UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN EL DISTRITO DE YARINACOCHA.

Tesis para optar el título profesional de

INGENIERO AGRONÓMO

JACK ANTONY PANDURO SHUPINGAHUA

Pucallpa, Perú

2025

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

ANEXO 4

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos para estudiar y escuchar la sustentación de tesis, presentado por **JACK ANTONY PANDURO SHUPINGAHUA,** denominado "COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE TOMATE (Solanum lycopersicum L.) EN UN SISTEMA ACUAPONICO EN EL DISTRITO DE YARINACOCHA", para cumplir con el requisito académico o Título Profesional de **INGENIERO AGRONOMO**.

Teniendo en consideración los méritos del referido trabajo, así como los conocimientos demostrados por el sustentante lo declaramos; ....Unanimidad....., con el calificativo (*) .....Aprobado.....

En consecuencia, queda en condición de ser considerado Apto por el Consejo Universitario y recibir el título de **INGENIERO AGRONOMO**, de conformidad con lo estipulado en los Art. 3 y 6 del reglamento para el otorgamiento de grado académico de bachiller y título profesional de la Universidad Nacional de Ucayali.

Pucallpa, 20 de Agosto Del 2026.

Ing. Gustavo Horacio Celi Arévalo Dr.
Presidente

Ing. Raul Armando Pilco Panduro
Primer Miembro

Ing. Roger Vasquez Gómez Mg.
Segundo Miembro

Ing. Pablo Pedro Villegas Panduro Dr.
Asesor

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

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

ACTA DE APROBACION DE TESIS

Esta tesis fue sometida a consideración para su aprobación por el Jurado Evaluador de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Ucayali, integrado por los siguientes docentes:

Ing. Gustavo Horacio Celi Arévalo Dr. .....
Presidente

Ing. Raul Armando Pilco Panduro .....
Primer Miembro

Ing. Roger Vasquez Gómez Mg. .....
Segundo Miembro

Ing. Pablo Pedro Villegas Panduro Dr. .....
Asesor

Bach. JACK ANTONY PANDURO SHUPINGAHUA .....
Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TESIS

Nº **V/128-2026**.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que la Tesis titulada:

"**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE TRES VARIEDADES DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN EL DISTRITO DE YARINACOCHA**"

Autor(es)	:	**PANDURO SHUPINGAHUA, JACK ANTONY**
Facultad	:	**CIENCIAS AGROPECUARIAS**
Escuela	:	**AGRONOMÍA**
Asesor(a)	:	**Mg. VILLEGAS PANDURO, PABLO PEDRO**

Presenta un **porcentaje de similitud de 10%,** 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: "todo trabajo de investigación no debe superar el 10%". **En tal sentido, se declara, que la TESIS presenta un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia a solicitud del asesor.

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

Fecha: 03/03/2026

Dr. 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, Jack Antony Panduro Shupingahua

Autor de la tesis titulada : "Comportamiento productivo de tres variedades de tomate (Solanum lycopersicum) en un sistema acuaponico en el distrito de Yarinacocha"

Sustentada el año 2026

Asesor(a): Dr. Pabla Pedro Villegas Panduro

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: 20 / 08 / 2026

Email: jack.panduro22@gmail.com Firma:

Teléfono: 949007779 DNI: 71523261

www.repositorio.unu.edu.pe
repositorio@unu.edu.pe

DEDICATORIA

A Dios, por concederme la fortaleza, la sabiduría y la motivación necesarias para seguir adelante en este proceso, permitiéndome culminar satisfactoriamente mi carrera profesional.

A mi madre, Jullianita, por ser mi principal apoyo y guía en la vida, por su amor incondicional, por estar siempre a mi lado en cada etapa de este camino y por el cariño que me brinda día a día.

A mis abuelos, Willer y Hidermith, por su amor, sus consejos y su sabiduría, los cuales han sido fundamentales para formarme como la persona que soy hoy.

A mi tía Merita, por su constante motivación, por compartir sus conocimientos y por estar siempre presente con palabras de aliento y valiosos consejos que me impulsan a superarme cada día.

A mi tío Wilmer, por los momentos compartidos, por su cariño y por estar siempre presente como un amigo y un apoyo incondicional; aunque hoy ya no se encuentre físicamente con nosotros, su recuerdo y enseñanzas permanecen siempre en mi corazón.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de Ucayali, mi alma máter, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por contribuir de manera significativa a mi desarrollo académico y personal.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la carrera de Agronomía, por transmitir sus conocimientos y experiencias, y por desempeñar un rol fundamental en mi formación profesional.

Al Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe, por permitirme el acceso a sus instalaciones del sistema acuapónico, donde se llevó a cabo la presente investigación.

Al Ing. M.Sc. Pablo Pedro Villegas Panduro, por su valioso acompañamiento como asesor, mentor y guía de mi proyecto de investigación, por su permanente disposición y por sus acertadas orientaciones académicas.

Al Ing. M.Sc. Rogger Wagner Peña Pasmiño, por su amistad, apoyo constante y orientación durante toda la ejecución del proyecto de investigación, así como por compartir sus conocimientos, los cuales fueron esenciales para culminar con éxito este trabajo.

A mis amigos Andrés Nerio y José Manuel, por su apoyo incondicional, su amistad y por ser un respaldo permanente a lo largo de este proceso de investigación.

A mi tío Wilmer Shupingahua, por los momentos significativos compartidos y por estar siempre presente como “mi amigo”, aunque hoy ya no se encuentre físicamente entre nosotros.

Finalmente, a mi familia, por su respaldo incondicional, su apoyo constante en cada decisión tomada y por acompañarme en todo momento cuando más los necesité.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN x
ABSTRACT xi
ÍNDICE DE TABLAS xii
ÍNDICE DE FIGURAS xiv
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 2
1.1. Descripción y fundamentación del problema. 2
1.2. Formulación del problema 3
1.2.1. Problema general 3
1.2.2. Problemas específicos 3
1.3. Objetivos 4
1.3.1. Objetivo general 4
1.3.2. Objetivos específicos 4
1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis 4
1.4.1. Hipótesis general 4
1.4.2. Hipótesis específicas 4
1.5. Operacionalización de las variables 5
1.5.1. Variables independientes 5
1.5.2. Variables dependientes 5
1.6. Justificación e importancia 5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO 7
2.1. Antecedentes de la investigación. 7
2.1.1. Antecedentes internacionales. 7
2.1.2. Antecedentes nacionales. 8
2.1.3. Antecedentes locales 9
2.2. Bases teóricas 9
2.2.1. El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*) 9
2.2.2. Los sistemas de producción acuapónicos 14
2.3. Definiciones conceptuales 17

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA 19
3.1. Método de investigación 19
3.2. Tipo y nivel de investigación 19
3.3. Población y muestra 19
3.3.1. Población 19
3.3.2. Muestra 19
3.4. Componentes de estudio 21
3.5. Tratamientos de estudio 21
3.6. Diseño experimental 21
3.7. Ejecución del experimento 22
3.7.1. Ubicación y duración del estudio 22
3.7.2. Condiciones ambientales 22
3.7.3. Proceso experimental 23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS 28
4.1. Altura de planta 28
4.2. Diámetro de tallo por planta 29
4.3. Número de hojas por planta 30
4.4. Número de flores por planta 32
4.5. Número, diámetro, peso de frutos 33
4.6. Rendimiento por hectárea 34
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN 35
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES 40
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES 41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 42
ANEXOS 46

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar comportamiento productivo de tres variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha. El estudio se desarrolló en el Instituto de Educación Superior Pedagógico Público Bilingüe de Yarinacocha, en el cual se ubicó el sistema acuapónico, con una duración total de 120 días, desde el trasplante hasta la cosecha. Se preparó un almácigo de plántulas con las variedades de tomate, y, después de 20 días de desarrollo, las plántulas de las tres variedades de tomate (Rio Grande, Cherry y Regional), fueron trasplantadas a las camas acuapónicas conteniendo grava como sustrato. Los efluentes provenientes de la crianza de peces fueron regados sobre las camas acuapónicas, a través de un sistema de tuberías, impulsado por una bomba periférica de 2 HP, controlada por un temporizador. El control de plagas se realizó con la aplicación de hongos entomopatógenos y se aplicó abono foliar para reforzar la nutrición de las plantas. Se evaluaron la altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de flores, numero, diámetro y peso de frutos, y rendimiento por hectárea, cada 30 días y a la cosecha. Se aplicó un Diseño Completamente al Azar, empleándose la prueba de medias de Duncan al 5 % de significancia. Los resultados evidenciaron que, las tres variedades de tomate evaluadas presentaron comportamientos productivos diferenciados, destacándose el tomate Cherry por su mayor crecimiento vegetativo y rendimiento por hectárea, el tomate Río Grande por su mayor número de flores y diámetro de fruto, y el tomate regional por su superior número de hojas, peso de fruto y buen rendimiento, evidenciando influencia varietal en la respuesta productiva del sistema.

Palabras claves: comportamiento varietal, rendimiento agronómico, crecimiento vegetativo, ecoeficiencia, agricultura sostenible.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the productive performance of three tomato varieties (Solanum lycopersicum) in an aquaponic system in the district of Yarinacocha. The study was conducted at the Bilingual Public Pedagogical Higher Education Institute of Yarinacocha, where the aquaponic system was located, over a total period of 120 days, from transplanting to harvest. A seedbed was prepared with the tomato varieties, and after 20 days of growth, seedlings of the three varieties (Rio Grande, Cherry, and Regional) were transplanted into aquaponic beds containing gravel as substrate. Effluents from fish rearing were distributed over the aquaponic beds through a piping system powered by a 2 HP peripheral pump controlled by a timer. Pest control was carried out using entomopathogenic fungi, and foliar fertilizer was applied to reinforce plant nutrition. Plant height, stem diameter, number of leaves, number of flowers, number, diameter, and weight of fruits, and yield per hectare were evaluated every 30 days and at harvest. A Completely Randomized Design was applied, and Duncan's multiple range test at 5% significance was used for mean comparison. The results showed that the three tomato varieties evaluated exhibited differentiated productive performance. Cherry tomato stood out for greater vegetative growth and yield per hectare; Rio Grande for higher number of flowers and fruit diameter; and the Regional variety for higher number of leaves, fruit weight, and good yield, demonstrating varietal influence on the productive response of the system.

