UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

TESIS

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de maceta, en Huanta

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Agronomía

PRESENTADO POR:
Curo Cárdenas, Jhon

ASESOR:
Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

HUANTA – AYACUCHO
2026

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate (Solanum lycopersicum) en condiciones de maceta, en Huanta

AUTOR

Jhon Curo Cárdenas

RECUENTO DE PALABRAS

22041 Words

RECUENTO DE CARACTERES

131127 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

104 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.3MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 11, 2026 6:21 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 11, 2026 6:23 AM GMT-5

15% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
FIRMA DIGITAL

Firmado digitalmente por HINOJOSA BENAVIDES Rene Antonio FAU 20574653798 soft
Fecha: 2026.10.11 06:38:16 -05'00'

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE HUANTA
Creada por Ley N° 29658
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE NEGOCIOS AGRONÓMICOS Y FORESTALES

En la ciudad de Huanta, en el auditorio del local de Estudios Generales (5 esquinas) de la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, ubicado en el Jr. Miguel Lazon N° 370 – cinco esquinas, a los 11 días del mes de noviembre de 2026, siendo las 09:00 horas, se dio inicio al acto académico de sustentación de tesis con la presencia de los miembros del jurado calificador:

Dr. Genaro Mario Condori Ramos	**Miembro Titular 1 (Presidente)**
Dr. Enderson Henry Cruz Mamani	**Miembro titular 2**
Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides	**Miembro titular 3**
Mtro. Wiliam Blas Torres Gutierrez	**Accesitario**

Acto seguido se procedió a dar lectura a la Resolución de Vicepresidencia Académica N° 218-2026-CO-UNAH, en la que señala fecha, hora y designación de jurado evaluador para la sustentación de tesis del **Br. Jhon Curo Cárdenas**, con la tesis titulada: **"Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate (Solanum lycopersicum) en condiciones de maceta, en Huanta"**, asesorado por el Dr. René Antonio Hinojosa Benavides para optar el Título profesional de: Ingeniero de Negocios Agronómicos y Forestales.

Observaciones:

Ninguna

Terminada la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por los miembros del jurado evaluadores, los mismos que fueron defendidos y absueltos por el tesista. Acto seguido se procedió a calificar con el resultado siguiente:

Aprobado Regular	( )
Aprobado Bueno	( )
Aprobado Muy Bueno	( )
Aprobado Excelente	(X)

Con la calificación de ..... Dieciocho ..... (18)
Siendo las ..... 10...a.m.... se da por finalizada el acto académico de sustentación de tesis pasando a firmar los miembros del jurado evaluador.

Dr. Genaro Mario Condori Ramos
Miembro Titular 1 (Presidente)

Dr. Enderson Henry Cruz Mamani
Miembro Titular 2

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides
Miembro Titular 3

Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de maceta, en Huanta

TESISTA

Jhon Curo Cárdenas

ASESOR

Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides

CIP N° 74510

Dedicatoria

A Dios, por guiar mi camino, darme fortaleza y permitirme alcanzar una de las metas más importantes de mi formación profesional.

A mis padres, Mauro Curo y Victoria Cárdenas, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. Gracias por inculcarme valores y enseñarme a perseverar ante las dificultades.

A mi hermano, Juan Jayo, y a mis hermanas, Ana Miriam y Tania, por su cariño, confianza y motivación constante para seguir adelante y cumplir mis objetivos.

A los docentes de la Escuela Profesional de Negocios Agronómicos y Forestales, por sus enseñanzas, orientación y aporte a mi formación académica y profesional.

.

Agradecimiento

A mi asesor, Dr. Rene Antonio Hinojosa Benavides, por su orientación profesional, dedicación y constante apoyo durante el desarrollo de la presente investigación. Sus conocimientos, recomendaciones y observaciones fueron fundamentales para la culminación satisfactoria de esta tesis.

De igual manera, manifiesto mi reconocimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Huanta, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente en un ambiente académico orientado a la investigación, la responsabilidad y el compromiso con el desarrollo sostenible.

RESUMEN

Objetivo. La investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y el comportamiento agronómico del tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) cultivado en macetas en Huanta. **Método.** Se emplearon 24 plantas en macetas de 20 litros, distribuidas mediante un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones: T1, extracto de cáscara de plátano y papaya; T2, té de follaje de leguminosas; T3, caldo de ceniza de madera; y T4, fermentado de restos de tomate y ortiga. Se evaluaron el peso de fruto, el número de frutos por planta, la altura de planta, el diámetro de tallo y el área foliar. Los datos se analizaron en InfoStat mediante análisis de varianza y la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5 %. **Resultados.** Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 registraron, respectivamente, pesos promedio de fruto de 6,86; 6,45; 5,46 y 5,57 g, y un número promedio de frutos por planta de 74,67; 64,83; 67,33 y 74,00. En ese mismo orden, la altura de planta alcanzó 68,50; 70,50; 64,67 y 69,50 cm, mientras que el diámetro de tallo fue de 22,28; 22,20; 20,87 y 21,22 mm. Ninguna de estas variables presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Por su parte, el área foliar mostró diferencias significativas, con promedios de 3368,09; 3889,75; 2789,09 y 4208,90 cm² para T1, T2, T3 y T4, respectivamente. **Conclusión.** Se concluyó que T4 presentó un área foliar significativamente superior a la de los demás tratamientos; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el peso de fruto, el número de frutos por planta, la altura de planta ni el diámetro de tallo.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, bioestimulantes, rendimiento, comportamiento agronómico, maceta.

ABSTRACT

Objective. The objective of this study was to determine the effect of four biostimulants on the yield and agronomic performance of cherry tomatoes (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) grown in pots in Huanta. **Method.** A total of 24 plants were grown in 20-liter pots, arranged in a completely randomized design with four treatments and six replicates: T1, banana peel and papaya extract; T2, legume foliage tea; T3, wood ash solution; and T4, fermented tomato and nettle residues. Fruit weight, number of fruits per plant, plant height, stem diameter, and leaf area were evaluated. The data were analyzed in InfoStat using analysis of variance and Tukey's test, with a significance level of 5%. **Results.** Treatments T1, T2, T3, and T4 recorded, respectively, average fruit weights of 6.86, 6.45, 5.46, and 5.57 g, and an average number of fruits per plant of 74.67, 64.83, 67.33, and 74.00. In that same order, plant height reached 68.50, 70.50, 64.67, and 69.50 cm, while stem diameter was 22.28, 22.20, 20.87, and 21.22 mm. None of these variables showed statistically significant differences among treatments. Leaf area, however, showed significant differences, with averages of 3,368.09; 3,889.75; 2,789.09; and 4,208.90 cm^2 for T1, T2, T3, and T4, respectively. **Conclusion.** It was concluded that T4 had a significantly greater leaf area than the other treatments. However, no statistically significant differences were found in fruit weight, number of fruits per plant, plant height, or stem diameter.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, biostimulants, yield, agronomic performance, pot.

Índice

RESUMEN ix

ABSTRACT x

INTRODUCCIÓN xiv

CAPITULO I 15

PROBLEMA 15

1.1. Planteamiento del Problema 15

1.2. Formulación del problema 16

1.2.1. Problema general 16

1.2.2. Problemas específicos 16

1.3. Objetivos 16

1.3.1. Objetivo general 16

1.4. Justificación e importancia 17

1.4.1. Justificación 17

1.4.2. Importancia 19

1.5. Hipótesis 19

1.5.1. Hipótesis general 19

1.5.2. Hipótesis especificas 19

1.6. Variables 19

Variable independiente: Bioestimulante 19

1.7. Operacionalización de variables 19

CAPITULO II 21

MARCO TEÓRICO 21

2.1. Antecedentes de investigación 21

2.1.1. Internacionales 21

2.1.2. Nacionales 22

2.1.3. Local....23
2.2. Bases teóricas....24
CAPITULO III....40
METODOLOGÍA....40
3.1. Enfoque, tipo y nivel de investigación....40
3.1.1. Enfoque de investigación....40
3.1.2. Tipo de investigación....40
3.1.3. Nivel de investigación....40
3.1.4. Diseño de investigación....40
3.1.6. Características del área experimental....41
3.1.7. Análisis estadístico de datos....42
3.2. Ámbito temporal y espacial....44
3.2.1. Temporal....44
3.2.2. Espacial....44
3.3. Población y muestra....45
3.3.1. Población....45
3.3.2. Muestra....46
3.3.3. Muestreo....46
3.4. Técnicas de recolección de datos....46
3.4.1. Instrumentos....47
3.5. Procedimientos....47
3.5.1. Análisis de suelo....47
3.5.2. Elección del área experimental....49
3.5.3. Preparación de los bioestimulantes vegetales....50
3.6. Labores culturales....51
3.6.1. Riego....51
3.6.2. Control de malezas....51

3.8. Evaluación post cosecha 54
CAPÍTULO IV.....58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 58
4.1. Resultados 58
4.2. Discusión.....76
CONCLUSIONES 82
RECOMENDACIONES.....83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....84
ANEXOS 89
Anexo 1: Matriz de consistencia.....89
Anexo 2: Fichas de recolección de datos.....90
Anexo 3: Análisis de suelo.....95
Anexo 4: Panel fotográfico 97

INTRODUCCIÓN

El tomate (Solanum lycopersicum) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia económica y nutricional en el Perú, debido a su alto consumo y a su aporte de vitaminas, minerales y antioxidantes (Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA], 2020); sin embargo, en zonas productoras como Huanta (Ayacucho), su cultivo enfrenta una problemática compleja caracterizada por el uso intensivo de fertilizantes sintéticos y plaguicidas, el deterioro progresivo de la fertilidad del suelo, la incidencia de plagas y enfermedades (como mosca blanca y polilla del tomate), y condiciones de estrés abiótico asociadas a variaciones climáticas (SENASA, 2020). Estas limitaciones reducen el rendimiento potencial y el comportamiento agronómico del cultivo, elevan los costos de producción y generan impactos ambientales negativos.

Ante este escenario, los bioestimulantes han emergido como una alternativa sostenible que estimula los procesos fisiológicos naturales de la planta, mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes, incrementa la tolerancia al estrés y favorece parámetros de crecimiento y productividad (Rojas Veramendi, 2023; Carrasco Loli, 2024). Estudios realizados en diferentes regiones del Perú han evidenciado que la aplicación de bioestimulantes a base de extractos de algas, aminoácidos o ácidos fúlvicos puede aumentar significativamente el rendimiento, el tamaño y la calidad de los frutos de tomate en comparación con el manejo convencional (Rojas Veramendi, 2023; Mollinedo Tarqui, 2025).

En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y el comportamiento agronómico del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en condiciones de maceta, en Huanta, investigación que se justifica por la necesidad de generar información científica local que permita identificar alternativas de manejo más eficientes y sostenibles, capaces de mejorar la productividad y reducir la dependencia de insumos químicos; asimismo, contribuye a fortalecer las prácticas agrícolas en la zona, en concordancia con las recomendaciones de Buenas Prácticas Agrícolas (SENASA, 2020), y ofrece un respaldo técnico a los productores de Huanta para incrementar la rentabilidad y la resiliencia de sus sistemas productivos; motivo por el cual, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate *(Solanum lycopersicum)* en condiciones de maceta, en Huanta.

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) constituye una de las hortalizas de mayor importancia económica y alimentaria a nivel mundial, debido a su elevado valor nutricional y alta demanda comercial; no obstante, el cultivo presenta diversas limitaciones productivas que afectan su rendimiento y comportamiento agronómico, entre ellas la baja eficiencia en la absorción de nutrientes, el desarrollo vegetativo limitado y la susceptibilidad a condiciones de estrés abiótico, factores que reducen la productividad y calidad del cultivo (Quina, 2024). Asimismo, el uso intensivo de prácticas agrícolas convencionales basadas principalmente en fertilización química y manejo fitosanitario sintético no siempre permite expresar adecuadamente el potencial productivo del tomate (Teresa, 2013).

En los últimos años, los bioestimulantes agrícolas han adquirido relevancia como una alternativa sostenible para mejorar el crecimiento y desarrollo de los cultivos, debido a que contienen compuestos bioactivos capaces de estimular procesos fisiológicos relacionados con la absorción de nutrientes, actividad fotosintética, desarrollo radicular y tolerancia al estrés ambiental. Diversos estudios reportan efectos positivos de los bioestimulantes sobre variables agronómicas como altura de planta, número de frutos, biomasa vegetal y rendimiento total del cultivo de tomate; sin embargo, la información científica disponible aún es limitada, especialmente en investigaciones desarrolladas bajo condiciones controladas de maceta y utilizando diferentes tipos de bioestimulantes de manera comparativa (Mejía, 2024).

En la provincia de Huanta, el manejo agronómico del cultivo de tomate se desarrolla mayormente bajo prácticas tradicionales y empíricas, con escasa incorporación de tecnologías sostenibles que permitan optimizar el crecimiento y rendimiento del cultivo. Esta situación limita la productividad agrícola y restringe la capacidad de los productores para responder eficientemente a las exigencias del mercado, las variaciones de la demanda y las condiciones ambientales propias de la zona, existiendo una reducida

disponibilidad de información técnica relacionada con el uso de bioestimulantes en el cultivo de tomate bajo condiciones agroecológicas locales.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de evaluar diferentes bioestimulantes que permitan mejorar el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate en condiciones controladas de producción, de tal manera que, la evaluación de cuatro bioestimulantes en condiciones de maceta permitirá determinar su efecto comparativo sobre variables agronómicas y productivas del cultivo, generando información científica útil para fortalecer el manejo sostenible del tomate en Huanta y contribuir al desarrollo de alternativas tecnológicas accesibles para los productores hortícolas de la región.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var? cerasiforme) en condiciones de maceta, en Huanta?

1.2.2. Problemas específicos

- ✓ ¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var? cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta?
- ✓ ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var? cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta?

Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.
- Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

Justificación e importancia

1.3.3. Justificación

1.3.3.1. Teórica

Los bioestimulantes elaborados a base de extractos vegetales contienen compuestos bioactivos como aminoácidos, compuestos fenólicos, flavonoides y fitohormonas naturales, los cuales favorecen la absorción de nutrientes (García et al., 2023). Los bioestimulantes mejoran la eficiencia nutricional y promueven el crecimiento vegetal mediante la activación de mecanismos metabólicos y fisiológicos (Calvo et al., 2014). En este contexto, la investigación aporta conocimiento científico sobre la respuesta fisiológica y agronómica del tomate frente al uso de bioinsumos naturales.

1.3.3.2. Práctica

En Huanta, el cultivo de tomate constituye una alternativa importante para pequeños productores; sin embargo, el manejo agronómico muchas veces depende del uso intensivo de fertilizantes químicos. La presente investigación permitió evaluar el efecto de diferentes bioestimulantes vegetales sobre el crecimiento y rendimiento del tomate en condiciones de maceta, identificando tratamientos con mejores resultados productivos que servirán como referencia técnica para agricultores, facilitando recomendaciones sobre dosis, frecuencia y formas de aplicación de bioestimulantes accesibles y de bajo costo.

1.3.3.3. Social

Fomentar el cultivo de tomates en macetas también promueve la agricultura urbana, empoderando a las comunidades para cultivar sus propios alimentos, lo

que conllevará a mejorar la seguridad alimentaria local, ya que los tomates son ricos en vitaminas, de tal manera que se mejorará la calidad nutricional de los frutos para la población, así como también se generará un sentido de comunidad y conexión con la naturaleza.

1.3.3.4. Metodológica

Desde el punto de vista metodológico, la investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), permitiendo evaluar de manera objetiva la relación entre los tratamientos aplicados y las variables agronómicas del cultivo. La inclusión de varios tratamientos y repeticiones permitió aplicar análisis estadísticos como el análisis de varianza, garantizando confiabilidad y validez de los resultados obtenidos. Asimismo, se consideraron variables cuantificables como altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, número de frutos, peso fresco y rendimiento, constituyendo un modelo experimental replicable para futuras investigaciones relacionadas con bioestimulantes en cultivos hortícolas.

1.3.3.5. Económica

El empleo de bioestimulantes elaborados con insumos vegetales locales representa una alternativa económicamente viable frente a productos comerciales de elevado costo. Su utilización puede disminuir los gastos destinados a fertilización complementaria y mejorar la eficiencia productiva del cultivo de tomate. En sistemas agrícolas de pequeña escala, como los predominantes en Huanta, la validación de estas alternativas naturales podría contribuir al incremento de la rentabilidad y sostenibilidad económica de los productores, favoreciendo además el aprovechamiento de recursos disponibles en la zona.

1.3.3.6. Ambiental

El estudio promueve la reducción del uso excesivo de fertilizantes y agroquímicos sintéticos, cuya aplicación indiscriminada ocasiona contaminación del suelo y agua, además de afectar la biodiversidad del agroecosistema; mientras que, los bioestimulantes vegetales constituyen una alternativa sostenible, ya que favorecen el desarrollo fisiológico de las plantas sin incrementar la carga química del ambiente (Rouphael & Colla, 2020).

1.3.4. Importancia

La presente investigación es importante porque genera información científica sobre el uso de bioestimulantes vegetales en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), una de las hortalizas de mayor importancia económica y alimentaria. Los bioestimulantes mejoran la absorción de nutrientes, favorecen el crecimiento vegetativo y aumentan la tolerancia al estrés ambiental (P. Calvo et al., 2014). la investigación aporta evidencia técnica y experimental que permitirá promover alternativas sostenibles para mejorar la productividad y calidad del cultivo de tomate bajo condiciones locales.

Hipótesis

1.3.5. Hipótesis general

La aplicación de cuatro bioestimulantes influye significativamente en el cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) en condiciones de maceta en Huanta.

1.3.6. Hipótesis especificas

- ✓ La aplicación de cuatro bioestimulantes influye significativamente en el rendimiento del cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta en Huanta.
- ✓ La aplicación de los cuatro bioestimulantes influye significativamente en el comportamiento agronómico del cultivo de tomate “cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta en Huanta.

Variables

Variable independiente: Bioestimulante

Variable dependiente: Cultivo de tomate

Operacionalización de variables

La Tabla 1 muestra la operacionalización de variables de estudio con sus dimensiones indicadores.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operativa	Dimensión	Indicador
Bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas	Sustancias de origen biológico o extractos naturales que, aplicados en pequeñas cantidades, favorecen los procesos fisiológicos de las plantas, mejorando el crecimiento, la absorción de nutrientes y la tolerancia al estrés (Rouphael & Colla, 2020).	Solución líquida de origen orgánico elaborada a partir de residuos agrícolas y extractos vegetales fermentados aplicados al cultivo de tomate en condiciones de maceta.	Tipo	Extracto de cáscara de plátano + papaya Té de follaje de leguminosas (como frijol, guaba, alfalfa o maní forrajero) Caldo de ceniza de madera Fermentado de restos de tomate + ortiga
			Composición de origen	Cáscaras de frutas y semillas Follaje de leguminosas Ceniza de madera y cal agrícola Restos vegetales fermentados y ortiga
			Forma de aplicación	Foliar Radicular Combinado
			Concentración / dilución	mL/L o L/10 L de agua
			Frecuencia de aplicación	10–15 días
Tomate (Solanum lycopersicum)	Cultivo hortícola perteneciente a la familia Solanaceae, cultivado por la producción de frutos comestibles y por su importancia alimentaria y económica.	Planta hortícola cultivada en maceta bajo condiciones controladas, cuya respuesta al tratamiento con bioestimulantes se mide mediante indicadores agronómicos y productivos.	Rendimiento	Peso de frutos
			Comportamiento agronómico	Número de frutos por planta Altura de planta Diámetro de tallo Área foliar

Nota: La operacionalización corresponde al estudio del rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) bajo la aplicación de bioestimulantes caseros en condiciones de maceta

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

2.1.1. Internacionales

Espinosa-Antón et al. (2025) publicaron en México el artículo "Productivity and Quality Characteristics of Tomato Fruits (Solanum lycopersicum) Are Improved by the Application of a Green Seaweed (Ulva ohnoi)" con el objetivo de determinar los efectos de la aplicación del alga verde Ulva ohnoi (ya sea como una suspensión de algas marinas [SWS] o extracto de algas marinas [SWE]) en el rendimiento, tamaño, forma y calidad nutricional (es decir, composición proximal y contenido de antioxidantes dietéticos) de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Rio Fuego). Un total de 36 plantas de tomate se sembraron individualmente en macetas y se organizaron en tres grupos experimentales: SWS (plantas empapadas con 250 mL de suspensión de algas marinas [2,0%]), SWE (plantas empapadas con 250 mL de extracto de algas marinas [0,2%]) y control (plantas regadas con agua). Cada tratamiento incluyó tres réplicas. Los frutos cosechados (66%) de las plantas tratadas con SWS se produjeron durante las primeras etapas de cosecha.

