



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA, CUALITATIVA Y ECONÓMICA DEL
TOMATE CHERRY BAJO DOS CONDICIONES DE CULTIVO EN
MANGLARALTO, SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:
INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Jean Pierre Ajila Sánchez

LA LIBERTAD, AGOSTO DEL 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN PRODUCTIVA, CUALITATIVA Y ECONÓMICA
DEL TOMATE CHERRY BAJO DOS CONDICIONES DE
CULTIVO EN MANGLARALTO, SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:
INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Jean Pierre Ajila Sánchez

Tutor: Ing. Marlon Alexis Mena Montoya, Mgtr

LA LIBERTAD, AGOSTO DEL 2026

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Jean Pierre Ajila Sánchez** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 12/08/2026



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**VERONICA CRISTINA
ANDRADE YUCAILLA**

Ing. Verónica Andrade Yucailla PhD.

**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**DANIEL ANTONIO
PONCE DE LEÓN LIMA**

Ing. Daniel Ponce de León Lima,
Ph.D

**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



**Marlon Alexis Mena
Montoya**



Ing. Marlon Alexis Mena Montoya, Mgtr

**PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.

**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Ing. Washington Perero Vera, MSc.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO



RETARIO
Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON VIDAL
PERERO VERA**

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por haberme colocado en este maravilloso camino, aunque no haya sido fácil me dio grandes batallas que al final forjaron el hombre que soy.

A mi Universidad, en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias, por abrirme sus puertas y brindarme los mejores años de mi vida.

A mis docentes, por haber compartido sus conocimientos, experiencias, respeto y amistad, hoy por hoy me siento listo para abrir un nuevo capítulo de mi vida con esa semilla que sembraron en mí, soy su fruto, y les garantizo que una de sus mejores cosechas.

Al Ing. Marlon Alexis Mena Montoya, Mgtr, por la iniciativa y su tiempo invertido para hacer posible este trabajo, por inspirarme con sus conocimientos y su forma tan apasionada de amar lo que hace.

A mi familia y seres queridos, cuyo respaldo ha sido el motor fundamental a lo largo de mi formación académica y personal. Gracias por el cariño eterno, la paciencia y esa confianza ciega que depositaron en mí, la culminación de esta meta es un triunfo compartido que no habría sido posible sin su presencia. De manera importante, dedico este trabajo a mi abuela, Narcisa Sánchez, el ser más importante y trascendental de mi vida. Su guía constante y su preocupación diaria aseguraron mi bienestar en todo momento, demostrándome que con su apoyo incluso los desafíos más difíciles del camino podían transformarse en senderos más sencillos llenos de esperanza.

Un agradecimiento especial a Fernando Pozo y Jesús Pilay, quienes se convirtieron en un soporte técnico y humano indispensable. cuando inicias este camino tienes muchos amigos, pero con el paso del tiempo son muy pocos quienes se quedan a tu lado en los momentos más complicados, cuando el hongo afectó el primer cultivo y tocó empezar desde cero, su compromiso no flaqueó. Gracias por estar presentes en ambos procesos: desde labrar la tierra, delimitar y sembrar, hasta las largas jornadas de fumigación y toma de datos. Este logro es también el resultado de su esfuerzo compartido en el campo.

Finalmente, extendiendo mi sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, de una u otra manera, aportaron con su granito de arena a lo largo de todo el desarrollo del trabajo de campo. Su colaboración, disposición y apoyo en las diferentes etapas de la investigación fueron fundamentales para culminar con éxito este proyecto.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi corazón a:

A mi mamá, Tatiana Narcisa Ajila, por su amor incondicional, su apoyo inquebrantable y por ser mi mayor inspiración.

A mi abuela, Narcisa Sánchez, la persona más importante de mi existencia, por su cuidado eterno, y a su esposo, Fernando Arboleda, por ser su compañero incondicional, por llevarla y cuidarla en todo momento, convirtiéndose así en una pieza fundamental para nuestra tranquilidad.

A Sergio Alexis France por su apoyo y consejos brindados durante este trayecto y por haber sido una pieza importante en mi proceso académico.

A Jimmy Jaime Guamán Obando, por sus valiosos consejos, su constante motivación y por impulsarme siempre a ser mejor.

A mis hermanos Patric Josué Guamán Ajila, Gerald Moisés Guamán Ajila y Sergio Joaquín France Ajila, por su respaldo incondicional, su hermandad, por ser mi constante fuente de alegría y motivación.

A Jesael Méndez y Maicol Arreaga. Más que amigos, fueron los compañeros que vivieron conmigo el día a día de mis estudios, celebrando mis alegrías y dándome la mano en cada tropiezo. Su presencia me llenó de fuerzas para no rendirme y continuar; es un honor para mí haber compartido este camino con ustedes y siempre guardaré un profundo aprecio por su amistad incondicional.

Gracias por creer en mí y acompañarme hasta la meta.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue comparar dos sistemas de producción (hidroponía y suelo) en el cultivo de tomate cherry en el Centro de Apoyo Manglaralto, para evaluar cómo influyen en el crecimiento, la calidad y la rentabilidad. La investigación se realizó probando diferentes distancias de siembra entre plantas (50, 60, 70 y 80 centímetros) con una separación fija de 90 centímetros entre hileras. Durante el desarrollo del cultivo, se tomaron datos del crecimiento de las plantas, como la altura, el diámetro del tallo, el número de hojas, los días que tardaron en florecer y el tamaño de las raíces. También se evaluó la calidad del tomate midiendo el peso del fruto, cuántos tomates salían por racimo y los grados Brix para saber qué tan dulces estaban. Los resultados mostraron que las plantas cultivadas en el sistema hidropónico tuvieron un mejor desarrollo y crecimiento en comparación con las que se sembraron en el suelo tradicional. En cuanto a la calidad, se observó que a mayor distancia entre plantas los tomates ganaron más peso, alcanzando los mejores tamaños en las distancias más amplias. Además, los tomates del sistema hidropónico resultaron ser más uniformes al madurar y tuvieron una mayor cantidad de grados Brix. Se concluye que la hidroponía es una excelente opción tecnológica para producir tomate cherry en la zona de Santa Elena, ya que permite obtener plantas más fuertes, frutos de mejor calidad y una buena alternativa económica frente a la siembra convencional en suelo.

Palabras clave: Distancia de siembra, Dulzor del fruto, Cultivo sin suelo, Crecimiento vegetal, Tomate cherry.

ABSTRACT

The objective of this work was to compare two production systems (hydroponics and soil) in cherry tomato cultivation at the Manglaralto Support Center, to evaluate how they influence growth, quality, and profitability. The research was carried out testing different planting distances between plants (50, 60, 70, and 80 centimeters) with a fixed separation of 90 centimeters between rows. During crop development, plant growth data were taken, such as height, stem diameter, number of leaves, days to flowering, and root size. Fruit quality was also evaluated by measuring fruit weight, number of tomatoes per cluster, and Brix degrees to determine sweetness. The results showed that plants grown in the hydroponic system had better development and growth compared to those planted in traditional soil.

Regarding quality, it was observed that at greater distances between plants, the tomatoes gained more weight, reaching the best sizes at the widest distances. In addition, the tomatoes from the hydroponic system turned out to be more uniform when ripening and had a higher amount of Brix degrees. It is concluded that hydroponics is an excellent technological option for producing cherry tomatoes in the Santa Elena area, since it allows for stronger plants, better quality fruits, and a good economic alternative compared to conventional soil planting.

Keywords: Planting distance, Fruit sweetness, Soilless culture, Plant growth, Cherry tomato.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“EVALUACIÓN PRODUCTIVA, CUALITATIVA Y ECONÓMICA DEL TOMATE CHERRY BAJO DOS CONDICIONES DE CULTIVO EN MANGLARALTO, SANTA ELENA”** y elaborado por **Jean Pierre Ajila Sánchez**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

Firma del estudiante



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	2
Objetivos	3
Objetivo General:	3
Objetivos Específicos:	3
Hipótesis	3
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
1.1 Origen	4
1.2 El cultivo del tomate Cherry	4
1.3 Importancia económica del tomate Cherry	5
1.4 Variedades de tomate sembradas en el Ecuador	7
1.5 Clasificación taxonómica	7
1.6 Morfología de la planta	7
1.6.1 Sistema radicular	8
1.6.2 Tallo	8
1.6.3 Hojas	8
1.6.4 Flor	8
1.6.5 Frutos	8
1.6.6 Semilla	9
1.7 Condiciones Edafoclimáticas	9
1.7.1 Temperatura	9
1.7.2 Humedad	9
1.7.3 Luminosidad	10
1.7.4 Suelo	10
1.8 Plagas y enfermedades que pueden afectar la producción del cultivo	10
1.8.1 Plagas	10
1.8.2 Enfermedades	11
1.9 Manejo del cultivo	11
1.10 Tutorado	11
1.11 Poda	11
1.12 Sistemas de producción agropecuaria	12
1.13 Hidroponía	13
1.13.1 SRF (Sistema de Raíz Flotante)	13
1.13.2 Producción de cultivos hidropónicos	13
1.13.3 Descripción del sistema de riego	14
1.13.3.2 Sistema de riego en hidroponía	14
1.13.4 Características de la hidroponía	14
1.13.5 Beneficios de la hidroponía	15
1.13.6 Rendimiento:	15
1.13.7 Calidad:	15
1.13.8 Sistema en suelo	16

1.13.9	Diferencias entre cultivos hidropónico y cultivo en suelo	16
1.14	Antecedentes	17
	CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	18
2.1	Caracterización del área	18
2.2	Materiales, equipos y reactivos	19
2.2.1	Material vegetal e insumos agrícolas.	19
2.2.1.2	Sustratos y enmiendas:	19
2.2.1.3	Nutrición vegetal:	19
2.2.1.4	Protección fitosanitaria:	20
2.2.2	Material de campo para colecta de muestras	20
2.2.2.2	Materiales y equipos	20
2.2.3	Bioestimulantes y fertilizantes	21
2.3	Tipo de investigación	21
2.4	Diseño de investigación	22
2.4.1	Diseño experimental	22
A.	Ensayo en Invernadero (Sistema Hidropónico NFT):	22
B.	Ensayo a Campo Abierto (Sistema en Suelo):	22
2.4.2	Tratamientos	23
2.4.3	Especificaciones del experimento	24
2.5	Croquis y delimitación experimental	24
2.6	Manejo del experimento	26
2.6.1	Sitios de muestreo	26
2.6.2	Muestreo de suelos	26
2.6.3	Análisis químicos del suelo	26
2.6.4	Plan de fertilización	27
2.6.5	Aplicación de enmiendas	27
2.6.6	Manejo fitosanitario	28
2.6.6.2	Control de plagas	28
2.6.7	Frecuencia de riego	28
2.7	Parámetros evaluados	29
2.7.1	Parámetros morfológicos y de comportamiento agronómico:	29
2.7.1.2	Número de hojas:	29
2.7.1.3	Diámetro del tallo (mm):	29
2.7.1.4	Días a floración:	29
2.7.1.5	Longitud de raíz (cm):	29
2.8	Indicadores de comportamiento productivo y rendimiento	30
2.8.1	Número de frutos por tratamiento:	30
2.8.2	Peso de frutos (g):	30
2.8.3	Grados brix:	30
2.9	Análisis estadístico de los resultados	30
	CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
3.1	Efectos en los parámetros morfológicos	31
3.1.1	Altura de la planta (cm) en campo e invernadero.	31
3.1.2	Diámetro del tallo (mm) en campo e hidropónico.	33
3.1.3	Número de hojas en campo e hidropónico.	36