Keywords: varietal performance, agronomic yield, vegetative growth, eco-efficiency, sustainable agriculture.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el estudio 21
Tabla 2: Esquema del análisis de varianza. 21
Tabla 3: Condiciones meteorológicas en los meses de ejecución de la investigación. 22
Tabla 4: Análisis de aguas de riego del sistema acuapónico. 25
Tabla 5: Altura de planta de variedades de tomates cultivados en un sistema acuapónico. 28
Tabla 6: Diámetro de tallo por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 29
Tabla 7: Número de hojas por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 30
Tabla 8: Número de flores por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 32
Tabla 9: Número, diámetro y peso de frutos de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 33
Tabla 10: Rendimiento por hectárea de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 34
Tabla 1A: ANVA de la altura de planta a los 30 días de evaluación. 50
Tabla 2A. ANVA de la altura de planta a los 60 días de evaluación. 50
Tabla 3A. ANVA de la altura de planta a los 90 días de evaluación. 50
Tabla 4A. ANVA de la altura de planta a los 120 días de evaluación. 50
Tabla 5A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 30 días de evaluación. 51
Tabla 6A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 60 días de evaluación. 51
Tabla 7A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 90 días de evaluación. 51
Tabla 8A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 120 días de evaluación. ... 51
Tabla 9A. ANVA del número de hojas por planta a los 30 días de evaluación. 52
Tabla 10A. ANVA del número de hojas por planta a los 60 días de evaluación. ... 52
Tabla 11A. ANVA del número de hojas por planta a los 90 días de evaluación. ... 52
Tabla 12A. ANVA del número de hojas por planta a los 120 días de evaluación.. 52
Tabla 13A. ANVA del número de flores por planta a los 90 días de evaluación.... 53

Tabla 14A. ANVA del número de flores por planta a los 120 días de evaluación. 53
Tabla 15A. ANVA del número de frutos por planta. 53
Tabla 16A. ANVA del diámetro de fruto..... 53
Tabla 17A. ANVA del peso de fruto. 54
Tabla 18A. ANVA del rendimiento por hectárea. 54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de distribución de las unidades experimentales. 20
Figura 2. Diseño de la unidad experimental. 20
Figura 3. Altura de planta de variedades de tomates cultivados en un sistema acuapónico. 29
Figura 4. Diámetro de tallo por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 30
Figura 5. Número de hojas por planta de las variedades de tomate cultivados en un sistema acuapónico. 31
Figura 6. Número de flores por planta de las variedades de tomate cultivados en un sistema acuapónico. 32
Figura 7. Número, diámetro y peso de frutos de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 33
Figura 8. Rendimiento por hectárea de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico. 34
Figura 9A: Preparación del almacigo de tomate 55
Figura 10A. Trasplante de plántulas de tomate a camas acuapónicas 55
Figura 11A. Plántulas de tomate instaladas en las camas acuapónicas. 56
Figura 12A. Desarrollo de variedades de plantas de tomate en las camas acuapónicas. 56
Figura 13A. Aplicación de abonos foliares. 57
Figura 14A. Evaluación de altura y diámetro de planta. 57
Figura 15A. Producción de frutos de variedades de tomate en sistema acuapónico. 58
Figura 16A. Evaluaciones de diámetro y peso de frutos. 58
Figura 17A. Supervisión del asesor de tesis. 59

INTRODUCCIÓN

El tomate constituye una de las hortalizas de mayor importancia económica y alimentaria a nivel mundial, debido a su amplia adaptabilidad, diversidad genética y alto valor nutricional, destacándose por su contenido de vitaminas y compuestos antioxidantes como el licopeno (Peralta et al., 2008; Heuvelink, 2018). Su creciente demanda ha impulsado la búsqueda de sistemas de producción más eficientes, sostenibles y adaptados a condiciones ambientales específicas.

Por este motivo, la acuaponía es una innovación tecnológica que combina la crianza de peces y la producción de vegetales en un sistema de recirculación de agua, donde los desechos metabólicos de los peces son transformados por bacterias nitrificantes en nutrientes disponibles para las plantas. Este modelo permite optimizar el uso del agua, reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos y minimizar el impacto ambiental, alineándose con principios de sostenibilidad y ecoeficiencia (Rakocy et al., 2006; Somerville et al., 2014; Goddek et al., 2015).

El desempeño productivo del tomate en sistemas acuapónicos depende tanto del equilibrio biológico del sistema como de la respuesta genética de las variedades cultivadas. Diferencias en vigor, floración, cuajado y rendimiento pueden estar asociadas a la capacidad de cada variedad para adaptarse a la disponibilidad y dinámica de nutrientes característica de estos sistemas sin suelo (Heuvelink, 2018). Por ello, la evaluación comparativa de variedades constituye una estrategia metodológica fundamental para identificar materiales genéticos con mayor potencial productivo bajo condiciones específicas.

En el distrito de Yarinacocha, caracterizado por condiciones tropicales de temperatura y humedad, resulta pertinente analizar el comportamiento productivo de variedades de tomate en sistemas acuapónicos, considerando indicadores como crecimiento vegetativo, producción de flores y frutos, diámetro y peso de fruto, así como rendimiento por unidad de superficie. Este tipo de investigación contribuye a generar evidencia científica local que permita optimizar la producción hortícola sostenible, fortalecer la seguridad alimentaria y promover alternativas tecnológicas adaptadas al contexto amazónico.

CAPÍTULO I.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción y fundamentación del problema.

En la región de Yarinacocha, la implementación de sistemas acuapónicos para el cultivo de hortalizas representa una alternativa sostenible frente a los métodos agrícolas tradicionales, que a menudo dependen de agroquímicos y pueden ser perjudiciales para el medio ambiente. Sin embargo, la adopción de estas técnicas innovadoras enfrenta varios desafíos, especialmente en términos de productividad y adaptación a las condiciones locales.

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, destacándose por su alto valor nutricional y versatilidad en la cocina. No obstante, su cultivo en sistemas acuapónicos no ha sido ampliamente estudiado, particularmente en la región de Yarinacocha. Las condiciones climáticas, el acceso a recursos y la variabilidad genética de las variedades de tomate son factores que pueden influir significativamente en el rendimiento de estos sistemas de cultivo.

Los beneficios de un sistema acuapónico de acuerdo con Mazer (2002); con un buen diseño y funcionamiento adecuado reduce en un 90% los requerimientos de agua necesaria para un cultivo normal de peces; utiliza tan sólo una décima parte de agua y puede aumentar los rendimientos y bajar los costos de producción sin la necesidad de contar con grandes extensiones de tierra, además de ahorrar hasta un 45% en fertilizantes en una producción de hortalizas, ya que el agua de un sistema de producción de peces proporcionan el 80% de los 16 elementos que necesitan las plantas para su desarrollo. No obstante, lo anterior, se puede obtener hasta 500 plantas por metro cuadrado de manera anual. En general, está documentado que por cada tonelada de

pescado que se produce por acuaponía por año, se pueden producir alrededor de siete toneladas de algún cultivo vegetal (CICESE, 2008).

La problemática surge debido a que, aunque tradicionalmente el tomate se cultiva en la tierra, se quiere explorar su comportamiento productivo en un sistema acuapónico. Para obtener mejores resultados y sustento, se cultivarán tres variedades diferentes de tomate: rio grande, Cherry, la regional. En este sistema de cultivo, todas las hortalizas se adaptan perfectamente, logrando un rendimiento productivo casi igual al de un sistema tradicional. La diferencia es que, además de cultivar hortalizas, también se crían peces para la venta, generando así una doble ganancia y un buen ingreso y sustento para el agricultor.

Por otro lado, hay pocos estudios sobre sistemas acuapónicos en la región de Ucayali. Así surge la investigación para determinar el comportamiento productivo de tres variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha.

Por lo expuesto, en este trabajo de investigación se plantea la siguiente incógnita:

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el comportamiento productivo de tres variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en un sistema acuapónico en Yarinacocha?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del Tomate Cherry en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha?
- ¿Cuál será el comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del Tomate Rio Grande en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha?
- ¿Cuál será el comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del Tomate Regional en un sistema acuapónico en el distrito de Yarinacocha?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Comparar el comportamiento productivo de tres variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en sistema acuapónico en Yarinacocha.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) en un sistema acuapónico en Yarinacocha.
- Evaluar el comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del tomate rio grande (*Solanum lycopersicum*) en un sistema acuapónico en Yarinacocha.
- Evaluar el comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del tomate regional (*Solanum lycopersicum*) en un sistema acuapónico en Yarinacocha.

1.4. Hipótesis y/o sistema de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Las tres variedades de Tomate (*Solanum lycopersicum*) presentan diferencias significativas en su comportamiento productivo en un sistema acuapónico en Yarinacocha.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) será altamente significativo cultivado en un sistema acuapónico en Yarinacocha.
- El comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del tomate rio grande (*Solanum lycopersicum*) será altamente significativo cultivado en un sistema acuapónico en Yarinacocha.
- El comportamiento del desarrollo vegetativo y de producción del tomate regional (*Solanum lycopersicum*) será altamente significativo cultivado en un sistema acuapónico en Yarinacocha.

1.5. Operacionalización de las variables

1.5.1. Variables independientes

Variedades de tomate

- T1 = Tomate cherry
- T2 = Tomate río grande
- T3 = Tomate regional

1.5.2. Variables dependientes

- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Número de hojas
- Número de flores
- Número de frutos por planta
- Peso de frutos
- Diámetro de fruto
- Rendimiento/ha

1.6. Justificación e importancia

La acuaponía es una alternativa sostenible que integra el cultivo de plantas y la cría de peces en un sistema cerrado donde los desechos piscícolas se transforman en nutrientes, mejorando la eficiencia en el uso del agua y reduciendo la dependencia de fertilizantes externos (Kralik et al., 2023). En este sistema, la producción de tomate (*Solanum lycopersicum*) ha demostrado ser viable y competitiva frente a métodos tradicionales, con rendimientos adecuados en cantidad y calidad (Kralik et al., 2023; Jordan et al., 2018).

No obstante, el rendimiento varía según la variedad y su respuesta fisiológica al ambiente acuapónico. Por ello, evaluar tres variedades en Yarinacocha permitirá identificar las mejor adaptadas, optimizar el uso de recursos y generar información científica útil para promover una producción sostenible en contextos periurbanos y rurales.

El tomate es uno de los cultivos hortícolas más consumidos mundialmente por su valor nutricional y contenido de compuestos bioactivos como licopeno y antioxidantes (FAO, citado en Water Journal, 2015). Mejorar

su productividad mediante sistemas acuapónicos constituye una alternativa viable ante el cambio climático y la escasez de agua. Asimismo, la acuaponía ofrece beneficios productivos, ambientales y socioeconómicos, como menor consumo hídrico y reutilización de nutrientes (Kralik et al., 2023). Evaluar comparativamente variedades en Yarinacocha permitirá identificar las más adaptadas, generar bases técnicas para su adopción y aportar evidencia científica para el desarrollo sostenible de hortalizas de alto valor comercial.

Por ello, la investigación se justifica por generar conocimiento experimental sobre el comportamiento productivo de tres variedades de tomate (*Solanum lycopersicum*) en un sistema acuapónico en Yarinacocha. Sus resultados permitirán identificar la capacidad productiva de cada variedad, aportando a la agricultura sostenible, la seguridad alimentaria local y el fortalecimiento científico de la acuaponía en la Amazonía peruana.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes internacionales.

Jordan & Siqueira (2020) evaluaron la productividad de cinco híbridos de tomate (Apolo, Serato, Vento, Candieiro y Pioneiro) cultivados en un sistema acuapónico asociado con tilapia. Los resultados mostraron diferencias significativas entre variedades, siendo el híbrido Apolo el de mayor productividad total, con 104,53 t ha^{-1}, superando de 19 % a 61 % a los demás híbridos y alcanzando rendimientos similares a los obtenidos en cultivos convencionales en suelo. Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar variedades adecuadas para maximizar la producción en acuaponía.

Pineda et al. (2020) compararon tratamientos acuapónicos con y sin complementación de nutrientes (N, K, Ca, S) y fertilización foliar, se valoró el crecimiento y rendimiento de tomate en un sistema acuapónico con tilapia frente a un sistema hidropónico control. Aunque el crecimiento y rendimiento frutal fueron comparables entre sistemas, la aplicación de nutrientes mejoró la concentración de macronutrientes en hojas y frutos, sin afectar negativamente el crecimiento de peces. Esto indica que la complementación nutricia puede influir en parámetros productivos y calidad de tomate en acuaponía.

Kralik et al. (2023) analizaron el efecto del cultivo acuapónico sobre la productividad, propiedades sensoriales y calidad de tomates comparados con tomates cultivados en suelo. Aunque se observaron diferencias en atributos como color y brix entre sistemas y variedades, estas no afectaron significativamente la aceptación del consumidor. Los hallazgos sugieren que la producción acuapónica puede generar tomates de rendimiento y calidad

comparables a los tradicionales, destacando su potencial productivo y de comercialización.

Elmorsy & Abul-Soud (2023) en Egipto, examinaron cómo la densidad de siembra de plantas de tomate en un sistema acuapónico afecta la producción. Los resultados indicaron que densidades menores por metro cuadrado favorecieron el rendimiento por planta, mientras que densidades altas aumentaron el rendimiento total por superficie. Asimismo, el incremento de densidad redujo la concentración de nutrientes en el agua disponible, evidenciando un balance entre eficiencia de uso de nutrientes y productividad.