En contraste, los frutos cosechados de plantas tratadas con SWE (82%) y plantas control (77%) se produjeron durante las etapas tardías y muy tardías de cosecha. Cabe destacar que la aplicación de SWS mejoró significativamente el número de frutos cosechados por planta, el peso promedio del fruto, el rendimiento (kg/planta), el número de semillas por fruto y el tamaño del fruto. Además, los frutos de tomate de plantas tratadas con SWS o SWE exhibieron mayores porcentajes de proteína, grasa, fibra cruda, materia seca y sólidos solubles totales, así como menor acidez y contenido total de carbohidratos reducido, en comparación con el control. Los metabolitos antioxidantes en tomates, incluyendo licopeno, β-caroteno, flavonoides y ácidos fenólicos, aumentaron después de la aplicación de SWS y SWE, mientras que los contenidos de antocianina y ácido ascórbico aumentaron solo en plantas tratadas con SWS. Estos resultados demuestran que ambas formas de aplicación de U. ohnoi tienen efectos bioestimulantes en el tomate.

Zhang et al. (2024) publicaron en China el Review “Aprovechar el potencial de los bioestimulantes derivados de residuos orgánicos y subproductos: mejorar el crecimiento de las plantas y la tolerancia al estrés abiótico en la agricultura” con el objetivo de presentar los avances recientes en bioestimulantes derivados de residuos orgánicos. Específicamente, describe las características de los bioestimulantes derivados de diferentes residuos o subproductos y las técnicas de extracción. Se describe el papel de los bioestimulantes derivados de residuos orgánicos en el mantenimiento del crecimiento y desarrollo vegetal, haciendo hincapié en su papel en la resistencia de las plantas a diversos estreses abióticos. Se discuten los mecanismos mediante los cuales los bioestimulantes derivados de residuos orgánicos afectan los cambios fisiológicos en las plantas.

Esta revisión proporciona la base teórica para el aprovechamiento eficiente de los residuos y subproductos, y demuestra que el desarrollo y la producción de bioestimulantes a partir de estos residuos es una opción ecológica para el reciclaje de residuos y el aumento de la productividad agrícola. La reutilización de residuos o subproductos en la agricultura como bioestimulantes y fertilizantes contribuye a una economía circular. En los últimos años, se han incrementado los estudios sobre bioestimulantes derivados de residuos orgánicos y el mercado económico de estos productos está en expansión. Numerosos estudios han abordado el desarrollo de bioestimulantes a partir de diversos residuos o subproductos orgánicos.

Cabe destacar que los diferentes tipos de residuos o subproductos orgánicos presentan diferentes composiciones y mecanismos clave cuando se utilizan como bioestimulantes, lo que requiere el análisis de su mecanismo de acción desde diversas áreas, como la química y la biología.

2.1.2. Nacionales

Rojas (2023) desarrolló la tesis “Efectos de la aplicación de bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de Solanum lycopersicum l. “tomate” bajo condiciones de Pativilca” con el objetivo de determinar el efecto de la aplicación de bioestimulantes a base de aminoácidos, extractos de algas marinas y ácidos fúlvicos sobre el rendimiento del cultivo de tomate en Pativilca. Se utilizó el DBCA. Los tratamientos fueron: T1 (aminoácidos a una dosis de 400 ml/ha), T2 (extracto de algas marinas a

una dosis de 430 g/ha), T3 (ácido Fúlvico a una dosis de 358 g/ha) y T4 (testigo). Las variables de estudio fueron: altura de planta, número y el peso de frutos por planta, diámetro polar y ecuatorial del fruto y el rendimiento. Se resalta entre los resultados que, los comparativos de las medias de los tratamientos en rendimiento en t/ha de frutos de tomate, muestran diferencias entre sí, donde T2 a una dosis de 430 g/ha, con una media de 37,23 t/ha. En rendimiento de frutos, diferencia estadística en el tratamiento T1 con media de 33.03 t/ha. En rendimiento, de igual diferencia estadísticamente en el tratamiento T3 con un rendimiento de 28,38 t/ha; mientras que T4 (Testigo) con una diferencia media de 21,9 t/ha.

Berrospi y Rodríguez (2018) desarrollaron en Huánuco la tesis "Efecto de sustratos y soluciones nutritivas sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto en variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo cobertor, Huancachupa, Huánuco" con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de distintas variedades de tomate bajo el efecto combinado de diversos sustratos y soluciones nutritivas. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con tratamientos compuestos por mezclas de sustratos (como cascarilla de arroz, arena y carbón vegetal) combinados con soluciones nutritivas específicas. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, número de frutos por planta, peso promedio de frutos, rendimiento por planta y calidad de fruto. Se aplicaron análisis estadísticos mediante ANOVA y comparación de medias con la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Este estudio es pertinente para la presente tesis ya que está relacionada con la producción sostenible de tomate, especialmente en zonas altoandinas del Perú. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando que ciertos sustratos, en combinación con soluciones nutritivas balanceadas, favorecieron tanto el crecimiento vegetativo como el rendimiento y la calidad del fruto.

2.1.3. Local

Galindo Flores (2022), desarrollo en Ayacucho "Rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en fitotoldo con dos técnicas de preparación de suelo y dos tipos de tutorado, distrito de Chuschi a 4100 msnm – Ayacucho", El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos métodos de preparación del suelo (bancal profundo

y tradicional) y tres sistemas de tutorado (individual, tipo holandés y sin tutorado) sobre el rendimiento del cultivo de tomate bajo condiciones protegidas.

El experimento se realizó bajo un diseño en bloques completamente al azar (DBCA) con arreglo factorial 2×3, aplicando análisis de varianza y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los resultados mostraron que el tipo de tutorado tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la altura de planta y el rendimiento ($p = 0.0128$). El tutorado individual obtuvo el mayor rendimiento con 48 423 kg/ha, seguido por el tutorado tipo holandés con 45 065 kg/ha, mientras que las plantas sin tutorado registraron el rendimiento más bajo (26 600 kg/ha). Por otro lado, aunque la técnica de bancal profundo no generó diferencias estadísticamente significativas frente al método tradicional, mostró una leve mejora en el desarrollo del cultivo.

Además, el análisis beneficio-costo (B/C) evidenció que los tratamientos con tutorado fueron económicamente viables, alcanzando un índice de 1.7, en contraste con los sistemas sin tutorado que no superaron un índice de 0.8, lo que los hace económicamente no recomendables en dichas condiciones. El coeficiente de variación del ensayo (CV = 8.83 %) reflejó una adecuada precisión experimental. resulta altamente pertinente para la presente investigación, que busca evaluar el efecto de diferentes sustratos (compost, estiércol de cuy curtido y fertilizante NPK) sobre el rendimiento agronómico del tomate en condiciones de campo abierto, en el distrito de Huanta, provincia de Huanta. Si bien el estudio de Galindo fue realizado bajo fitotoldo, sus resultados constituyen un referente metodológico y contextual sólido, demostrando que el manejo adecuado del suelo y de las prácticas agronómicas tiene un impacto directo sobre la productividad en zonas altoandinas. Asimismo, proporciona una base para la formulación de hipótesis, el uso de análisis estadísticos como ANOVA, y la evaluación económica de tratamientos, lo cual fortalece la solidez científica y práctica del presente proyecto de investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Cultivo de tomate: importancia agronómica

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es considerado uno de los cultivos hortícolas más importantes en la agricultura moderna debido a su alto valor alimenticio, rentabilidad económica y amplia aceptación en los mercados nacionales e

internacionales. Su producción representa una fuente importante de ingresos para pequeños y medianos agricultores, especialmente en zonas donde la horticultura constituye una actividad económica relevante (FAO, 2024). Asimismo, el tomate posee un elevado contenido de vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes, características que incrementan su importancia dentro de la alimentación humana y la agroindustria.

Desde el enfoque agronómico, el tomate es una especie de crecimiento rápido y elevada capacidad productiva, cuyo rendimiento depende de factores como la nutrición vegetal, disponibilidad hídrica, manejo agronómico y condiciones ambientales. Asimismo, el adecuado suministro de nutrientes influye directamente en el desarrollo vegetativo, floración, cuajado y calidad de los frutos. En este contexto, el uso de bioestimulantes constituye una estrategia importante para fortalecer el crecimiento de la planta, estimular procesos fisiológicos y mejorar la producción de frutos, contribuyendo al incremento de la productividad del cultivo bajo sistemas agrícolas sostenibles y de menor impacto ambiental.

Generalidades del tomate (*Solanum lycopersicum L.*)

Según Pérez y Castro (2021), el tomate (Solanum lycopersicum L.) es una planta herbácea anual perteneciente a la familia Solanaceae, cultivada principalmente por sus frutos comestibles de alto valor nutricional y comercial. Su origen se localiza en la región andina de América del Sur, especialmente en territorios de Perú y Ecuador, desde donde fue difundido hacia otras regiones del mundo debido a su gran importancia alimentaria. Con el transcurso del tiempo, el cultivo se adaptó a diferentes condiciones climáticas y sistemas de producción, convirtiéndose en una de las hortalizas más cultivadas a nivel mundial.

Actualmente, el tomate se produce en diversos países de América, Asia y Europa, siendo ampliamente utilizado tanto para consumo fresco como para procesamiento industrial. Su ciclo vegetativo relativamente corto y su alta capacidad de producción permiten su adaptación a diferentes sistemas agrícolas, incluyendo cultivos protegidos, hidroponía y producción en macetas. Estas características convierten al tomate en una especie adecuada para investigaciones relacionadas con manejo agronómico, nutrición vegetal y evaluación de bioinsumos orientados al mejoramiento del rendimiento y calidad del cultivo.

Clasificación taxonómica

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) pertenece a la familia Solanaceae, grupo botánico conformado por especies de gran importancia agrícola y alimentaria. Taxonómicamente, esta especie se caracteriza por presentar tallos herbáceos, hojas compuestas, flores amarillas y frutos tipo baya con diferentes tamaños, formas y colores según la variedad cultivada. Su clasificación científica permite identificar sus características botánicas y agronómicas, facilitando su estudio dentro de las investigaciones relacionadas con producción hortícola y mejoramiento vegetal (Peralta et al., 2008).

Tabla 2

Clasificación taxonómica del tomate (Solanum lycopersicum L.)

Taxonomía del Tomate	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Solanales
Familia	Solanaceae
Género	Solanum
Especie	*Solanum lycopersicum* L.

Nota: Adaptado de Peralta et al. (2008).

Características morfológicas y fisiológicas

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) presenta características morfológicas y fisiológicas que favorecen su adaptación y productividad en diferentes sistemas de cultivo. Su crecimiento y rendimiento dependen de procesos como la fotosíntesis, absorción de nutrientes y disponibilidad hídrica, los cuales influyen directamente en el desarrollo vegetativo, floración y producción de frutos (Pérez & Castro, 2021). Asimismo, esta especie posee metabolismo C3 y alta demanda de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Además, responde favorablemente a la aplicación de bioestimulantes, los cuales mejoran la absorción de nutrientes, estimulan el

desarrollo radicular y fortalecen la tolerancia al estrés ambiental (Rouphael & Colla, 2020).

Raíz

El sistema radical del tomate es de tipo pivotante y está conformado por una raíz principal acompañada de numerosas raíces secundarias y adventicias que permiten una eficiente absorción de agua y nutrientes (Berrospi & Rodríguez, 2018). La raíz presenta gran capacidad de expansión en suelos sueltos y bien drenados, favoreciendo el desarrollo vegetativo y productivo de la planta. Fisiológicamente, el sistema radical cumple una función importante en la absorción y transporte de nutrientes minerales, además de participar en la síntesis de hormonas vegetales relacionadas con el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Tallo

El tallo del tomate es herbáceo, cilíndrico y pubescente, con crecimiento determinado o indeterminado según la variedad cultivada. Durante las primeras etapas presenta consistencia tierna; sin embargo, conforme avanza el desarrollo del cultivo adquiere mayor firmeza debido a la lignificación parcial de los tejidos (Pérez & Castro, 2021). El tallo contiene haces vasculares encargados del transporte de agua, nutrientes y fotoasimilados hacia los diferentes órganos de la planta. Además, cumple una función estructural importante al sostener hojas, flores y frutos durante el ciclo productivo.

Hojas

Las hojas del tomate son compuestas, alternas y de color verde intenso, características que favorecen una elevada actividad fotosintética. El limbo foliar presenta abundantes tricomas y estomas que regulan el intercambio gaseoso y la transpiración de la planta (FAO, 2024). Desde el punto de vista fisiológico, las hojas constituyen el principal órgano fotosintético, encargado de la producción de carbohidratos necesarios para el crecimiento, floración y desarrollo de los frutos. Asimismo, el área foliar influye directamente en la acumulación de biomasa y productividad del cultivo.

Flores

Las flores del tomate son hermafroditas, pequeñas y de color amarillo, agrupadas en racimos o inflorescencias. La polinización ocurre principalmente de forma autógama, aunque factores ambientales como temperatura y humedad pueden influir en el proceso de fecundación y cuajado de frutos (Berrospi & Rodríguez, 2018). El desarrollo floral depende del equilibrio hormonal y del adecuado suministro de nutrientes, especialmente fósforo y potasio. Fisiológicamente, la floración representa una etapa crítica del cultivo, ya que determina la formación y cantidad de frutos que influirán en el rendimiento final de la planta.

Fruto

El fruto del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es una baya carnosa de tamaño y forma variable según la variedad cultivada. Su desarrollo depende de procesos fisiológicos como la fotosíntesis, absorción de nutrientes y disponibilidad de agua. Asimismo, durante la maduración acumula azúcares, vitaminas y compuestos antioxidantes como el licopeno, características que determinan su calidad nutricional y valor comercial (FAO, 2024).

Fenología del cultivo

La fenología del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) se caracteriza por presentar un ciclo de desarrollo que varía entre 90 y 150 días, dependiendo de la variedad, condiciones climáticas y manejo agronómico. Durante los primeros días ocurre la germinación y emergencia de las plántulas, seguida por la etapa de crecimiento vegetativo, donde se desarrolla el tallo, hojas y sistema radical. Posteriormente, inicia la fase de floración y fructificación, etapas determinantes para el rendimiento y calidad de los frutos (Pérez & Castro, 2021).

En el cultivo de tomate, la identificación de las etapas fenológicas es importante para definir momentos adecuados de aplicación de fertilizantes y bioestimulantes, permitiendo optimizar el crecimiento y productividad del cultivo. Diversos estudios señalan que las aplicaciones realizadas durante el crecimiento vegetativo y el inicio de floración favorecen el desarrollo de la planta, mejoran el cuajado de frutos y aumentan el rendimiento final (Rouphael & Colla, 2020). La Tabla 3 muestra las etapas fenológicas del cultivo de tomate “cherry” (Solanum lycopersicum var. cerasiforme).

Tabla 3

Etapas fenológicas del cultivo de tomate cherry (Solanum lycopersicum var. cerasiforme)

Etapa fenológica	DDS	Descripción
Germinación y emergencia	5–8	Aparición de las primeras plántulas
Desarrollo vegetativo	15–30	Formación de hojas y crecimiento del tallo
Floración	35–50	Aparición de flores
Fructificación	50–80	Formación y desarrollo de frutos
Maduración y cosecha	80–120	Cambio de color y recolección de frutos

Nota: DDS = días después de la siembra. Las etapas fenológicas corresponden al desarrollo del cultivo desde la germinación hasta la cosecha (Pérez & Castro, 2021)

Requerimientos agroecológicos del cultivo de tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) se desarrolla adecuadamente en climas templados y cálidos, con temperaturas entre 18 y 25 °C, y requiere suelos francos o franco-arenosos, con buen drenaje, materia orgánica y un pH entre 6,0 y 7,0; además, necesita una adecuada disponibilidad de agua y nutrientes durante las etapas de crecimiento, floración y fructificación para lograr un buen rendimiento y calidad de frutos (Pérez & Castro, 2021).

Variedad utilizada (Tomate Cherry)

La variedad tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) se caracteriza por su alto rendimiento, crecimiento vigoroso y producción de frutos pequeños, redondos y de sabor dulce, ampliamente aceptados en el mercado (Espinosa-Antón et al., 2025; Délices et al., 2019). Además, presenta buena adaptación a diferentes sistemas de cultivo y adecuada respuesta al uso de bioestimulantes, favoreciendo el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo (Zhang et al., 2024).

Producción sostenible en la horticultura

La producción sostenible en horticultura busca incrementar la productividad de los cultivos mediante prácticas agrícolas que reduzcan el impacto ambiental y promuevan el uso eficiente de los recursos naturales. En este contexto, el empleo de bioestimulantes y bioinsumos representa una alternativa ecológica que favorece el crecimiento vegetal, mejora la fertilidad del suelo y disminuye la dependencia de fertilizantes químicos sintéticos (Rouphael & Colla, 2020).

Asimismo, la implementación de tecnologías sostenibles contribuye a conservar la biodiversidad, mejorar la calidad del suelo y fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos frente a condiciones de estrés ambiental. Estas prácticas permiten desarrollar una agricultura más eficiente y responsable, orientada a garantizar la sostenibilidad de la producción hortícola a largo plazo (Mounaimi et al., 2024).

Cultivo en macetas como estrategia experimental

El cultivo en macetas es una metodología experimental utilizada en investigaciones agrícolas porque permite controlar variables como el sustrato, humedad, nutrición y manejo agronómico, facilitando una evaluación más precisa del crecimiento y rendimiento de los cultivos. Además, esta técnica reduce la variabilidad ambiental presente en condiciones de campo y mejora el control de los tratamientos aplicados durante el experimento (Mounaimi et al., 2024).

2.2.2. Bioestimulantes en la producción agrícola

Definición

Los bioestimulantes agrícolas son sustancias de origen orgánico o microorganismos que, aplicados a las plantas o al suelo, estimulan procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento, absorción de nutrientes y tolerancia al estrés ambiental (Zhang et al., 2024). Asimismo, favorecen el desarrollo radicular, la actividad fotosintética y el rendimiento de los cultivos, constituyendo una alternativa sostenible para reducir el uso de fertilizantes químicos y mejorar la productividad agrícola (Mounaimi et al., 2024).

Importancia agronómica

Los bioestimulantes han adquirido importancia en la agricultura moderna debido a su capacidad para mejorar el crecimiento, rendimiento y calidad de los cultivos mediante la estimulación de procesos fisiológicos naturales de la planta. Su aplicación favorece la absorción de nutrientes, incrementa la eficiencia metabólica y mejora la tolerancia frente a condiciones de estrés ambiental, contribuyendo además a reducir el uso excesivo de fertilizantes químicos (Rouphael & Colla, 2020). Asimismo, estos productos representan una alternativa sostenible para fortalecer la productividad agrícola y promover sistemas de producción más amigables con el ambiente (Mounaimi et al., 2024).