3.1.4	Días a floración en campo e hidropónico. -----	39
3.1.5	Longitud de raíz (cm)-----	40
3.2	Efectos en los parámetros productivos -----	41
3.2.1	Peso del fruto y rendimiento (g) en campo e hidropónico. -----	41
3.2.2	Grados brix en campo e hidropónico. -----	42
3.2.3	Costos en campo e hidropónico -----	45
3.2.4	Relación beneficio/costo -----	47
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	50
	Conclusiones -----	50
	Recomendaciones -----	51
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	52
	ANEXOS -----	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del tomate cherry	21
Tabla 2. Diferencias entre cultivos hidropónico y cultivo de suelo	30
Tabla 3. Condiciones meteorológicas del sitio experimental	33
Tabla 4. ANOVA invernadero	36
Tabla 5. ANOVA campo.....	37
Tabla 6. Detalle tratamiento en invernadero	37
Tabla 7. Detalle tratamiento en campo.....	37
Tabla 8. Altura de planta (cm) en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	45
Tabla 9. Altura de planta (cm) en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	46
Tabla 10. Diámetro del tallo (mm) en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto.....	47
Tabla 11. Diámetro del tallo (mm) en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	48
Tabla 12. Numero de hojas en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	50
Tabla 13. Numero de hojas en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	51
Tabla 14. Longitud de raíz en sistema de producción hidropónico de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	53
Tabla 15. Peso del fruto en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto.	54
Tabla 16. Peso del fruto en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	55
Tabla 17. Grados brix en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	56
Tabla 18. Grados brix en dos sistemas de producción de tomate Cherry (<i>Solanum lycopersicum</i> L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona experimental	32
Figura 2. Distribución de los tratamientos.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. ANOVA

Anexo 2. Imágenes de proyecto.

Anexo 3. Plan de fertilización.

Anexo 4. Análisis de suelo.

Anexo 1. 1. ANOVA altura de la planta en campo a los 15 días.

Anexo 1. 2. ANOVA altura de la planta en campo a los 22 días.

Anexo 1. 3. ANOVA altura de la planta en campo a los 29 días.

Anexo 1. 4. ANOVA altura de la planta en campo a los 36 días.

Anexo 1. 5. ANOVA altura de la planta en campo a los 43 días.

Anexo 1. 6. ANOVA altura de la planta en campo a los 50 días.

Anexo 1. 7. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 15 días.

Anexo 1. 8. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 29 días.

Anexo 1. 9. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 57 días.

Anexo 1. 10. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 43 días.

Anexo 1. 11. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 15 días.

Anexo 1. 12. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 22 días.

Anexo 1. 13. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 29 días

Anexo 1. 14. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 36 días.

Anexo 1. 15. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 43 días.

Anexo 1. 16. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 50 días.

Anexo 1. 17. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 15 días.

Anexo 1. 18. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 29 días.

Anexo 1. 19. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 43 días.

Anexo 1. 20. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 57 días.

Anexo 1. 21. ANOVA del número de hojas en campo a los 15 días.

Anexo 1. 22. ANOVA del número de hojas en campo a los 22 días.

Anexo 1. 23. ANOVA del número de hojas en campo a los 29 días.

Anexo 1. 24. ANOVA del número de hojas en campo a los 36 días.

Anexo 1. 25. ANOVA del número de hojas en campo a los 43 días.

Anexo 1. 26. ANOVA del número de hojas en campo a los 50 días.

Anexo 1. 27. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 15 días.

Anexo 1. 28. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 29 días.

Anexo 1. 29. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 43 días.

Anexo 1. 30. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 57 días.

Anexo 1. 31. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 15 días.

Anexo 1. 32. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 29 días.

Anexo 1. 33. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 43 días.

Anexo 1. 34. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 57 días.

Anexo 1. 35. ANOVA de grados brix en campo.

Anexo 1. 36. ANOVA de grados brix en hidropónico.

Anexo 1. 37. ANOVA Peso del fruto en campo.

Anexo 1. 38. ANOVA peso del fruto en hidropónico.

Anexo 2 1. Croquis de campo.

Anexo 2 2. Preparación del terreno.

Anexo 2 3. Arado y delimitación del terreno.

Anexo 2 4. Implementación del sistema hidropónico.

Anexo 2 5. Trasplante en campo.

Anexo 2 6. Trasplante en hidropónico.

Anexo 2 7. Instrumentos para medición de Ph y Ce.

Anexo 2 8. Presencia de floración en hidropónico.

Anexo 2 9. Presencia de producción en hidropónico.

Anexo 2 10. Presencia de producción en hidropónico.

Anexo 2 11. Presencia de producción en campo.

Anexo 2 12. Tutorado en campo.

Anexo 2 13. Formación y desarrollo de racimos con frutos verdes.

Anexo 2 14. Presencia de plagas en hidropónico.

Anexo 2 15. Primera cosecha en hidropónico.

Anexo 2 16. Toma de variables.

Anexo 2 17. Segunda cosecha en hidropónico.

Anexo 2 18. Primera cosecha en campo.

Anexo 2 19. Segunda cosecha en campo.

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L) es uno de los cultivos que se produce en varios países del mundo como Estados Unidos, España, India y China, es apetecido principalmente por su alto contenido de vitaminas, minerales y su gran prestigio en la alimentación (Zambrano *et al.*, 2023). En la actualidad se reconoce su valor, debido a su contenido de vitamina C. Además, posee propiedades terapéuticas como analgésico, anti-inflamatorio y antioxidante. Ante los escenarios de crecimiento poblacional y para asegurar una soberanía alimentaria, varios países han optado por implementar la hidroponía por las ventajas que proporciona. Según la Organización Mundial para la Agricultura (FAO, 2022), los principales países productores de tomate en todas las variedades son Estados Unidos con 10199.753 t, España con 3,651,940 t, India con 20,694,000 t y China con 68,241,811 t (FAO, 2022).

Según Bayer (2022), menciona que en el país se dedican cerca de 3 000 hectáreas al tomate, lo que se traduce en unas 62000 toneladas anuales. La mayor parte de esta producción se concentra en Imbabura, Carchi y los fértiles valles de Azuay. Según datos oficiales de la FAO, en el 2020 la producción de tomates frescos en el Ecuador fue de 38438.38 toneladas en un área cosechada de 2579 ha, mientras que para el año 2021 la producción logró crecer a 55277.2 toneladas consiguiendo una disminución de la superficie cosechada de 1650 ha (Zambrano *et al.*, 2023).

Al respecto, Santa Elena ha sido una de las provincias en donde se siembra esta hortaliza, con el uso de semilla importada, provocando la susceptibilidad de este cultivo a principales plagas que lo afectan, ocasionando perjuicios a los agricultores que ante el desconocimiento aplican indiscriminadamente productos químicos que afectan los recursos naturales y la salud de los consumidores (Tomalá, 2019). Una de las variedades que se producen en la provincia de Santa Elena es el tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), la misma que presenta deficiencias en cuanto a rendimiento, ya que las circunstancias de la zona, no son las mejores por falta de agua, por la presencia de plagas que atacan al cultivo y suelos que no suelen ser los más óptimos.

Sin embargo, una de las alternativas de solución podría ser la implementación de la hidroponía ya que representa una opción tecnológica viable y sostenible para mejorar la

producción de tomate cherry en la provincia. Este sistema prescinde del uso del suelo y permite un control preciso de los nutrientes, el riego y las condiciones ambientales, lo que se traduce en un incremento del rendimiento y de la calidad del fruto. Por lo que el objetivo de este estudio es evaluar la eficiencia agronómica, productiva y económica de dos sistemas de producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum L. var. cerasiforme*) en el Centro de Apoyo Manglaralto (Tomalá, 2019).

Problema Científico

En la provincia, los cultivos de tomate enfrentan limitaciones por disponibilidad de suelo agrícola, eficiencia en el uso del agua y control de condiciones ambientales. La seguridad alimentaria no solo implica cantidad de alimento, sino también calidad y sostenibilidad en su producción, por eso es fundamental investigar alternativas tecnológicas como los cultivos hidropónicos, así como analizar las prácticas tradicionales en suelo, evaluando el comportamiento técnico, productivo y económico de cada modalidad en la región.

El sistema hidropónico representa una alternativa para optimizar la producción, haciendo necesario determinar su respuesta específica y la del sistema en suelo de manera independiente, por lo cual surge la siguiente interrogante:

¿Cómo se manifiesta el crecimiento, el rendimiento, la calidad del fruto y la rentabilidad en la producción de tomate cherry bajo condiciones de cultivo hidropónico y en suelo en Manglaralto?

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Analizar la eficiencia agronómica, productiva y económica de dos sistemas de producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Objetivos Específicos:

1. Determinar el comportamiento agronómico y productivo del tomate cherry en sistemas hidropónico y en suelo
2. Caracterizar la calidad de los frutos de tomate cherry obtenidos en ambos sistemas de producción.
3. Estimar los costos de producción y la rentabilidad económica entre ambos sistemas.

Hipótesis

Ha= Al menos uno de los dos sistemas de producción de tomate Cherry presentará las mejores respuestas en el crecimiento, rendimiento, calidad del fruto y rentabilidad.

El tomate Cherry presentara respuestas

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Origen

En cuanto al origen del tomate cherry, se calcula que los primeros indicios del tomate cherry provienen del siglo XV, desarrollándose durante la época del Imperio azteca en lo que hoy es México. Incluso, diversas investigaciones apuntan a que los frutos llevados inicialmente hacia Europa tras la llegada a América habrían sido precisamente de este tipo, destacando los de tonalidad amarilla. Por otro lado, su nombre actual viene del inglés *cherry tomato*, término adoptado en Estados Unidos, país donde se difundió masivamente esta variante procedente de regiones sudamericanas. Se le dio esa denominación debido a la evidente semejanza física y al dulzor del fruto, que recuerda por completo a una cereza tanto en su presentación pequeña y redonda como en el sabor (Saumell, 2019).

