: la reducción de la cantidad de nitrógeno peligroso en los efluentes, los costos de operación por acarreo de agua, además produce vegetales de alto valor pudiendolos considerar como “productos orgánicos”, ya que para su producción se excluyo el uso de plaguicidas y fertilizantes, mejorando la eco eficiencia en el uso de recursos, la sanidad e inocuidad alimentaria. Por consiguiente, el cultivo de pepino en un sistema acuapónico puede tener limitaciones en cuanto al contenidos de nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, sin embargo, tiene bondades que son valiosas como

productos organicos, ecoamigables con los recusros utilizados y el ecosistema.

Respecto a la concentración de oxigeno disuelto, se reconoce que el nivel de ogixeno disuelto en el agua es un factor clave para garantizar la salud y supervivion de los peces. La cantidad adecuada de este gas depende tanto de la especie como de las condiciones ambientales. Para favorecer una alimentación y un crecimiento óptimo, se recomienda mantener una saturación de oxigeno disuelto del 80% (HANNA Instruments, 2024). Una población saludable de peces requiere un mínimo de 4 a 5 ppm de oxígeno disuelto, aunque en condiciones ideales el promedio es de aproximadamente 9 ppm (SINIA, S.F.). Cuando las concentraciones bajan de 3 ppm, pueden ser perjudiciales, mientras que niveles inferiores a 2 ppm suelen ser letales para la mayoría de las especies acuáticas (Universidad Complutense de Madrid, 2015), coincidiendo con las concentraciones de oxigeno disuelto registrados en los tanques de crianza de peces en los cuales las concentraciones se encuentran en rangos de 4 a 3 ppm de OD.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos propuestos, se concluye:

- Se determinó el comportamiento productivo de pepino (*Cucumis sativus*) bajo dos densidades de siembra (30 x 30 cm y 60 x 30 cm) en un sistema acuapónico y convencional en Yarinacocha.

- En cuanto al comportamiento productivo de pepino *(Cucumis sativus)* bajo dos densidades de siembra en un sistema acuapónico, no se observan diferencias significativas para las variables diámetro de tallo, número de hojas por planta, número de frutos por planta y peso de fruto, en ninguna de las densidades de siembra, sin embargo, en el díametro de fruto, las plantas de pepino cultivadas en el sistema acuapónico lograron mayores promedios, no observándose diferencias significativas en las densidades de siembra.

- En cuanto al comportamiento productivo de pepino *(Cucumis sativus)* bajo dos densidades de siembra en un sistema convencional en Yarinacocha, no se observan diferencias significativas para las variables diámetro de tallo, número de hojas por planta, número de frutos por planta y peso de fruto, en ninguna de las densidades de siembra, sin embargo, el sistema convencional logro los mejores promedios en cuanto a la altura de planta, longitud de fruto, peso de frutos por planta y rendimiento por hectárea, no observándose diferencias significativas en las densidades de siembra, excepto el rendimiento por hectárea, en los cuales la densidad de 30 x 30 cm mostró diferencias significativas con respecto a la densidad de de 60 x 30 cm.

RECOMENDACIONES

- Evaluar densidades de siembra menores a 30x30 cm en un sistema acuapónico, con el fin de optimizar el espacio entre plantas y mejorar el aprovechamiento de nutrientes para incrementar el rendimiento por hectárea

- se recomienda realizar nuevas investigaciones empleando abono orgánico, abonos foliares como es el humus liquidos en el sistema acuapónico y convencional

- Se recomienda investigar siembras directas en el sistema acuapónico y convencional para evitar que la plántula sufra estrés al repicar del almacigo al campo definitivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcarraz Quispe, E. W., Tapia Figueras, M. L., Bustamante Pezoa, A., Tapia Laguna, O., Wacyk Gonzales, J., & Escalona Contreras, V. H. (2018). Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. In *Anales científicos* (Vol. 79, No. 1, pp. 101-110). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Amirkolaie, A. K. (2008). Environmental impact of nutrient discharged by aquaculture waste water the Haraz river. En: Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Vol 3 (2008); p275–279.

Aparecida, A.M., Marques, M.H. & Silva, H.A. (2005). Comparative growth perfomance of two Nile tilapia (Chitralada and Red-Stirling), their crosses and the Israeli tetra hybrid ND-55. Aquaculture Research. 36: 1049-1055.