Mecanismos de acción de los bioestimulantes en la horticultura

Los bioestimulantes actúan estimulando procesos fisiológicos y metabólicos relacionados con el crecimiento y desarrollo de las plantas. Entre sus principales mecanismos destacan la mejora en la absorción y movilización de nutrientes, el fortalecimiento de la actividad fotosintética y la estimulación del desarrollo radicular, favoreciendo un mayor crecimiento vegetativo y rendimiento del cultivo (Zhang et al., 2024). Asimismo, contribuyen a incrementar la tolerancia de las plantas frente a condiciones de estrés hídrico, térmico y salino, fortaleciendo los sistemas antioxidantes y mejorando la eficiencia fisiológica de los cultivos hortícolas (Cozzolino et al., 2021).

Estrés vegetal y respuesta de las plantas

Las plantas están expuestas constantemente a condiciones de estrés como déficit hídrico, altas temperaturas, salinidad y deficiencias nutricionales, factores que afectan su crecimiento y productividad. Frente a estas condiciones, las plantas desarrollan mecanismos fisiológicos y bioquímicos como la activación de sistemas antioxidantes, regulación hormonal y síntesis de compuestos protectores que les permiten mantener su funcionamiento metabólico (Zhang et al., 2024). Asimismo, los bioestimulantes contribuyen a mejorar la tolerancia al estrés vegetal al favorecer la absorción de nutrientes, estimular la actividad fotosintética y fortalecer la respuesta fisiológica de las plantas frente a condiciones ambientales adversas (Mounaimi et al., 2024).

2.2.3. Variables agronómicas evaluadas en el cultivo de tomate

La evaluación de variables agronómicas permite analizar el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) frente a diferentes tratamientos agronómicos. Variables como altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, número de frutos y peso de frutos constituyen indicadores importantes del comportamiento fisiológico y productivo del cultivo (Espinosa-Antón et al., 2025). Estas variables reflejan la capacidad de la planta para absorber nutrientes, realizar actividad fotosintética y transformar los fotoasimilados en producción de frutos, aspectos directamente relacionados con el rendimiento y calidad comercial del tomate (Zhang et al., 2024).

Altura de planta (cm)

Es una variable agronómica utilizada para evaluar el vigor y crecimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Este parámetro refleja la capacidad de la planta para desarrollar su estructura vegetativa como resultado de la nutrición, manejo agronómico y condiciones ambientales (Espinosa-Antón et al., 2025). Una mayor altura generalmente indica un mejor crecimiento y desarrollo del cultivo.

Área foliar (cm²)

El área foliar representa la superficie total de hojas desarrolladas por la planta y constituye un indicador importante de la capacidad fotosintética del cultivo. Un mayor desarrollo foliar favorece la interceptación de radiación solar y la producción de fotoasimilados necesarios para el crecimiento y formación de frutos en el tomate (*Solanum lycopersicum L.*) (Franzoni et al., 2022). El número de hojas es una variable agronómica importante que permite evaluar el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L.*). Esta variable refleja el desarrollo de la planta y su capacidad para producir biomasa, debido a que las hojas constituyen el principal órgano encargado de la fotosíntesis y producción de fotoasimilados necesarios para el crecimiento y formación de frutos (Espinosa-Antón et al., 2025).

Peso de fruto (g)

El peso de frutos es una variable utilizada para evaluar el rendimiento y productividad del cultivo. Este parámetro refleja la capacidad de la planta para acumular agua, nutrientes y fotoasimilados durante el desarrollo y llenado de los frutos. Un mayor peso de frutos generalmente indica un mejor comportamiento fisiológico y una mayor eficiencia en el aprovechamiento de nutrientes, influyendo directamente en el rendimiento comercial del cultivo (Zhang et al., 2024).

2.2.4. Calidad nutricional y sanidad del cultivo

Propiedades nutricionales

El tomate es una hortaliza de alto valor nutricional y funcional, ampliamente consumida por su aporte de vitaminas, minerales y compuestos bioactivos con capacidad antioxidante. Entre sus principales componentes destacan la vitamina C, provitamina A (carotenoides), potasio, folatos y licopeno, considerado el principal

carotenoide responsable de su actividad antioxidante y sus beneficios para la salud humana (Li et al., 2021; Kumar et al., 2023).

La concentración de estos compuestos en el tomate está determinada por factores genéticos, ambientales y de manejo agronómico, los cuales influyen directamente en los procesos de fotosíntesis, metabolismo secundario y acumulación de fotoasimilados en los frutos. En particular, el estado nutricional de la planta y la eficiencia fotosintética tienen un rol clave en la síntesis de compuestos bioactivos durante la etapa de fructificación (Chen et al., 2022).

En los últimos años, diversas investigaciones han evidenciado que la aplicación de bioestimulantes mejora la absorción de nutrientes, incrementa la actividad antioxidante y favorece la acumulación de sólidos solubles y compuestos funcionales en frutos de tomate, mejorando tanto su calidad nutricional como comercial (Rouphael et al., 2022; De Pascale et al., 2023).

De acuerdo con Rouphael et al. (2023), la aplicación de bioestimulantes en tomate mejora la calidad nutricional del fruto, incrementando compuestos antioxidantes y sólidos solubles. En este contexto, se presenta una síntesis de las propiedades nutricionales del tomate con y sin aplicación de bioestimulantes. La Tabla 4 muestra las propiedades nutritivas del tomate con y sin bioestimulantes.

Tabla 4

Propiedades nutricionales del tomate cherry con aplicación de bioestimulantes

Componente	Unidad	Sin bioestimulante	Con bioestimulante
Licopeno	mg kg^{-1} peso fresco	45.2	63.8
Vitamina C (Ácido ascórbico)	mg 100 g^{-1} PF	19.3	26.7
Fenoles totales	mg GAE g^{-1} PF	2.05	2.78
Actividad antioxidante (DPPH)	% inhibición	40.2	54.6
Sólidos solubles totales	°Brix	4.8	6.2
Peso promedio del fruto	g $fruto^{-1}$	65.4	82.1

Nota. PF = peso fresco; GAE = equivalentes de ácido gálico. Los valores corresponden a frutos de Solanum lycopersicum L. bajo aplicación de bioestimulantes.

Indicadores de calidad

En el cultivo de tomate, la calidad comercial del fruto está determinada por un conjunto de características físicas, organolépticas y visuales que influyen directamente en su aceptación en el mercado (García, 2024).

Entre los principales indicadores de calidad se consideran:

- **Color uniforme rojo intenso**, asociado al contenido de licopeno y al grado de madurez del fruto.
- **Firmeza del fruto**, relacionada con su resistencia a daños mecánicos durante la cosecha y postcosecha.
- **Sólidos solubles totales (°Brix),** indicador del contenido de azúcares y del sabor del fruto**.**
- **Ausencia de defectos fisiológicos o fitosanitarios,** como rajaduras, pudriciones o deformaciones.
- **Uniformidad en tamaño y forma,** que influye en la clasificación comercial del producto.

Plagas y enfermedades del tomate

El cultivo de tomate es susceptible al ataque de diversas plagas y enfermedades que afectan su rendimiento y calidad, especialmente en condiciones de alta humedad y temperaturas variables. La incidencia de estos problemas fitosanitarios está estrechamente relacionada con el manejo agronómico del cultivo y las condiciones ambientales (INIA, 2021; Sánchez, 2023).

Principales plagas del tomate

Entre las principales plagas del tomate destacan la mosca blanca (Bemisia tabaci), que debilita la planta y transmite virus; el minador de la hoja (Liriomyza spp.), que reduce el área fotosintética; el gusano perforador del fruto (Helicoverpa armigera), que daña directamente el fruto; y los áfidos (*Aphis gossypii*), que succionan savia y actúan como vectores de enfermedades virales.

Principales enfermedades del tomate

Entre las enfermedades se encuentran el tizón temprano (Alternaria solani), que causa manchas foliares y reduce el rendimiento; el mildiu (Phytophthora infestans), que provoca pudrición de hojas y frutos; el marchitamiento por Fusarium (Fusarium

oxysporum f. sp. lycopersici), que afecta el sistema vascular; y la pudrición apical del fruto, asociada a deficiencia de calcio, que reduce la calidad comercial del cultivo.

Sustento científico de los bioestimulantes vegetales evaluados

T1: Extracto de cáscara de plátano + papaya

El extracto de cáscara de plátano y papaya constituye un bioestimulante natural utilizado por su aporte de potasio, fósforo, magnesio, calcio y fitohormonas naturales como auxinas y giberelinas. La cáscara de plátano destaca por su alto contenido de potasio, nutriente esencial relacionado con la floración, cuajado y llenado de frutos en cultivos hortícolas (Pérez-García et al., 2023). Asimismo, la papaya contiene enzimas, azúcares y compuestos bioactivos que favorecen la actividad fisiológica y el crecimiento vegetal.

Diversos estudios señalan que los extractos fermentados elaborados a partir de residuos frutales mejoran la absorción de nutrientes, estimulan el desarrollo de frutos y favorecen el rendimiento del cultivo bajo sistemas de producción sostenible (Benavides et al., 2024). Además, la presencia de melaza durante la fermentación favorece la actividad microbiana y la liberación de compuestos bioactivos beneficiosos para las plantas.

T2: Té de follaje de leguminosas (como frijol, guaba, alfalfa o maní forrajero)

El té de follaje de leguminosas constituye un bioestimulante rico en nitrógeno orgánico, aminoácidos, clorofila y microelementos que favorecen el crecimiento vegetativo de las plantas. Las leguminosas presentan elevada capacidad de acumulación de nutrientes debido a su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno, lo que contribuye a mejorar la fertilidad y actividad biológica del suelo (Rivera et al., 2023); asimismo, los extractos elaborados con hojas de alfalfa, frijol y otras leguminosas favorecen el desarrollo foliar, incrementan la biomasa vegetal y mejoran la recuperación de plantas sometidas a estrés ambiental (Martínez et al., 2024). La incorporación de ceniza o cal agrícola permite regular el pH de la preparación y mejorar la disponibilidad de nutrientes durante su aplicación.

T3: Caldo de ceniza de madera

El caldo de ceniza de madera es considerado un bioinsumo agrícola debido a su aporte de potasio, calcio y micronutrientes alcalinos que favorecen el fortalecimiento de los

tejidos vegetales y el desarrollo agronómico de los cultivos. Diversos estudios reportan que la ceniza vegetal mejora las propiedades químicas del suelo y contribuye a incrementar la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas (García et al., 2024); asimismo, este bioestimulante presenta efecto protector frente a algunos insectos y enfermedades debido a su carácter alcalino. Su aplicación fortalece tallos, favorece la resistencia vegetal y contribuye a regular el pH del suelo, especialmente en sistemas hortícolas sostenibles (Rouphael et al., 2023). Sin embargo, se recomienda no mezclarlo con productos ácidos o biofermentos vivos debido a que el pH alcalino puede afectar la actividad microbiológica.

T4: Fermentado de restos de tomate + ortiga

El fermentado de restos de tomate y ortiga constituye un bioestimulante rico en micronutrientes, ácidos orgánicos y compuestos bioactivos que favorecen el crecimiento y vigor de las plantas. La ortiga contiene minerales, compuestos fenólicos y sustancias con actividad fisiológica que fortalecen la resistencia vegetal frente a condiciones de estrés ambiental (Maričić et al., 2022).

Por otro lado, los restos vegetales de tomate aportan nutrientes y compuestos orgánicos que durante el proceso de fermentación generan sustancias bioactivas beneficiosas para el desarrollo radicular y actividad metabólica de la planta. Investigaciones recientes señalan que este tipo de biofermentos mejora la absorción de nutrientes, fortalece el sistema fisiológico y contribuye al rendimiento de cultivos hortícolas bajo sistemas de producción sostenible (Benavides-Mendoza et al., 2024).

Definición de términos

Bioestimulantes

Los bioestimulantes son productos de origen biológico o sintético que, aplicados a las plantas, estimulan procesos fisiológicos naturales, mejoran la eficiencia en la absorción de nutrientes y aumentan la tolerancia al estrés abiótico, independientemente de su contenido nutricional directo (Rouphael et al., 2021).

Tratamiento

Se define como cada condición experimental aplicada en un estudio con el fin de evaluar su efecto sobre las variables de respuesta y permitir la comparación estadística entre los diferentes manejos agronómicos (Hernández & Mendoza, 2020).

Extracto vegetal

El extracto vegetal es una solución obtenida a partir de tejidos de plantas mediante procesos como maceración, fermentación o extracción acuosa, que concentra compuestos bioactivos capaces de influir en el crecimiento, desarrollo y defensa de los cultivos (Calvo et al., 2021).

Crecimiento vegetativo

El crecimiento vegetativo corresponde al incremento en tamaño y desarrollo de los órganos vegetativos de la planta, como tallos y hojas, resultado de procesos fisiológicos como la división y expansión celular regulados por factores internos y externos (Taiz et al., 2022).

Rendimiento

El rendimiento se define como la cantidad total de producto cosechado por planta o unidad de superficie al final del ciclo del cultivo, siendo un indicador directo de la productividad agronómica (FAO, 2022).

Área foliar (cm^2)

El área foliar es la superficie total de las hojas de una planta, considerada un indicador clave de la capacidad fotosintética y de la eficiencia en la producción de biomasa (Zhou et al., 2021).

Altura de planta (cm)

La altura de planta es un parámetro morfológico que mide la longitud desde la base del tallo hasta el ápice de crecimiento, utilizado como indicador del vigor y desarrollo vegetativo del cultivo (López et al., 2023).

Número de hojas

El número de hojas corresponde a la cantidad total de hojas desarrolladas por la planta en una etapa fenológica determinada, reflejando su capacidad fotosintética y estado de crecimiento (Singh et al., 2021)

Diámetro de tallo (mm)

Parámetro agronómico que evalúa el grosor y fortaleza estructural del tallo, relacionado con la capacidad de transporte de agua y nutrientes dentro de la planta (García-Sánchez et al., 2024).

Peso de fruto de tomate (g)

Se refiere al peso individual o total de los frutos de tomate obtenidos durante la cosecha, utilizado como indicador del rendimiento y productividad del cultivo (López-Marin et al., 2024).

Aplicación foliar

Técnica agronómica que consiste en aplicar nutrientes o bioestimulantes directamente sobre las hojas para favorecer su absorción y estimular procesos fisiológicos de la planta (Rouphael et al., 2023).

Maceta

Recipiente utilizado para contener el sustrato donde se desarrolla el sistema radicular de la planta bajo condiciones controladas de experimentación agrícola (Valenzuela et al., 2023).

Solanum lycopersicum var. cerasiforme

Variedad de tomate caracterizada por producir frutos pequeños, redondos y de sabor dulce, ampliamente utilizada en sistemas hortícolas y estudios agronómicos (Cozzolino et al., 2023).

Estrés vegetal

Condición fisiológica causada por factores ambientales adversos como sequía, altas temperaturas o deficiencias nutricionales que afectan el crecimiento y metabolismo de las plantas (Rouphael & Colla, 2023).

Fotosíntesis

Proceso fisiológico mediante el cual las plantas convierten la energía solar en energía química necesaria para producir compuestos orgánicos y sostener su crecimiento (Pulido & Rincón, 2024).

Cultivos hortícolas

Los cultivos hortícolas son especies agrícolas manejadas intensivamente para la producción de hortalizas, frutas y plantas de consumo humano, caracterizadas por requerir manejo técnico especializado y alta demanda nutricional (FAO, 2024).

Producción sostenible

La producción sostenible es un sistema agrícola orientado a satisfacer las necesidades alimentarias actuales mediante prácticas que conservan los recursos naturales, reducen

el impacto ambiental y favorecen la sostenibilidad productiva a largo plazo (Rouphael et al., 2023).

Días después de la siembra (DDS)

Los días después de la siembra representan la unidad cronológica utilizada en investigaciones agronómicas para registrar el desarrollo y evaluación de los cultivos desde el momento de la siembra hasta las diferentes etapas fenológicas (Benavides-Mendoza et al., 2024).

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque, tipo y nivel de investigación

3.1.1. Enfoque de investigación

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la medición y análisis de variables agronómicas y productivas del cultivo de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), utilizando procedimientos estadísticos para determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo (Apaico, 2024).

3.1.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, cuantitativa y experimental, debido a que busca solucionar un problema específico relacionado con la producción de tomate mediante la evaluación de técnicas agronómicas viables basadas en el uso de bioestimulantes vegetales en condiciones de maceta, generando conocimientos útiles para la producción agrícola (Hernández et al., 2014).

3.1.3. Nivel de investigación

El estudio corresponde al nivel experimental, porque se manipulan variables independientes relacionadas con la aplicación de bioestimulantes para evaluar su efecto sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de tomate. Este nivel permite establecer relaciones de causa y efecto entre las variables en condiciones controladas (Hernández et al., 2014).

3.1.4. Diseño de investigación

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), el cual permitió evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico de 24 unidades experimentales de tomate cherry en condiciones de maceta. Este diseño permite asignar aleatoriamente las unidades experimentales a los diferentes tratamientos, reduciendo la influencia de factores externos y garantizando la validez estadística de los resultados.

3.1.5. Grilla experimental

La Tabla 5 muestra la distribución aleatoria de las 24 unidades experimentales a los seis tratamientos; mientras que la Tabla 6 muestra la asignación de los bioestimulantes a los tratamientos a evaluar

Tabla 5

Distribución de las unidades experimentales a los tratamientos

TRATAMIENTOS			
T3	T4	T2	T1
T3	T2	T1	T4
T2	T1	T3	T4
T4	T2	T1	T3
T2	T1	T3	T4
T4	T2	T1	T3

Tabla 6

Asignación de bioestimulantes a los tratamientos

Clave	Tipos de Sustratos
T_1	Extracto de cáscara de plátano + papaya
T_2	Té de follaje de leguminosas (frijol, alfalfa)
T_3	Caldo de ceniza de madera
T_4	Fermentado de restos de tomate + ortiga

3.1.6. Características del área experimental

El experimento se desarrolló en condiciones de maceta en la ciudad de Huanta, bajo condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme). Las unidades experimentales fueron manejadas bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), garantizando uniformidad en el manejo agronómico, riego y aplicación de los tratamientos bioestimulantes.

Las principales características del área experimental se detallan a continuación:

- Número de plantas por maceta: 1

- Número total de plantas evaluadas: 24
- Número de tratamientos: 4
- Número de repeticiones: 6

3.1.7. Análisis estadístico de datos

Los datos obtenidos durante las evaluaciones fueron registrados y organizados en tablas para su respectivo análisis estadístico. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre las variables evaluadas se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), debido a que las unidades experimentales presentaron condiciones homogéneas y los tratamientos fueron asignados aleatoriamente.

El análisis de los datos se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA), con el propósito de identificar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al nivel de significancia de 0.05, para determinar diferencias entre tratamientos.

El efecto de los tratamientos se midió mediante el modelo aditivo lineal para un (DCA), que se expresa en la siguiente fórmula:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Yij = Valor observado de la variable en el i-ésimo tratamiento y j-ésima repetición

μ = Media general experimento

τi = Efecto del i-ésimo tratamiento (i = 1,2,3,4,5,6), que representa la deviación respecto a la media general

Eij = Error experimental aleatorio asociado a cada observación, el cual recoge las variaciones no controladas durante el experimento.

3.1.8. Composición de los bioestimulantes evaluados en el experimento

La Tabla 7 muestra la composición de los bioestimulantes aplicados en el estudio.