Aunque el tomate es originario de América con raíces directas en el territorio que hoy ocupa México, la expansión y el consumo masivo del tomate cherry a nivel global despegaron realmente entre los años setenta y ochenta. En esas décadas, la investigación y los aportes tecnológicos impulsados por científicos de Israel fueron clave para masificar su cultivo y comercialización, sentando las bases del éxito mundial que esta variedad mantiene hasta hoy (Cucinare, 2019).

Según Cucinare (2019), el tomate Cherry es una variedad de *Solanum lycopersicum* que ha ganado una notable presencia en los mercados y cadenas de distribución durante los últimos años. Como resultado de su creciente demanda y disponibilidad, ha dejado de considerarse un producto exótico o poco común. El tomate Cherry es una de las especies hortícolas que más se genera en hidroponía, gracias a su alto potencial benéfico (el cual no es explotado del todo en campo), a su demanda nacional y mundial, así como a su elevado costo económico. Aunque es necesario destacar que la mayoría de la producción se centra bajo invernaderos (Gavilanez, 2022).

1.2 El cultivo del tomate Cherry

El tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) es una variedad hortícola originaria de la región mesoamericana que ha adquirido relevancia en los mercados globales de distribución (Cucinare, 2019). Esta hortaliza destaca por su adaptabilidad a sistemas de producción hidropónicos bajo condiciones de invernadero, donde se potencia su rendimiento

genético (Gavilánez, 2022). Su alta demanda comercial se fundamenta en su valor nutricional, sabor y propiedades antioxidantes (Zambrano et al., 2023).

El tomate cherry es reconocido por su delicioso sabor. Se trata de frutos pequeños y abundantes que se desarrollan a lo largo del tallo y las ramas de la planta. Su tamaño puede variar desde el de la punta del dedo pulgar hasta el de una pelota de golf, y su forma puede ir desde esférica hasta ligeramente achatada. La mayoría de las variedades de tomate cherry cultivadas a nivel comercial son de crecimiento indeterminado (Farinango, 2017).

No obstante, en zonas costeras como la provincia de Santa Elena, su producción en sistemas tradicionales se ve afectada por factores bióticos y abióticos (Tomalá, 2019). El empleo de semillas importadas y la escasez de agua provocan una alta susceptibilidad a plagas y deficiencias en el rendimiento del fruto (Tomalá, 2019). Por consiguiente, el análisis analítico de su morfología y fisiología resulta clave para diagnosticar su comportamiento en nuevos entornos de cultivo (Marín, 2018).

1.3 Importancia económica del tomate Cherry

El tomate es una de las especies hortícolas más importantes a nivel mundial debido a su amplia distribución geográfica y su alto valor económico. Además, es apreciado por sus propiedades alimenticias y antioxidantes. En el Ecuador, existen diversas variedades genéticas de tomate que se adaptan a las condiciones climáticas de las regiones tropicales, subtropicales y semisecas, lo que lo convierte en un cultivo muy importante para la economía local y la alimentación de la población (Cuenca, 2024).

El cultivo del tomate destaca entre las opciones hortícolas más importantes a escala global, realizándose de forma habitual en zonas tropicales y subtropicales de Ecuador. Pese a esto, la bibliografía científica actual carece de suficientes investigaciones sobre el impacto de la toxicidad por manganeso (Mn) en esta planta, lo que restringe la comprensión exacta de sus repercusiones en el desarrollo agrícola. A modo de referencia, tan solo en 2019 la producción nacional de este fruto en el país bordeó las 31 591 toneladas métricas, registrando un rendimiento medio estimado en 22 548 kg/ha (Anchundia, 2024).

A nivel nacional, las provincias que encabezan la producción de tomate son Guayas, Carchi y Loja, mientras que Manabí continúa cultivándolo a pesar de registrar rendimientos más bajos. Por otro lado, las cosechas bajo cubierta o invernadero se sitúan sobre todo en la Sierra y la Amazonía, sacándole provecho al control ambiental que estas zonas ofrecen. En

este escenario, es clave señalar que los suelos de dichas locaciones suelen presentar un pH de carácter ácido, un aspecto determinante para el desarrollo de esta hortaliza.

1.4 Variedades de tomate sembradas en el Ecuador

Según Hurtado (2018), el Ecuador es centro de origen de un gran número de especies, entre estas, las de tomate del género *Solanum* sección *Lycopersicum*. Las especies silvestres del tomate de mesa Presentes en Ecuador son:

- *Solanum pimpinellifolium* L.
- *Solanum habrochaites* S. Knapp & D. Spooner
- *Solanum Lycopersicum* var. *cerasiforme* Dunal
- *Solanum Cheesmanii* L.E. Riley
- *Solanum neorickii* D. Spooner, G. Anderson & R. Jansen.

1.5 Clasificación taxonómica

Según Marín (2018) la clasificación taxonómica del tomate Cherry es:

Tabla 1. Taxonomía del tomate cherry

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>lycopersicum</i>

1.6 Morfología de la planta

El tomate es una planta herbácea perenne que, en condiciones agrícolas, se cultiva generalmente como anual. Su hábito de crecimiento puede ser postrado, semierecto o erecto, presentando un desarrollo limitado en las variedades determinadas y un crecimiento continuo o indefinido en las variedades indeterminadas (Camacho, 2022).

1.6.1 Sistema radicular

Raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias, la planta que ha sido trasplantado genera un sistema radical más ramificado y superficial donde la mayor cantidad de este sistema se encuentra entre los 5 a 35 cm de profundidad. En el interior de la raíz se encuentra tres partes: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, córtex y cilindro vascular, donde se sitúa la xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (Marín, 2018).

1.6.2 Tallo

El tallo principal tiene 2 a 4 cm de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la 7 propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta (Lopez, 2019).

1.6.3 Hojas

López (2019), manifiesta que las hojas son compuestas imparipinadas con siete a nueve foliolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo.

1.6.4 Flor

La flor consta de cinco o más sépalos, igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos de forma helicoidal a intervalos de 135°, igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, y un ovario bi o plurilocular (Barrionuevo, 2020).

1.6.5 Frutos

Es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos dependiendo de la variedad de tomate, está constituido por el pericarpo, el tejido placentario y las semillas. El fruto esta unido a la planta por un peciolo con un engrosamiento articulado, cuando el fruto está en estado inmaduro es de color verde y cuando este maduro es rojo, existen cultivares de tomates con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde (Marín, 2018).

El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Cabanzo, 2021).

1.6.6 Semilla

El cultivo de tomate posee una semilla pequeña, con unas medidas aproximadamente de 5 x 4 x 2 mm, en donde la semilla se puede clasificar según su forma que puede ser globular, ovalada, achatada, casi redonda, ligeramente alongada, arriñonada, triangular con una punta, entonces se puede decir que la semilla de tomate está compuesta por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal (Lopez, 2019).

1.7 Condiciones Edafoclimáticas

El tomate es un cultivo muy exigente en condiciones de luminosidad, temperatura y humedad (suelo y ambiente), para lo que, si uno de estos es deficiente, su producción puede disminuir considerablemente (Sacancela, 2023).

1.7.1 Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo se sitúa entre los 20 y 30 °C durante el día y entre 1 y 17 °C durante la noche. Exposiciones a temperaturas superiores a los 30-35 °C pueden afectar negativamente la fructificación, debido a un deficiente desarrollo de los óvulos, así como comprometer el crecimiento general de la planta, especialmente el del sistema radicular. De igual manera, temperaturas por debajo de los 12-15 °C también pueden ocasionar alteraciones en el desarrollo fisiológico de la planta (Sacancela, 2023).

A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C, así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas (Guzmán, et al., 2018).

1.7.2 Humedad

Según Sacancela (2023), la humedad relativa óptima para el cultivo de tomate cherry se encuentra en un rango del 60 al 80%. Valores superiores a este intervalo pueden favorecer la aparición de enfermedades foliares, aumentar el riesgo de agrietamiento de los frutos y

dificultar la fecundación, debido a la compactación del polen, lo cual puede ocasionar aborto floral parcial.

1.7.3 Luminosidad

Niveles bajos de luminosidad pueden afectar de manera adversa procesos fisiológicos clave como la floración, la fecundación y el desarrollo vegetativo de la planta. Durante las fases críticas del ciclo vegetativo, la interacción entre la temperatura diurna y nocturna, junto con la disponibilidad de luz, se vuelve determinante para el correcto desarrollo del cultivo, La demanda lumínica del tomate se sitúa entre 8 y 16 horas diarias de exposición a la luz (Tomalá, 2019).

1.7.4 Suelo

Al igual que otros cultivos hortícolas, el tomate requiere suelos con buen drenaje y un alto contenido de materia orgánica, lo cual favorece el desarrollo radicular. Es recomendable que el perfil del suelo tenga una profundidad de entre 40 y 60 cm para permitir un adecuado crecimiento del sistema radical. Además, el pH del suelo debe mantenerse en un rango de 6.0 a 6.5, ya que en este intervalo se optimiza la disponibilidad de los nutrientes esenciales para la planta (Guzmán, et al., 2018).

1.8 Plagas y enfermedades que pueden afectar la producción del cultivo

El cultivo de tomate cherry es altamente susceptible a diversas plagas y enfermedades, las cuales pueden afectar significativamente su rendimiento y calidad. Por ello, es fundamental identificar y manejar oportunamente estos agentes para garantizar una producción eficiente y sostenible, por ello se presentan las siguientes plagas y enfermedades (Baos, 2021).

1.8.1 Plagas

- **Mosca Blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)**

Este insecto chupador debilita la planta al alimentarse de su savia en estado ninfal y adulto. Se localiza en ambas caras de las hojas para alimentarse y ovipositar, completando su ciclo biológico en unos 28 a 30 días (Coello, et al., 2020).

- **Tríps (*Franklinella occidentalis*)**

Este insecto de la familia Thripidae mide entre 1 y 1,7 mm, es alargado y tiene un aparato bucal raspador-chupador. En el cultivo de tomate se desarrolla entre los 9 y 12 °C, provocando daños visibles y actuando como vector de virus fitopatógenos (FAO, 2021).