Ortega et al. (2015) caracterizaron un sistema acuapónico abierto para el cultivo conjunto de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y tomate (*Solanum lycopersicum* cv. Saladette). Se evaluaron variables agronómicas y acuáticas, observando que el crecimiento de tomate fue favorecido por el uso de agua procedente de la cría de peces en ciertos sustratos, lo que confirma la viabilidad de sistemas acuapónicos de pequeña escala para producir tomate y optimizar el uso de recursos.

2.1.2. Antecedentes nacionales.

Sandoval et al. (2020) evaluaron la calidad de frutos de *Solanum lycopersicum* L. producidos en sistemas acuapónicos con aplicaciones foliares de micronutrientes. La investigación determinó que la aplicación foliar de micronutrientes no provocó diferencias significativas en los parámetros de calidad evaluados (sólidos totales, pH y conductividad eléctrica) ni mejoró sustancialmente el rendimiento de tomate en el sistema acuapónico. Estos resultados sugieren que en las condiciones ensayadas la suplementación foliar no fue determinante para mejorar productividad ni calidad del fruto.

Gaspar Quincho (2025) estudiaron el cultivo sin suelo de *Solanum lycopersicum* L., como el desarrollo de sistemas hidropónicos en condiciones controladas. Estas investigaciones, aunque no son acuapónicas per se, constituyen antecedentes metodológicos y productivos valiosos para futuras

adaptaciones de sistemas acuapónicos aplicados a variedades de tomate en el Perú.

2.1.3. Antecedentes locales

No se encontraron investigaciones referentes al tema de investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum*)

Origen y distribución

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es una especie originaria de la región andina de América del Sur, particularmente de zonas que actualmente comprenden el sur de Perú, Ecuador y el norte de Chile. Su domesticación inicial se atribuye a poblaciones mesoamericanas, especialmente en México, donde se desarrollaron formas cultivadas a partir de especies silvestres relacionadas como Solanum pimpinellifolium (Peralta et al., 2008; Razifard et al., 2020).

Evidencias genéticas indican que el proceso de domesticación implicó selección por tamaño de fruto, reducción de acidez y cambios en la morfología floral, lo que permitió su expansión posterior hacia Europa tras la colonización española en el siglo XVI (Razifard et al., 2020). Actualmente, el tomate es uno de los cultivos hortícolas más difundidos a nivel mundial debido a su adaptabilidad ecológica y valor alimenticio.

Taxonomía del tomate

Desde el punto de vista taxonómico, el tomate pertenece a la familia Solanaceae, la cual incluye especies de importancia agrícola como la papa (*Solanum tuberosum*) y el ají (*Capsicum* spp.). La clasificación botánica aceptada es la siguiente (Peralta et al., 2008):

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: Solanum

Especie: Solanum lycopersicum L.

Históricamente fue clasificado como Lycopersicon esculentum Mill.; sin embargo, estudios filogenéticos moleculares confirmaron su inclusión dentro del género Solanum, consolidando su denominación actual como Solanum lycopersicum (Spooner et al., 2005).

Descripción botánica

El tomate es una planta herbácea, generalmente anual en cultivo, aunque botánicamente puede comportarse como perenne en condiciones favorables. Presenta un sistema radicular pivotante con abundantes raíces secundarias y adventicias, especialmente cuando el tallo entra en contacto con el suelo (Peralta et al., 2008).

El tallo es pubescente, de crecimiento determinado o indeterminado según el genotipo. Las hojas son compuestas, pinnadas, alternas y con foliolos lobulados de margen irregular. Las inflorescencias son racimos axilares con flores hermafroditas de color amarillo, pentámeras y de polinización predominantemente autógama.

El fruto es una baya carnosa, de forma, tamaño y color variables según la variedad. Puede presentar dos o más lóculos y contiene numerosas semillas pequeñas, reniformes y pubescentes. Desde el punto de vista agronómico, el fruto constituye el órgano de interés comercial, caracterizado por su contenido de azúcares, ácidos orgánicos, vitaminas y compuestos antioxidantes como el licopeno (Razifard et al., 2020).

Composición nutricional general

El tomate es un alimento de bajo aporte calórico y alto contenido de agua (aproximadamente 93–95 %), lo que lo convierte en una hortaliza ampliamente recomendada en dietas saludables. Su composición proximal incluye carbohidratos (principalmente glucosa y fructosa), pequeñas cantidades de proteínas y lípidos, así como fibra dietética (USDA, 2023). El contenido energético promedio es de aproximadamente 18–22 kcal por cada 100 g de fruto fresco.

Desde el punto de vista nutricional, los carbohidratos representan entre 3 y 5 %, siendo responsables de su sabor ligeramente dulce, mientras que la fibra contribuye al adecuado funcionamiento gastrointestinal.

El tomate es una fuente significativa de vitamina C (ácido ascórbico), vitamina A en forma de carotenoides precursores (principalmente β-caroteno), vitamina K y folatos. La vitamina C cumple un papel antioxidante y favorece la absorción de hierro, mientras que los folatos son esenciales en procesos metabólicos y síntesis de ADN (Beecher, 1998; USDA, 2023).

En cuanto a minerales, el tomate aporta principalmente potasio, además de pequeñas cantidades de magnesio, fósforo y calcio. El potasio contribuye al equilibrio electrolítico y al funcionamiento cardiovascular.

Uno de los componentes más estudiados del tomate es el licopeno, un carotenoide responsable del color rojo característico del fruto maduro. El licopeno posee alta capacidad antioxidante, asociándose con la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Rao & Rao, 2007). Su biodisponibilidad aumenta cuando el tomate es sometido a procesos térmicos o se consume con grasas.

Además del licopeno, el tomate contiene otros carotenoides (luteína y β-caroteno), flavonoides y compuestos fenólicos que contribuyen a su capacidad antioxidante total (Beecher, 1998).

La composición nutricional del tomate puede variar según factores genéticos (variedad), condiciones ambientales, grado de madurez y sistema de cultivo (convencional, hidropónico o acuapónico). Estudios indican que las prácticas agronómicas influyen en la concentración de sólidos solubles, vitamina C y compuestos fenólicos, lo que resalta la importancia de evaluar la calidad nutricional bajo diferentes sistemas productivos (Rao & Rao, 2007).

Importancia en la seguridad alimentaria

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos hortícolas más producidos y consumidos a nivel mundial, constituyendo un componente esencial en la dieta diaria de diversas poblaciones. Su amplia adaptabilidad agroecológica, ciclos relativamente cortos de producción y elevada demanda

en mercados locales e internacionales lo convierten en un cultivo estratégico para fortalecer la disponibilidad de alimentos frescos (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2023).

El tomate es fuente importante de vitamina C, carotenoides (especialmente licopeno), potasio y fibra dietética, nutrientes vinculados a la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles. Su consumo regular mejora la calidad nutricional de la dieta, contribuyendo al pilar de utilización biológica de los alimentos dentro del enfoque de seguridad alimentaria (Beecher, 1998; Rao & Rao, 2007).

El cultivo de tomate posee alta rentabilidad por unidad de superficie y dinamiza cadenas productivas que incluyen producción, transporte, comercialización y agroindustria. En pequeños y medianos productores, especialmente en zonas periurbanas y rurales, el tomate representa una fuente relevante de ingresos, fortaleciendo el pilar de acceso económico a los alimentos (FAO, 2023).

El tomate presenta gran plasticidad genética y diversidad varietal, lo que permite su cultivo en diferentes condiciones agroclimáticas, incluyendo sistemas de agricultura protegida y tecnologías sostenibles. Esta adaptabilidad favorece la estabilidad del suministro alimentario, especialmente frente a escenarios de cambio climático y degradación de suelos (FAO, 2023). El uso de sistemas alternativos como la hidroponía o la acuaponía puede optimizar el uso de recursos hídricos y reducir la dependencia de suelos fértiles, ampliando las posibilidades de producción en contextos urbanos o con limitaciones ambientales.

Los sistemas de cultivo del tomate

Sistemas de cultivo en suelo (convencional y mejorado)

El cultivo tradicional de tomate en suelo es el sistema más ampliamente utilizado a nivel mundial. Se basa en el establecimiento del cultivo directamente en campo abierto o bajo agricultura protegida, utilizando fertilización química u orgánica y manejo fitosanitario convencional. Este sistema depende en gran medida de la fertilidad del suelo, la disponibilidad

de agua y las condiciones climáticas (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2022). Desde el enfoque metodológico, el sistema en suelo permite evaluar variables agronómicas como rendimiento por hectárea, eficiencia en el uso de fertilizantes y respuesta varietal bajo condiciones edafoclimáticas específicas. Sin embargo, presenta limitaciones relacionadas con degradación del suelo, incidencia de patógenos y variabilidad climática.

Cultivo protegido (invernadero y casas malla)

El cultivo protegido implica la producción de tomate bajo estructuras como invernaderos o casas malla, que permiten controlar parcialmente factores ambientales como temperatura, humedad y radiación solar. Este sistema mejora la productividad, prolonga el ciclo de producción y reduce la incidencia de plagas y enfermedades (Heuvelink, 2018). Metodológicamente, los sistemas protegidos facilitan ensayos experimentales más controlados, permitiendo estudiar comportamiento varietal, densidad de siembra y manejo nutricional con menor interferencia ambiental. Además, incrementan la eficiencia productiva por unidad de superficie.

Sistema hidropónico

La hidroponía consiste en el cultivo de tomate sin suelo, utilizando soluciones nutritivas balanceadas que suministran directamente los nutrientes esenciales a la planta. Este sistema optimiza el uso de agua y fertilizantes, reduce problemas fitosanitarios del suelo y permite mayor control sobre la nutrición vegetal (Resh, 2013). En investigaciones agronómicas, la hidroponía permite estudiar con precisión la respuesta del tomate a concentraciones específicas de nutrientes, pH y conductividad eléctrica, siendo útil para evaluar crecimiento, rendimiento y calidad de fruto bajo condiciones controladas.

Sistema acuapónico

La acuaponía integra la hidroponía con la acuicultura, donde los desechos metabólicos de peces son transformados por bacterias nitrificantes en nutrientes disponibles para el cultivo de tomate. Este sistema promueve

la sostenibilidad mediante la reutilización del agua y la reducción del uso de fertilizantes sintéticos (Goddek et al., 2019). Desde la perspectiva metodológica, la acuaponía permite analizar variables productivas del tomate en interacción con parámetros acuícolas, como densidad de peces, calidad del agua y equilibrio nutricional. Es especialmente relevante en estudios sobre eficiencia hídrica, producción sostenible y agricultura urbana.

Sistema orgánico y agroecológico

El cultivo orgánico de tomate se basa en el uso de abonos orgánicos, control biológico de plagas y prácticas sostenibles que minimizan el impacto ambiental. Este sistema responde a una creciente demanda de alimentos saludables y ambientalmente responsables (FAO, 2022). Metodológicamente, los ensayos en sistemas orgánicos permiten evaluar productividad, calidad nutricional y resistencia varietal bajo esquemas de manejo ecológico, comparándolos con sistemas convencionales.

2.2.2. Los sistemas de producción acuapónicos

La acuaponía constituye un sistema productivo integrado que articula la acuicultura —crianza de organismos acuáticos, principalmente peces— con la hidroponía —cultivo de plantas sin suelo— dentro de un esquema cerrado o de recirculación de agua. En este modelo, los residuos metabólicos generados por los peces son convertidos por bacterias nitrificantes en nutrientes disponibles para las plantas, generándose así una interacción simbiótica entre ambos subsistemas productivos (Rakocy et al., 2006).

El principio de operación de los sistemas acuapónicos se fundamenta en el ciclo biogeoquímico del nitrógeno. En este proceso, el amoníaco liberado por los peces es transformado primero en nitrito y luego en nitrato mediante la acción de bacterias nitrificantes como Nitrosomonas y Nitrobacter. El nitrato producido es aprovechado por las plantas como fuente esencial de nitrógeno, favoreciendo su desarrollo y, simultáneamente, contribuyendo a la depuración del agua, lo que mejora las condiciones para los peces (Somerville et al., 2014).