Tabla 7

Composición de los bioestimulantes evaluados en el experimento

TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
T1 = Extracto de cáscara de plátano + papaya	Ingredientes: 3 cáscaras de plátano maduras, ½ papaya con cáscara y semillas, 1 litro de agua sin cloro y 1 cucharada de melaza o miel (opcional). Dosis: 100 ml/L de agua para aplicación foliar y 250 ml/10 L de agua para aplicación al suelo. Frecuencia: cada 10–15 días durante floración y fructificación.
T2 = Té de follaje de leguminosas (como frijol+ guaba+ alfalfa + maní forrajero)	Ingredientes: 1 kg de hojas frescas de leguminosas (frijol, guaba, alfalfa o maní forrajero), 10 litros de agua limpia y 100 g de ceniza de madera o 1 cucharadita de cal agrícola. Dosis: 1 litro de té/10 litros de agua para aplicación foliar y 2 litros/10 litros de agua para aplicación al suelo. Frecuencia: cada 15 días durante la fase de crecimiento vegetativo.
T3 = Caldo de ceniza de madera	Ingredientes: 1 kg de ceniza de madera tamizada (no carbón), 5 litros de agua y 100 g de cal agrícola o cal viva. Dosis: 100 ml/L de agua para aplicación foliar y 1 litro/10 litros de agua para aplicación al suelo. Frecuencia: cada 20 días o después de lluvias fuertes.
T4 = Fermentado de restos de tomate + ortiga	Ingredientes: 1 kg de restos de tomate (hojas, tallos y frutos dañados), 500 g de ortiga fresca, 5 litros de agua sin cloro y 250 ml de melaza o ½ taza de azúcar rubia disuelta. Dosis: 50–100 ml/L de agua para aplicación foliar y 500 ml/10 litros de agua para aplicación al suelo. Frecuencia: cada 15 días, preferentemente al atardecer.

Variables evaluadas

Para determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), se evaluaron las siguientes variables:

Rendimiento

Peso de fruto (g): El peso promedio de fruto se determinó mediante el pesado individual de los frutos cosechados utilizando una balanza digital de precisión. Los resultados fueron expresados en gramos por fruto (g).

Comportamiento agronómico

Número de frutos por planta: Se realizó el conteo directo de todos los frutos comerciales producidos por cada planta durante la cosecha.

Altura de planta (cm): La altura de planta se midió desde la base del tallo, a nivel del sustrato, hasta el ápice de crecimiento de la planta. Para ello se utilizó una regla milimetrada, registrándose los datos en centímetros (cm). Las evaluaciones se realizaron a los 30, 45, 60 y 75 DDS.

Diámetro de tallo (cm): Varía según la variedad, la nutrición y el tipo de cultivo, alcanzando hasta 4 cm en plantas adultas bien desarrolladas.

Área foliar (cm²): El área foliar se determinó mediante medición indirecta de las hojas completamente desarrolladas de cada planta. Esta variable permitió estimar la capacidad fotosintética y el vigor vegetativo del cultivo bajo los diferentes tratamientos bioestimulantes.

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. Temporal

La presente investigación se desarrolló durante la campaña agrícola 2025–2026, con una duración aproximada de ocho meses distribuida en tres fases: Fase I (Pre activa), redacción y argumentación del proyecto de tesis, implementación del fitotoldo, adecuación de macetas, preparación de materiales, validación de equipos y presentación de proyecto de tesis. Fase II (Interactiva), trabajo de campo, aplicación de bioestimulantes, manejo agronómico, análisis preliminar de datos obtenidos, presentación de informes intermedios de avance de tesis. Fase III (Pos activa), Procesamiento de datos recolectados, discusión, elaboración y presentación del informe final.

3.2.2. Espacial

La Figura 1 muestra el ambiente destinado a la conducción del experimento. Desarrollado en un ambiente controlado de riego, manejo agronómico y aplicación de tratamientos, permitiendo una adecuada evaluación del efecto

de los bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo. El lugar de estudio presenta condiciones agroclimáticas propias de la zona interandina, con temperaturas promedio que oscilan entre 18 y 22°C, favorables para el desarrollo del cultivo de cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme).

Localización:

Ubicación política

Región: Ayacucho

Provincia: Huanta

Distrito: Luricocha – Intay

Ubicación geográfica

Altitud: 2 683 m s.n.m.

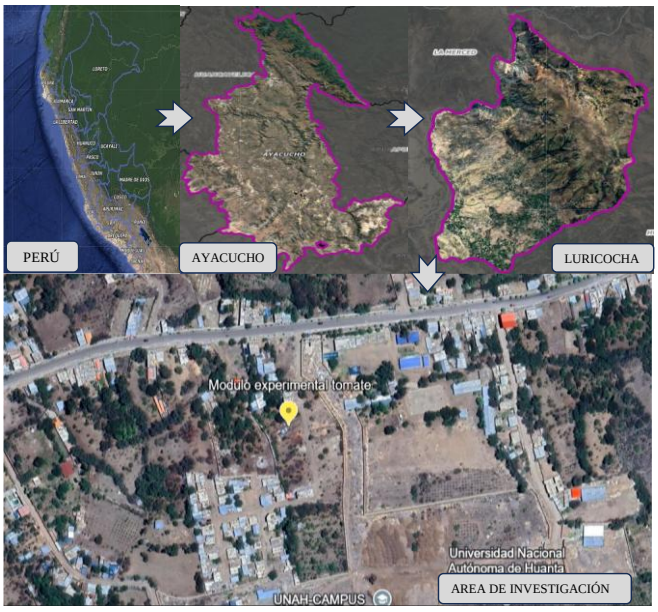
Latitud: 12°56'24" de latitud Sur

Longitud: 74°14'52" de longitud Oeste

Figura 1

Ubicación del centro poblado de Intay – Luricocha

Ubicación geográfica del área experimental



Nota: Obtenido de GeoPerú y Goggle Earth.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población estuvo conformada por 24 unidades experimentales de tomate

cherry (*Solanum lycopersicum* L.), establecidas en condiciones de maceta bajo un Diseño Completamente al Azar. Cada unidad experimental estuvo constituida por una planta, haciendo un total de 24 plantas de tomate.

3.3.2. Muestra

La muestra fue censal, ya que estuvo constituida por la misma población de 24 plantas de tomate cherry distribuidas en los cuatro tratamientos con seis repeticiones cada uno.

3.3.3. Muestreo

El tipo de muestreo fue el no probabilístico de tipo censal, debido a que se evaluó la totalidad de las unidades experimentales disponibles en el estudio.

3.4. Técnicas de recolección de datos

La técnica de recolección de datos fue la observación directa mediante medición experimental, empleando métodos físicos-químicos e instrumentales en laboratorio para la evaluación de las variables.

Peso de frutos

Se registró el peso promedio de los frutos mediante una balanza gramera a fin de calcular el rendimiento en peso, que es un indicador directo de la cantidad total producida.

Número de frutos por planta

Se realizó mediante conteo directo

Altura de planta

Mediante cinta métrica

Diámetro de tallo

Se midió con ayuda de un vernier de 150 mm considerando la parte más ancha. Esta labor se realizó en cada evaluación y los resultados se registraron en un cuadro de registro de datos para realizar el promedio aritmético, tabulando dichos datos y haciendo los cálculos estadísticos

Área foliar

1. Instrumento y método de evaluación: Se utilizó una combinación de medición

dimensional indirecta en campo y procesamiento de imagen digital1more_horiz.

2. Instrumentos utilizados: Para las dimensiones lineales se utilizó una regla milimetrada, mientras que para el procesamiento y procesamiento masivo del área foliar se empleó el software de análisis de imagen Image J junto con Microsoft Excel e InfoStat1
3. Fórmula de estimación. La estimación matemática del área por estructura foliar se realizó mediante la siguiente ecuación morfológica: A = L \times W \times Donde: L = Longitud de la hoja (medida en cm) W = Ancho máximo de la hoja (medido en cm) k = Factor de forma o corrección foliar, fijado en un valor constante de 0,75.
4. El cálculo del área foliar total por planta se complementó con la digitalización e integración mediante el programa Image J.
5. Unidades de medida. Las mediciones individuales y consolidadas se expresan en centímetros cuadrados por planta.
6. Momento de evaluación. La evaluación de área foliar se realizó a los 65 días después del trasplante (DDT), dentro del periodo de seguimiento del comportamiento agronómico del cultivo.

3.4.1. Instrumentos

Para la ejecución del experimento se utilizaron diversos materiales, equipos e instrumentos necesarios para la instalación, manejo agronómico y evaluación de las variables en estudio del cultivo de tomate “cherry”, desarrollada en condiciones controladas, con la finalidad de garantizar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos como el vernier digital de 150 mm y balanza gramera digital.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Análisis de suelo

Previo a la instalación del experimento, se realizó el análisis físico-químico del suelo utilizado como sustrato en condiciones de maceta, nuestras de suelo que fueron recolectadas del sector Intay, distrito de Luricocha, seleccionándose un área representativa libre de residuos y contaminación superficial, con la finalidad de garantizar uniformidad en el material edáfico empleado. Posteriormente, el suelo fue

secado al ambiente, homogenizado y tamizado para eliminar materiales gruesos, obteniéndose una muestra compuesta representativa que fue enviada al laboratorio para la determinación de sus propiedades físico-químicas, tales como pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio disponible. La Tabla 8 muestra las características físico-químicas del suelo utilizado.

Tabla 8

Características físico-químicas del material edáfico experimental

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	—	7.9
Conductividad eléctrica	mS/m	18.6
Materia orgánica	%	1.8
Nitrógeno total	%	0.09
Fósforo disponible (Olsen)	mg/kg	6.4
Potasio disponible	mg/kg	885.6
Arena	%	39.33
Limo	%	31.86
Arcilla	%	28.81
Clase textural	—	Franco arcilloso

Nota. Análisis de suelo realizado por el Laboratorio de Suelos y Aguas – LABSAF Canaán, Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2026).

El material edáfico empleado como medio de cultivo en las unidades experimentales presentó textura franco arcillosa, reacción ligeramente alcalina (pH 8.1), bajo contenido de materia orgánica y niveles moderados de fósforo disponible, así como elevada concentración de potasio, constituyendo estas características el estado nutricional inicial del sustrato utilizado en condiciones de maceta. Considerando la naturaleza alcalina del suelo y con el propósito de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas, se incorporó estiércol de cuy previamente descompuesto como fuente de materia orgánica, favoreciendo la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana del medio de cultivo sin generar incrementos significativos del pH.

Posteriormente, se realizó la mezcla homogénea del material edáfico con estiércol de cuy en una proporción aproximada de 3:1 (75 % suelo y 25 % estiércol), proporción

recomendada para mejorar la estructura, porosidad y retención de humedad del sustrato en cultivos hortícolas establecidos en maceta.

3.5.2. Elección del área experimental

La selección del área experimental se realizó el 23 de octubre del 2025, considerando criterios de accesibilidad, disponibilidad de espacio y condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* L.) bajo manejo controlado en condición de maceta. El ensayo se estableció en el sector Intay, distrito de Luricocha, provincia de Huanta, región Ayacucho, específicamente en el techo de una vivienda, el cual presentó facilidad de acceso para el monitoreo permanente del experimento.

La elección de este espacio permitió implementar el cultivo en un ambiente controlado, reduciendo la influencia de factores edáficos propios del campo abierto y asegurando uniformidad en las condiciones de crecimiento de todas las unidades experimentales. Asimismo, esta ubicación favoreció el manejo agronómico eficiente y la correcta aplicación de los tratamientos bioestimulantes evaluados.

Preparación del área experimental

La preparación del área experimental se realizó entre el 01 y 24 de octubre del 2025 mediante el acondicionamiento del espacio destinado a la instalación del ensayo en condiciones de maceta. Inicialmente, se efectuó la limpieza y nivelación del área para facilitar la adecuada distribución de las unidades experimentales.

Posteriormente, se construyó una estructura de protección utilizando postes de madera fijados con alambre y clavos para asegurar estabilidad. Sobre esta estructura se instaló malla Raschel, con la finalidad de regular la incidencia directa de la radiación solar, disminuir el impacto de precipitaciones y proteger las plantas frente a variaciones climáticas externas. Las macetas fueron distribuidas según el Diseño Completamente al Azar (DCA), manteniendo distancias uniformes entre unidades experimentales para facilitar las labores de manejo, evaluación y recolección de datos.

Instalación

La instalación del experimento se llevó a cabo entre el 25 de septiembre y el 11 de octubre del 2025. Durante esta etapa se realizó la adecuación del área experimental y la preparación de las unidades experimentales en macetas de 20 L de capacidad. Asimismo, se efectuó la perforación de las macetas para facilitar el drenaje, el pintado

externo para uniformizar las unidades experimentales y la colocación de una capa basal de piedras pequeñas con la finalidad de mejorar la aireación y evitar acumulación excesiva de agua en la zona radicular.

Siembra

La siembra se realizó 10 de octubre del 2025 mediante el trasplante de plántulas de tomate cherry previamente desarrolladas en almácigo, las cuales presentaban aproximadamente 20 días de crecimiento y adecuado vigor fisiológico. En cada unidad experimental se estableció una planta por maceta, asegurando suficiente espacio para el desarrollo radicular y vegetativo del cultivo.

Posteriormente, se efectuó una ligera compactación del sustrato alrededor de la planta para favorecer el contacto suelo-raíz y disminuir el estrés postrasplante. El distanciamiento empleado permitió una adecuada captación de luz, aireación y aprovechamiento de nutrientes, condiciones favorables para el crecimiento y producción del cultivo de tomate cherry en condiciones de maceta.

Riego

El riego se inició inmediatamente después del trasplante, realizándose los días 25 y 28 de octubre del 2025 con la finalidad de asegurar la humedad adecuada del sustrato y favorecer el establecimiento de las plantas. La aplicación del agua se efectuó manualmente en forma de lluvia fina, evitando encharcamientos y favoreciendo una adecuada aireación radicular.

Posteriormente, el riego se manejó de manera interdiaria en horas de la mañana, considerando las necesidades hídricas del cultivo y las condiciones climáticas del área experimental.

3.5.3. Preparación de los bioestimulantes vegetales

La preparación de los bioestimulantes vegetales se realizó utilizando materiales orgánicos y residuos vegetales con propiedades nutricionales y estimulantes para el cultivo de tomate “Cherry” (Solanum lycopersicum L.). El tratamiento T1 estuvo conformado por extracto de cáscara de plátano + papaya, preparado mediante licuado y fermentación en agua no clorada, destacando por su aporte de potasio, fósforo, calcio y fitohormonas naturales. El

T2 correspondió al té de follaje de leguminosas, elaborado mediante cocción de hojas frescas de frijol, alfalfa y maní forrajero, utilizado por su contenido de aminoácidos, clorofila y compuestos nitrogenados. Asimismo, el T3 consistió en caldo de ceniza de madera preparado mediante cocción lenta de ceniza, agua y cal agrícola, constituyendo una fuente natural de potasio y calcio. El tratamiento T4 correspondió al fermentado de restos de tomate + ortiga, elaborado mediante fermentación controlada de hojas, tallos y frutos de tomate combinados con ortiga fresca, agua no clorada y melaza. Todos los bioestimulantes fueron preparados en recipientes plásticos y de vidrio, permaneciendo en fermentación durante periodos establecidos según cada tratamiento. Posteriormente, los preparados fueron filtrados y almacenados en envases oscuros hasta su aplicación en el experimento, garantizando su estabilidad y efectividad en el cultivo.

La Tabla 9 muestra la composición de los bioestimulantes aplicados en la presente investigación.

3.6. Labores culturales

3.6.1. Riego

Se realizó de manera interdiaria en horas de la mañana y/o por la tarde, mediante el método de aspersión manual utilizando una regadera manual, con la finalidad de evitar la erosión del sustrato y asegurar la adecuada humedad para establecimiento de las plántulas.

3.6.2. Control de malezas

El control de malezas se realizó desde septiembre del 2025 hasta febrero del 2026, mediante deshierbo selectivo en cada unidad experimental, con la finalidad de eliminar la competencia por recursos esenciales como agua, nutrientes, luz y espacio, permitiendo también mejorar la aireación del sistema radicular y reducir la presencia de hospederos alternos de plagas y enfermedades

Tabla 9

Composición de los bioestimulantes aplicados al cultivo de tomate "Cherry" (Solanum lycopersicum L.)

Tratamientos	Extractos / Ingredientes	Dosis de aplicación	Frecuencia
T1	Extracto de cáscara de plátano + papaya: 3 cáscaras de plátano maduras, ½ papaya con cáscara y semillas, 1 L de agua+ melaza	100 ml/L de agua (foliar) y 250 ml/10 L al suelo	Cada 10–15 días
T2	Té de follaje de leguminosas: 1 kg de hojas frescas de leguminosas + 10 L de agua + 100 g de ceniza	1 L de té/10 L de agua (foliar)	Cada 10-15 días
T3	Caldo de ceniza de madera: 1 kg de ceniza + 5 L de agua + 100 g de cal agrícola	100 ml/L de agua (foliar)	Cada 10-15 días
T4	Fermentado de restos de tomate + ortiga: 1 kg de restos de tomate + 500 g de ortiga + 5 L de agua + melaza	50–100 ml/L de agua (foliar) y 500 ml/10 L al suelo	Cada 10-15 días

Nota. Los bioestimulantes fueron preparados artesanalmente y aplicados mediante aspersión foliar y aplicación al suelo durante el desarrollo experimental del cultivo de tomate cherry en condiciones de maceta.

3.6.3. Control fitosanitario

En control fitosanitario se realizó mediante un monitoreo constante del cultivo y la aplicación de insumos orgánicos. Se utilizó un repelente natural elaborado a base de jabón potásico y ajo, el cual fue previamente macerado en agua durante un periodo de 3 días para potenciar sus propiedades, aplicado por aspersión manual en horas de la mañana, con el fin de asegurar una adecuada cobertura foliar y mayor eficacia en el control de plagas.

3.7. Aplicación de bioestimulantes

La aplicación de los bioestimulantes vegetales se inició el 05 de septiembre del 2025, y se mantuvieron durante el periodo experimental hasta febrero del 2026, utilizando las dosis establecidas para cada tratamiento experimental. Las aplicaciones se realizaron de forma periódica cada 10 a 15 días, mediante aspersión foliar, con la finalidad de garantizar una distribución homogénea de los bioinsumos y favorecer su absorción por la planta. Los tratamientos fueron los siguientes:

- **T1:** Extracto de cáscara de plátano + papaya, utilizado como estimulante de floración, cuajado y llenado de frutos debido a su aporte de potasio, fósforo, magnesio, calcio y fitohormonas naturales.
- **T2:** Té de follaje de leguminosas (como frijol, guaba, alfalfa o maní forrajero), empleado como bioestimulante nitrogenado rico en aminoácidos, clorofila y microelementos, favoreciendo el crecimiento vegetativo y la recuperación de plantas estresadas.
- **T3:** Caldo de ceniza de madera, aplicado como fuente natural de potasio, calcio y compuestos alcalinos, contribuyendo al fortalecimiento de tallos, regulación del pH y reducción de insectos.
- **T4:** Fermentado de restos de tomate + ortiga, utilizado por su aporte de micronutrientes, ácidos orgánicos y fitohormonas, favoreciendo el vigor, enraizamiento y resistencia fisiológica del cultivo.

Tabla 10

Cronograma de aplicación de bioestimulantes en el cultivo de tomate Cherry

Nº de aplicación	Fecha de aplicación	DDS
1	05 de septiembre de 2025	15
2	20 de septiembre de 2025	30
3	05 de octubre de 2025	45
4	20 de octubre de 2025	60
5	05 de noviembre de 2025	75
6	20 de noviembre de 2025	90
7	05 de diciembre de 2025	105
8	20 de diciembre de 2025	120
9	05 de enero de 2026	135
10	20 de enero de 2026	150
11	05 de febrero de 2026	165

Nota. Las aplicaciones se realizaron mediante aspersión foliar y aplicación al suelo.