- **Pulgones O Áfidos (*Aphis sp*)**

Ninfas y adultos chupan la savia e inyectan saliva tóxica, causando corrugado, marchitez, achaparramiento y caída de hojas. Además, excretan una mielecilla que ennegrece el follaje y actúan como vectores de virus (Espinoza, 2025).

- **Ácaro rojo o arañita roja (*Tetranychus urticae* Kosh)**

Este artrópodo polífago mundial tiene un ciclo rápido favorecido por el calor y la baja humedad. Extrae la savia desde el envés de las hojas, provocando daños iniciales que se manifiestan como punteos o manchas amarillentas en el haz (Coello, et al., 2020).

1.8.2 Enfermedades

- **Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)**

Este patógeno mundial afecta a las solanáceas en cualquier etapa, dañando follaje, tallos y frutos. Su desarrollo se ve favorecido por una humedad relativa mayor al 90 % y temperaturas entre los 10 °C y 25 °C (Sacancela, 2023, p. 43).

- **Tizón temprano (*Alternaria alternata*)**

Esta enfermedad causa lesiones deprimidas, elípticas y acuosas cubiertas por un micelio pulverulento gris oscuro en brotes y racimos. Se ve favorecida por condiciones de humedad superiores al 90 % y temperaturas entre 18 y 24 °C (Sacancela, 2023, p. 43).

1.9 Manejo del cultivo

1.10 Tutorado

Al alcanzar la planta una altura de 25-30 cm., se realiza el tutorado de los ejes, que permite el manejo del cultivo, ayuda para que la planta esté rígida, que los frutos no toquen el suelo y evitar contaminación (Ruilova, 2024).

1.11 Poda

Pilay (2025), manifiesta que permite quitar las partes vegetativas de la planta que ya cumplieron con su periodo productivo y vegetativo, además evita la propagación de plagas y enfermedades, controla el desarrollo, favorece la precocidad y se obtienen mejores

tamaños de los frutos en general, existen diferentes tipos de podas, se realiza cuando el tomate comienza a presentar un crecimiento indeterminado, y con la aparición de los primeros tallos laterales, mismas que se eliminan, al igual que las hojas más viejas, en tomates Cherry suelen dejarse tres y hasta cuatro tallos.

Saumell (2019), menciona la poda a un tallo o eje y de dos tallos, la primera elimina todos los brotes axilares del tallo principal, permite el crecimiento indefinido de la guía. La segunda al dejar crecer uno de los brotes axilares tras la primera inflorescencia se despunta el tallo principal y se utiliza los brotes secundarios. La poda de tallos o brotes elimina o desprender los brotes axilares de cada una de las hojas, con la finalidad de dejar un solo eje o máximo dos, permite la homogenización de la producción de la parte baja, a la parte alta de la planta, por otro lado, se realiza la poda de hojas conforme lo indica Nuez (2008), permite una mejor entrada de luz que beneficia a la planta en la maduración de frutos, se realiza cuando es muy denso el follaje y la luminosidad dentro del mismo es baja

1.12 Sistemas de producción agropecuaria

Los sistemas de producción agropecuaria en América Latina han transitado hacia modelos más diversificados, donde la integración de prácticas agroecológicas busca equilibrar productividad y conservación ambiental. la sostenibilidad de estos sistemas depende de la capacidad de los agricultores para incorporar tecnologías biológicas que reduzcan el impacto de los fertilizantes sintéticos. En Ecuador, la producción hortícola se ha intensificado en zonas de la Costa y Sierra, generando la necesidad de alternativas que optimicen el rendimiento sin incrementar los costos de producción (Ministerio de Agricultura, 2021).

La producción hortícola contemporánea enfrenta el desafío de abastecer una demanda poblacional creciente bajo escenarios de degradación edáfica y cambio climático global (Zambrano, et al., 2023). Partiendo de este escenario, las metodologías de producción agropecuaria se agrupan fundamentalmente de acuerdo con el tipo de sustrato utilizado y el grado de tecnificación aplicado para favorecer el crecimiento de las raíces. (Gavilanez, 2022). La optimización de estos sistemas busca garantizar la soberanía alimentaria mediante alternativas sostenibles y eficientes.

En las regiones semiáridas, la agricultura convencional en suelo experimenta severas limitaciones debido a la baja disponibilidad hídrica y la pérdida de fertilidad natural

(Tomalá, 2019). Como contrapropuesta tecnológica, los sistemas de cultivo sin suelo, particularmente la hidroponía, emergen como herramientas de alta precisión (Molina & Mora, 2021). Estos permiten un control estricto de la nutrición vegetal, suprimen la competencia por arvenses y mitigan el estrés hídrico en la rizosfera (Molina & Mora, 2021).

1.13 Hidroponía

La hidroponía es un conjunto de técnicas que permiten el cultivo de plantas sin la necesidad de suelo. Esta práctica se puede llevar a cabo en diversas estructuras, ya sean simples o complejas, y brinda la oportunidad de producir plantas herbáceas en lugares como azoteas, suelos infértiles, terrenos difíciles o invernaderos con y sin control climático. Estas técnicas se basan en el uso de sustratos, que son medios que sostienen a la planta, o en sistemas que suministran soluciones de nutrientes de forma estática o circulante.

1.13.1 SRF (Sistema de Raíz Flotante)

El Sistema de Raíz Flotante (SRF) es una técnica de cultivo hidropónico que se basa en el cultivo de plantas en agua con una solución nutritiva, utilizando materiales como plumavit u otros similares, prescindiendo del uso de sustratos. La solución nutritiva es una mezcla de sales minerales solubles que proporciona de manera equilibrada todos los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

1.13.2 Producción de cultivos hidropónicos

Los invernaderos para el cultivo de tomate Cherry varían en tamaño, generalmente se utiliza un invernadero de 9 m de ancho y 40 m de largo, se estima que el rendimiento promedio puede llegar a los 5 kg por metro, el cual aumenta o disminuye con los diferentes tiempos de cultivo al año. La gestión correspondiente que se les proporciona en cuanto a fertilización, poda, etc (Baos, 2021).

En cuanto al riego, este se realiza a diario, sin embargo, en días muy calurosos (temperaturas superiores a los 35°C) se recomienda regar dos veces al día. La cantidad de agua aplicada debe ser la necesaria para mojar completamente el sustrato, evitar el exceso de agua al aplicar fertilizantes y enraizantes, ya que escurrirá y no será aprovechada por la planta (Montiel, 2023).

1.13.3 Descripción del sistema de riego

1.13.3.1 Sistema de riego en suelo

El riego adecuado permite compensar la extracción de agua y nutrimentos, controla la acumulación de sales y mantiene un nivel adecuado de oxígeno en la rizosfera, el riego permite manipular con cierto grado el crecimiento y desarrollo del cultivo (Tomalá, 2019).

Según Gavilánez (2022), el riego debe ser monitoreado de manera continua para permitir ajustes oportunos según las condiciones ambientales, particularmente la temperatura y la humedad relativa. En escenarios de altas temperaturas, la demanda hídrica del cultivo se incrementa, lo que requiere una mayor frecuencia o volumen de riego en comparación con días nublados o lluviosos, donde la evapotranspiración es considerablemente menor.

1.13.3.2 Sistema de riego en hidroponía

Rodríguez & Rodríguez (2010), indican que el riego en el sistema hidropónico está íntimamente asociado al suministro de nutrientes a las plantas, es decir, se riega con solución nutritiva. En un “sistema cerrado” la solución nutritiva que se aplica se recicla cambiándose o restituyéndose periódicamente. Este sistema reduce los problemas de contaminación ambiental y propicia el máximo aprovechamiento de agua y minerales, debido a los requerimientos especiales del riego y de la fertilización hidropónicos, las explotaciones se proveen de equipos que hacen posible el riego automático de alta frecuencia. Asimismo, el ajuste de la solución nutritiva se efectúa de modo automático a través de valores prefijados del pH y CE y de la inyección de soluciones madres concentradas en proporciones adecuadas en el agua. Es necesario avanzar en el manejo de las soluciones nutritivas para conseguir un mayor aprovechamiento del agua y de los minerales. Por un lado, esto se puede hacer a través de sistemas que perfeccionen la dosificación del agua y los abonos, en función de la demanda climática, pero, sobre todo, también de acuerdo con las necesidades reales del cultivo.

1.13.4 Características de la hidroponía

La hidroponía, al constituir un sistema de cultivo más tecnificado en comparación con los métodos tradicionales basados en suelo, proporciona múltiples ventajas en el desarrollo de los cultivos. Entre sus principales beneficios se destacan el control preciso de la nutrición vegetal, la ausencia de competencia por malezas, la eliminación del estrés hídrico gracias a la disponibilidad constante de agua, y la posibilidad de establecer una

mayor densidad de siembra, lo que optimiza el aprovechamiento del espacio (Molina & Mora, 2021).

1.13.5 Beneficios de la hidroponía

Magallanes (2022), manifiesta que los huertos hidropónicos, han sido usados en muchos países de América Latina, como Chile, Colombia, Costa Rica y recientemente en Nicaragua, en sectores muy pobres en los que existen altos niveles de desempleo y subempleo, bajo nivel de escolaridad y falta de servicios básicos. Estos huertos hidropónicos han sido implementados, en su mayoría, por amas de casa, aunque también han participado sectores agrícolas a baja escala y de agricultura urbana, con los huertos hidropónicos se ha llegado a producir hortalizas sanas y frescas que complementan y mejoran su alimentación y hasta han llegado a producir un ingreso económico, que, aunque es pequeño también es constante, ya que se obtiene de la venta del excedente producido.

1.13.6 Rendimiento:

- Incremento de Biomasa Frutal: Los tratamientos con circulación constante y niveles óptimos de oxígeno aumentan el peso promedio del fruto individual en un rango estimado de entre el 15% y el 25% en comparación con sistemas hidropónicos estáticos (Emiliano, 2024).
- Productividad por Planta: Se registra una mayor tasa de fructificación amarrada y un engrosamiento del diámetro del tallo lo que sostiene una mayor carga comercial sin quiebre fisiológico.
- Precocidad en Rendimiento: El uso de soluciones minerales optimizadas acelera la velocidad de desarrollo foliar y radicular, logrando que el rendimiento total acumulado por metro cuadrado se establezca en menor tiempo cronológico que en suelo (Emiliano, 2024).

1.13.7 Calidad:

- Homogeneidad Lumínica y de Tamaño: Al estandarizar la conductividad eléctrica (CE), el 90% de la cosecha se clasifica dentro de las categorías comerciales más altas (calidades superiores como *US Fancy* o *Primera*), reduciendo drásticamente el fruto de descarte o deforme.