Un sistema acuapónico se estructura en tres componentes fundamentales: el subsistema acuícola, representado por los tanques donde se cultivan los peces; el subsistema vegetal, conformado por las camas de cultivo o unidades hidropónicas; y el subsistema biológico, integrado por los microorganismos nitrificantes responsables de la transformación de compuestos nitrogenados. La interacción equilibrada entre estos tres elementos resulta determinante para garantizar la estabilidad operativa y la eficiencia productiva del sistema (Goddek et al., 2015).

Tipos de sistemas acuapónicos

Los sistemas acuapónicos pueden categorizarse de acuerdo con el tipo de unidad destinada al cultivo vegetal, sobresaliendo los sistemas en camas con sustrato, la técnica de película nutritiva (NFT) y el sistema de raíz flotante o Deep Water Culture (DWC). Cada modalidad posee particularidades en términos de inversión, manejo operativo y adaptación de especies vegetales, siendo las hortalizas de hoja las más empleadas por su elevada capacidad de absorción de nutrientes y rápida respuesta productiva (Rakocy et al., 2006).

Ventajas productivas y ambientales

La acuaponía es reconocida como un sistema productivo ecoeficiente, debido a que maximiza el aprovechamiento del agua, disminuye la emisión de efluentes potencialmente contaminantes y reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos. Asimismo, posibilita la obtención simultánea de productos vegetales y animales, favoreciendo la diversificación productiva y fortaleciendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (FAO, 2014).

Los sistemas acuapónicos constituyen una opción factible para la producción de alimentos en contextos donde existe escasez de suelo fértil o limitaciones hídricas, como en zonas urbanas y periurbanas. Su potencial para generar alimentos frescos de forma sostenida los posiciona como una estrategia clave para reforzar la seguridad alimentaria y nutricional, particularmente en regiones en desarrollo (Love et al., 2015).

A pesar de sus múltiples beneficios, la acuaponía presenta retos técnicos vinculados al mantenimiento del equilibrio nutricional, la gestión adecuada de la calidad del agua y la inversión inicial necesaria para su implementación. De igual manera, demanda formación técnica especializada para asegurar un manejo apropiado del sistema y prevenir problemas que puedan afectar el desempeño productivo (Somerville et al., 2014).

Sistemas de producción acuapónicos de cama con sustrato

El sistema acuapónico en cama con sustrato se basa en el establecimiento de plantas sobre lechos que contienen materiales inertes, como grava, arcilla expandida o piedra volcánica, a través de los cuales fluye el agua procedente del componente acuícola. Este modelo favorece la interacción eficiente entre peces, plantas y microorganismos, y es uno de los más empleados en unidades de producción de pequeña y mediana escala (Rakocy et al., 2006).

El sistema opera mediante el flujo continuo o intermitente de agua enriquecida con nutrientes hacia las camas de cultivo. En este proceso, el sustrato cumple una triple función: sirve de soporte estructural para el sistema radicular, actúa como filtro mecánico reteniendo sólidos y proporciona un medio adecuado para el desarrollo de bacterias nitrificantes que convierten el amonio en nitratos asimilables por las plantas (Somerville et al., 2014).

En el sistema acuapónico, el sustrato desempeña diversas funciones esenciales: brinda soporte al sistema radicular, facilita la adecuada oxigenación de las raíces y constituye un medio propicio para el establecimiento de comunidades microbianas benéficas. Materiales como la grava y la arcilla expandida se caracterizan por su elevada porosidad, lo que amplía el área propicia para el desarrollo de las bacterias maximizar los beneficios del ciclo del nitrógeno (Goddek et al., 2015).

Los sistemas de cama con sustrato generalmente funcionan a través de ciclos alternados de inundación y drenaje, regulados frecuentemente mediante sifones tipo campana. Este mecanismo permite combinar fases de

oxigenación con periodos de absorción de nutrientes, favoreciendo un adecuado crecimiento radicular y previniendo la aparición de condiciones anaeróbicas en el sustrato (FAO, 2014).

Este sistema se caracteriza por su gran versatilidad, ya que posibilita la producción tanto de hortalizas de hoja —como espinaca y lechuga— como de especies de mayor tamaño. La cama con sustrato proporciona soporte estructural y una adecuada oferta de nutrientes, condiciones que favorecen el desarrollo vegetativo en distintos cultivos (Resh, 2013).

Ventajas y limitaciones productivas y ambientales

Entre los beneficios más relevantes del sistema acuapónico en cama con sustrato destacan su diseño sencillo, inversión moderada, manejo práctico y la posibilidad de combinar en una misma unidad la filtración y la producción vegetal. Asimismo, favorece el aprovechamiento eficiente del agua y disminuye el impacto ambiental, en coherencia con los principios de sostenibilidad (Love et al., 2015).

Aunque ofrece múltiples ventajas, este sistema puede generar acumulación de sólidos en el sustrato cuando no se aplica un manejo adecuado, lo que compromete la oxigenación de las raíces y la estabilidad general del sistema. En consecuencia, resulta indispensable contar con un diseño técnico apropiado, realizar mantenimientos periódicos y seleccionar correctamente el tipo de sustrato, a fin de asegurar un desempeño eficiente y sostenible en el tiempo (Somerville et al., 2014).

2.3. Definiciones conceptuales

El tomate: (*Solanum lycopersicum* L.) es una hortaliza de la familia Solanaceae, de alta importancia alimenticia y económica por su adaptabilidad y diversidad genética (Peralta et al., 2008). Posee fruto tipo baya rico en antioxidantes como licopeno (Rao & Rao, 2007) y destaca por su corto ciclo y respuesta agronómica (Heuvelink, 2018).

Las variedades de tomate: derivan de procesos de selección y mejoramiento genético, clasificándose por hábito de crecimiento, tipo de fruto, destino comercial y resistencia (Peralta et al., 2008). Los híbridos

destacan por mayor rendimiento y tolerancia, mientras las variedades criollas conservan valor genético (Heuvelink, 2018). Su variabilidad genética facilita adaptación y optimización productiva (Foolad, 2007).

Sistema acuapónico: Los sistemas acuapónicos integran acuicultura e hidroponía, donde los desechos de los peces son transformados por microorganismos en nutrientes para las plantas, permitiendo depuración del agua y producción simultánea (Rakocy et al., 2006). Se destacan por su eficiencia hídrica y menor uso de fertilizantes, siendo una alternativa sostenible (FAO, 2014), aunque requieren manejo técnico y control fisicoquímico adecuado (Goddek et al., 2015).

Ecoeficiencia: La ecoeficiencia agrícola promueve maximizar rendimiento y calidad reduciendo el uso de recursos y los impactos ambientales, integrando dimensiones económicas, sociales y ecológicas para generar mayor valor con menos insumos (WBCSD, 2000). Su aplicación fomenta prácticas sostenibles que fortalecen la productividad sin degradar ecosistemas, contribuyendo al desarrollo sostenible y seguridad alimentaria, mediante sistemas como agricultura protegida, hidroponía y acuaponía (FAO, 2011; Pretty, 2008).

Sostenibilidad productiva: La sostenibilidad productiva agrícola implica mantener una producción estable de alimentos a largo plazo sin degradar los recursos naturales ni afectar a futuras generaciones. Integra dimensiones económica, ambiental y social, promoviendo eficiencia en el uso de recursos y prácticas que reduzcan la degradación y aumenten la resiliencia (FAO, 2018; Pretty, 2008). Además, fortalece la seguridad alimentaria y el desarrollo rural mediante sistemas diversificados y responsables (Altieri & Nicholls, 2020).

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Para el desarrollo de la investigación, se aplicó métodos cuantitativos, empleando descripciones de la información, análisis estadístico, y razonamiento inductivo.

3.2. Tipo y nivel de investigación

La investigación se desarrolló a nivel experimental, debido a que se manipularon las variables independientes (variedades de tomate) y se evaluaron sus efectos sobre las variables dependientes, tales como altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de flores, número, diámetro y peso de frutos, así como el rendimiento por hectárea (Hernández et al., 2010).

La investigación se clasificó como aplicada, ya que se fundamentó en bases teóricas previamente establecidas, las cuales fueron utilizadas para el desarrollo y ejecución del estudio (Hernández et al., 2010).

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por 288 plantas, distribuidas en tres tratamientos con tres repeticiones cada uno, sumando un total de nueve unidades experimentales.

Para cada variedad de tomate estudiado, se tuvo un total de 96 plantas, y para cada repetición se contó con 32 plantas en total.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo integrada por 135 plantas, correspondientes a 15 plantas evaluadas por cada unidad experimental, lo que equivale al 47% del total.

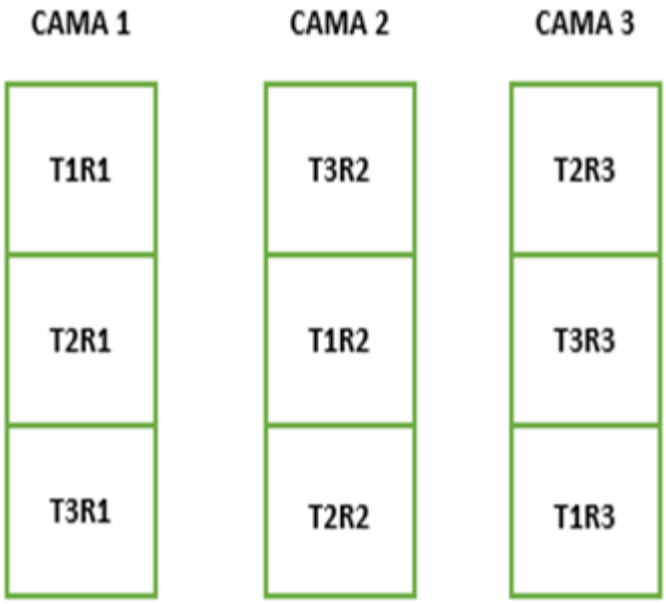


Figura 1. Croquis de distribución de las unidades experimentales.



Figura 2. Diseño de la unidad experimental.

3.4. Componentes de estudio

Las variedades de tomate, y las variables de comportamiento de crecimiento y producción.

3.5. Tratamientos de estudio

Los tratamientos evaluados en el estudio fueron los siguientes:

Tabla 1: Tratamientos evaluados en el estudio

Tratamiento	Descripción	Repetición
1	Variedad Rio Grande	3
2	Variedad Cherry	3
3	Variedad Regional	3

3.6. Diseño experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar, conformado por tres (3) tratamientos y tres (3) repeticiones, totalizando nueve unidades experimentales, con 15 plantas evaluadas en cada una.

Cuando se detectaron diferencias estadísticas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

El modelo estadístico correspondiente al diseño experimental es el siguiente:

$$\mathbf{Yij = U + Ti + Eij}$$

Dónde:

Yij = Variable respuesta

U = Media general

Ti = Efecto del j – esimo tratamiento

Eij = Efecto del error experimental

Tabla 2: Esquema del análisis de varianza.

F.V.	G.L.
Tratamiento	2
Error	6
Total	8

3.7. Ejecución del experimento

3.7.1. Ubicación y duración del estudio

El estudio se llevó a cabo en un sistema de producción acuapónico instalado en el Instituto Superior Pedagógico Público Bilingüe, situado en el distrito de Yarinacocha, provincia de Coronel Portillo, región Ucayali, en las siguientes coordenadas:

- Latitud sur: 8°20´54”
- Longitud oeste: 74°34´18”
- Altitud: 155 m.s.n.m.

El estudio se desarrolló durante un periodo de cuatro meses, comenzando en junio de 2025 y culminando en septiembre del mismo año.