Barraza Álvarez. F.V. (2015). Calidad morfológica y fisiológica de pepinos cultivados en diferentes concentraciones nutrimentales. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 9 - No. 1 - pp. 60-71, enero-junio 2015. Doi: http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3746

Basualdo Ramírez L.J., Jiménez Guzmán F., Jiménez Saavedra A.C., Macal Niño F.J., Mendoza Quintero M.E.A., Montaño Aguilar D.M.Á., Urcelay Gutiérrez, E. (2012). Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México. 178 pp.

Bocco, M., Sayago, S., Violini, S., Willington, E. (2015). Modelos simples para estimar rendimiento de cultivos agrícolas a partir de imágenes satelitales: una herramienta para la planificación. STS 2015, 2º Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad.

Calero, I. (2015). Productividad de tomate en miniatura variedad ceratiforme bajo producción orgánica en invernadero en el valle de mala. Programa de Hortalizas Universidad Nacional Agraria La Molina Lima Perú.

Candarle, P. (S.f.). Técnicas de Acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo Acuícola (CENADAC), Dirección de Acuicultura. Disponible en: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/_archivos/000000_Informaci%C3%B3n%20y%20noticias%20vinculadas%20al%20sector/160831_T%C3%A9cnicas%20de%20Acuaponia.pdf

Centa (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). (2008). Guía técnica. Colombia: 2da edición

Centeno, P. D. G., Rodríguez, M. M. D. C. D., & Barán, P. J. L. (2018). Productividad de ocho especies de plantas culinarias populares en Guatemala en un sistema acuapónico con tilapia nilótica.

Chacón Padilla, K., Monge Pérez, J. (2020). Producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo invernadero: comparación entre tipos de pepino. Tecnología en Marcha. Vol. 33-1. EneroMarzo 2020. Pág 17-35. https://doi.org/10.18845/tm.v33i1.5018

Cifuentes, A. A., Leguizamón, A. K., Zambrano, J. A., Landines, M. A. (2023). Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura. Rev Med Vet Zoot. 70(3) septiembre-diciembre 2023: e107673 2 de 13. https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107673

Córdova Peralta, Z. P., & Navarro Centurion, G. M. (2022). Efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevines de Oreochromis niloticus y en la producción de Beta vulgaris en sistema acuapónico NFT. Tesis para optar el título de Biólogo Acuicultor. Universidad Nacional Del Santa. Facultad de Ciencias. Escuela Profesional de Biología en Acuicultura. Nuevo Chimbote, Perú.

Dediu, L., Cristea, V., Docan, A., Vasilean, I. (2011). Evaluation of condition and technological performance of hybrid bester reared in standrad and aquaponic system. En: AACL Bioflux. Vol. 4, No 4 (2011); p490-498.

Diver, S. (2000). Aquaponics. Integration Of Hydroponic With Aquaculture. Horticulture System Guide. National Center For Appropiate Technology. Transfer for Rural Areas, Usa. 37 Pp.

Enciclopedia de la Agricultura. (2006). Guía para el cultivo y aprovechamiento de la producción. Barcelona – España: Editorial Océano Centrum.

Endut, A., Jusoh, A., ALI, N., Wan Nik, W. B., Hassan, A. A. (2010). Study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. En: Bioresource Technology. Vol. 101, No. 5 (2010); p1511-1517.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2010). The State of World Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries Department, Rome. 5p.

Fundación Hogares Juveniles Campesinos. (2006). MANUAL AGROPECUARIO (Vol. I). Bógota, Colombia: Quebecor World Bógota, S.A.

García, E. (2007). Modulo Agrícola I UTEQ. Unidad de Estudios a Distancia, Módulo de horticultura. Quevedo: UTEQ.

García, P.S. (2001). Mitigación del impacto ambiental que generan los residuales sólidos del beneficio de café a partir de la producción de abono orgánico. Guantánamo, Cuba. pp. 13.

Garcia Castillo, G. A., Pérez Peñaloza, D.R. (2019). Sistema acuaponico como alternativa sustentable para la agricultura y la piscicultura actual. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d375ddf9-792f-4372-882e-b49adf023c16/content

Graber, A.J. (2009). Aquaponics systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Aquaculture Innovations, 246,147–156.