Obtención de datos

La recolección de datos se realizó durante el periodo experimental comprendido entre septiembre del 2025 y febrero del 2026, registrándose periódicamente las variables en estudio.

Tabla 11

Cronograma de obtención de datos agronómicos en el cultivo de tomate Cherry

Nº de registro	Fecha de evaluación	DDS
1	20 de septiembre de 2025	30
2	20 de octubre de 2025	60
3	20 de noviembre de 2025	90
4	20 de diciembre de 2025	120
5	20 de enero de 2026	150
6	15 de febrero de 2026	175

Nota. Durante estas evaluaciones se registraron variables agronómicas

3.8. Evaluación post cosecha

La cosecha del cultivo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) se realizó el 28 de febrero del 2026, considerando el estado de madurez comercial de los frutos y siguiendo los criterios establecidos para el registro de las variables evaluadas. Durante este proceso, los frutos de cada unidad experimental fueron recolectados cuidadosamente para evitar daños mecánicos y garantizar la precisión de las evaluaciones correspondientes a los cuatro tratamientos bioestimulantes aplicados.

Durante la cosecha se registraron variables agronómicas y productivas como altura de planta (cm), número de frutos por planta, peso promedio de fruto (g), área foliar (cm^2), diámetro de tallo (cm), seleccionando muestras representativas de frutos de cada tratamiento, con la finalidad de determinar el efecto de los bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del cultivo de tomate cherry bajo condiciones de maceta.

3.9. Estandarización técnica de la preparación, filtrado, almacenamiento y dosis aplicadas para cada uno de los cuatro bioestimulantes caseros evaluados en el cultivo de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme)

T1: Extracto de cáscara de plátano + papaya

- Ingredientes y proporciones: 3 cáscaras de plátano maduras, ½ papaya con cáscara y semillas, 1 litro de agua sin cloro y 1 cucharada de melaza o miel (opcional).
- Preparación y fermentación: Se elaboró mediante licuado y fermentación en agua no clorada dentro de recipientes plásticos o de vidrio.
- Filtrado y almacenamiento: El producto fue filtrado y guardado en envases oscuros protegidos de la luz hasta su aplicación.
- Dosis y aplicaciones:
  -Foliar: 100 ml por litro de agua.
  -Al suelo (radicular): 250 ml por cada 10 litros de agua.
  -Frecuencia y cronograma: Aplicado mediante aspersión foliar y riego al suelo cada 10 a 15 días, cumpliendo un total de 11 aplicaciones a los 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150 y 165 días después de la siembra (DDS).

T2: Té de follaje de leguminosas (frijol+guaba+ alfalfa+maní forrajero)

- Ingredientes y proporciones: 1 kg de hojas frescas de leguminosas (frijol, guaba, alfalfa o maní forrajero), 10 litros de agua limpia y 100 g de ceniza de madera o 1 cucharadita de cal agrícola.
- Preparación y fermentación: Se preparó mediante cocción de las hojas frescas en agua, incorporando la ceniza o cal para regular el pH, y dejándolo reposar/fermentar en recipientes de plástico o vidrio.
- Filtrado y almacenamiento: Tras el reposo, el líquido fue filtrado y conservado en recipientes oscuros hasta su uso.
- Dosis y aplicaciones reales:
  -Foliar: 1 litro de té por cada 10 litros de agua.
  -Al suelo (radicular): 2 litros por cada 10 litros de agua.
  -Frecuencia y cronograma: Aplicado periódicamente cada 10 a 15 días, acumulando 11 aplicaciones durante el experimento.

T3: Caldo de ceniza de madera

- Ingredientes y proporciones: 1 kg de ceniza de madera tamizada (sin carbón), 5 litros de agua y 100 g de cal agrícola o cal viva.
- Preparación: Elaborado mediante cocción lenta de la ceniza con el agua y la cal agrícola.
- Filtrado y almacenamiento: Finalizada la decocción, se filtró para eliminar partículas sólidas gruesas y se almacenó en envases oscuros.
- Dosis y aplicaciones:
  -Foliar: 100 ml por litro de agua.
  -Al suelo (radicular): 1 litro por cada 10 litros de agua.
  -Frecuencia y cronograma: Aplicado cada 10 a 15 días, completando 11 aplicaciones a lo largo del ciclo productivo.

T4: Fermentado de restos de tomate + ortiga

- Ingredientes y proporciones: 1 kg de restos de tomate (hojas, tallos y frutos dañados), 500 g de ortiga fresca, 5 litros de agua sin cloro y 250 ml de melaza (o ½ taza de azúcar rubia disuelta).
- Preparación y fermentación: Se realizó mediante fermentación controlada de los restos vegetales y la ortiga en el agua con melaza dentro de recipientes plásticos o de vidrio.
- Filtrado y almacenamiento: Concluido el proceso fermentativo, el macerado fue filtrado y depositado en envases oscuros.
- Dosis y aplicaciones reales:
  -Foliar: 50 a 100 ml por litro de agua.
  -Al suelo (radicular): 500 ml por cada 10 litros de agua.
  -Frecuencia y cronograma: Aplicado cada 10 a 15 días (preferentemente al atardecer), sumando 11 aplicaciones en total.

3.10. Análisis de datos

El análisis de los datos se llevó a cabo el 20 de marzo del 2026, empleando las herramientas estadísticas InfoStat, Microsoft Excel y el software Image J, adecuados para el procesamiento de información en un Diseño Completamente al Azar (DCA). Inicialmente, los datos obtenidos durante el desarrollo del cultivo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.) fueron organizados y depurados, considerando variables agronómicas, productivas, de calidad de fruto y sanidad vegetal.

Posteriormente, se aplicó el Análisis de Varianza (ANOVA) y pruebas de comparación de medias utilizando el software estadístico InfoStat, con la finalidad de determinar diferencias significativas entre los tratamientos bioestimulantes mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia. Este procedimiento permitió evaluar objetivamente el efecto de cada bioestimulante sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Método y técnicas para la presentación y análisis de datos

Inicialmente, se verificó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Posteriormente, se evaluó la homogeneidad de varianzas utilizando la prueba de Levene, asegurando el cumplimiento de los supuestos estadísticos necesarios para aplicar el Análisis de Varianza. Confirmadas estas condiciones, se realizó el ANOVA correspondiente al Diseño Completamente al Azar para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos bioestimulantes sobre las variables agronómicas, productivas y de calidad del cultivo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.).

Finalmente, se aplicó la prueba de Tukey al 5 % para identificar cuáles tratamientos presentaron diferencias estadísticas entre sí, respaldando la interpretación de los resultados y la validación de las hipótesis planteadas. Los resultados fueron presentados mediante tablas y figuras estadísticas elaboradas en Microsoft Excel e InfoStat para facilitar su análisis e interpretación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. En respuesta al objetivo general

Determinar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el cultivo de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta. La Tabla 12 muestra el consolidado de los parámetros evaluados bajo la influencia de cuatro bioestimulantes sobre el cultivo de tomate.

Tabla 12

Datos consolidados para cinco parámetros evaluados sobre la influencia de cuatro bioestimulantes en el cultivo de tomate

Tratamiento	Peso (g)	Número de frutos / planta	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)	Área foliar (cm^2)
T1	**6,86 ±1,5**	**74,67**	68, 50	**22,28**	3368,09
T2	6,45 ±1,09	64,83	**70,50**	22,20	3889,75
T3	5,46 ±1,23	67,33	64,67	20,87	2789,09
T4	5,57 ±1,46	74,00	69,50	21,22	**4208,90**

4.1.1.1. Análisis detallado de resultados consolidados

Los datos muestran que ningún tratamiento alcanza simultáneamente el valor máximo en los cinco parámetros. T1 destaca por el peso de fruto y el número de frutos por planta; T2 registra la mayor altura; mientras que T4 presenta los valores superiores de área foliar y una cantidad de frutos prácticamente equivalente a la de T1. T3, por su parte, presenta los valores más bajos en peso de fruto, altura de planta, diámetro de tallo y área foliar.

4.1.1.2. Análisis por parámetro agronómico

PESO DE FRUTO

El tratamiento T1 alcanzó el mayor peso registrado, con 6,86 ± 1,59 g, seguido de T2 con 6,45 ± 1,09 g. Los valores más bajos correspondieron a T4 (5,57 ± 1,46 g) y T3 (5,46 ± 1,23 g). La diferencia entre T1 y T3 fue de 1,40 g, equivalente a

aproximadamente un 25,6 % respecto al valor de T3. Esta tendencia sugiere que T1 podría favorecer el peso individual de los frutos en comparación con los demás tratamientos. Sin embargo, la tabla no permite afirmar que las diferencias sean estadísticamente significativas, pues no presenta resultados del análisis de varianza ni de una prueba de comparación de medias.

NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

T1 obtuvo el mayor número de frutos, con 74,67 por planta, seguido muy de cerca por T4, con 74,00. En contraste, T2 registró 64,83 frutos y T3 alcanzó 67,33. La diferencia entre T1 y T2 fue de 9,84 frutos por planta, aproximadamente un 15,2 % respecto al valor de T2. Estos resultados sugieren una respuesta favorable de T1 y T4 en la cantidad de frutos producidos. No obstante, un mayor número de frutos no garantiza por sí mismo un mayor rendimiento comercial, puesto que también intervienen el peso individual, el tamaño, la calidad y la proporción de frutos aprovechables.

ALTURA DE PLANTA

T2 alcanzó la mayor altura, con 70,50 cm, seguido por T4 (69,50 cm), T1 (68,50 cm) y T3 (64,67 cm). La diferencia entre T2 y T3 fue de 5,83 cm, equivalente a aproximadamente un 9,0 % respecto al tratamiento de menor valor. El resultado indica que T2 presentó el mayor crecimiento vertical observado. Sin embargo, la altura no debe interpretarse de manera aislada como un indicador definitivo de superioridad agronómica, ya que una planta más alta no necesariamente produce más frutos o alcanza mayor rendimiento.

DIÁMETRO DE TALLO

T1 registró el mayor diámetro de tallo (22,28 mm), seguido por T2 (22,20 mm), T4 (21,22 mm) y T3 (20,87 mm). La diferencia entre T1 y T3 fue de 1,41 mm, aproximadamente un 6,8 %. La tendencia sugiere que T1 favoreció el desarrollo diametral del tallo en términos descriptivos. Esta variable puede relacionarse con el desarrollo estructural de la planta, aunque los datos disponibles no permiten concluir que exista una mayor resistencia mecánica ni una relación causal con la producción.

ÁREA FOLIAR

El T4 presentó el mayor valor de área foliar, con 4208,90 cm², seguido de T2 (3889,75 cm²), T1 (3368,09 cm²) y T3 (2789,09 cm²). La diferencia entre T4 y T3 fue de 1419,81 cm², lo que representa aproximadamente un 50,9 % respecto al valor de T3. El resultado sugiere que T4 estuvo asociado con una mayor superficie foliar, característica potencialmente relacionada con la captación de radiación y la capacidad fotosintética; aunque no es posible asegurar que este incremento haya generado una mayor producción, pues ello depende también de la actividad fotosintética efectiva, el estado nutricional y la disponibilidad de agua.

4.1.2. En respuesta a los objetivos específicos

4.1.2.1. Respondiendo al objetivo específico 1

Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender el primer objetivo específico ("Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento ..."), se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos sobre el rendimiento del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta
- **Hipótesis Alternativa (Ha):** Al menos uno de los bioestimulantes influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en el rendimiento del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

Estadísticos Descriptivos

Antes del ANOVA, es fundamental observar el comportamiento central de los datos:
T1: Media = 6,86 g | Desviación Estándar = 1,59 g

T2: Media = 6,45 g | Desviación Estándar = 1,09 g

T3: Media = 5,46 g | Desviación Estándar = 1,23 g

T4: Media = 5,57 g | Desviación Estándar = 1,46 g

ANVA a un nivel de confianza del 95% (α=0.05)

Tabla 13

Análisis de Varianza para el peso de frutos de tomate "Cherry"

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	8,327	3	2,776	1,501	3,098
Error	36,982	20	1,849		
Total	45,309	23			

Nota. F tabulada (crítica): 3.098 (obtenida de la distribución F de Fisher con α = 0,05; gl_1 = 3 y gl_2 = 20).

Decisión estadística

La F Calculada (1,501) es menor que la F Tabulada (3,098), por lo que se acepta la H_0. Dicho de otra manera, el ANVA también arroja un valor de probabilidad o p-valor = 0,2448. La regla de decisión indica que si el p-valor es mayor al nivel de significancia (α=0,05), se acepta H_0. Dado que el valor de la probabilidad (**p-valor = 0,2448**) es estrictamente mayor al nivel de significancia (0,05), se acepta la H_0 y se rechaza la Hipótesis Alternativa (Ha). Esto indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (bioestimulantes) evaluados.

El p-valor de 0,2448 indica que existe un 0,24 % de probabilidad de haber obtenido estos resultados asumiendo que los bioestimulantes no tienen ningún efecto (es decir, asumiendo que la Ho es cierta). Como esta probabilidad es mayor al 5% de margen de error que estamos dispuestos a asumir, se concluye que los bioestimulantes no afectan sobre el peso de fruto de tomate Cherry. Al aceptar la Hipótesis Nula (H_0), se rechaza la Hipótesis Alternativa (H_a), por lo que no es obligatorio proceder con una prueba de comparación de medias.

Magnitud del Efecto: Con un nivel de confianza del 95%, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los cuatro bioestimulantes evaluados tengan un efecto diferente sobre el rendimiento (peso de los frutos) del cultivo de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) en condiciones de maceta en Huanta. Las diferencias numéricas observadas entre las medias de los tratamientos (por ejemplo, que T1 tenga un promedio de 6,86 g y T3 un promedio de 5,46 g) se atribuyen a la variabilidad natural o error experimental, y no a un efecto real y consistente de los bioestimulantes aplicados.

Análisis avanzado

Es fundamental realizar este análisis con una advertencia científica clave: dado que el ANOVA previo arrojó un p-valor de 0,2448 (no significativo), cualquier clasificación de "superior" o "inferior" que hagamos a continuación es de naturaleza descriptiva y agronómica, no de certeza estadística. No solo la limitación de decir "no hay diferencias", sino que se explica cuánto difieren numéricamente los tratamientos y por qué esa diferencia no alcanzó el umbral de significancia estadística. No obstante, este análisis descriptivo de magnitudes y solapamiento es muy valioso para la discusión de la presente tesis, ya que se explica por qué no hubo significancia estadística a pesar de que existan diferencias numéricas.

A continuación, se presenta el análisis detallado basado en la Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey (HSD) y el análisis de magnitudes.

Ranking Descriptivo de los Tratamientos

Ordenando las medias de mayor a menor de peso promedio del fruto (g):

T1: 6,86 g *(Descriptivamente Superior)*
T2: 6,45 g *(Intermedio Alto)*
T4: 5,57 g *(Intermedio Bajo)*
T3: 5,46 g *(Descriptivamente Inferior)*

Diagnóstico de Magnitud de Ganancia (Bioestimulante Superior: T1)

Tomando al T1 como el de mejor desempeño descriptivo:
Magnitud Absoluta de Ganancia: El T1 produce frutos que, en promedio, pesan 1,40 g más que los del tratamiento inferior (T3). (6,86 g – 5,46 g = 1,40 g).
Magnitud Relativa (Porcentual): El T1 representa una ganancia descriptiva del 25,57% en el peso individual del fruto en comparación con el T3.
Interpretación agronómica: Si esta tendencia se confirmara con mayor potencia estadística, el bioestimulante del T1 estaría adicionando más de un gramo por fruto, lo cual, multiplicado por el número de frutos por planta, podría representar una ganancia económica relevante.

Diagnóstico de Magnitud de Pérdida (Bioestimulante Inferior: T3)

Tomando al **T3** como el de menor desempeño descriptivo:

- **Magnitud Absoluta de Pérdida:** El T3 produce frutos que pesan **1.40 g menos** que los del mejor tratamiento (T1).
- **Magnitud Relativa (Porcentual):** El T3 representa una **pérdida descriptiva del 20.41%** en el peso del fruto en comparación con el T1 (5,46 – 6,86) / 6,86 * 100).
- *Interpretación agronómica:* El bioestimulante del T3 (o su ausencia, si fuera el testigo) no logró estimular el llenado del fruto al mismo nivel numérico que el T1.

Formación de Grupos Intermedios y Análisis de Solapamiento

Para determinar si estas diferencias son reales o producto del azar, aplicamos la Prueba de Tukey (HSD) y analizamos el Error Estándar de la Media (EEM) para observar el solapamiento (*overlap*). La Tabla 14 muestra Resultados de la Prueba de Tukey (Agrupamiento Estadístico) para las medias de la variable peso de tomate.

Tabla 14

Prueba de Tukey para las medias de peso de frutos de tomate Cherry

Comparación	Diferencia de Medias	p-valor ajustado	¿Rechaza H_0?	Grupo Homogéneo
T1 vs T3	1,40 g	0,312	No	**a**

T1 vs T4	1,29 g	0,376	No	**a**
T1 vs T2	0,41 g	0,952	No	**a**
T2 vs T3	0,99 g	0,601	No	**a**
T2 vs T4	0,88 g	0,680	No	**a**
T3 vs T4	0,10 g	0,999	No	**a**

Nota. Estadísticamente, todos los tratamientos pertenecen a un solo grupo homogéneo (|"a"). No se pueden formar subgrupos estadísticamente separados.

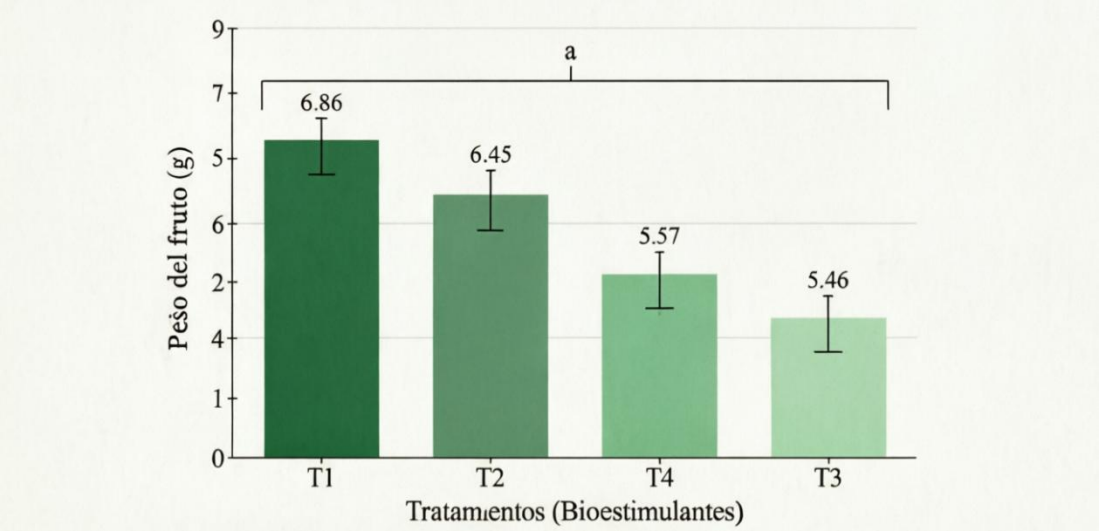
El solapamiento ocurre cuando los intervalos de confianza de las medias se cruzan. Calculando la Media ± Error Estándar de la Media (EEM = Desviación Estándar / √6):

- T1: 6,86 ± 0,65 g *(Rango de confianza aprox.: 6,21 a 7,51)*
- T2: 6,45 ± 0,45 g *(Rango de confianza aprox.: 6,00 a 6,89)*
- T4: 5,57 ± 0,60 g *(Rango de confianza aprox.: 4,97 a 6,16)*
- T3: 5,46 ± 0,50 g *(Rango de confianza aprox.: 4,96 a 5,97)*

El límite inferior del "mejor" tratamiento (T1: 6,21 g) se cruza y solapa con el límite superior del "peor" tratamiento (T3: 5,97 g) y del T4 (6,16 g). Este **alto grado de solapamiento** es la razón matemática exacta por la cual la F calculada (1,501) fue menor que la F tabulada (3,098). La variabilidad *dentro* de cada tratamiento (por ejemplo, en el T1 hay un fruto de 9,34 g y otro de 5,05 g) es tan grande que "enmascara" o diluye la diferencia que existe *entre* los tratamientos. La Figura 2 muestra la comparación de medias de Tukey al 5% para la variable peso de frutos de tomate.