3.7.2. Condiciones ambientales

Pucallpa, ubicada en la Amazonía peruana, presenta un clima tropical monzónico (Am), según la clasificación climática de Köppen, caracterizado por temperaturas elevadas, abundantes precipitaciones y alta humedad relativa durante gran parte del año. Las temperaturas diurnas promedio oscilan entre 31 y 33 °C, mientras que las mínimas nocturnas se sitúan entre 18 y 21 °C. Las mayores precipitaciones se concentran entre febrero y abril, mientras que junio y julio corresponden al periodo relativamente más seco. Estas condiciones favorecen el desarrollo de vegetación tropical y constituyen factores ambientales relevantes para la producción agrícola y el desarrollo de investigaciones agronómicas en la región (Weather Atlas, 2024).

Tabla 3: Condiciones meteorológicas en los meses de ejecución de la investigación.

Meses	T°max	T°min	T°media	HR (%)	Pp (mm)
Junio	30,5	22,5	26,5	83	160,3
Julio	30,9	20,5	25,7	76,4	6,2
Agosto	31,6	21,9	26,7	74,7	19
Setiembre	31,8	22,6	27,2	74	37,8

Fuente: Estacion meteorológica – UNU

3.7.3. Proceso experimental

Materiales

Material genético de estudio

- Semillas de las variedades de tomate Rio Grande, Cherry y Regional

Material y equipo de campo.

Herramientas

- Baldes
- Pala de jardinería
- Regla graduada
- Tubetes
- Wincha

Insumo

- Abono foliar humus líquido
- Efluente de residuos biológicos
- Tierra negra

Equipos

- Balanza gramera
- Aspersor de mano de 2 litros
- Vernier

Material de gabinete

- Papel Bon A-4
- Lapiceros
- Libreta de campo
- Tablero de apuntes

Procedimientos

Preparación del sustrato para el llenado de tubetes

- El sustrato para los tubetes se preparó mezclando homogéneamente compost con tierra negra.
- Luego se llenó los tubetes con el sustrato preparado.

Siembra de semilla de tomate en los tubetes

- Se sembró las semillas de las variedades de tomate en bandejas de tubetes por separado.
- Las plántulas de las variedades de tomate fueron manejadas por un espacio de 20 días, desde la germinación de las semillas, hasta la formación de las plántulas con hojas verdaderas y un sistema radicular abundante, realizando riegos diarios para seguran un crecimiento apropiado.

Características de las camas acuapónicas y estanques

- El sistema de producción acuapónico, estuvo constituido por 9 camas acuapónicas, de los cuales, las ultimas 3 camas se utilizaron para el desarrollo de la investigación.
- Todas las camas presentan dimensiones de: 1.20 m de ancho y 7 m de largo, de concreto, los cuales contienen gravas como sustrato.
- Asimismo, el sistema acuapónico estuvo constituido por 5 tanques de concreto, en los cuales se desarrolló la crianza de diferentes especies de peces amazónicos, como: Paco (*Piaractus brachypomus*), Pacotana (*Piaractus brachypomus* X *Colossoma macropomun*), Boquichico (*Prochilodus nigricans*) y sardina (*Triportheus elongates*). El agua de los tanques de crianza de peces, fueron regados en las camas acuapónicas mediante tuberías de PVC de 1 pulgada y boquillas, impulsada por una bomba periférica de 2 HP, el mismo que fue controlada por un Timer, el mismo que se encendia por 20 minutos y se apagaba por 40 minutos continuamente, todo el día.
- Se efectuó el análisis fisicoquímico del agua de los tanques de cultivo de peces con el propósito de determinar su composición y los nutrientes suministrados a las camas acuapónicas y a las plantas, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4: Análisis de aguas de riego del sistema acuapónico.

Ensayo	Unidad	Resultados
pH	Und. pH	7,0
Conductividad eléctrica	uS/cm	84,00
Amonio	mg/L	0,10
Cloruro	mg/L	10,0
Nitrato (NO_3)	mg/L	0,2
Sulfato	mg/l	20,0
Calcio	mg/l	38,181
Magnesio	mg/l	8,487
Sodio	mg/l	15,4
Potasio	mg/l	2,21
Hierro	mg/l	<0,004
Manganeso	mg/l	<0,0002
Cobre	mg/l	<0,001
Zinc	mg/l	0,0208

Fuente: ALAB (2025).

Transplante

- Se realizó el transplante cuando las plántulas de las variedades de tomate alcanzaron los 20 días de almacigado, observándose las primeras hojas verdaderas.
- El trasplante se realizó de acuerdo a la distribución de las unidades experimentales propuesto en el croquis experimental.

Aplicación de abono foliar

- Se realizó la aplicación del abono foliar humus de lombriz líquido, cada 15 días, con ayuda de un aspersor de mano, con la finalidad de complementar los nutrientes necesarios para el buen desarrollo de las plantas de tomate.

Cosecha

- A partir de los 90 días, se inició la cosecha de los frutos, de acuerdo a las variedades de tomate estudiados, hasta los 120 días, procediendo a la evaluación correspondiente.

Evaluaciones

- Las evaluaciones de altura de planta, diámetro de tallo y numero de hojas se evaluó cada 30 días
- Las evaluaciones de número, diámetro y peso de frutos se realizó a partir de los 90 días hasta los 120 días, realizándose el cálculo de rendimiento por hectárea.

3.7.4. Variables evaluadas

Variables independientes

T1 = variedad Rio Grande

T2 = variedad Cherry

T3 = variedad Regional

Variables dependientes

Desarrollo vegetativo

- Altura de planta
- Diámetro de tallo
- Numero de hojas
- Número de flores

Rendimiento

- Número de frutos por planta
- Diámetro de frutos
- Peso de frutos
- Rendimiento por hectárea

Operacionalización de variables

Altura de planta (cm)

Se evaluó utilizando una regla graduada, midiendo la altura desde la base hasta la parte más alta de la planta, evaluándose 15 plantas de cada unidad experimental, cada 30 días.

Diámetro de tallo (mm)

Se evaluó con la ayuda de un vernier, evaluándose a 5 cm de la base de la planta, evaluándose 15 plantas de cada unidad experimental, cada 30 días.

Número de hojas

Se contó el número de hojas, evaluándose 15 plantas de cada unidad experimental, cada 30 días.

Número de flores

Se contó el número de flores, evaluándose 15 plantas de cada unidad experimental, cada 30 días.

Número de frutos por planta

Se conto el número de frutos generados por planta, evaluándose 15 plantas de cada unidad experimental, a partir de los 90 días hasta los 120 días.

Diámetro de fruto (cm)

Se evaluó con la ayuda de un vernier, midiendo el diámetro a la mitad de la fruta, evaluándose 15 plantas de cada unidad experimental, a partir de los 90 días hasta los 120 días.

Peso de planta (g)

Se realizó el pesaje de cada fruto y de la planta utilizando una balanza gramera, evaluándose 15 plantas por cada unidad experimental, desde los 90 hasta los 120 días.

Rendimiento por hectárea (kg/ha)

El rendimiento por hectárea se estimó considerando el número de frutos por planta y el peso de frutos por planta, multiplicado por la densidad de plantas establecida por hectárea.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS

4.1. Altura de planta

La tabla 5 muestra los resultados del análisis de medias de Duncan, para la altura de planta de las variedades de tomate, en un sistema acuapónico.

Tabla 5: Altura de planta de variedades de tomates cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Altura de planta (cm)			
	Eval 1	Eval 2	Eval 3	Eval 4
Rio grande	21,4 a	46,8 a	105,4 b	133,8 b
Cherry	10,7 b	41,5 b	123,4 a	144,8 a
Regional	8,4 c	32,3 c	84,1 c	115,5 c

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

La tabla 5 muestra que, a los 30 días y 60 días del trasplante, la variedad de tomate rio grande mostró el mejor promedio de altura de planta, seguido de la variedad cherry y regional. A los 90 días y 120 días del trasplante, la variedad cherry logró el mejor promedio de altura de planta, seguido de la variedad rio grande y finalmente la variedad regional, como se muestra en la siguiente figura.

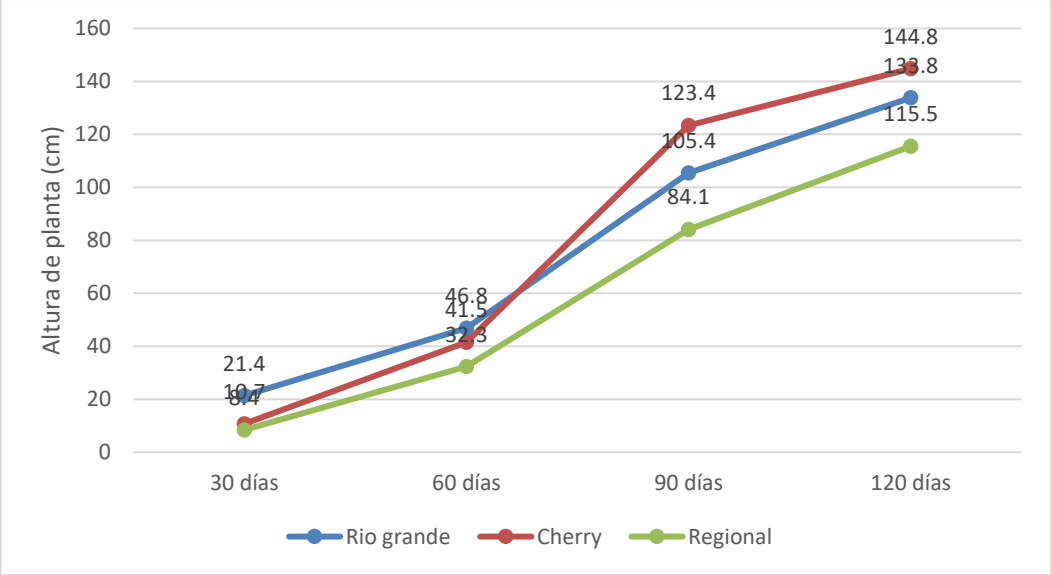


Figura 3. Altura de planta de variedades de tomates cultivados en un sistema acuapónico.

4.2. Diámetro de tallo por planta

La tabla 6 muestra los resultados del análisis de promedios de Duncan, para el diámetro de tallo por planta de las variedades de tomate, en un sistema acuapónico.

Tabla 6: Diámetro de tallo por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Diámetro de tallo (mm)			
	Eval 1	Eval 2	Eval 3	Eval 4
Rio grande	3.1 a	4.4 b	6.3 a	6.9 a
Cherry	2.5 a	3.8 b	5.5 b	6.3 a
Regional	2.6 a	5.6 a	6 ab	6.7 a

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

La tabla 6 muestra que, a los 30 días del trasplante, las plantas de las variedades de tomate, no mostraron diferencias significativas entre ellas. A los 60 días del trasplante, las plantas de la variedad regional, logró el mejor promedio de diámetro de tallo, seguido de las variedades rio grande y Cherry. A los 90 días del trasplante, las plantas de la variedad Río grande, logró el mejor pormedio de diámetro de tallo, seguido de la variedad regional y luego

la variedad Cherry. A los 120 días del trasplante, las plantas de las variedades de tomate no mostraron diferencias significativas entre ellas, como se muestra en la siguiente figura.