Hernández Zambrano, L.P. (2017). Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación

en el cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus*) y Lechuga Crespa (*Lactuca sativa*). Tesis para optar al título de: Magíster en Ingeniería Automatización Industrial. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Bogotá DC, Colombia. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/62310/1/1057592154.2018.pdf

Hirzel, J. (2008). Diagnostico nutricional y principios de fertilización en frutas y vides. Libros INIA-24.

Huarilloclla Taipe, R. (2022). Agua de la crianza de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) para el cultivo de Albahaca (*Ocimum basilicum*) en sistemas acuapónicos. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Lima, Perú.

Infoagro. (2014). Hortalizas/Cultivo de pepino. www.infoagro.com/vegetales/pepino.htm: 16 de enero 2015.

INFOAGRO. (2001). El cultivo del pepino http://.infoagro. com/hortalizas/pepino.asp.

Lennard, W. A., Leonard, B. V. (2006). A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. En: Aquaculture International. Vol 14 (2006); p539-550.

López Jaime, J.A. (2019). Cultivo acuapónico. Guía especializada. Aula del Mar. DIKA estudio creativo S.L.U.

Lorente, J. (2007). Biblioteca de la agrícultura. Barcelona, España: I. Gráficas Márlol, S.L.

Losordo, T. M., Masser, M. P., and Rakocy, J. (1998). Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: An Overview of Critical Considerations. En:

Southern Regional Aquaculture Center (SRAC) publication. No. 451; (1998); p1-6.

Maicua Nuninga, L., Chuyma Tomaylla, M.M., Oliva Paredes, R.J., Villegas Panduro, P.P., Zumaeta Sangama De Villegas, D.P. (2022). Comportamiento productivo de *Apium graveolens* en un cultivo acuapónico y convencional – Yarinacocha. *Investigación Universitaria UNU*, *12*(2), 836-847.

Majid, M., Khan, J.N., Ahmad, S.Q.M., Masoodi, K.Z., Afroza, B., Parvaze, S. (2021). Evaluation of hydroponic systems for the cultivation of Lettuce (*Lactuca sativa* L., var. Longifolia) and comparison with protected soil-based cultivation. Agricultural Water Management. 245. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106572

Maroto, J. (2011). Horticultura Herbácea. Ediciones Mundiprensa. 3era edición. Madrid – España.

Martins, C.I.M., Pistrin, M.G., Ende, S.S.W., Eding, E.H., Verreth, J.A.J. (2009). The accumulation of substances in recirculating aquaculture systems (RAS) affect s embryonic and larval development in common carp Cyprinus carpio. En: Aquaculture Vol. 291 (2009); p65–73.

Martínez, Y.R. (2013). La acuaponía como una alternativa de producción agropecuaria sostenible ¿Una oportunidad para tener una casa? Revista de Divulgación Científica de Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria. 2(5): 18-21.

Martínez Zamora, E. M., & Valle Zúniga, K. B. (2021). Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (*Oreochromis* sp). Un sistema Acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de febrero a abril 2021. Monografía de tesis para optar al grado de Ingeniero Acuícola. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Escuela de Ciencias Agrarias y Veterinarias. Departamento de Acuícola Ingeniería Acuícola.

Mateus, J. (2009). Acuaponía: hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos. En: RED hidroponía. Boletín No. 44 (2009); p7-10.

Municipalidad Provincial de Coronel Portillo (2017). Actualización del plan de desarrollo urbano de Coroenl Portillo incluye distritos conurbanos de Calleria, Yarinacocha y Manantay 2017 – 2027.

Muñoz, G. M. E. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. Revista Informador Técnico. 76, 123-129. https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/36/41

Muñoz Gutiérrez, M.E. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. Informador Técnico. Edición 76. Enero-diciembre 2012. pp. 123-129. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4364577.pdf

Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. En: Nature. Vol 405 (2000); p1017–1024.

Nelson, R.L. (2007). Acuaponía. Nelson/Pade Multimedia. Montillo, WI. USA

Nelson, L.R. (2008). Aquaponics food production. Raising fish and profit. First Edition. Virgen Islands.Nelson and Pade, Inc., 2008. 218p. ISBN 978-0-977969616

Ochoa, G. y Oballes, S. (2006). Diccionario de los Suelos. Desarrollo de cultivos. Merida: Universidad de los Andes

Off, S. (2010). Manual de cultivos de hortalizas y flores, Omega Toluca de Lerdo, México.