- Reducción de Fisiopatías: El suministro continuo de la solución ayuda a evitar carencias de calcio provocadas por la falta de agua, reduciendo de esta manera la aparición de la pudrición apical o *Blossom End Rot* casi hasta anularla por completo.
- Propiedades Organolépticas: Regular la presión osmótica en las raíces a través de un manejo preciso de las sales ayuda a elevar la cantidad de sólidos solubles totales (medidos en grados Brix) y a volver más firme el pericarpio del fruto, lo que a su vez alarga su vida útil en el anaquel (Cari & Garrido, 2020).

1.13.8 Sistema en suelo

El tomate es capaz de crecer en diferentes tipos de suelo, pero se sugiere preferentemente aquellos de textura franco-arcillosa con estructura granular y una profundidad que exceda los 80 cm. Para el cultivo óptimo del tomate, se aconseja mantener un rango de pH del suelo entre 5.5 y 6.5, así como una conductividad eléctrica en el rango de 0.75 a 2.0 mmho/cm³ (Balcazar, 2024).

Niveles de pH menores de 5.5 pueden afectar la disponibilidad de algunos nutrimentos tales como el calcio, el fósforo, el magnesio y el molibdeno, el cultivo del tomate en invernadero tolera con mayor porcentaje las condiciones de pH (Eduardo, 2022).

1.13.9 Diferencias entre cultivos hidropónico y cultivo en suelo

Según Cestoni *et al.* (2019), la implementación de ambos sistemas de cultivo presenta diferencias sustanciales, las cuales se detallan a continuación:

Tabla 2. Diferencias entre cultivos hidropónico y cultivo de suelo.

Cultivo hidropónico	Cultivo en suelo
Cultivo sin tierra.	Cultivo con tierra como sostén.
Se sostiene con perlita y/o arena.	No necesita que el hombre nutra a la planta.
Necesita la ayuda del hombre para alimentarse: su riego es con sales minerales y agua.	Ocupa más espacio y dedicación los minerales que están en la tierra se ocupan de eso, por lo cual solo debe agregarse agua.
No ocupa mucho espacio ni tiempo.	Ocupa más espacio y dedicación.
No produce tanto desgaste físico en las personas.	Necesita un lugar y un clima específico.

1.14 Antecedentes

Según Gaviláñez (2022), determinó que no existen diferencias significativas en el rendimiento del tomate Cherry entre sistemas hidropónicos abiertos y cerrados, siempre que se gestione bien la solución nutritiva. Este tipo de producción es altamente adaptable, incluso para personas sin experiencia, posicionándose como una alternativa viable ante la escasez alimentaria. El estudio también destaca que el deterioro del suelo provocado por la agricultura tradicional refuerza la necesidad de adoptar estas técnicas sostenibles. De este modo, la hidroponía surge como una solución eficiente para optimizar recursos y mantener la productividad del cultivo.

Rodríguez *et al.* (2018), señalan que la escasez mundial de agua exige técnicas agrícolas eficientes, destacando que los sistemas hidropónicos cerrados permiten reutilizar la solución nutritiva. En un estudio de la Universidad Autónoma de Zacatecas, evaluaron diferentes porcentajes de drenaje en el cultivo de tomate. Los resultados concluyeron que un drenaje del 40% optimiza el rendimiento del cultivo, mientras que uno del 25% mejora la concentración de azúcares y sales. Estos hallazgos demuestran la viabilidad de manejar técnicamente el riego para equilibrar la calidad y la productividad.

Montiel (2023), evaluó el límite crítico de toxicidad por Manganeseo y su efecto agronómico en el cultivo de tomate. Este elemento metálico suele causar inconvenientes recurrentes en terrenos ácidos ecuatorianos, un problema que se agrava al emplear abonos nitrogenados en exceso. Con el fin de diagnosticar con exactitud este tipo de fitotoxicidad, en el estudio se recurrió a cultivos hidropónicos provistos de soluciones nutritivas de flujo continuo. Dicho enfoque metodológico facilitó separar los factores propios del suelo y mantener bajo un control riguroso tanto el pH como la conductividad y los aportes nutricionales directos en la zona radicular.

Pilay (2025), evaluó el impacto de cuatro modalidades de poda en el rendimiento del cultivo de tomate en Jipijapa. La investigación fue un experimento de campo que aplicó un diseño de Bloques Completamente Aleatorios con el cultivar 'Pietro'. Se evaluaron la poda a uno (T1), dos (T2), tres (T3) y cuatro ejes (T4) a través de variables morfoagronómicas, componentes de rendimiento y análisis económico. No se hallaron diferencias significativas en la altura ni diámetro del tallo, pero sí en las variables reproductivas. Finalmente, la poda a dos ejes (T2) demostró la mejor respuesta agronómica global, logrando un peso promedio de 858.40 g por planta y un perímetro de fruto de 20.78 cm.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Centro de Apoyo Manglaralto, perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). El sitio experimental se localizó en la comuna Manglaralto, parroquia Manglaralto, cantón y provincia de Santa Elena, Ecuador. Geográficamente el área se sitúa en las coordenadas aproximadas de 1°50'40" de latitud Sur y 80°44'30" de longitud Oeste.



Figura 1. Zona experimental

La zona de estudio se caracterizó por registrar un clima semiárido a tropical megatérmico seco, influenciado directamente por la corriente fría de Humboldt. Durante el desarrollo del ensayo, la temperatura media anual osciló entre los 23 °C y 29 °C, con una precipitación media anual que varió entre los 250 mm y 550 mm, concentrada principalmente en el primer trimestre del año. Durante el ensayo, la humedad relativa media se conservó en un nivel cercano al 75%.

En cuanto a la topografía del terreno seleccionado, esta mostró una superficie mayoritariamente plana o con leves ondulaciones que no superaban el 2% de pendiente. Por su parte, los terrenos de la zona, formados por depósitos aluviales, exhibieron una textura que oscilaba entre franco-arenosa y franca, además de un drenaje natural fluido, una escasa capacidad para retener agua, porcentajes de materia orgánica de reducidos a medios y un pH con un comportamiento neutro a levemente alcalino, variando entre 7.0 y 7.8.

El desarrollo de la fase de campo, que comprendió desde la adecuación de los sistemas (hidroponía y suelo), la siembra en semilleros, el trasplante, el manejo agronómico,

hasta la cosecha final del cultivo de tomate cherry, se ejecutó durante un periodo continuo de cuatro meses (120 días).

La zona presenta las siguientes condiciones meteorológicas descritas en la tabla 3:

Tabla 3. Condiciones meteorológicas del sitio experimental.

Parámetro	Valor promedio
Temperatura (°C)	27
Humedad relativa (%)	75
Precipitación (mm/año)	300 – 600
Altitud (msnm)	20

2.2 Materiales, equipos y reactivos

Para el establecimiento, manejo y monitoreo analítico del experimento, se clasificaron y emplearon los siguientes recursos:

2.2.1 Material vegetal e insumos agrícolas.

2.2.1.1 Material biológico:

Se utilizaron semillas certificadas de tomate cherry (*Solanum lycopersicum L. var. cerasiforme*), obtenidas mediante la empresa “La Planta ec” seleccionadas por su alta pureza, uniformidad y adaptabilidad a las condiciones de la zona costera. La población total del ensayo estuvo conformada por 20 plantas instaladas en el sistema hidropónico y 560 plantas instaladas en el sistema en suelo.

2.2.1.2 Sustratos y enmiendas:

Para el sistema hidropónico se empleó el uso de esponjas y vasos hidropónicos, para el sistema tradicional en suelo, se incorporó compost maduro y materia orgánica descompuesta para la preparación física de las camas de cultivo.

2.2.1.3 Nutrición vegetal:

Con el propósito de asegurar una provisión equilibrada de macro y micronutrientes dentro del esquema hidropónico, se utilizaron formulaciones líquidas comerciales concentradas comercializadas por la firma "AQUANT Hidroponía". Estos insumos se midieron y disolvieron estrictamente en agua según las exigencias fenológicas de la planta, con el fin de conservar valores adecuados de conductividad eléctrica y pH en todo el entorno de las raíces.

2.2.1.4 Protección fitosanitaria:

Se dispuso de productos insecticidas y fungicidas de etiqueta verde (bajo impacto ambiental y de origen botánico o biológico) para la ejecución del Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE).

2.2.2 Material de campo para colecta de muestras

2.2.2.1 Material de campo para colecta de muestras e instrumentación in situ

Para la recolección, rotulado y transporte de los frutos de tomate cherry recopilados durante la cosecha, se emplearon tijeras de podar de acero inoxidable, bolsas de polietileno con cierre hermético y etiquetas plásticas de identificación. Como parte del equipo de campo destinado a vigilar de forma directa la química tanto del agua de riego como del drenaje en la zona radicular, se emplearon instrumentos digitales portátiles en formato tipo pluma dotados de compensación automática de temperatura (ATC). Esto incluyó un potenciómetro para el pH con un margen de 0.00 a 14.00 junto con un medidor enfocado en la conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos. Las mediciones de cada día se llevaron a cabo directamente en el lugar mediante vasos de precipitación plásticos de 50 mL y 100 mL, sirviendo para recolectar porciones de las mezclas nutritivas y asegurar así la correcta calibración de los equipos.

2.2.2.2 Materiales y equipos

- Medidor de pH y cE
- Soluciones nutritivas de macronutrientes y micronutrientes
- Balanza digital
- Refractómetro
- Calibrador vernier
- Flexómetro
- Cintas de peligro
- Alambre galvanizado
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Tubos PVC
- Bomba periférica

2.2.3 Bioestimulantes y fertilizantes

- Abono completo (12-11-18)
- Abono completo (15-0-0)
- Ácido fosfórico
- Ácidos húmicos
- Extracto de algas

2.3 Tipo de investigación

La presente investigación se adscribe a un enfoque cuantitativo de carácter experimental, comparativo y aplicado.

Es experimental porque implica la manipulación intencional de variables independientes (el sistema de cultivo y la densidad de siembra) para analizar su efecto causa-reacción sobre las variables dependientes ligadas al desarrollo morfológico, rendimiento y calidad organoléptica del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*). Al respecto, Sampieri (2018), manifiesta que los estudios experimentales son aquellos en los que se introducen estímulos o tratamientos específicos de forma deliberada para observar sus consecuencias bajo un control estricto del investigador.

Asimismo, posee un diseño comparativo, toda vez que su propósito medular radica en contrastar la eficiencia agronómica y la rentabilidad financiera entre dos entornos rizosféricos radicalmente opuestos: un sistema hidropónico cerrado (NFT) bajo ambiente controlado y un sistema convencional en suelo a campo abierto. De acuerdo con Hurtado (2015), la investigación comparativa busca determinar las diferencias o semejanzas existentes entre dos o más grupos o fenómenos en relación con una serie de variables comunes.