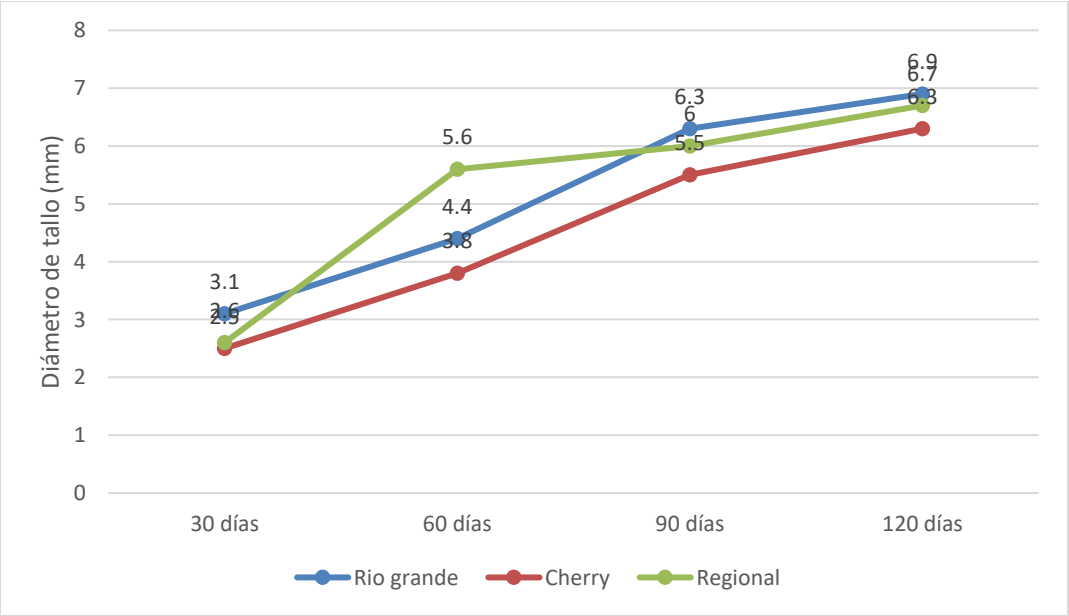


Figura 4. Diámetro de tallo por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

4.3. Número de hojas por planta

La tabla 7 muestra los resultados del análisis de medias de Duncan, para el número de hojas por planta de las variedades de tomate, en un sistema acuapónico.

Tabla 7: Número de hojas por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Número de hojas			
	Eval 1	Eval 2	Eval 3	Eval 4
Rio grande	4,1 b	6,4 c	11,5 c	14,4 b
Cherry	6,2 a	7,8 b	24,5 a	18,5 a
Regional	4,7 b	10,2 a	16,1 b	19,1 a

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

La tabla 7 muestra que, a los 30 días del trasplante, las plantas de tomate de la variedad Cherry lograron el mayor promedio de número de hojas

por planta, seguido de la variedad regional y rio grande. A los 60 días del trasplante, las plantas de tomate de la variedad regional lograron el mayor promedio de número de hojas por planta, seguido de la variedad Cherry y la variedad rio grande. A los 90 días del trasplante, las plantas de tomate de la variedad Cherry lograron el mayor promedio de número de hojas por planta, seguido de la variedad regional y la variedad rio grande. A los 120 días del trasplante, las plantas de tomate de las variedades Cherry y regional lograron el mayor promedio de número de hojas por planta, seguido de la variedad rio grande, como se muestra en la siguiente figura.

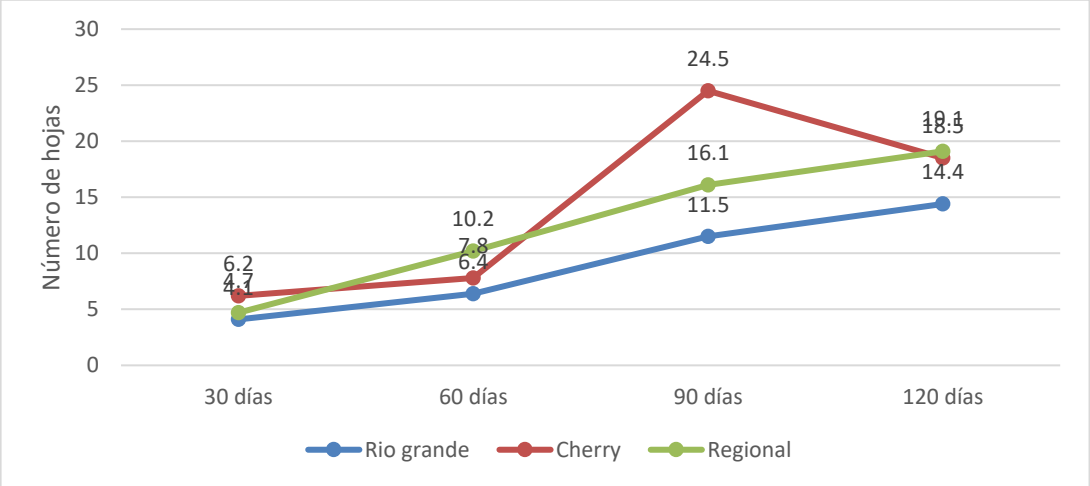


Figura 5. Número de hojas por planta de las variedades de tomate cultivados en un sistema acuapónico.

4.4. Número de flores por planta

La tabla 8 muestra los resultados del análisis de medias de Duncan, para el número de flores por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tabla 8: Número de flores por planta de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Número de flores	
	90 días	120 días
Rio grande	8 c	22,5 a
Cherry	14,9 a	23,2 a
Regional	13,1 b	5,8 b

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

La tabla 8 muestra que, a los 90 días del trasplante, las plantas de la variedad Cherry lograron el mayor promedio de flores por planta, seguido de la variedad regional y la variedad rio grande. A los 120 días del trasplante, las plantas de las variedades Cherry y rio grande lograron el mayor promedio de flores por planta, seguido de la variedad regional, como se muestra en la siguiente figura.

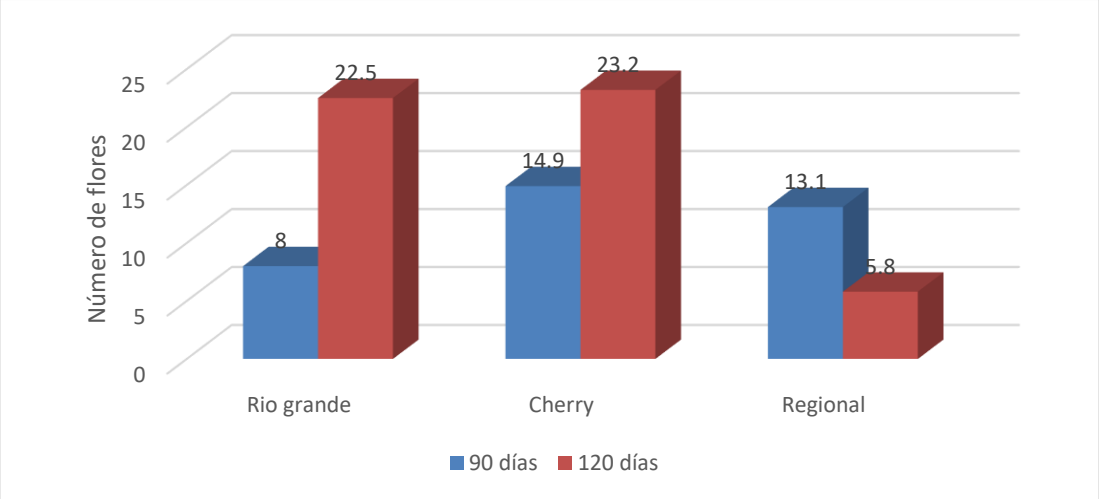


Figura 6. Número de flores por planta de las variedades de tomate cultivados en un sistema acuapónico.

4.5. Número, diámetro, peso de frutos

La tabla 9 muestra los resultados del análisis de medias de Duncan, para el número, diámetro y peso de frutos de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tabla 9: Número, diámetro y peso de frutos de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	No frutos	Diámetro de frutos (cm)	Peso de frutos (g)
Rio grande	1,8 b	55,3 a	113,5 b
Cherry	10,3 a	19,8 b	48,8 c
Regional	2,1 b	55,6 a	235,1 a

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

La tabla 9 muestra que, a los 120 días del trasplante, las plantas de tomate de la variedad Cherry lograron el mayor número de frutos por planta, seguido de la variedad regional y la variedad rio grande. A los 120 días del trasplante, las plantas de tomate de las variedades regional y rio grande lograron el mayor diámetro de frutos, seguido de la variedad Cherry. A los 120 días del trasplante, las plantas de tomate de la variedad regional lograron el mayor peso de frutos, seguido de la variedad rio grande y finalmente la variedad Cherry, como se muestra en la siguiente figura.

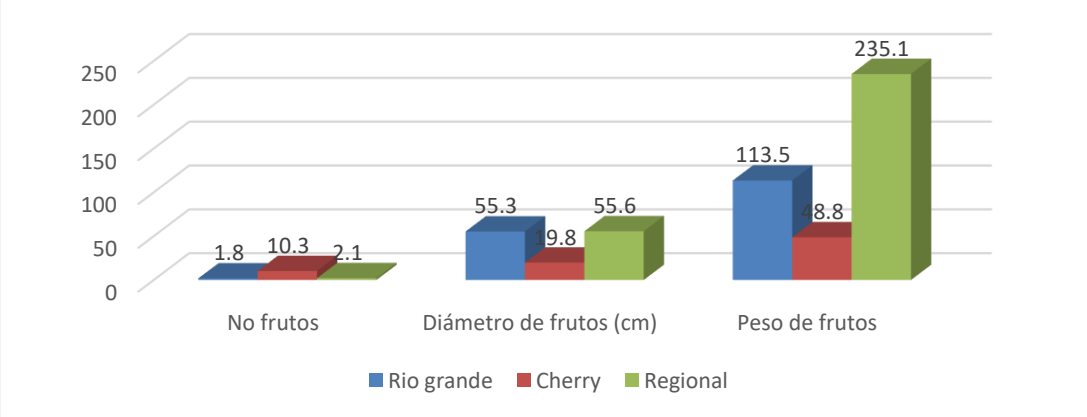


Figura 7. Número, diámetro y peso de frutos de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

4.6. Rendimiento por hectárea

La tabla 10 muestra los resultados del análisis de promedios de Duncan, para el rendimiento por hectárea de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tabla 10: Rendimiento por hectárea de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)
Rio grande	23130 b
Cherry	56074 a
Regional	56630 a

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

La tabla 10 muestra que, a los 120 días de transplante, las plantas de tomate de las variedades regional y Cherry lograron el mayor rendimiento por hectarea, seguido por las plantas de la variedad rio grande, como se muestra en la siguiente figura.

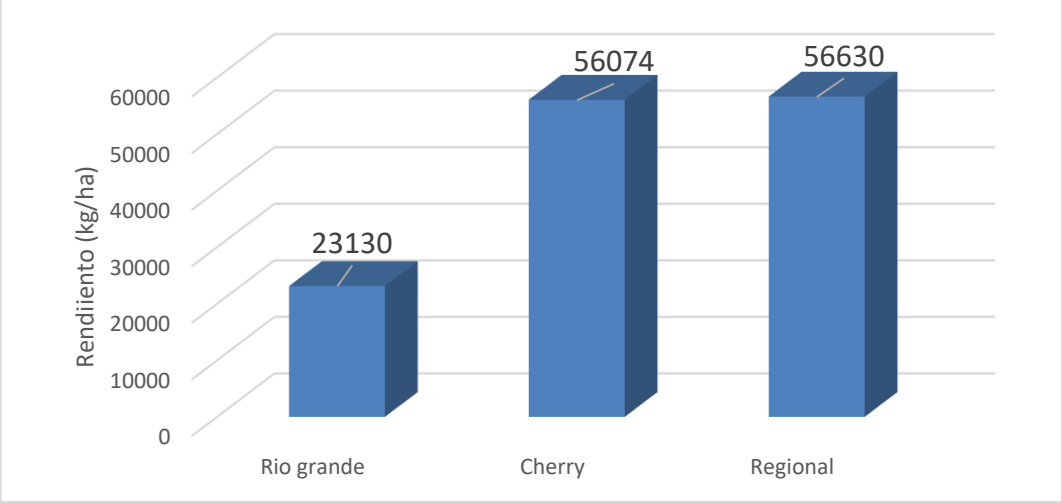


Figura 8. Rendimiento por hectárea de las variedades de tomate, cultivados en un sistema acuapónico.

CAPÍTULO V.