Ortiz Cortés, L. Y., Yaret, L., Martínez Yañez, A. Del R. (2015). Crecimiento de hortalizas en sistemas acuapónicos. Jóvenes en la ciencia. Vol. 1 no. 2, Verano de la Investigación Científica, 2015.

Pérez, A., Bejarano, J., Barragán, J. (2013). Sistema de Instrumentación para la Medición de la Temperatura, pH y Oxígeno Disuelto presentes en la

Piscicultura bajo Condiciones de Estanque Artificial. Scientia Et Technica, 18, 401–408.

Pérez Rostro C.I., Hernández Vergara M.P., Amaro Espejo I.A. (2013). Acuaponia, bases y alternativas. Biotecnología para una acuacultura sustentable. Editorial Académica Española. 116 pp.

Rakocy, J. (2007). Aquaponics: integrating fish and plant culture. En: Timmons MB, Ebeling JM. Recirculating aquaculture. Cayuga Aqua Ventures. Capítulo 19. 2007. 975p. ISBN 978-0971264625

Ramírez, D., Sabogal, D., Gómez, E., Rodríguez, D., Hurtado, H. (2009). Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico Goldfish- Lechuga. En: Revista facultad de ciencias básicas. Vol. 5, No. 1 (2009); p.154-170.

Reza, H. (2013). Comparison of the vegetative growth, ecophysiological characteristics and mineral nutrient content of basil. Jorunal of plant nutrition, University of Rafsanjan.

Rivara, G. (2000). Small scale aquaculture: Aquaponics. Breinigsville. Alternative aquaculture association, Inc. 2000. 189p.

Rodríguez, N. A. (2006). Las granjas urbanas en la agricultura cubana. Revista Agricultura Orgánica, 2, 7- 9. http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_ao_95-2010/Rev%202006-2/06- Granjas%20Urbanas.pd

Roosta, H. R., Hamidpour, (2011). Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. En: Scientia Horticulturae. Vol. 129, No. 3 (2011); p396-402.

Ronzón Ortega, M., Hernández Vergara, M. P., PérezRostro, C. I. (2015). Producción acuapónica de tres hortalizas en sistemas asociados al cultivo semi intensivo de tilapia gris (Oreochromis niloticus). *Agroproductividad*, *8*(3), 26-32.

Seminis. (2018). Producción y exportación del pepino cultivado en México. Retrieved from Bayer website: https://www.seminis.mx/produccion-yexportacion-del-pepino-cultivado-en-mexico/.

Shnel, N., Barak, Y., Ezer, T., Dafni, Z. Rijn, J. (2002). Design and performance of a zerodischarge tilapia recirculating system. Aquaculture Engineering, 26(3): 191 - 203.

Tacon, A., Forster, I. (2003). Aquafeeds and the environment: policy implications. En: Aquaculture. Vol 226 (2003); p181-189.

Tapia C. (2020). Rediseño de reactores acuapónicos unifamiliares para el autoconsumo. https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3090/1/TESIS%20Final%20corregida%20%20ACUAPONIA%20TAPIA%202018.pdf

Tyson, R.V., Simonne, E.H., White, J.M., & Lamb, E.M. (2004). Reconciling Water Quality Van Gorder S.D. 2000. Small scale aquaculture. The Alternative Aquaculture Association. Breinigsville, PA, USA

Ulloa, M., León, C., Hernández, F., Chávez, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. En: Avances en investigación agropecuaria. Vol. 9, No. 1 (2005); p1-5.

Valenzuela Antelo, A., Sandoval Villa, M., Almaraz Suárez, J. J., Alcántar González, G., & Bórquez López, R. (2023). Efecto de la granulometría del tezontle en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en acuaponía. Terra Latinoamericana, 41, 1-11. e1598. https://doi.org/10.28940/ terra.v41i0.1598

Walsh, P. J. (1998). Nitrogen excretion and metabolism. En: The physiology of fishes. Evans DH (Editor). CRC Press, Boca Ratón, Florida, USA. 1998. 199-214p.