Finalmente, es de naturaleza aplicada, dado que se orienta a la generación de soluciones técnico-agrícolas viables y transferibles para los productores hortícolas de la parroquia Manglaralto, provincia de Santa Elena, optimizando el uso de recursos críticos como el agua y el espacio.

2.4 Diseño de investigación

2.4.1 Diseño experimental

El entramado metodológico del experimento se dividió en dos fases paralelas y complementarias para aislar correctamente el error experimental y las variables exógenas asociadas a cada entorno productivo:

A. Ensayo en Invernadero (Sistema Hidropónico NFT):

Para la evaluación del cultivo bajo estructura protegida con malla antiáfidos, se empleó un **Diseño Completamente al Azar (DCA)** constituido por cuatro tratamientos de densidad y cinco repeticiones. El modelo matemático lineal que regirá este ensayo es:

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

Donde:

- Y_{ij} = la respuesta obtenida a partir de la unidad experimental que recibe el tratamiento i en la j -ésima repetición.
- μ = promedio general del conjunto de datos de la muestra.
- τ_i = el efecto del tratamiento i .

Tabla 4. ANOVA invernadero

Fuentes de variación		Grados de libertad
Tratamientos	$t-1$	3
Error experimental	$t(r-1)$	16
Total	$(t * r) - 1$	19

B. Ensayo a Campo Abierto (Sistema en Suelo):

Debido a la heterogeneidad natural del terreno y las pendientes o gradientes del suelo franco-arenoso en el Centro de Apoyo Manglaralto, se implementará un **Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA)** con cuatro tratamientos y cinco bloques, utilizando el criterio de bloqueo para neutralizar la variabilidad edafoclimática. El modelo matemático se expresa como:

$$\gamma_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

- γ_{ij} = variable dependiente o variable independiente
- μ = efecto de la media general
- τ_i = efecto de i – ésimo tratamiento
- β_j = efecto de j – ésimo bloque
- ε_{ij} = error experimental del tratamiento

Tabla 5. ANOVA campo.

Fuentes de variación	Modelo matemático	Grados de libertad
Bloques	b-1	4
Tratamiento	t-1	3
Error	(b-1) (t-1)	12
Total	(b*t)-1	19

2.4.2 Tratamientos

En la tabla 6 se evidencian los tratamientos a evaluarse en el ensayo uno (invernadero):

Tabla 6. Detalle tratamiento en invernadero.

Tratamientos	Detalle
T1	Distancia de siembra 50 cm entre plantas
T2	Distancia de siembra 60 cm entre plantas
T3	Distancia de siembra 70 cm entre plantas
T4	Distancia de siembra 80 cm entre plantas

En la tabla 7 se evidencian los tratamientos a evaluarse en el ensayo dos (campo):

Tabla 7. Detalle tratamiento en campo.

Tratamientos	Detalle
T1	Distancia de siembra 50 cm entre plantas x 90 entre hileras
T2	Distancia de siembra 60 cm entre plantas x 90 entre hileras

T3	Distancia de siembra 70 cm entre plantas x 90 entre hileras
T4	Distancia de siembra 80 cm entre plantas x 90 entre hileras

2.4.3 Especificaciones del experimento

- ❖ Área total: 440 m²
- ❖ Medidas de cada bloque: 2m x 9m
- ❖ Área de la unidad experimental: 440 m²
- ❖ Numero de plantas totales: 560
- ❖ Número de plantas por bloque: 56
- ❖ Número de plantas por tratamiento: T1= 18, T2= 15, T3= 12, T4= 11
- ❖ Plantas para evaluar en campo: 10 por tratamiento

2.5 Croquis y delimitación experimental

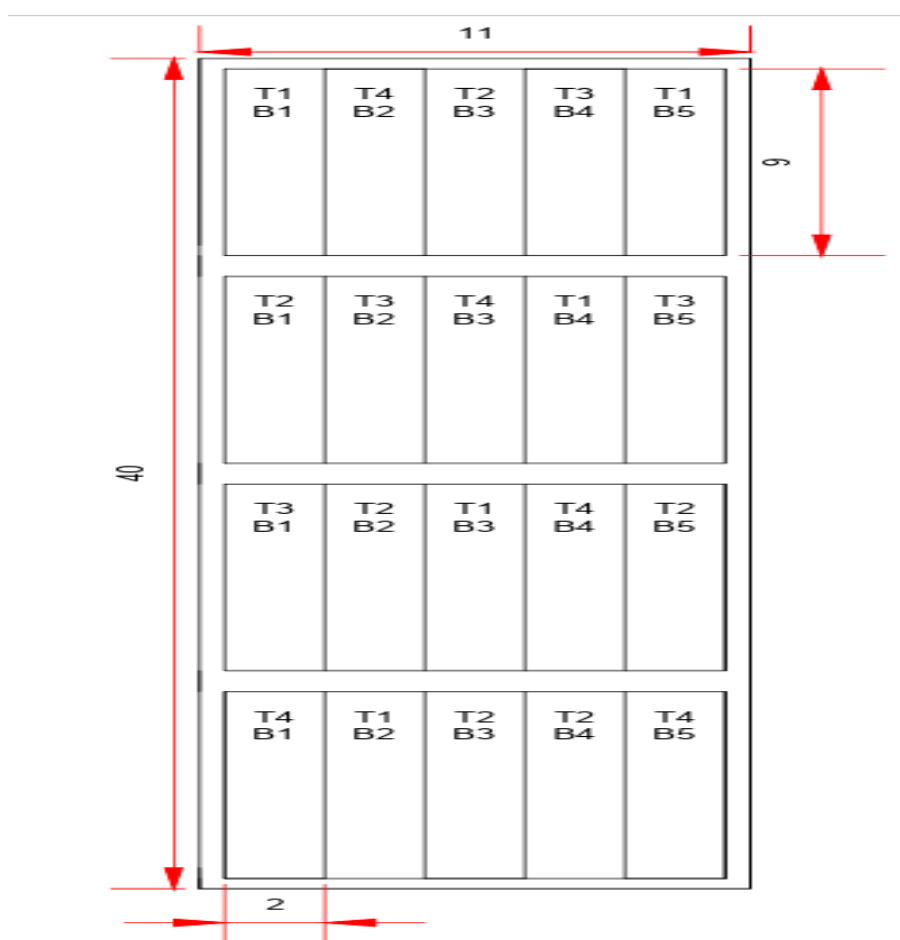


Figura 2. Distribución de los tratamientos en campo.

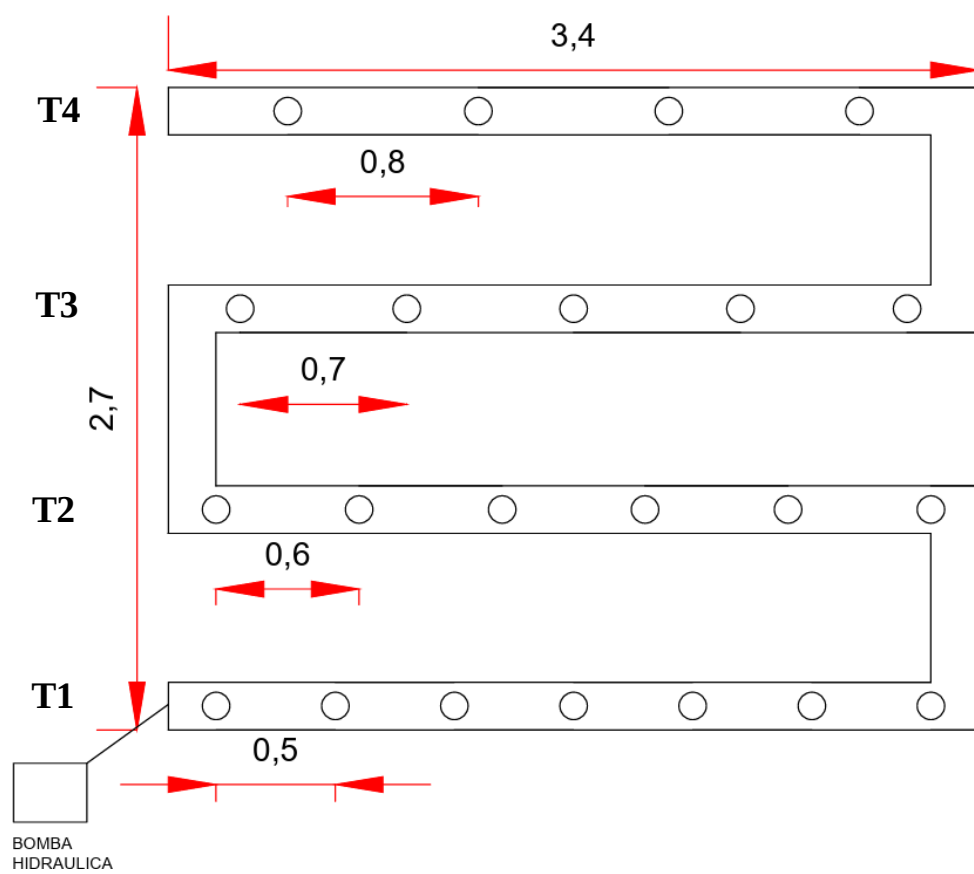


Figura 3. Distribución de los tratamientos en hidropónico.

2.6 Manejo del experimento

El proceso inició con la adquisición de las semillas y los semilleros, posteriormente, se procedió a la siembra en bandejas de germinación alveoladas utilizando turba comercial como sustrato inerte humedecido. El trasplante definitivo hacia los dos sistemas de producción se ejecutó una vez que las plántulas presentaron cuatro hojas verdaderas bien desarrolladas y una altura promedio de 10 a 12 centímetros.

2.6.1 Sitios de muestreo

El monitoreo experimental se realizó en las instalaciones del Centro de Apoyo Manglaralto, ubicado en la provincia de Santa Elena, subdividiendo el área en dos zonas homogéneas correspondientes a las unidades experimentales de hidroponía y suelo. Con el fin de garantizar que las características morfológicas y de producción reflejaran fielmente la realidad del cultivo, se escogieron diez plantas ubicadas en el centro de cada tratamiento, dejando fuera los ejemplares de los costados para anular cualquier alteración por el efecto de orilla. Las mediciones se llevaron a cabo de manera periódica cada siete días.