DISCUSIÓN

Cultivo del tomate en sistemas acuapónicos

El desarrollo vegetativo de las variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en sistemas hidropónicos y acuapónicos está determinado por la interacción entre el genotipo y las condiciones del sistema de cultivo, especialmente la disponibilidad de nutrientes, oxigenación radicular, conductividad eléctrica, pH y temperatura. En hidroponía, el suministro preciso de soluciones nutritivas favorece un crecimiento uniforme, mayor área foliar y mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, optimizando la biomasa aérea y radicular (Resh, 2013; Heuvelink, 2018).

En sistemas acuapónicos, el crecimiento vegetativo depende del equilibrio entre la producción de nutrientes derivados de los desechos metabólicos de los peces y la actividad microbiana encargada de transformar el amonio en nitratos disponibles para las plantas. Este proceso influye en variables como altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo, indicadores comúnmente utilizados en estudios experimentales de desarrollo vegetativo (Goddek et al., 2015; Rakocy et al., 2006).

Desde una perspectiva metodológica, la evaluación del desarrollo vegetativo en ambos sistemas requiere diseños experimentales controlados que consideren factores como densidad de siembra, variedad, manejo nutricional y condiciones ambientales. Las diferencias varietales pueden expresarse en vigor, tasa de crecimiento relativo y eficiencia en el uso de nutrientes, aspectos clave para la selección de cultivares adaptados a sistemas sin suelo (Gruda, 2009; Heuvelink, 2018).

Asimismo, investigaciones comparativas han demostrado que, bajo un manejo adecuado, tanto la hidroponía como la acuaponía pueden sostener un desarrollo vegetativo óptimo, aunque la acuaponía puede presentar variaciones en la disponibilidad nutricional dependiendo de la carga de peces y la estabilidad

biológica del sistema (Goddek et al., 2015). Por ello, la elección varietal y el monitoreo constante de parámetros fisicoquímicos resultan fundamentales para maximizar el desempeño vegetativo en estos sistemas intensivos.

Influencia de las variedades de tomate bajo condiciones de cultivo acuapónico

El comportamiento de las variedades de tomate en sistemas hidropónicos y acuapónicos se define como la respuesta diferencial de los genotipos frente a condiciones específicas de nutrición, manejo y ambiente propias de cultivos sin suelo. Este comportamiento se evalúa mediante indicadores agronómicos como crecimiento vegetativo, rendimiento, calidad de fruto, eficiencia en el uso de nutrientes y tolerancia a estrés abiótico (Heuvelink, 2018).

En hidroponía, las variedades muestran respuestas diferenciadas según su capacidad de absorber y utilizar nutrientes bajo soluciones nutritivas controladas. Factores como la conductividad eléctrica, el pH y la concentración de macronutrientes influyen directamente en el rendimiento y la calidad del fruto, observándose que los híbridos comerciales suelen presentar mayor uniformidad y estabilidad productiva (Resh, 2013; Gruda, 2009).

En sistemas acuapónicos, el comportamiento varietal está condicionado por la dinámica biológica del sistema, donde los nutrientes provienen de la mineralización de desechos de peces y su transformación bacteriana. La disponibilidad variable de nitrógeno, fósforo y micronutrientes puede generar diferencias en vigor, floración y cuajado entre variedades, especialmente cuando el sistema no se encuentra completamente estabilizado (Goddek et al., 2015; Rakocy et al., 2006).

Desde una perspectiva metodológica, el análisis comparativo del comportamiento varietal requiere diseños experimentales adecuados (completamente al azar o en bloques) que permitan identificar diferencias significativas entre tratamientos. La selección de variedades adaptadas a cada sistema productivo constituye un factor clave para optimizar rendimiento, calidad y sostenibilidad en cultivos hidropónicos y acuapónicos.

La producción sostenible y ecoeficiente del tomate en sistemas acuapónicos

La producción sostenible y ecoeficiente del tomate en sistemas acuapónicos se fundamenta en la integración sinérgica entre la acuicultura y la horticultura, donde los residuos metabólicos de los peces son transformados por microorganismos en nutrientes disponibles para las plantas. Este modelo productivo optimiza el uso del agua mediante recirculación, reduce la descarga de efluentes y minimiza la necesidad de fertilizantes sintéticos, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental del sistema (Rakocy et al., 2006; Goddek et al., 2015).

Desde el enfoque de ecoeficiencia, la acuaponía aplicada al tomate busca maximizar el rendimiento y la calidad del fruto con menor consumo de recursos y menor generación de impactos ambientales. La eficiencia en el uso del agua y de los nutrientes, así como la reducción de pérdidas por lixiviación, constituyen indicadores clave de desempeño sostenible (FAO, 2011; WBCSD, 2000). Además, al tratarse de un sistema cerrado, se favorece la producción intensiva en espacios reducidos, lo que incrementa la productividad por unidad de área.

En términos productivos, el tomate presenta buena adaptación a sistemas acuapónicos debido a su alta demanda de nitrógeno y capacidad de respuesta a soluciones nutritivas equilibradas. No obstante, la sostenibilidad del sistema depende del equilibrio entre densidad de peces, carga nutricional y absorción vegetal, así como del monitoreo constante de parámetros como pH, temperatura y concentración de oxígeno disuelto (Somerville et al., 2014; Heuvelink, 2018).

Desde una perspectiva metodológica, la evaluación de la producción sostenible y ecoeficiente del tomate en acuaponía requiere el uso de indicadores integrales que consideren rendimiento, calidad de fruto, eficiencia hídrica, balance de nutrientes y viabilidad económica. Este enfoque permite analizar no solo la productividad, sino también la resiliencia y el impacto ambiental del sistema, alineándolo con principios de desarrollo sostenible y seguridad alimentaria.

CAPÍTULO VI.

CONCLUSIONES

- El cultivo de diferentes variedades de tomate, mostraron comportamientos productivos diversos bajo condiciones de cultivo en un sistema acuapónico.
- El tomate Cherry logró el mayor promedio de altura de planta, número de hojas, numero de flores, número de frutos y mayor rendimiento por hectárea, en un sistema acuapónico en Yarinacocha.
- El tomate rio grande logró el mayor promedio de número de flores, diámetro de fruto, en un sistema acuapónico en Yarinacocha.
- el tomate regional logró el mayor promedio de número de hojas, diámetro de fruto, peso de fruto y rendimiento por hectárea, en un sistema acuapónico en Yarinacocha.

CAPITULO VII.

RECOMENDACIONES

- Priorizar el cultivo de tomate Cherry en sistemas acuapónicos comerciales, debido a su superior desempeño en variables de crecimiento vegetativo y reproductivo (altura de planta, número de hojas, flores, frutos y rendimiento por hectárea), lo que lo posiciona como alternativa rentable para maximizar productividad.
- Promover el cultivo de tomate Río Grande cuando el objetivo productivo esté orientado a calidad de fruto, especialmente en programas dirigidos a mercados que demanden mayor diámetro y características comerciales específicas.
- Fomentar la conservación y evaluación del tomate regional, dado su buen comportamiento en número de hojas, diámetro, peso de fruto y rendimiento, lo cual evidencia su potencial adaptación local y contribución a la biodiversidad agrícola.
- Realizar investigaciones complementarias multivariadas y en diferentes épocas del año, a fin de validar la estabilidad productiva de las variedades bajo distintas condiciones ambientales y fortalecer la confiabilidad externa de los resultados.
- Implementar monitoreo técnico permanente del sistema acuapónico (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y balance nutricional), para optimizar el desempeño varietal y garantizar sostenibilidad productiva en condiciones tropicales como Yarinacocha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAB. (2025). Análisis de laboratorio. Muestra de aguas. www.alab.com.pe

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2020). Agroecology: Transitioning to sustainable food systems (2nd ed.). CRC Press.

Beecher, G. R. (1998). Nutrient content of tomatoes and tomato products. Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 218(2), 98–100. https://doi.org/10.3181/00379727-218-44282

Elmorsy, A. T., & Abul-Soud, M. (2023). Effect of tomato plant density on aquaponic system production. Engineering Heritage Journal, 7(2), 122–128.

FAO. (2011). Save and grow: A policymaker's guide to the sustainable intensification of smallholder crop production. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2014). Small-scale aquaponic food production: Integrated fish and plant farming. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2018). Sustainable food systems: Concept and framework. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Good agricultural practices for greenhouse vegetable production. FAO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2023). The state of food security and nutrition in the world 2023. FAO.

Foolad, M. R. (2007). Genome mapping and molecular breeding of tomato. International Journal of Plant Genomics, 2007, 1–52.

Gaspar Quincho, B. (2025). Comportamiento agronómico de la producción hidropónica de tomate (Solanum lycopersicum L.) en condiciones de invernadero (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica. https://hdl.handle.net/20.500.14597/9719

Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, M. H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. Sustainability, 7(4), 4199–4224. https://doi.org/10.3390/su7044199

Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B., & Burnell, G. (2019). Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6

Graber, A., & Junge, R. (2015). Tomato productivity and quality in aquaponics: Comparison of three hydroponic methods. Water, 8(11), 533.

Gruda, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? Journal of Applied Botany and Food Quality, 82, 141–147.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación (5ª ed.). McGraw-Hill Interamericana.

Heuvelink, E. (Ed.). (2018). Tomatoes (2nd ed.). CABI.

Jordan, R. A., & Siqueira, V. C. (2020). Productivity of tomato hybrids cultivated in aquaponia associated in a floating type system. Research, Society and Development. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8198

Jordan, R. A., Giordano, E. B., Oliveira, F. C., Quequeto, W. D., Drehmer, K. K. B., & Santos, R. C. (2018). Productivity of tomato hybrids cultivated in aquaponia associated in a floating type system. Research, Society and Development. https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.8198

Kralik, B., Nieschwitz, N., Neves, K., Zeedyk, N., & Kershaw, J. (2023). The effect of aquaponics on tomato (Solanum lycopersicum) sensory, quality, and safety outcomes. Journal of Food Science, 88(6), 2261–2272.

Love, D. C., Fry, J. P., Li, X., Hill, E. S., Genello, L., Semmens, K., & Thompson, R. E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. Aquaculture, 435, 67–74. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023

Ortega-López, N. E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., & Alonso-López, A. (2015). Crecimiento de tilapia (Oreochromis niloticus L.) y tomate (Solanum lycopersicum L.) en un sistema acuapónico abierto. Agro Productividad.

Peralta, I. E., Knapp, S., & Spooner, D. M. (2008). The taxonomy of tomatoes: A revision of wild tomatoes (Solanum section Lycopersicon) and their outgroup relatives. Systematic Botany Monographs, 84, 1–186.

Pineda-Pineda, J., Miranda-Velázquez, I., Ramírez-Arias, A., Vargas-Hernández, M., Montalvo-Hernández, D., García-Galván, S., & García-Ramírez, N. M. (2020). Response of tilapia and tomato to the complementation of nutrients in an aquaponic system. Acta Horticulturae, 1296, 101–108. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1296.14

Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 363(1491), 447–465. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163

Rakocy, J. E., Masser, M. P., & Losordo, T. M. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics—Integrating fish and plant culture. Southern Regional Aquaculture Center.

Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. Pharmacological Research, 55(3), 207–216. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2007.01.012

Razifard, H., Ramos, A., Della Valle, A. L., Bodary, C., Goetz, E., Manser, E. J., Li, X., Zhang, L., Visa, S., Tieman, D., Klee, H., Caicedo, A. L., & van der Knaap, E. (2020). Genomic evidence for complex domestication history of the cultivated tomato in Latin America. Molecular Biology and Evolution, 37(4), 1118–1132. https://doi.org/10.1093/molbev/msz297

Resh, H. M. (2013). Hydroponic food production (7th ed.). CRC Press.

Sandoval, M., Reyes-Flores, M., Rodríguez-Mendoza, M. N., & Trejo-Téllez, L. I. (2020). Calidad de tomate (Solanum lycopersicum L.) producido en acuaponía complementado con fertilización foliar de micronutrimentos. Agro Productividad, 13(5).