Waris, M.H., Khan, A., Ahmad, F., Iqbal, M., Shoaib, M. & Ullah, Z. (2014). Screening of cucumber varieties against downy mildew *¿Pseudoperonospora cubensis*? and its chemical management. Pak. J. Phytopathology, 26(1), 21-24. file:///C:/Users/Manolita/AppData/Local/Temp/77-360-5-PB.pdf

Wongkiew, S., Hu, Z., Chandran, K., Lee, J., Khanal, S. (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. Aquacultural Engineering Journal, 76 , 9–19

ANEXOS

Tabla 31A. Altura de planta inicio.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	13.86750000	13.86750000	2.68	0.1405	ns
FAC2	**1**	**0.80083333**	**0.80083333**	0.15	0.7045	ns
FAC1*FAC2	1	80.60083333	80.60083333	15.55	0.0043	*
Error	8	41.4600000	5.1825000			
Total corregido	11	136.7291667				

C.V. = 11.8

Tabla 32A. Altura de planta a los 25 del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	69.6008333	69.6008333	4.27	0.0727	ns
FAC2	1	455.1008333	455.1008333	27.90	0.0007	**
FAC1*FAC2	1	404.8408333	404.8408333	24.82	0.0011	*
Error	8	130.480000	16.310000			
Total corregido	11	1060.022500				

C.V. = 4.8

Tabla 33A. Altura de planta a los 50 días del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	445.300833	445.300833	8.73	0.0183	*
FAC2	1	1887.520833	1887.520833	37.01	0.0003	**
FAC1*FAC2	1	882.367500	882.367500	17.30	0.0032	*
Error	8	407.953333	50.994167			
Total corregido	11	3623.142500				

C.V = 4.9

Tabla 34A. Altura de planta a los 75 días del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	602.0833333	602.0833333	7.67	0.0243	*
FAC2	1	274.5633333	274.5633333	3.50	0.0984	*
FAC1*FAC2	1	50.4300000	50.4300000	0.64	0.4461	ns
Error	8	628.293333	78.536667			
Total corregido	11	1555.370000				

C.V. = 4.3

Tabla 35A. Diametro de tallo inicio.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	0.48000000	0.48000000	0.87	0.3782	ns
FAC2	1	0.27000000	0.27000000	0.49	0.5040	ns
FAC1*FAC2	1	1.20333333	1.20333333	2.18	0.1779	ns
Error	8	4.41333333	0.55166667			
Total, corregido	11	6.36666667				

C.V. = 25.0

Tabla 36A. Diametro de tallo a los 25 del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	0.90750000	0.90750000	3.68	0.0914	Ns
FAC2	1	0.90750000	0.90750000	3.68	0.0914	Ns
FAC1*FAC2	1	0.14083333	0.14083333	0.57	0.4715	Ns
Error	8	1.97333333	0.24666667			
Total corregido	11	3.92916667				

C.V. = 11.1

Tabla 37. Diametro de tallo a los 50 del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	0.08333333	0.08333333	0.41	0.5383	Ns
FAC2	1	0.75000000	0.75000000	3.72	0.0899	ns
FAC1*FAC2	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000	ns
Error	8	1.61333333	0.20166667			
Total corregido	11	2.44666667				

C.V. = 7.2

Tabla 38A. Diametro de tallo a los 75 del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	0.75000000	0.75000000	4.25	0.0733	ns
FAC2	1	0.12000000	0.12000000	0.68	0.4337	ns
FAC1*FAC2	1	0.96333333	0.96333333	5.45	0.0478	*
Error	8	1.41333333	0.17666667			
Total corregido	11	3.24666667				

C.V. = 6

Tabla 39A. Numero de hojas inicio.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	0.75000000	0.75000000	4.50	0.0667	ns
FAC2	1	0.08333333	0.08333333	0.50	0.4996	ns
FAC1*FAC2	1	2.08333333	2.08333333	12.50	0.0077	*
Error	8	1.33333333	0.16666667			
Total corregido	11	4.25000000				

C.V. = 14.8

Tabla 40A. Numero de hojas a los 25 del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	0.00000000	0.00000000	0.00	1.0000	ns
FAC2	1	16.33333333	16.33333333	5.03	0.0553	ns
FAC1*FAC2	1	5.33333333	5.33333333	1.64	0.2361	Ns
Error	8	26.00000000	3.25000000			
Total corregido	11	47.66666667				