Figura 2

Gráfico de comparación de medias de Tukey al 5% para la variable peso de frutos de tomate



Interpretación de la Figura 2:

La Figura 2 confirma visualmente que los cuatro tratamientos con bioestimulantes se agrupan en una sola categoría homogénea (letra 'a'), lo que indica que, a pesar de las diferencias numéricas observadas en las medias (T1 = 6,86 g como máximo descriptivo y T3 = 5,46 g como mínimo descriptivo), estas no son estadísticamente significativas al 95% de confianza. La línea de agrupamiento superior que abarca la totalidad de los tratamientos refleja el alto solapamiento entre las varianzas intra-grupo, consistente con el p-valor de 0,2448 obtenido en el ANOVA.

4.1.2.2. Respondiendo al objetivo específico 2

Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

4.1.2.2.1. Número de frutos por planta

Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender el segundo objetivo específico ("Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico ..."), se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los bioestimulantes sobre el número de frutos del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.
- **Hipótesis Alternativa (Ha):** Al menos uno de los bioestimulantes influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en el número de frutos del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

Estadísticos Descriptivos

El análisis preliminar de las medias y la dispersión de los datos por tratamiento muestra lo siguiente:

T1: Media = 74.67 frutos/planta | Desviación Estándar = 16,02

T2: Media = 64.83 frutos/planta | Desviación Estándar = 18,87

T3: Media = 67.33 frutos/planta | Desviación Estándar = 22,55

T4: Media = 74.00 frutos/planta | Desviación Estándar = 11,58

ANVA a un nivel de confianza del 95% (α=0,05)

Tabla 15

Análisis de Varianza para número de frutos de tomate

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	428,46	3	142,82	0,455	3,098
Error	6277,50	20	313,88		
Total	6705,96	23			

Nota. Coeficiente de Variación (CV) = 9,7%. En investigaciones agrícolas bajo ambientes controlados (como macetas bajo fitotoldo), generalmente se esperan Coeficientes de Variación bajos (idealmente menores al 10%).

Significancia estadística

A. Comparación de la F Calculada vs. F Tabulada

Para determinar la significancia estadística, comparamos el estadístico de Fisher calculado por el modelo con el valor crítico de la tabla de distribución F de Fisher-Snedecor para $\alpha = 0,05$ $\alpha=0.05$, con 5 grados de libertad en el numerador (tratamientos) y 18 en el denominador (error).

F Calculada (Fc): 0,455

F Tabulada (Ft): 3,098

Regla de Decisión: Si Fc > Ft, se rechaza la H_0

En este caso, 0,455 < 3,098. Al ser la F calculada considerablemente menor que la F tabulada, la variabilidad explicada por los bioestimulantes es mínima en comparación con la variabilidad natural (error) dentro de las propias unidades experimentales.

B. Análisis del p-valor

El p-valor obtenido es 0,7167. Dado que este valor es ampliamente superior al nivel de significancia establecido (0,7167 > 0,05), confirma que no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los tratamientos alteraron el número de frutos de tomate, y se acepta la Hipótesis Nula (H_0).

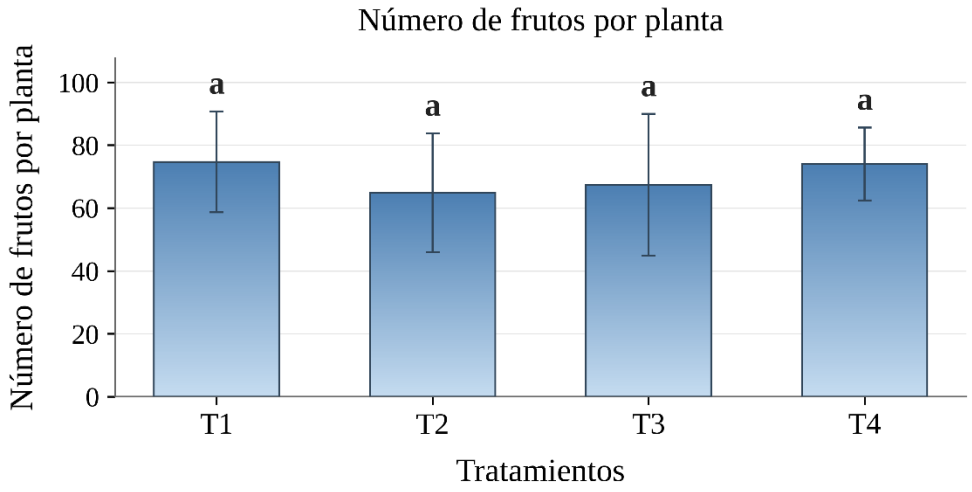
Interpretación Agronómica

Con un nivel de confianza del 95%, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los cuatro bioestimulantes evaluados tengan un efecto diferencial sobre el comportamiento agronómico (número de frutos por planta) del cultivo de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) en condiciones de maceta en Huanta.

Aunque numéricamente el tratamiento T1 (74,67 frutos) y T4 (74,00 frutos) presentan promedios ligeramente superiores a T2 (64,83 frutos) y T3 (67,33 frutos), la alta variabilidad dentro de cada grupo (reflejada en las desviaciones estándar, que oscilan entre 11,58 y 22,55) hace que estas diferencias no sean estadísticamente significativas. La Figura 3 muestra los bigotes que representan la desviación estándar (DE), que mide la dispersión de las observaciones alrededor de la media.

Figura 3

Número de frutos de tomate por planta.



Nota. Barras: media; bigotes: desviación estándar. Letras iguales indican ausencia de diferencias significativas (Tukey, ά = 0,05)

4.1.2.2.2. Altura de planta

Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender al segundo objetivo específico ("Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate..."), se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los bioestimulantes sobre la altura de planta de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.
- **Hipótesis Alternativa (Ha):** Al menos uno de los bioestimulantes influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en la altura de planta del cultivo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

Estadísticos Descriptivos

El análisis preliminar de las medias y la dispersión de los datos por tratamiento muestra lo siguiente:

T1: Media = 68, 50 cm | Desviación Estándar = 7,56 cm

T2: Media = 70,50 cm | Desviación Estándar = 7,77 cm

T3: Media = 64,67 cm | Desviación Estándar = 10,60 cm

T4: Media = 69,50 cm | Desviación Estándar = 9,79 cm

ANVA a un nivel de confianza del 95% (α=0.05)

Tabla 16

Análisis de Varianza para la altura de planta de tomate

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	117,125	3	39,042	0,480	3,098
Error	1627,833	20	81,392		
Total	1744,958	23			

Análisis del p-valor: El p-valor es 0,7000 lo cual es considerablemente mayor que el nivel de significancia 0,05, por lo que se determina que no existe diferencia estadística entre los grupos.

La F calculada (Fc = 0,480) es el resultado de dividir el Cuadrado Medio de los Tratamientos (39,042) entre el Cuadrado Medio del Error (81,392). Este valor se compara con la F tabulada o crítica (Ft = 3,098), obtenida de las tablas de distribución F de Fisher-Snedecor para α=0,05, con 3 grados de libertad en el numerador y 20 en el denominador. Como Fc (0,480) < Ft (3,098), se acepta la hipótesis nula.

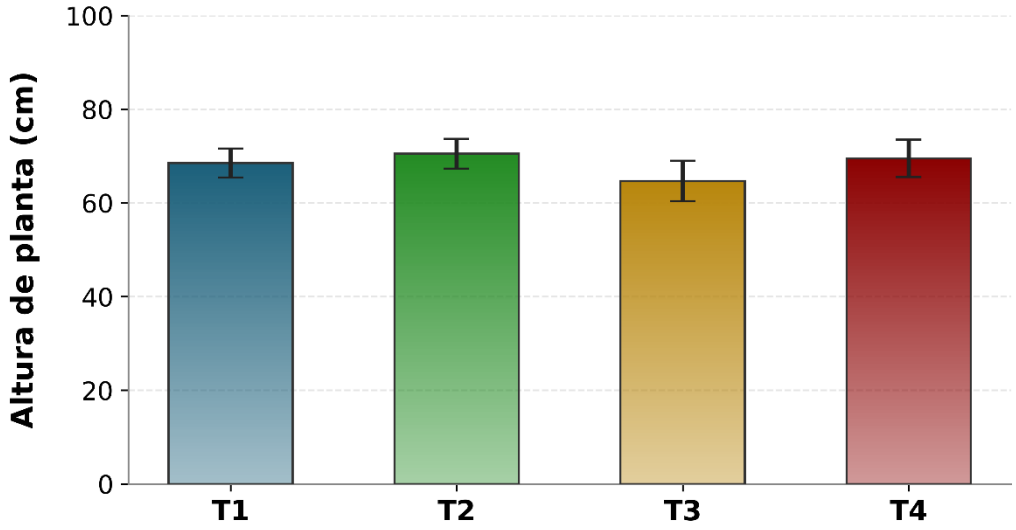
Interpretación Agronómica para la Tesis

Con un nivel de confianza del 95%, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los cuatro bioestimulantes evaluados tengan un efecto diferencial sobre el

comportamiento agronómico en cuanto a la altura de la planta del cultivo de tomate "Cherry" (Solanum lycopersicum var. cerasiforme) en condiciones de maceta en Huanta. Aunque numéricamente el tratamiento T2 (70,50 cm) y T4 (69,50 cm) presentan promedios ligeramente superiores a T3 (64,67 cm), la alta variabilidad dentro de cada grupo (reflejada en las desviaciones estándar, que oscilan entre 7,56 cm y 10,60 cm) hace que estas diferencias no sean estadísticamente significativas.

Figura 4

Altura de planta de tomate según tratamientos



Nota. No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos

4.1.2.2.3. Diámetro de tallo

Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender al segundo objetivo específico ("Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate..."), se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los bioestimulantes sobre el diámetro de tallo de tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.
- **Hipótesis Alternativa (Ha):** Al menos uno de los bioestimulantes influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en el diámetro de tallo de

tomate “Cherry” (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

Estadísticos Descriptivos

El análisis preliminar de las medias y la dispersión de los datos por tratamiento muestra lo siguiente:

T1: Media = 22,28 mm | Desviación Estándar = 1,64 mm

T2: Media = 22,20 mm | Desviación Estándar = 1,53 mm

T3: Media = 20,87 mm | Desviación Estándar = 1,56 mm

T4: Media = 21,22 mm | Desviación Estándar = 1,54 mm

ANVA a un nivel de confianza del 95% (α=0.05)

Tabla 17

Análisis de Varianza para diámetro de tallo

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	8,909	3	2,970	1,211	3,098
Error	49,025	20	2,451		
Total	57,933	23			

Evaluación del p-valor (Probabilidad):

- El **P-valor es 0,3313**. Dado que este valor es mayor que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0{,}05$), se confirma matemáticamente que no existen diferencias estadísticas reales.

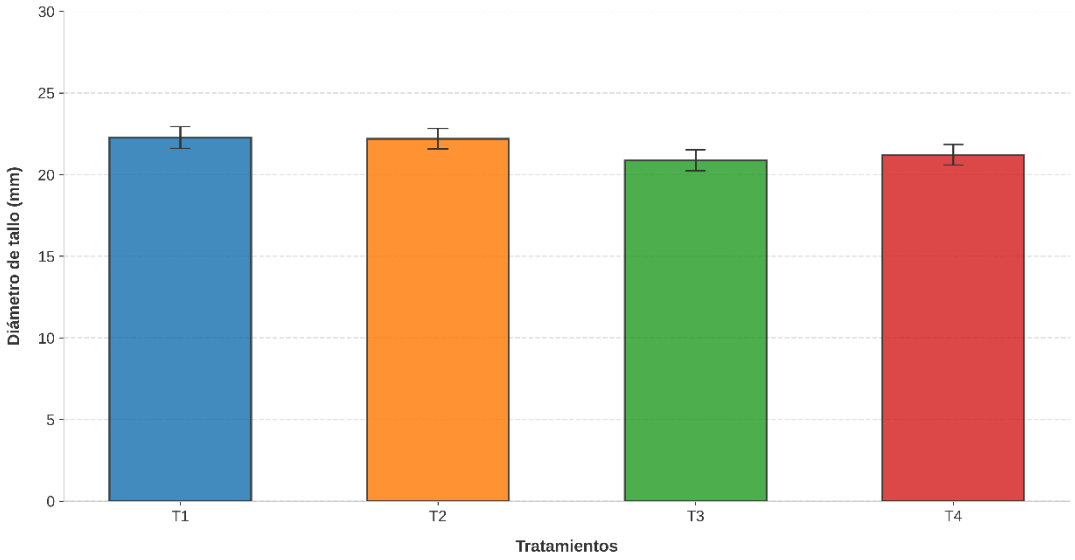
Prueba de Hipótesis y Conclusión

Conclusión Estadística:

Dado que la F calculada (1,211) es menor que la F tabulada (3,098), y además el p-valor (0,3313) es mayor que el nivel de significancia (0,05), se acepta la Hipótesis Nula (H_0).

Figura 5

Diámetro de tallo



Nota. No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos

Interpretación Agronómica para la Tesis

Con un nivel de confianza del 95%, no existe evidencia estadística suficiente para afirmar que los cuatro bioestimulantes evaluados tengan un efecto diferencial sobre el comportamiento agronómico en cuanto al diámetro del tallo del cultivo de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) en condiciones de maceta en Huanta.

Aunque numéricamente los tratamientos T1 (22,28 mm) y T2 (22,20 mm) presentan promedios ligeramente superiores a T3 (20,87 mm) y T4 (21,22 mm), la variabilidad dentro de cada grupo (desviaciones estándar muy similares, alrededor de 1,5 – 1,6 mm) hace que estas pequeñas diferencias no sean estadísticamente significativas.

4.1.2.2.4. Área foliar

Planteamiento de Hipótesis Estadísticas

Para atender al segundo objetivo específico ("Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate..."), se plantean las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis Nula (Ho):** No existen diferencias estadísticamente significativas entre los bioestimulantes sobre el área foliar de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.
- **Hipótesis Alternativa (Ha):** Al menos uno de los bioestimulantes influye de manera diferente, existiendo diferencias significativas en el área foliar de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.

Estadísticos Descriptivos

El análisis preliminar de las medias y la dispersión de los datos por tratamiento muestra lo siguiente:

T1: Media = 33,68 cm² | Desviación Estándar = 9,71 cm²

T2: Media = 38,89 cm² | Desviación Estándar = 13,68 cm²

T3: Media = 27,89 cm² | Desviación Estándar = 12,36 cm²

T4: Media = 42,09 cm² | Desviación Estándar = 19,27 cm²

ANVA a un nivel de confianza del 95% (α=0,05)

Tabla 18

Análisis de Varianza para área foliar de fresa

FV	SC	GL	CM	FC	FT
Tratamientos	696,5226	3	232,1742	115,25	3,098
Error	40,2898	20	2,0145		
Total	736,8124	23			

Conclusión Estadística:

Dado que la F calculada (115,25) es enormemente mayor que la F tabulada (3,098), y el p-valor es mucho menor que el nivel de significancia (0.05), se RECHAZA la Hipótesis Nula (H_0) y se acepta la Hipótesis Alterna.

Interpretación Agronómica para la Tesis

Con un nivel de confianza del 95%, existe evidencia estadística altamente significativa para afirmar que los bioestimulantes evaluados tienen un efecto diferencial sobre el comportamiento agronómico en cuanto al área foliar del cultivo de tomate "Cherry" en condiciones de maceta en Huanta. El Tratamiento 4 (T4) logró la mayor expansión foliar con un promedio de 42,09 cm², destacándose claramente sobre el resto.

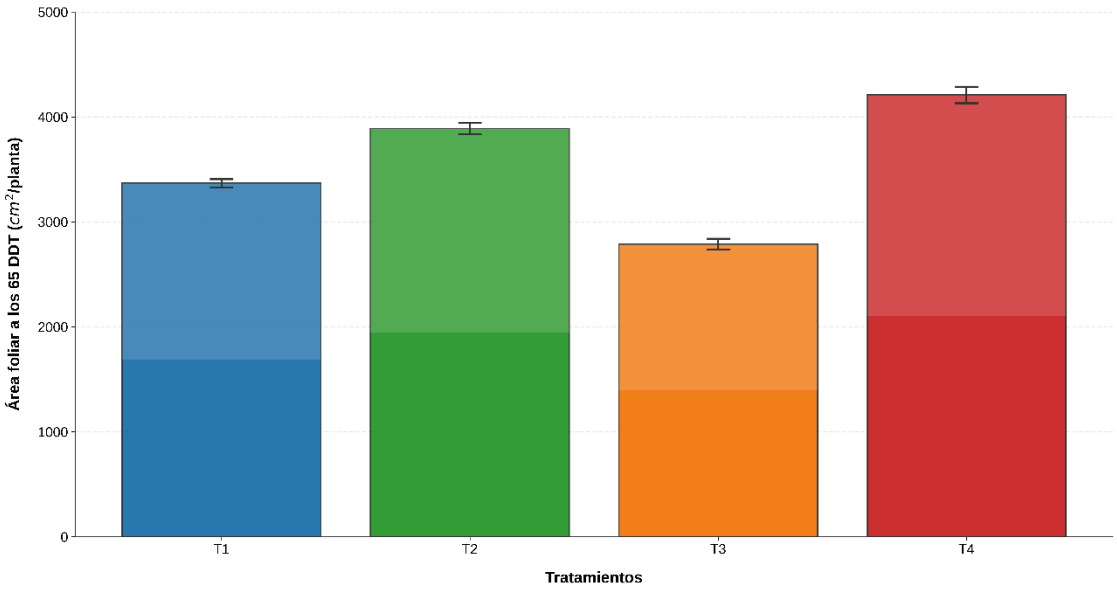
Le sigue el Tratamiento 2 (T2) con 3889,75 cm².

El Tratamiento 1 (T1) mostró un comportamiento intermedio con 3368,09 cm².

El Tratamiento 3 (T3) presentó el menor desarrollo foliar con 2789,09 cm².

Figura 6

Área foliar



Nota. Existen diferencias estadísticamente significativas entre los bioestimulantes sobre el área foliar de tomate

Recomendación Estadística Siguiente (Post-Hoc)

Dado que el ANOVA rechazó la hipótesis nula, es necesario realizar una prueba de comparaciones múltiples para determinar exactamente entre qué pares de tratamientos existen esas diferencias significativas. La prueba más idónea para este tipo de diseños experimentales es la Prueba de Tukey (HSD - Honest Significant Difference).

Prueba de Comparación de Medias (Tukey al 5%)

La prueba evalúa las 6 combinaciones posibles entre los 4 tratamientos. El criterio de rechazo es un p-valor ajustado (p-adj) < 0,05.