Con el fin de disminuir al máximo las alteraciones provocadas por las condiciones del suelo y el clima local, tanto las parcelas de campo como los módulos de hidroponía se distribuyeron buscando una total uniformidad del terreno y un buen aislamiento del entorno. Asimismo, se mantuvo una distribución técnica y estandarizada entre los tratamientos de densidad y sus respectivas repeticiones, permitiendo un riguroso control experimental y una evaluación estadística precisa del efecto de los sistemas de producción sobre el rendimiento y calidad del tomate cherry.

2.6.2 Muestreo de suelos

2.6.3 Análisis químicos del suelo

La muestra compuesta fue procesada en el laboratorio de análisis de suelos de “Estación experimental tropical “PICHILINGUE” (INIAP). El análisis químico determinó los parámetros fundamentales del suelo, incluyendo el pH, la conductividad eléctrica (CE), el porcentaje de materia orgánica (MO), así como la disponibilidad de macro y micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn). Estos resultados analíticos sirvieron como línea base para el cálculo del balance nutricional y el posterior diseño del programa de fertilización.

2.6.4 Plan de fertilización

La fertilización se realizó a base al requerimiento del cultivo y al análisis de suelo Anexo 3. En el caso se aplicó urea 46% de N, en donde se hicieron dos aplicaciones la primera en el desarrollo vegetativo y en floración (tabla 8).

Tabla 8. Plan de fertilización

Producto Por aplicar [Kg/ha/año]	Kg/ha Fertilizante	g/planta Fertilizante	Cantidad kg/440m ²
UREA	25	1.6	8.9

2.6.5 Aplicación de enmiendas

Con el objetivo de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, regular su estructura y potenciar la retención de humedad en el tratamiento tradicional, se procedió a la aplicación y dosificación de enmiendas orgánicas y acondicionadores de suelo antes del trasplante:

- **Enmienda Orgánica (Estiércol de vaca):** Se incorporó estiércol de ganado vacuno debidamente descompuesto y solarizado (para evitar la introducción de patógenos o semillas de arvenses). Esta enmienda se aplicó de forma homogénea e integrada al suelo durante la fase de preparación de las parcelas, con el fin de elevar el porcentaje de materia orgánica y mejorar la porosidad del terreno.
- **Acondicionador de Suelo (Ácidos Húmicos):** Adicionalmente, se realizó la aplicación de ácidos húmicos con el propósito de optimizar la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), estimular el enraizamiento inicial del tomate cherry y facilitar la liberación y asimilación de los nutrientes bloqueados en el suelo. La incorporación de esta enmienda líquida se ejecutó mediante aspersión dirigida empleando una bomba de mochila de 20 litros, aplicando una dosis exacta de **0.5 L** de producto comercial sobre la superficie del suelo de las parcelas correspondientes. Cabe destacar que una segunda aplicación bajo la misma dosis de **0.5 L** se efectuó posteriormente durante la etapa de desarrollo vegetativo para mantener la actividad biológica del suelo

2.6.6 Manejo fitosanitario

2.6.6.1 Control de arvense

El manejo de arvenses (malezas) se ejecutó exclusivamente de forma manual y mecánica durante todo el ciclo vegetativo y productivo del cultivo, con una frecuencia semanal. Esta labor se centró en la eliminación oportuna de plantas competidoras dentro de la parcela de evaluación y sus áreas circundantes, con el objetivo de prevenir la competencia por recursos críticos (luz, espacio, agua y nutrientes) y reducir la presencia de posibles hospederos de plagas y enfermedades que pudieran comprometer el desarrollo del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.).

2.6.6.2 Control de plagas

Para mantener las poblaciones de insectos plaga por debajo del umbral de daño económico, se implementó un programa de manejo fitosanitario de carácter preventivo y correctivo. La gestión química fundamental se estructuró mediante aspersiones calendarizadas de un plaguicida comercial cuyo principio activo corresponde al imidacloprid.

Dicho producto se distribuyó de forma foliar con el apoyo de una mochila de aspersión debidamente calibrada, logrando que todo el follaje quedara cubierto de manera uniforme. Tanto la cantidad empleada como la periodicidad se fijaron siguiendo al pie de la letra las indicaciones técnicas del fabricante y las revisiones previas hechas en el terreno, apuntando a frenar plagas de insectos chupadores y vectores habituales de la zona mediante una porción total de 11 mL para toda el área del ensayo.

2.6.7 Frecuencia de riego

La frecuencia y la dinámica de riego se manejaron de forma diferenciada y rigurosa para cada tratamiento, adaptándose a los principios técnicos de cada sistema de producción con el fin de garantizar el óptimo estado hídrico y nutricional del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L.).

- **Sistema Hidropónico (Flujo Continuo):** En este tratamiento no se aplicaron intervalos o pulsos de riego, en su lugar, se implementó un sistema hidropónico cerrado con recirculación continua. El agua acoplada con la solución nutritiva circuló de manera constante las 24 horas del día, los 7 días de la semana. Este flujo constante garantizó una película delgada de nutrientes permanente sobre el sistema radicular, asegurando simultáneamente la hidratación, alimentación y oxigenación continua de

la raíz, la limpieza y cambio el agua y nutrientes se realizaba una vez cada 7 días, mediante el uso de una bomba periférica de operación ininterrumpida.

- **Sistema Tradicional en Suelo:** La frecuencia de riego en el suelo se determinó en función de la capacidad de retención del terreno y las condiciones ambientales de la zona. Se aplicó un riego diario en horas de la mañana 7 am y 5 pm utilizando un sistema de goteo, con un tiempo de operación de 60 minutos por sesión, asegurando mantener el suelo a capacidad de campo sin generar saturación ni asfixia radicular.

2.7 Parámetros evaluados

2.7.1 Parámetros morfológicos y de comportamiento agronómico:

2.7.1.1 Altura de la planta (cm):

La altura de la planta se midió siguiendo la metodología realizada por Perez (2019), Con la ayuda de un flexómetro milimetrado, registrando la longitud desde la base del tallo al ras del soporte hasta el ápice del brote principal, las lecturas se tomaron desde el trasplante llevando a cabo una toma de datos semanal hasta producción.

2.7.1.2 Número de hojas:

Se realizó el registro del número de hojas por planta de manera semanal, siguiendo la metodología de Pilco (2018), iniciando desde la segunda semana posterior al trasplante hasta la décima segunda semana. El conteo se efectuará manualmente.

2.7.1.3 Diámetro del tallo (mm):

Se realizó la medición de la variable siguiendo la metodología de Montiel (2023), para su determinación se utilizó un calibrador vernier de precisión, y se efectuaron las mediciones a una altura fija de 10 centímetros desde la base del tallo, el monitoreo secuencial se llevó a cabo semanalmente.

2.7.1.4 Días a floración:

Este parámetro cronológico se registró contabilizando los días transcurridos a partir del trasplante definitivo hasta la apertura de las primeras flores (Barrionuevo, 2020).

2.7.1.5 Longitud de raíz (cm):

Esta variable cuantitativa continua se registró cronológicamente con el objetivo de evaluar la dinámica de crecimiento y adaptación del sistema radicular del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) exclusivamente dentro del sistema de producción hidropónico. Debido a la viabilidad técnica que ofrece este sistema no destructivo, la medición se realizó con una periodicidad semanal utilizando un flexómetro

graduado en centímetros (cm), tomando la lectura desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de la raíz principal.

2.8 Indicadores de comportamiento productivo y rendimiento

2.8.1 Número de frutos por tratamiento:

De acuerdo con la metodología de Ruiz y Sernas (2020), esta variable cuantitativa se determinó mediante el conteo directo de los frutos cosechados en 10 plantas previamente identificadas y seleccionadas al azar dentro de la parcela útil de cada tratamiento. Debido a que la producción del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) es escalonada, el dato final por planta correspondió a la sumatoria de todos los frutos recolectados a lo largo de los diferentes cortes o cosechas del ciclo productivo.

2.8.2 Peso de frutos (g):

El peso de los frutos se registró según el método de Magallanes (2022) , medido a través del diámetro ecuatorial de cada uno. El resultado se expresó en gramos (g).

2.8.3 Grados brix:

Para la determinación de los sólidos solubles totales (SST) expresados en grados Brix (°Brix), se extraen de manera directa gotas de jugo homogeneizado del fruto y se colocan sobre el prisma del refractómetro óptico o digital, realizando previamente una calibración con agua destilada antes de cada medición (López, et al., 2009).

2.9 Análisis estadístico de los resultados

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA). Para la comparación de medias entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey a un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, utilizando el programa estadístico InfoStat (Infostat, 2020).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Efectos en los parámetros morfológicos

3.1.1 Altura de la planta (cm) en campo e invernadero.

De acuerdo a la tabla 9, la altura de planta en campo a los 15, 29, 43 y 50 días mostró que no existen diferencias estadísticas significativas únicamente en la primera evaluación. El promedio de la altura de la planta osciló entre 18.72 cm y 80.38 cm, con un coeficiente de variación comprendido entre 10.18 y 16.91 %.

Durante las evaluaciones correspondientes a los 15, 29, 43 y 50 días (AP15, AP29, AP43 y AP50), el análisis estadístico determinó que el factor densidad de siembra no ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre la altura de la planta. En este período continuo, todos los tratamientos mostraron un desarrollo homogéneo y similar, compartiendo la misma categoría estadística, alcanzando promedios generales que oscilaron entre los 18.72 cm y 22.34 cm a los 15 días, de 39.64 cm a 43.48 cm a los 29 días, de 62.64 cm a 64.04 cm a los 43 días, y finalmente estabilizándose entre los 76.94 cm y 80.38 cm al llegar a los 50 días de evaluación.

La evaluación final arrojó que la distancia de siembra no influye sobre la altura en campo abierto, ya que la luz solar es lo suficientemente abundante como para cubrir las necesidades del cultivo, incluso a 80 cm de separación. Estos resultados se ajustan a los de Escarcena (2023), quien en su ensayo en campo abierto observó apenas una diferencia de centímetros y medio entre las distancias evaluadas.

Este comportamiento inicial coincide con lo reportado por Leonardo (2019) en su estudio sobre densidades en solanáceas, quien explica que, en las primeras etapas de desarrollo, un distanciamiento intermedio optimiza el microclima inicial del suelo y reduce el estrés por trasplante, permitiendo una elongación del tallo más acelerada en comparación con densidades más estrechas

Tabla 9. Altura de planta (cm) en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) en campo en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	AP15(cm)	AP29(cm)	AP43(cm)	AP50(cm)
T1 (D50 cm)	21.08 a	41.18 a	62.64 a	77.04 a
T2 (D60 cm)	22.34 a	43.48 a	64.04 a	80.38 a
T3 (D70 cm)	20.48 a	41.02 a	62.82 a	76.94 a
T4 (D80 cm)	18.72 a	39.64 a	62.98 a	77.24 a
CV (%)	16.91	15.08	10.95	10.18
P<0.05	0.4569	0.8066	0.8457	0.8817

*D50= Distancias. *AP= Altura de la planta a los 15, 29, 43 y 50 días. *CV= Coeficiente de variación.