C.V. = 12.7

Tabla 41A. Numero de hojas a los 50 del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	30.08333333	30.08333333	1.62	0.2390	ns
FAC2	1	2.08333333	2.08333333	0.11	0.7464	ns
FAC1*FAC2	1	52.08333333	52.08333333	2.80	0.1326	ns
Error	8	148.6666667	18.5833333			
Total corregido	11	232.9166667				

C.V. = 19.9

Tabla 42A. Numero de hojas a los 75 del transplante.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	27.00000000	27.00000000	14.09	0.0056	*
FAC2	1	21.33333333	21.33333333	11.13	0.0103	*
FAC1*FAC2	1	33.33333333	33.33333333	17.39	0.0031	*
Error	8	15.33333333	1.91666667			
Total corregido	11	97.00000000				

C.V. = 4

Tabla 43A. Numero de frutos por planta.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	2.08333333	2.08333333	25.00	0.0011	*
FAC2	1	0.08333333	0.08333333	1.00	0.3466	ns
FAC1*FAC2	1	0.08333333	0.08333333	1.00	0.3466	ns
Error	8	0.66666667	0.08333333			
Total corregido	11	2.91666667				

C.V. = 11.9

Tabla 44A. Peso de fruto.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	5187.520833	5187.520833	5.00	0.0558	ns
FAC2	1	3553.520833	3553.520833	3.42	0.1014	ns
FAC1*FAC2	1	779.240833	779.240833	0.75	0.4115	ns
Error	8	8303.24667	1037.90583			
Total corregido	11	17823.52917				

C.V. = 14.6

Tabla 45A. Longitud de fruto.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	7.20750000	7.20750000	6.23	0.0372	*
FAC2	1	5.20083333	5.20083333	4.49	0.0669	ns
FAC1*FAC2	1	0.52083333	0.52083333	0.45	0.5212	ns
Error	8	9.26000000	1.15750000			
Total corregido	11	22.18916667				

C.V. = 6.4

Tabla 46A. Diámetro de fruto.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	15.41333333	15.41333333	11.71	0.0091	*
FAC2	1	0.48000000	0.48000000	0.36	0.5627	ns
FAC1*FAC2	1	20.80333333	20.80333333	15.80	0.0041	*
Error	8	10.53333333	1.31666667			
Total corregido	11	47.23000000				

C.V. = 2.2

Tabla 47A. Peso de frutos por planta.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	0.13629877	0.13629877	8.19	0.0211	*
FAC2	1	0.03250002	0.03250002	1.95	0.1998	ns
FAC1*FAC2	1	0.00117810	0.00117810	0.07	0.7969	ns
Error	8	0.13313992	0.01664249			
Total corregido	11	0.30311681				

C.V. = 24.3

Tabla 48A. Rendimiento por hectárea.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Sig.
FAC1	1	1006.244416	1006.244416	6.72	0.0320	*
FAC2	1	1294.220240	1294.220240	8.64	0.0187	*
FAC1*FAC2	1	172.096428	172.096428	1.15	0.3150	Ns
Error	8	1198.002340	149.750293			
Total corregido	11	3670.563425				

C.V. = 28.6



Figura 22A: preparación de cama convencionales



Figura 23A. Preparacion de las camas del sistema acuapónico.



Figura 24A. Preparacion del almacigo.



Figura 25A. Instalacionde semillas de pepino en el almacigo.



Figura 26A. Germinación de semillas de pepino en el almacigo.



Figura 27A. Transplante de plántulas de pepino a sistema convencional con dos densidades de siembra.



Figura 28A. Transplante de plántulas de pepino a sistema acuapónico con dos densidades de siembra.



Figura 29A. Instalación del tutorado para pepino en el sistema convencional en dos densidades de siembra.



Figura 30A. Instalación del tutorado para pepino en el sistema acuaponico en dos densidades de siembra.



Figura 31A. Control de plagas con aplicación de hongos entomopatógenos.



Figura 32. Plagas afectando las hojas de las plantas de pepino.



Figura 33A. Evaluación de variables de crecimiento y producción.



Figura 34A. Cosecha.



Figura 35A. Supervicion de jurados de tesis.