Tabla 19

Prueba de Tukey para las medias de peso de frutos de tomate Cherry

Comparación	Diferencia de Medias (cm^2)	p-valor ajustado	¿Rechaza H_0?
T4 vs T3	14,19	0,0000	Sí
T2 vs T3	11,00	0,0000	Sí
T4 vs T1	84,08	0,0000	Sí
T1 vs T3	57,89	0,0000	Sí
T1 vs T2	52,16	0,0000	Sí
T4 vs T2	31,92	0,0046	Sí

Medias ordenadas de mayor a menor desempeño:

T4: 42,09 cm^2

T2: 38,89 cm^2

T1: 33,68 cm^2

T3: 27,89 cm^2

Conclusión Estadística:

La prueba de Tukey revela que, cada bioestimulante generó una respuesta única y diferenciada en el área foliar. Existe una escalera de respuesta vegetativa muy definida, ya que el Tratamiento 4 (T4) fue el más efectivo para promover la expansión foliar, superando incluso al segundo mejor (T2) en aproximadamente 31,9 cm^2 por planta.

4.2. Discusión

4.2.1. Peso de frutos

El análisis de varianza para el peso individual de fruto no detectó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($Fc = 1,501 < Ft = 3,098$; $p = 0,2448$). Numéricamente, T1 registró la media más alta (6,86 ± 1,59 g) y T3 la más baja (5,46 ± 1,23 g), con una diferencia relativa del 25,6 %. La prueba de Tukey confirmó un único grupo homogéneo (“a”), lo que se explica por el elevado solapamiento de los intervalos de confianza derivado de la alta variabilidad intra-tratamiento.

Este resultado concuerda con varios estudios en los que los bioestimulantes no siempre incrementan de forma significativa el peso de fruto bajo condiciones no estresantes o de volumen de sustrato restringido. Quijia et al. (2024) observaron que productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos (Micromate, FulviPro) promovieron el crecimiento vegetativo de tomate ‘*Bush Beefsteak’*, pero no siempre se tradujeron en mayor peso de fruto cuando la fertilidad o el método de aplicación no fueron óptimos. De manera similar, Francesca et al. (2021) reportaron que un hidrolizado proteico mejoró el rendimiento solo bajo estrés hídrico; en condiciones de riego óptimo las diferencias fueron menores. En el presente ensayo, realizado en macetas, es probable que la limitación del volumen radicular haya enmascarado posibles efectos sobre el llenado de fruto, tal como se discute más adelante en el análisis de área foliar.

En contraste, trabajos con extractos de *Ascophyllum nodosum* (Ali et al., 2015; Ali et al., 2018; Hussain et al., 2021) y con extractos algales aplicados en campo o bajo estrés salino (Di Stasio et al., 2020) sí lograron aumentos significativos de rendimiento (49–70 %). La diferencia puede atribuirse a que dichos estudios se realizaron en suelo o con volúmenes de sustrato mayores, donde el sistema radical pudo expresar plenamente el potencial de los bioestimulantes; coincidiendo con Chrysargyris et al. (2020) quienes encontraron mayor rendimiento con aplicaciones repetidas de un formulado a base de aceites esenciales, pero acompañados de mayor incidencia de rajado de fruto, lo que indica que el efecto sobre calidad y cantidad no siempre es lineal.

Este resultado sugiere que, bajo las condiciones específicas de tu experimento (tipo de maceta, sustrato, clima de Huanta, dosis o frecuencia de aplicación), ninguno de los bioestimulantes probados logró superar significativamente al resto o a un posible testigo en cuanto al peso individual del fruto. Podrías discutir si factores como el número de repeticiones (n=6), la duración del ensayo o las condiciones ambientales pudieron haber

enmascarado un efecto real, ya que "Si bien el análisis de varianza no arrojó diferencias estadísticamente significativas (p=0,2448) para la variable peso del fruto, el análisis descriptivo de las medias revela una tendencia agronómica digna de mención. El Tratamiento 1 (T1) mostró la mayor magnitud de ganancia descriptiva, superando en 1,40 g (25,57%) al tratamiento de menor desempeño (T3). Sin embargo, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey agrupó a todos los tratamientos en un solo grupo homogéneo (Grupo 'a').

Este resultado se explica por un marcado solapamiento (*overlap*) en los intervalos de confianza de las medias, derivado de una alta variabilidad intra-tratamiento (ej. desviaciones estándar que oscilan entre 1,09 y 1,59 g). Esta dispersión de los datos, común en ensayos en maceta debido a la heterogeneidad microambiental o a la competencia radicular, redujo la potencia estadística del diseño, impidiendo que las diferencias numéricas observadas se consolidaran como diferencias estadísticamente probadas. Por lo tanto, aunque el T1 muestra un potencial descriptivo superior, no se puede afirmar con un 95% de confianza que el bioestimulante aplicado sea la causa exclusiva de dicha ganancia.

4.2.2. Número de frutos

En la presente investigación no se encontraron diferencias significativas en el número de frutos por planta (Fc = 0,455; p = 0,7167). T1 (74,67) y T4 (74,00) presentaron valores numéricamente superiores a T2 (64,83) y T3 (67,33). La elevada desviación estándar (hasta 22,55 frutos) y el coeficiente de variación moderado reflejan la alta heterogeneidad típica de ensayos en maceta.

La literatura muestra resultados variables. Ali et al. (2018) y Ali et al. (2015) reportaron aumentos significativos en el número de flores, racimos y frutos con extractos de *A. nodosum*. El Amerany et al. (2020) observaron mayor número de flores con aplicación foliar de quitosano en plantas micorrizadas. En cambio, bajo condiciones de estrés o de volumen limitado, el número de frutos suele ser menos sensible que el área foliar o la biomasa vegetativa (Francesca et al., 2021; Campobenedetto et al., 2021). En el presente trabajo, la ausencia de significancia

sugiere que los bioestimulantes evaluados no modificaron de forma consistente los procesos de floración y cuajado bajo las condiciones de maceta empleadas.

Este resultado indica que, bajo las condiciones del experimento, la aplicación de los distintos bioestimulantes no logró modificar de manera consistente la capacidad de cuajado o la producción de frutos por planta en comparación entre ellos. En la discusión, podrías mencionar que factores como la alta variabilidad biológica inherente al cultivo en maceta, las condiciones microclimáticas de Huanta durante el ensayo, o la posible interacción del sustrato con los bioestimulantes, pudieron haber enmascarado efectos específicos. También se podría sugerir que, para futuros estudios, se considere aumentar el número de repeticiones o evaluar variables complementarias (como peso total del rendimiento por planta o calidad de fruto) para tener una visión más integral del comportamiento agronómico.

4.2.3. Altura de planta y diámetro de tallo

Ni la altura de planta (p = 0,7000) ni el diámetro de tallo (p = 0,3313) mostraron diferencias significativas. Numéricamente, T2 alcanzó la mayor altura (70,50 cm) y T1 el mayor diámetro (22,28 mm). Estos resultados son consistentes con la alta variabilidad observada (desviaciones estándar de 7,56–10,60 cm en altura).

Diversos autores sí reportan incrementos de altura y biomasa aérea con bioestimulantes. Chrysargyris et al. (2020) obtuvieron un 19 % más de altura con una aplicación de un formulado a base de aceites esenciales; mientras que Ali et al. (2018) registraron aumentos de hasta 40 % en altura y 52 % en biomasa seca con extracto de *A. Nodosum*. El Amerany et al. (2020, 2022) documentaron mayor biomasa de tallo y número de hojas con quitosano foliar en consonancia con Quijia et al. (2024), quienes también observaron promoción del crecimiento con Micromate. La discrepancia con el presente estudio puede deberse a: (i) el uso de macetas, que restringe el desarrollo radical y, por tanto, la expresión del potencial de crecimiento; (ii) posibles diferencias en la dosis, frecuencia o momento de aplicación (Di Stasio et al., 2020; Francesca et al., 2021; Campobenedetto et al., 2021).

Este resultado indica que, bajo las condiciones del experimento, la aplicación de los distintos bioestimulantes no logró estimular o inhibir de manera consistente el crecimiento vegetativo en altura en comparación entre ellos.

El crecimiento en altura del tomate "Cherry" en maceta puede estar más limitado por el volumen del sustrato y la genética de la variedad que por la aplicación de estos bioestimulantes específicos, ya que es posible que el modo de acción de los bioestimulantes evaluados esté más orientado a procesos fisiológicos reproductivos (cuajado, llenado de fruto) o a la eficiencia radicular, más que a la elongación del tallo.

La alta variabilidad (ej. el valor atípico de 88 cm en T4 o 85 cm en T2 y T3) sugiere una fuerte respuesta individual de las plantas, lo cual es común en ensayos en maceta y refuerza la decisión de aceptar la hipótesis nula.

Este resultado indica que, bajo las condiciones del experimento, la aplicación de los distintos bioestimulantes no logró engrosar o modificar de manera consistente el diámetro del tallo en comparación entre ellos, posiblemente debido a que, el desarrollo del grosor del tallo en tomate "Cherry" en maceta puede estar más determinado por la genética de la variedad y la disponibilidad de espacio radicular que por la aplicación de estos bioestimulantes en las dosis o frecuencias evaluadas.

La homogeneidad de las desviaciones estándar entre todos los tratamientos sugiere que las plantas respondieron de manera muy similar en términos de variabilidad, reforzando la conclusión de que los tratamientos no generaron un efecto diferenciado.

4.2.4. Área foliar

El área foliar fue la única variable que presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($Fc = 115,25$; $p << 0,05$). La prueba de Tukey separó todos los tratamientos: T4 (42,09 cm^2) > T2 (38,89 cm^2) > T1 (33,68 cm^2) > T3 (27,89 cm^2). La diferencia entre T4 y T3 alcanzó el 50,9 %. Resultado plenamente coherente con la literatura. Los bioestimulantes —especialmente aquellos ricos en sustancias húmicas, extractos de algas o quitosano— suelen estimular de forma marcada la expansión foliar. Quijia et al. (2024) reportaron mayor crecimiento vegetativo con productos a base de ácidos húmicos/fúlvicos. El Amerany et al. (2022) observaron

incremento de biomasa aérea y área foliar con quitosano. Ali et al. (2018) y Hussain et al. (2021) documentaron aumentos de clorofila y biomasa foliar con extractos de Ascophyllum. Campobenedetto et al. (2021) demostraron que un bioestimulante a base de taninos modifica la arquitectura radical y mejora el crecimiento bajo salinidad, lo que indirectamente favorece el desarrollo aéreo.

La paradoja “fuente-demanda” (*source-sink*) observada en este ensayo es especialmente relevante para la discusión. A pesar de que T4 generó un 51 % más de área foliar que T3, no se tradujo en mayor peso ni número de frutos. Esta disociación se explica, al menos en parte, por las limitaciones del sistema de cultivo en maceta: el volumen restringido de sustrato limita el desarrollo del sistema radical, impidiendo que las raíces absorban el agua y los nutrientes (especialmente potasio y calcio) necesarios para sostener tanto el exceso de follaje como un mayor llenado de frutos. Campobenedetto et al. (2021) y Di Stasio et al. (2020) han señalado que, bajo estrés o volumen limitado, los bioestimulantes pueden priorizar el crecimiento vegetativo sobre el reproductivo si la demanda de asimilados no puede ser satisfecha. Quijia et al. (2024) también advierten que la eficacia de los bioestimulantes depende del método de aplicación, la dosis y las condiciones del sustrato.

Aunque las variables de rendimiento directo (peso y número de frutos) no mostraron diferencias estadísticas, el componente vegetativo (área foliar) sí fue fuertemente estimulado por tratamientos específicos (especialmente T4 y T2). n tu discusión, puedes argumentar que:

El bioestimulante aplicado en T4 posee una alta eficacia para promover la división y expansión celular en las hojas, lo que se traduce en una mayor superficie fotosintética potencial. Es importante discutir por qué una mayor área foliar (T4) no se tradujo necesariamente en un mayor peso o número de frutos estadísticamente significativo. Podrías plantear que, en condiciones de maceta, el sistema radicular pudo haber sido un factor limitante que impidió que la planta aprovechara ese extra de capacidad fotosintética para llenar más frutos, o que los recursos se destinaron principalmente al crecimiento vegetativo.

Este resultado valida parcialmente el segundo objetivo específico, demostrando que los bioestimulantes sí modifican el comportamiento agronómico, al menos en la variable de desarrollo vegetativo (área foliar).

La prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$) demostró que los cuatro bioestimulantes evaluados generaron respuestas estadísticamente únicas en el área foliar del tomate 'Cherry', sin superposición de medias entre ningún par de tratamientos. El Tratamiento 4 destacó significativamente como el mayor promotor del desarrollo vegetativo (42,09 cm^2), mientras que el Tratamiento 3 mostró el menor desempeño (27,89 cm^2). No obstante, al contrastar este resultado con las variables de rendimiento (peso y número de frutos), que no mostraron diferencias significativas, se evidencia una disociación entre el crecimiento vegetativo y el productivo. Esto sugiere que, en el sistema de cultivo en maceta evaluado en Huanta, el volumen del sustrato pudo haber actuado como un factor limitante (estrés radicular), impidiendo que la mayor capacidad fotosintética potencial generada por los bioestimulantes más eficaces (T4 y T2) se tradujera en una mayor asignación de fotoasimilados hacia los órganos reproductivos (frutos).

Esta disociación entre el desarrollo vegetativo (área foliar) y el rendimiento es un hallazgo de interés agronómico y metodológico. Coincide con reportes de que los bioestimulantes suelen expresar su máximo potencial cuando existe un estrés abiótico moderado (sequía, salinidad) o cuando el sistema radical no está limitado por el volumen del contenedor (Francesca et al., 2021; Di Stasio et al., 2020; Campobenedetto et al., 2021; Ali et al., 2015, 2018).

CONCLUSIONES

A la luz de los resultados se concluye que, bajo las condiciones de maceta evaluadas en Huanta, los cuatro bioestimulantes no generaron diferencias estadísticamente significativas en las variables de rendimiento (peso) y comportamiento agronómico (número de frutos, altura y diámetro de tallo), no obstante, las diferencias numéricas favorables a T1 y T4 en algunas de ellas. En cambio, sí produjeron una clara diferenciación en el área foliar, con una jerarquía T4 > T2 > T1 > T3. En maceta, la restricción radical parece haber actuado como factor limitante, impidiendo que el mayor "fuente" (área foliar) se tradujera en mayor "demanda" (frutos).

Los resultados consolidados muestran respuestas diferenciadas entre los cuatro tratamientos bioestimulantes. T1 presentó los mayores valores de peso de fruto, número de frutos por planta y diámetro de tallo; T2 destacó por la altura de planta, mientras que T4 alcanzó la mayor área foliar. En cambio, T3 registró los menores valores en cuatro de los cinco parámetros evaluados.

Desde una perspectiva agronómica, T1 y T4 merecen especial consideración por sus resultados descriptivos complementarios: el primero sobresalió en tres indicadores, mientras que el segundo combinó una elevada área foliar con una cantidad de frutos cercana a la de T1.

RECOMENDACIONES

Para futuros trabajos se recomienda: (i) evaluar los mismos bioestimulantes en condiciones de campo o con volúmenes de sustrato mayores; (ii) incluir mediciones de biomasa radical, conductancia estomática y contenido foliar de nutrientes; y (iii) probar interacciones con estrés hídrico o salino controlado, condiciones en las que la literatura muestra consistentemente respuestas más claras de los bioestimulantes.

Los bioestimulantes evaluados no modificaron de forma estadísticamente significativa el rendimiento del tomate cherry en maceta, sí alteraron de manera contundente el área foliar, lo que confirma su capacidad de influir sobre el crecimiento vegetativo y abre la posibilidad de optimizar su uso mediante ajustes en el sistema de cultivo y en las condiciones ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adame-García, J., Murillo-Cuevas, F. D., Cabrera-Mireles, H., Villegas-Narváez, J., Rivera-Meza, A. E., & Vásquez-Hernández, A. (2023). Efecto de bioestimulantes microbianos en frutos de chile morrón y jitomate producidos en macrotúnel. *Biotecnia*, *25*(1), 81–87. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i1.1772

Aguilar Paredes, G. M., & Blanco Villacorta, M. W. (2021). Evaluación de seis variedades de tomate (Solanum lycopersicum) en cultivo hidropónico con sustrato sólido en el municipio de El Alto. *Apthapi*, *7*(3), 2236–2241. https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/110

Ali, N., Farrell, A., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2016). The effect of Ascophyllum nodosum extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. *Journal of Applied Phycology*, *28*(2), 1353–1362. https://doi.org/10.1007/s10811-015-0608-3

Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2019). Biostimulatory activities of Ascophyllum nodosum extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLOS ONE*, *14*(5), 0216710. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216710

Armita, P., & Eggadi, R. (2026). Influence of biostimulants on growth and yield attributes of tomato (Solanum lycopersicum L.). *Plant Science Today*, *13*(sp1), 1–7. https://doi.org/10.14719/pst.10644

Baltazar, M., Correia, S., Guinan, K. J., Sujeeth, N., Bragança, R., & Gonçalves, B. (2021). Recent advances in the molecular effects of biostimulants in plants: An overview. *Biomolecules*, *11*(8), 1096. https://doi.org/10.3390/biom11081096

Barbecho Mejia, E. G. (2023). *Respuesta productiva del Solanum lycopersicum L. a la aplicación de diferentes dosis de bioestimulante y fertilizante químico en Los Ríos* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Centro de Información Agraria. https://acortar.link/CtIpfI

Berrospi Albornoz, N. Y., & Rodriguez Gómez, R. M. (2018). *Efecto de sustratos y soluciones nutritivas sobre el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto en variedades de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) bajo cobertor, Huancachupa-Huánuco* [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. https://hdl.handle.net/20.500.13080/3970. alicia.concytec.gob.pe

Bhupenchandra, I., Chongtham, S. K., Devi, E. L., R., R., Choudhary, A. K., Salam, M. D., Sahoo, M. R., Bhutia, T. L., Devi, S. H., Thounaojam, A. S., Behera, C., M. N., H., Kumar, A., Dasgupta, M., Devi, Y. P., Singh, D., Bhagowati, S., Devi, C. P., Singh, H. R., & Khaba, C. I. (2022). Role of biostimulants in mitigating the effects of climate change on crop performance. *Frontiers in Plant Science, 13,* 967665. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.967665

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil, 383*, 3–41. https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8.