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). Small-scale aquaponic food production. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589.

Spooner, D. M., Peralta, I. E., & Knapp, S. (2005). Comparison of AFLPs with other markers for phylogenetic inference in wild tomatoes (Solanum L. section Lycopersicon). Taxon, 54(1), 43–61. https://doi.org/10.2307/25065300

United States Department of Agriculture (USDA). (2023). FoodData Central: Tomatoes, red, ripe, raw. U.S. Department of Agriculture.

Weather Atlas. (2024). Climate and monthly weather forecast for Pucallpa, Peru. https://www.weather-atlas.com/en/peru/pucallpa-climate

World Business Council for Sustainable Development. (2000). Eco-efficiency: Creating more value with less impact. WBCSD.

ANEXOS

ANEXO 1

Resultados del análisis de agua

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

IAS ACCREDITED Testing Laboratory TL - 833

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-2216

Nº Id.: 0000205536

V.- RESULTADOS

ITEM	1
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-26-3736
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	NO APLICA
DESCRIPCIÓN (A)	SISTEMA ACUAPÓNICO DE YARINACOCHA
COORDENADAS - UTM WGS 84 (A)	E:74°35'10.5" N:8°20'59.5"
TIPO DE PRODUCTO (A)	Agua Natural: Agua Subterranea, Agua Superficial
SUB TIPO PRODUCTO (A)	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA) (A)	13-01-2026 12:50
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA)(A)	13-01-2026 00:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Metales ICP - OES- Agua (B, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, S, Zn)				
Azufre [2]	mg/L	0,30	1,00	1,87
Boro [2]	mg/L	0,002	0,008	0,038
Calcio [2]	mg/L	0,002	0,006	38,181
Cobre [2]	mg/L	0,0003	0,0010	<0,0010
Fosforo [2]	mg/L	0,01	0,04	0,44
Hierro [2]	mg/L	0,001	0,004	<0,004
Magnesio [2]	mg/L	0,007	0,020	8,487
Manganeso [2]	mg/L	0,0001	0,0002	<0,0002
Molibdeno [2]	mg/L	0,004	0,010	<0,010
Potasio. [2]	mg/L	0,04	0,10	2,21
Zinc [2]	mg/L	0,0001	0,0004	0,0208
Metales Totales ICP-MS				
Aluminio [2]	mg/L	0,001	0,003	0,009
Plomo [2]	mg/L	0,0008	0,0010	0,0125
Sodio [2]	mg/L	0,0003	0,0010	15,4030

[2] Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES

"FIN DE DOCUMENTO"

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Pág.3 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista, Callao.
Telf.: (+511) 713 0756 / 713 0636
Cel.: 977 516 675 / 937 111 379

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz D2 Lt 3, Bellavista, Callao.
Cel.: 977 516 675 / 932 646 460

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9, Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642

SEDE PIURA
Urb. San Isidro III Etapa Mz. D3 Lt. 02, Castilla - Piura
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133

SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29, Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133

www.alab.com.pe

ANEXO 2

Resultados del análisis de agua

ALAB ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 096

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado

Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-2217

N° Id.: 0000205537

V.- RESULTADOS

ITEM	1
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-26-3736
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	NO APLICA
DESCRIPCIÓN (A)	SISTEMA ACUAPÓNICO DE YARINACOCHA
COORDENADAS - UTM WGS 84 (A)	E:74°35'10.5" N:8°20'59.5"
TIPO DE PRODUCTO (A)	Agua Natural: Agua Subterranea, Agua Superficial
SUB TIPO PRODUCTO (A)	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA) (A)	13-01-2026 12:50
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA)(A)	13-01-2026 00:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Conductividad Electrica (Analizador Discreto Automatizado) (*)	uS/cm	NA	84,00	347,60
pH (Analizador Discreto Automatizado) (*)	Unidad de pH	NA	NA	7,00
Amonio (Analizador Discreto Automatizado) (*)	mg/L	0,03	0,10	<0,10
Cloruro (Analizador Discreto Automatizado) (*)	mg/L	4,0	10,0	<10,0
Nitrato (Analizador Discreto Automatizado) (*)	mg/L	0,07	0,20	10,57
Sulfato (Analizador Discreto Automatizado) (*)	mg/L	8,00	20,00	<20,00

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

"FIN DE DOCUMENTO"

VI.- OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Pág.3 de 3

SEDE PRINCIPAL
Av. Guardia Chalaca N° 1877, Bellavista, Callao.
Telf.: (+511) 713 0756 / 713 0636
Cel.: 977 516 675 / 937 111 379

SEDE ZARUMILLA
Prolongación Zarumilla Mz D2 Lt 3, Bellavista, Callao.
Cel.: 977 516 675 / 932 646 460

SEDE AREQUIPA
COOP SIDSUR Mz. E Lt. 9, Arequipa
Telf.: (+054) 616 843
Cel.: 932 646 642

SEDE PIURA
Urb. San Isidro III Etapa Mz. D3 Lt. 02, Castilla - Piura
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133

SEDE TRUJILLO
Urb. Sol de Trujillo Mz. A Lt. 29, Alto Salaverry - Trujillo
Telf.: (+01) 713 0636
Cel.: 919 475 133

www.alab.com.pe

ANEXO 3

Resultados del análisis de agua

ALAB
ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-26-5756

Nº Id.: 0000209249

V.- RESULTADOS

ITEM	1
CÓDIGO DE LABORATORIO	M-26-3736
FUNDO/LOTE/PARCELA/COORDENADAS	NO APLICA
DESCRIPCIÓN (A)	SISTEMA ACUAPÓNICO DE YARINACOCHA
COORDENADAS - UTM WGS 84 (A)	E:74°35'10.5" N:8°20'59.5"
TIPO DE PRODUCTO (A)	Agua Natural: Agua Subterranea, Agua Superficial
SUB TIPO PRODUCTO (A)	
INICIO DE MUESTREO (FECHA y HORA) (A)	13-01-2026 12:50
FIN DE MUESTREO (FECHA y HORA)(A)	13-01-2026 00:00

ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS
Sólidos Suspendidos Totales (**)	mg/L	2,00	5,00	<5,00
Sólidos Totales Disueltos (**)	mg/L	2,00	5,00	124,00

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

(A)Datos proporcionados por el cliente y/o solicitante. El laboratorio no es responsable cuando la información proporcionado por el cliente y/o solicitante pueda afectar la validez de los resultados.

VI.- OBSERVACIONES
Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Pág.3 de 3

ANEXO 4

Tablas de resultados de los análisis de variancia.

Tabla 1A: ANVA de la altura de planta a los 30 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	288.2222222	144.1111111	436.70	<.0001
Error	6	1.9800000	0.3300000		
Total	8	290.2022222			

C.V. = 4.2 %

Tabla 2A. ANVA de la altura de planta a los 60 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	321.4022222	160.7011111	310.37	<.0001
Error	6	3.1066667	0.5177778		
Total	8	324.5088889			

C.V. = 1.7 %

Tabla 3A. ANVA de la altura de planta a los 90 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	2317.926667	1158.963333	1674.26	<.0001
Error	6	4.153333	0.692222		
Total	8	2322.080000			

C.V. = 0.79 %

Tabla 4A. ANVA de la altura de planta a los 120 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	1317.555556	658.777778	1395.06	<.0001
Error	6	2.833333	0.472222		
Total	8	1320.388889			

C.V. = 0.5 %

Tabla 5A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 30 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	0.69555556	0.34777778	2.41	0.1707
Error	6	0.86666667	0.14444444		
Total	8	1.56222222			

C.V. = 13.8 %

Tabla 6A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 60 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	4.88222222	2.44111111	11.10	0.0096
Error	6	1.32000000	0.22000000		
Total	8	6.20222222			

C.V. = 10%

Tabla 7A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 90 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	1.06888889	0.53444444	3.49	0.0990
Error	6	0.92000000	0.15333333		
Total	8	1.98888889			

C.V. = 6.5%

Tabla 8A. ANVA del diámetro de tallo por planta a los 120 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	0.56000000	0.28000000	0.99	0.4256
Error	6	1.70000000	0.28333333		
Total	8	2.26000000			

C.V. = 7.9%

Tabla 9A. ANVA del número de hojas por planta a los 30 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	7.20222222	3.60111111	31.16	0.0007
Error	6	0.69333333	0.11555556		
Total	8	7.89555556			

C.V. = 6.7%

Tabla 10A. ANVA del número de hojas por planta a los 60 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	21.81555556	10.90777778	24.24	0.0013
Error	6	2.70000000	0.45000000		
Total	8	24.51555556			

C.V. = 8.2%

Tabla 11A. ANVA del número de hojas por planta a los 90 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	259.5488889	129.7744444	516.80	<.0001
Error	6	1.5066667	0.2511111		
Total corregido	8	261.0555556			

C.V. = 2.8%

Tabla 12A. ANVA del número de hojas por planta a los 120 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	2	39.14666667	19.57333333	43.60	0.0003
Error	6	2.69333333	0.44888889		
Total corregido	8	41.84000000			

C.V. = 3.8%

Tabla 13A. ANVA del número de flores por planta a los 90 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	77.30888889	38.65444444	67.68	<.0001
Error	6	3.42666667	0.57111111		
Total	8	80.73555556			

C.V. = 6.2%

Tabla 14A. ANVA del número de flores por planta a los 120 días de evaluación.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	582.2866667	291.1433333	1169.77	<.0001
Error	6	1.4933333	0.2488889		
Total	8	583.7800000			

C.V. = 2.9%

Tabla 15A. ANVA del número de frutos por planta.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	139.0555556	69.5277778	417.17	<.0001
Error	6	1.0000000	0.1666667		
Total	8	140.0555556			

C.V. = 8.5%

Tabla 16A. ANVA del diámetro de fruto.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	2539.635556	1269.817778	2473.67	<.0001
Error	6	3.080000	0.513333		
Total	8	2542.715556			

C.V. = 1.6%

Tabla 17A. ANVA del peso de fruto.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	53704.66667	26852.33333	56863.8	<.0001
Error	6	2.83333	0.47222		
Total	8	53707.50000			

C.V. = 0.5%

Tabla 18A. ANVA del rendimiento por hectárea.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Tratamiento	2	2207892183	1103946091	38.87	0.0004
Error	6	170424996	28404166		
Total	8	2378317179			

C.V. = 11.7%

ANEXO 5

Evidencias fotográficas del proceso durante el desarrollo del proyecto.

Figura 1A: Preparación del almacigo de tomate



Figura 2A. Trasplante de plántulas de tomate a camas acuapónicas



Figura 3A. Plántulas de tomate instaladas en las camas acuapónicas.



Figura 4A. Desarrollo de variedades de plantas de tomate en las camas acuapónicas.



Figura 5A. Aplicación de abonos foliares.



Figura 6A. Evaluación de altura y diámetro de planta.

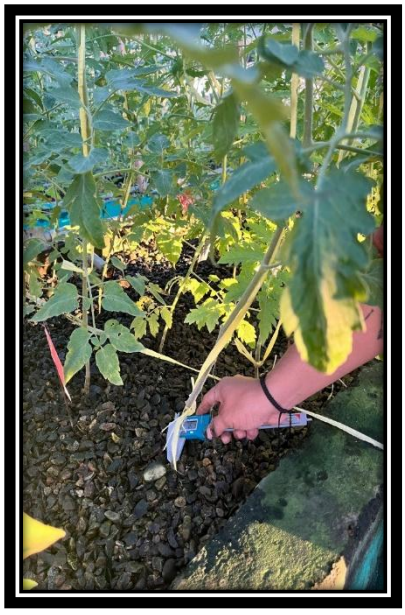




Figura 7A. Producción de frutos de variedades de tomate en sistema acuapónico.



Figura 8A. Evaluaciones de diámetro y peso de frutos.



Figura 9A. Supervisión del asesor de tesis.