Campobenedetto, C., Mannino, G., Beekwilder, J., Contartese, V., Karlova, R., & Bertea, C. M. (2021). The application of a biostimulant based on tannins affects root architecture and improves tolerance to salinity in tomato plants. *Scientific Reports*, *11*, 354. https://doi.org/10.1038/s41598-020-79770-5

Castillo-Ferrer, J., Fornaris-Sánchez, A. A., & Echavarría-Hurtado, J. (2022). Efecto de cuatro fertilizantes foliares sobre el rendimiento y calidad del tomate (Solanum lycopersicum L.). *Ciencia en su PC, 1*(2), 1–14. https://www.redalyc.org/journal/1813/181373019009/html/

Chang Castro, E. V. (2021). *Efecto de diferente dosis de fertirriego en el desarrollo y producción del cultivo de tomate en el cantón Balzar provincia del Guayas* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. Centro de Información Agraria. https://acortar.link/bDRoDo

Chrysargyris, A., Charalambous, S., Xylia, P., Litskas, V., Stavrinides, M., & Tzortzakis, N. (2020). Assessing the biostimulant effects of a novel plant-based formulation on tomato crop. *Sustainability*, *12*(20), 8432. https://doi.org/10.3390/su12208432

Délices, G., Leyva Ovalle, O. R., Mota-Vargas, C., Núñez Pastrana, R., Gámez Pastrana, R., Meza, P. A., & Serna-Lagunes, R. (2019). Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Solanaceae) en su centro de origen (sur de América) y de domesticación (México). *Revista de Biología Tropical, 67*(4), 1023–1036. https://doi.org/10.15517/rbt.v67i4.33754. archivo.revistas.ucr.ac.cr

Délices, G., Leyve, O., Mota, C., Núñez, R., Gámez, R., Meza, P. y Serna, R. (2019). Biogeografía del tomate *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme (Solanaceae) en su centro de origen (sur de América) y de domesticación (México). *Revista de Biología Tropical, 67*(4), 1023-1036. https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i4.33754

Di Stasio, E., Cirillo, V., Raimondi, G., Giordano, M., Esposito, M., & Maggio, A. (2020). Osmo-priming with seaweed extracts enhances yield of salt-stressed tomato plants. *Agronomy, 10*(10), 1559. https://doi.org/10.3390/agronomy10101559

El Amerany, F., Meddich, A., Wahbi, S., Porzel, A., Taourirte, M., Rhazi, M., & Hause, B. (2020). Foliar application of chitosan increases tomato growth and influences mycorrhization and expression of endochitinase-encoding genes. *International Journal of Molecular Sciences, 21*(2), 535. https://doi.org/10.3390/ijms21020535

El Amerany, F., Rhazi, M., Balcke, G., Wahbi, S., Meddich, A., Taourirte, M., & Hause, B. (2022). The effect of chitosan on plant physiology, wound response, and fruit quality of tomato. *Polymers, 14*(22), 5006. https://doi.org/10.3390/polym14225006

Espinosa-Antón, A. A., Hernández-Herrera, R. M., Velasco-Ramírez, S. F., Ramírez-Anguiano, A. C., & Salcedo-Pérez, E. (2025). Productivity and quality characteristics of tomato fruits (Solanum lycopersicum) are improved by the application of a green seaweed (Ulva ohnoi). *Agriculture, 15*(7), 750. https://doi.org/10.3390/agriculture15070750

Francesca, S., Cirillo, V., Raimondi, G., Maggio, A., Barone, A., & Rigano, M. M. (2021). A novel protein hydrolysate-based biostimulant improves tomato performances under drought stress. *Plants, 10*(4), 783. https://doi.org/10.3390/plants10040783

Gabriel-Ortega, J., Chonillo Pionce, P., Narváez Campana, W., Fuentes Figueroa, T., & Ayón Villao, F. (2022). Evaluación de cuatro bioestimulantes en la inducción de la resistencia sistémica en pepino (Cucumis sativus L.) y tomate (Solanum lycopersicum Mill.) en monocultivo y cultivo asociado en invernadero. *Journal of the Selva Andina Research Society, 13*(2), 69–79. https://doi.org/10.36610/j.jsars.2022.130200069

Galindo Flores, L. (2022). *Rendimiento de tomate (Solanum lycopersicum L.) en fitotoldo con dos técnicas de preparación de suelo y dos tipos de tutorado, distrito de Chuschi a 4100 msnm - Ayacucho* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Repositorio Institucional UNSCH. https://repositorio.unsch.edu.pe/items/413b10c5-4fd9-4e9d-b97b-818354900bc0

Gedeon, S., Ioannou, A., Balestrini, R., Fotopoulos, V., & Antoniou, C. (2022). Application of biostimulants in tomato plants (Solanum lycopersicum) to enhance plant growth and salt stress tolerance. *Plants, 11*(22), 3082. https://doi.org/10.3390/plants11223082

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill Education.

Hussain, H. I., Kasinadhuni, N., & Arioli, T. (2021). The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. *Journal of Applied Phycology, 33*(2), 1305–1314. https://doi.org/10.1007/s10811-021-02387-2

Jerez, E. I., Gómez-Salazar, A., López-Salvador, G., & González-Cañizares, P. J. (2023). Efecto de dos bioestimulantes en algunas variables del fruto de tomate (Solanum lycopersicum L) cultivar Pony Express. *Cultivos Tropicales, 44*(2), 04. https://acortar.link/ViYZjp

Khayatan, D., Nouri, K., Momtaz, S., Roufogalis, B. D., Alidadi, M., Jamialahmadi, T., Abdolghaffari, A. H., & Sahebkar, A. (2024). Plant-derived fermented products: An interesting concept for human health. *Current Developments in Nutrition, 8*(5), 102162. https://doi.org/10.1016/j.cdnut.2024.102162

Magallanes, M. A. (2022). *Evaluación productiva del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.) en dos sustratos sólidos bajo un sistema hidropónico NFT* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://acortar.link/lU0xwP

Mayén-Villa, R. I., Morales-Rosales, E. J., Morales-Morales, E. J., & López-Sandoval, J. A. (2023). Rendimiento de tomate (Solanum lycopersicum) en función de fosfito de potasio como fertilizante foliar. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 10*(2), 3543. https://doi.org/10.19136/era.a10n2.3543

Mollinedo Tarqui, E. V. (2025). *Efecto de tres bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.), cultivar Galilea, en el Centro Experimental Agricola III Los Pichones-Tacna* [Tesis de grado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. https://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/20.500.12510/5869

Mounaimi, S., Hamim, A., El Boukhari, M. E. M., Elarroussi, H., & Lyamlouli, K. (2024). A comprehensive review of integrating biostimulants and biopesticides for organic berry farming: Exploring challenges and opportunities for Africa. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 8,* 1452823. https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1452823

Peralta, I. E., Spooner, D. M., & Knapp, S. (2008). *Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (Solanum sect. Lycopersicoides, sect. Juglandifolia, sect. Lycopersicon; Solanaceae)* (Systematic Botany Monographs, Vol. 84). American Society of Plant Taxonomists. https://www.jstor.org/stable/25027972. jstor.org

Quijia, P, J., Chapin, L. J., Martins, E. M., & Jones, M. L. (2024). A biostimulant containing humic and fulvic acids promotes growth and health of tomato 'Bush Beefsteak' plants. *Horticulturae, 10*(7), 671. https://doi.org/10.3390/horticulturae10070671

Rojas, V, C. R. (2023). *Efectos de la aplicación de bioestimulantes en el rendimiento del cultivo de Solanum lycopersicum L. "tomate" bajo condiciones de Pativilca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/7737

Taiz, L., Møller, I. M., Murphy, A., & Zeiger, E. (2022). *Plant physiology and development* (7th ed.). Sinauer Associates.

Veliz Cahuas, G. J. (2021). *Efectos de estimulantes orgánicos en el rendimiento de Fragaria ananassa Duch. "fresa" variedad Chandler en el valle de Chancay* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio Institucional UNJFSC. https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6280

Zhang, X., Yin, J., Ma, Y., Peng, Y., Fenton, O., Wang, W., Zhang, W., & Chen, Q. (2024). Unlocking the potential of biostimulants derived from organic waste and by-product sources: Improving plant growth and tolerance to abiotic stresses in agriculture. *Environmental Technology & Innovation, 34*, 103571. https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103571

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TESIS: Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de maceta, en Huanta

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general ¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el cultivo de tomate "Cherry" (*Solanum lycopersicum* var? cerasiforme) en condiciones de maceta, en Huanta? **Problemas específicos** ¿Cuál es el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var? cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta? ¿Cuál es el efecto de los bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var? cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta?	**Objetivo General** Determinar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta. **Objetivos Específicos** Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento del cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta. Evaluar el efecto de cuatro bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta, en Huanta.	**Hipótesis general** La aplicación de cuatro bioestimulantes influye significativamente en el cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme) en condiciones de maceta en Huanta. **Hipótesis especificas** La aplicación de cuatro bioestimulantes influye significativamente en el rendimiento del cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta en Huanta. La aplicación de los cuatro bioestimulantes influye significativamente en el comportamiento agronómico del cultivo de tomate "cherry" (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme), en condiciones de maceta en Huanta.	Independiente **Bioestimulantes caseros elaborados con residuos agrícolas** ✓ Tipo ✓ Composición de origen ✓ Forma de aplicación ✓ Concentración / dilución ✓ Frecuencia de aplicación Dependiente **Tomate (*Solanum lycopersicum*)** ✓ Rendimiento (Peso) ✓ Comportamiento agronómico (Número de frutos por planta, altura de planta, diámetro de tallo, área foliar)	**Tipo de investigación:** Aplicada **Enfoque:** Cuantitativo **Nivel:** Experimental **Diseño:** Diseño completamente al azar 4 tratamientos de 6 repeticiones. **Población:** **co**nformado por 24 plantines de tomate "Cherry" **Muestra:** 24 plantines de tomate "Cherry" **Muestreo:** no probabilístico de tipo censal. **Técnicas:** Observación directa y medición experimental. **Instrumentos:** Balanza analítica – digital, Vernier digital

Anexo 2: Fichas de recolección de datos

PROYECTO: **Evaluación de cuatro bioestimulantes sobre el rendimiento y comportamiento agronómico del tomate (*Solanum lycopersicum*) en condiciones de maceta, en Huanta**

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - PESO DE FRUTO DE TOMATE

Fecha de evaluación:		**Ubicación:**	LURICOCHA
Parámetro de calidad:	*PESO DE FRUTO*	**Evaluador:**	Jhon Curo

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor (g)
T1	1	7.68
	2	9.34
	3	5.32
	4	7.23
	5	6.53
	6	5.05
Promedio		**6.86**

Tratamiento	Repetición	Valor (g)
T2	1	7.18
	2	7.37
	3	7.15
	4	6.87
	5	4.90
	6	5.21
Promedio		**6.45**

Tratamiento	Repetición	Valor (g)
T3	1	6.27
	2	6.25
	3	3.97
	4	6.10
	5	6.40
	6	3.78
Promedio		**5.46**

Tratamiento	Repetición	Valor (g)
T4	1	8.08
	2	3.65
	3	5.45
	4	5.62
	5	5.8
	6	4.79
Promedio		**5.57**

Observaciones:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

Fecha de evaluación:		**Ubicación:**	LURICOCHA
Parámetro de calidad:	*NÚMERO DE FRUTOS*	**Evaluador:**	Jhon Curo

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor
T1	1	90
	2	80
	3	87
	4	54
	5	55
	6	82
Promedio		**74.67**

Tratamiento	Repetición	Valor
T2	1	60
	2	54
	3	98
	4	49
	5	76
	6	52
Promedio		**64.83**

Tratamiento	Repetición	Valor
T3	1	38
	2	65
	3	96
	4	54
	5	59
	6	92
Promedio		**67.33**

Tratamiento	Repetición	Valor
T4	1	74
	2	81
	3	78
	4	74
	5	85
	6	52
Promedio		**74.00**

Observaciones:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - ALTURA DE PLANTA

Fecha de evaluación:		**Ubicación:**	LURICOCHA
Parámetro de calidad:	*ALTURA DE PLANTA*	**Evaluador:**	Jhon Curo

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor (cm)
T1	1	62
	2	59
	3	68
	4	69
	5	73
	6	80
Promedio		**68,50**

Tratamiento	Repetición	Valor (cm)
T2	1	63
	2	70
	3	67
	4	66
	5	72
	6	85
Promedio		**70,50**

Tratamiento	Repetición	Valor (cm)
T3	1	62
	2	58
	3	55
	4	65
	5	63
	6	85
Promedio		**64,67**

Tratamiento	Repetición	Valor (cm)
T4	1	64
	2	66
	3	88
	4	68
	5	60
	6	71
Promedio		**69,50**

Observaciones:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - DIÁMETRO DE TALLO

Fecha de evaluación:		**Ubicación:**	LURICOCHA
Parámetro de calidad:	*DIÁMETRO DE TALLO*	**Evaluador:**	Jhon Curo

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor (mm)
T1	1	22.99
	2	24.96
	3	20.12
	4	22.32
	5	21.97
	6	21.31
Promedio		**22,28**

Tratamiento	Repetición	Valor (mm)
T2	1	23.17
	2	23.78
	3	22.64
	4	23.02
	5	20.15
	6	20.43
Promedio		**22,20**

Tratamiento	Repetición	Valor (mm)
T3	1	22.22
	2	21.85
	3	18.78
	4	21.54
	5	21.87
	6	18.98
Promedio		**20,87**

Tratamiento	Repetición	Valor (mm)
T4	1	23.60
	2	18.90
	3	21.24
	4	21.73
	5	21.33
	6	20.51
Promedio		**21,22**

Observaciones:

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS – ÁREA FOLIAR

Fecha de evaluación:		**Ubicación:**	LURICOCHA
Parámetro de calidad:	*ÁREA FOLIAR*	**Evaluador:**	Jhon Curo

REGISTRO DE DATOS Y MEDICIONES

Tratamiento	Repetición	Valor (cm^2)
T1	1	33,8954
	2	33,0064
	3	34,1068
	4	35,3322
	5	32,8722
	6	32,8722
Promedio		**33.6809**

Tratamiento	Repetición	Valor (cm^2)
T2	1	41,0267
	2	39,7279
	3	37,7488
	4	39,3681
	5	37,7585
	6	37,7548
Promedio		**38.8975**

Tratamiento	Repetición	Valor (cm^2)
T3	1	29,2146
	2	26,4127
	3	26,6576
	4	28,1690
	5	27,5833
	6	29,3085
Promedio		**27.8909**

Tratamiento	Repetición	Valor (cm^2)
T4	1	41,2110
	2	40,3285
	3	45,3649
	4	42,4049
	5	42,9182
	6	40,3067
Promedio		**42.0890**

Observaciones:

Anexo 3: Análisis de suelo

Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 200

INACAL DA - Perú Laboratorio de Ensayo Acreditado Registro N° LE - 200

INFORME DE ENSAYO
LABSAF CANAAN
N° 010090-26 / SU / CA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Jhon Curo Cárdenas
Propietario / Productor	: Jhon Curo Cárdenas
Dirección del cliente	: Jr. Arica N° 428
Solicitado por	: Jhon Curo Cárdenas
Muestreado por (***)	: Cliente
Referencia del muestreo (***)	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Huanta-Huanta-Ayacucho
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-01-04
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-01-09
Lugar de ensayo	: LABSAF CANAAN
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-01-12 al 2026-01-20
Cotización del servicio	: 003-26-CA

Pro Suelos y Aguas LABSAF

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU001-CA-26	-	-	-	-	-
Matriz Analizada			Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-01-04	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			12:03	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			-	-	-	-	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH	unid. pH	0,1	7,9	-	-	-	-	-
Conductividad Eléctrica	mS/m	1,0	18,6	-	-	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,2	1,8	-	-	-	-	-
Textura								
Arena	%	-	39,33	-	-	-	-	-
Arcilla	%	-	28,81	-	-	-	-	-
Limo	%	-	31,86	-	-	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco Arcilloso	-	-	-	-	-

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Canaán
Dirección: Av. Abancay N° 299, Huamanga-Ayacucho-Ayacucho
Email: labsafcanaan@inia.gob.pe

Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF CANAAN
N° 010002-26NA / AB / CA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Jhon Curo Cárdenas
Propietario / Productor	: Jhon Curo Cárdenas
Dirección del cliente	: Jr. Arica N° 428
Solicitado por	: Jhon Curo Cárdenas
Muestreado por	: Cliente
Referencia del muestreo	: Reservado por el Cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Huanta-Huanta-Ayacucho
Fecha(s) de muestreo (***)	: 2026-01-04
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2026-01-05
Lugar de ensayo	: LABSAF CANAAN
Fecha(s) de análisis	: Del 2026-01-12 al 2026-01-16
Cotización del servicio	: 003-26-CA

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			AB003-CA-26	AB004-CA-26	AB005-CA-26	AB010-CA-26	-	-
Matriz Analizada			Abonos	Abonos	Abonos	Abonos	-	-
Fecha de Muestreo (***)			2026-01-04	2026-01-04	2026-01-04	2026-01-15	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			10:00	10:00	10:00	8:00	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			EXTRACTO AJO+CEBOLLA+AJI	EXTRACTO EUCALIPTO + ROMERO	EXTRACTO RUDA	Cola de Caballo y Ortiga	-	-
Ensayo	**Unidad**	**LC**	**Resultados**					
pH (*)	unid. pH	-	5.6	6.7	5.7	4.0	-	-
Conductividad Eléctrica (*)	dS/m	-	0.78	0.86	0.97	167.1	-	-
Nitrógeno Total (*)	%	-	0.05	0.01	0.01	0.02	-	-
Fósforo Total (*)	mg/L	-	155.00	41.50	34.13	100.00	-	-
Potasio (*)	mg/L	-	438.50	504.00	446.50	1276.50	-	-
Calcio (*)	mg/L	-	35.05	109.50	203.63	709.00	-	-
Magnesio (*)	mg/L	-	29.30	43.10	39.60	258.00	-	-

Anexo 4: Panel fotográfico



Acondicionamiento del área experimental





Trasplante de plantines





Acondicionamiento de macetas y siembra de plantines de tomate





Verificación del proceso de adaptación y desarrollo del tomate





Cuatro tratamientos bioestimulantes utilizados en el experimento



Cálculo del área foliar mediante medición directa de la hoja utilizando



Registro de variables agronómicas





Evaluación del comportamiento agronómico





Colocación de tutores





Instalación de tutores





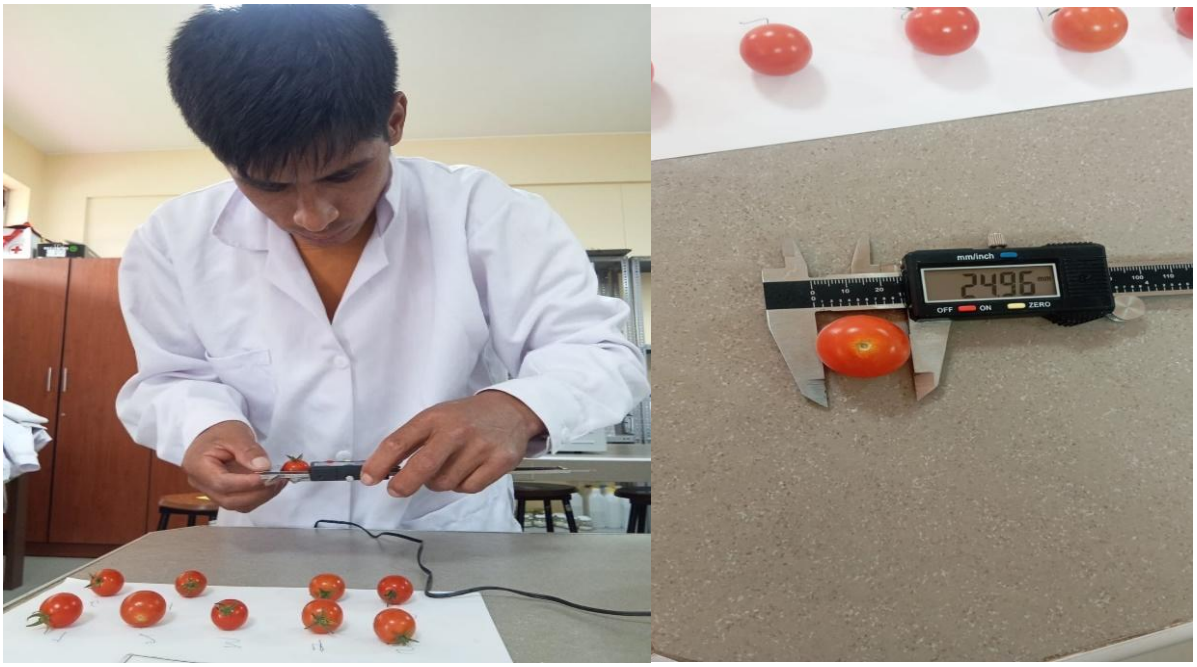
Determinación de la altura de planta



Cosecha de frutos



Cálculo del peso de frutos mediante el uso de una balanza digital



Cálculo del del diámetro v altura del fruto mediante el uso de un vernier