*P<0.005= Prueba de Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

De acuerdo a la tabla 10, la altura de planta en el hidropónico a los 15, 29, 43 y 50 días, días mostró diferencias estadísticas significativas únicamente en la última evaluación. El promedio de altura de planta osciló entre 24.90 cm y 112.75 cm. El coeficiente de variación estuvo comprendido entre 17.75 y 25.27 %.

Durante las evaluaciones correspondientes a los 15, 29 y 43 días (Ap15, Ap29 y Ap43), el análisis estadístico determinó que el factor densidad de siembra no ejerció un efecto significativo sobre la altura de la planta ($P > 0.05$). En esta primera etapa continua, el desarrollo vegetativo de los tratamientos fue completamente homogéneo, registrando promedios que oscilaron entre 24.90 cm y 32.13 cm a los 15 días, de 35.95 cm a 45.15 cm a los 29 días, y de 53.93 cm a 78.80 cm a los 43 días de evaluación.

Durante las evaluaciones correspondientes a los 15, 29 y 43 días, el análisis estadístico determinó que el factor densidad de siembra no ejerció un efecto significativo sobre la altura de la planta ($P > 0.05$). Por el contrario, a los 50 días se observó el valor de $P= 0.1229$. Numéricamente, el tratamiento T3 (D70) registró el mayor promedio con 97.00 cm, superando al tratamiento T1 (D50) que presentó 63.00 cm, mientras que T2 y T4 mostraron un comportamiento intermedio (73.00 cm y 70.75 cm).

En el presente ensayo del sistema hidropónico, la distancia de siembra sí influyó ligeramente sobre la altura, mostrando una mayor sensibilidad en ambiente protegido. Este

comportamiento se alinea con lo demostrado por Berdonces (2025), quien expone que la distancia de siembra, a pesar de influir en la luz recibida, no determina drásticamente la longitud del tallo, inclusive cuando las distancias fueron menores a las del presente ensayo.

Este comportamiento coincide parcialmente con lo reportado por Reyes *et al.* (2012), quienes señalan que en los sistemas hidropónicos el desarrollo vertical del tomate de crecimiento indeterminado se encuentra estrechamente ligado a la disponibilidad de nutrientes en la solución y a la optimización de los distanciamientos, permitiendo un desarrollo morfológico superior frente a sistemas tradicionales en suelo donde los factores ambientales no controlados limitan el crecimiento lineal continuo.

Tabla 10. Altura de planta (cm) en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en hidropónico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	Ap15(cm)	Ap29(cm)	Ap43(cm)	Ap50(cm)
T1 (D 50 cm)	24.90 a	38.23 a	53.93 a	63.00 a
T2 (D 60 cm)	27.25 a	35.95 a	58.73 a	73.00 a
T3 (D 70 cm)	32.13 a	45.15 a	78.80 a	97.00 a
T4 (D 80 cm)	27.73 a	38.10 a	59.88 a	70.75 a
CV (%)	25.27	23.74	22.13	24.32
P<0.05	0.5615	0.5578	0.1273	0.1229

*D50= Distancias. *AP= Altura de la planta a los 15, 29, 43, 57 días. *CV (%) = Coeficiente de variación
 *P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey.*abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.2 Diámetro del tallo (mm) en campo e hidropónico.

De acuerdo a la tabla 11, el diámetro del tallo en campo a los 15, 29, 43 y 50 días no mostró diferencias estadísticas significativas en las evaluaciones. El promedio global del diámetro osciló entre 2.78 mm y 8.31 mm, con un coeficiente de variación comprendido entre 8.36 y 12.34 %.

A lo largo de las evaluaciones a los 15, 29, 43 y 50 días (DT15, DT29, DT43 y DT50), el análisis estadístico determinó que la densidad de siembra no influyó de forma significativa en el grosor del tallo. En todas las etapas, los tratamientos mantuvieron un comportamiento homogéneo y similar entre sí, compartiendo la misma categoría estadística según la prueba de Tukey, con promedios que variaron de 2.78 mm a 3.24 mm a los 15 días, de 4.70 mm a 5.30 mm a los 29 días, de 6.64 mm a 7.11 mm a los 43 días, y estabilizándose en un rango general de entre 7.86 mm y 8.31 mm al llegar al día 50.

En el cultivo en suelo a campo abierto, el diámetro del tallo no mostró variaciones drásticas debido a la homogeneidad de la luz solar que llegaba a las plantas. Este comportamiento se relaciona con lo reportado por Wang *et al.* (2023), quienes indicaron que el tallo es uno de los mejores indicadores del vigor vegetativo de la planta, viéndose afectado principalmente cuando las condiciones de espaciamiento reducen drásticamente la capacidad de desarrollo del cultivo.

Tabla 11. Diámetro del tallo (mm) en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en campo en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	DT15(mm)	DT29(mm)	DT43(mm)	DT50(mm)
T1 (D 50 cm)	3.24 a	5.30 a	7.10 a	8.23 a
T2 (D 60 cm)	3.17 a	5.14 a	7.11 a	8.31 a
T3 (D 70 cm)	2.89 a	4.70 a	6.65 a	7.86 a
T4 (D 80 cm)	2.78 a	4.77 a	6.64 a	7.91 a
CV (%)	12.34	11.68	10.06	8.36
P<0.05	0.2105	0.3405	0.5513	0.6504

*D50= Distancias. *DT = Diámetro del tallo a los 15, 29, 43 y 50 días. *CV (%) = Coeficiente de variación.

*P<0.05 = Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc = Letras iguales no difieren estadísticamente

De acuerdo a la tabla 12, el diámetro del tallo en el hidropónico por planta a los 15, 29, 43 y 50 días, si se evidenciaron diferencias estadísticas a excepción del día 43. El promedio del diámetro del tallo osciló entre 0.25 cm y 7.68 cm. El coeficiente de variación estuvo comprendido entre 8.86 y 19.05 %.

A los 15 y 29 días (DT15 y DT29), la densidad de siembra influyó significativamente en el grosor del tallo ($P < 0.05$). En ambas etapas, los tratamientos con mayor densidad o distanciamiento intermedio (T1, T2 y T3) lograron los diámetros más altos, compartiendo la misma categoría estadística "a". Por el contrario, el tratamiento T4 (D80) registró de forma

constante el menor diámetro en este período, con promedios de 0.25 mm y 2.63 mm respectivamente, mostrando una diferencia estadística clara frente a los grupos superiores.

Posteriormente, a los 43 días (DT43), el desarrollo de las plantas se emparejó temporalmente, no registrándose diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P > 0.05$). En esta evaluación, todas las plantas mostraron un comportamiento homogéneo y recibieron la misma letra "a", manteniendo promedios generales muy cercanos que oscilaron entre los 4.10 mm y 4.83 mm.

Finalmente, a los 50 días (DT50), no se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P = 0.0928$). En esta etapa de cierre, numéricamente el tratamiento T3 (D70) alcanzó el mayor grosor de tallo con un promedio de 6.00 mm, seguido por el T2 con 5.35 mm, el T1 con 5.08 mm y el T4 con 4.75 mm, todos compartiendo la misma categoría estadística.

En el cultivo en hidropónico, se observó que 70 cm es la distancia ideal, ya que a menor o mayor espacio el diámetro del tallo disminuyó debido a la menor disponibilidad de radiación por la alta densidad. Este hecho coincide con Arshad *et al.* (2024), quienes demostraron en su ensayo una menor acumulación de biomasa en el tallo cuando los espaciamientos entre plantas eran menores.

Esta tendencia coincide con lo reportado por Yupa (2012), quien al evaluar el comportamiento morfológico del tomate en suelo acolchado frente al sistema hidropónico, demostró que las plantas en hidroponía logran estabilizar y mantener un diámetro de tallo óptimo y superior durante todo el proceso fenológico, mientras que en el suelo se tiende a registrar una disminución en el grosor caulinar debido a las limitaciones en la tasa de absorción y disponibilidad de nutrientes en las fases de mayor demanda.

Tabla 12. Diámetro del tallo (mm) en la producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en hidropónico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	DT 15(mm)	DT 29(mm)	DT 43(mm)	DT 50(mm)
T1 (D 50 cm)	0.43 a	3.70 a	4.65 a	5.08 a
T2 (D 60 cm)	0.33 ab	3.55 a	4.60 a	5.35 a
T3 (D 70 cm)	0.40 a	3.40 a	4.83 a	6.00 a
T4 (D 80 cm)	0.25 b	2.63 b	4.10 a	4.75 a
CV (%)	19.05	9.13	9.22	11.74
P<0.05	0.0189	0.0032	0.1570	0.0928

*D50= Distancias. *DT= Diámetro del tallo a los 15, 29, 43, 57 días. *CV (%) = Coeficiente de variación *P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.3 Número de hojas en campo e hidropónico.

De acuerdo a la tabla 13, el número de hojas en campo a los 15, 29, 43 y 50 días no mostró diferencias estadísticas significativas. El promedio del número de hojas osciló entre 22 y 82 hojas, con un coeficiente de variación comprendido entre 13.00 y 15.83 %.

Durante todas las evaluaciones de los 15, 29, 43 y 50 días (NH15, NH29, NH43 y NH50), el análisis estadístico determinó que el factor densidad de siembra no ejerció un efecto estadísticamente significativo sobre el número de hojas. En todo este período, la producción de follaje fue completamente homogénea y todos los tratamientos se clasificaron con la misma letra "a", alcanzando promedios generales que oscilaron entre 22.22 y 26.28 hojas a los 15 días, de 44.80 a 47.20 hojas a los 29 días, de 65.68 a 69.10 hojas a los 43 días, y finalmente estabilizándose entre las 75.86 y 82.70 hojas al llegar al día 50 de evaluación.

En el sistema de campo abierto, el número de hojas no se vio afectado de forma drástica por el distanciamiento entre plantas. Sin embargo, autores como Khan (2020), demostraron que mientras más pequeño era el espaciamiento entre plantas, menor era la cantidad de hojas que se producían, lo cual se asocia directamente al limitado espacio y a la competencia de nutrientes en el suelo de la cual disponían.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Baos (2021), quien señala que, en el desarrollo de solanáceas en condiciones de campo, la expresión morfológica incluyendo la emisión foliar responde de manera adaptativa a la configuración espacial y la disponibilidad de recursos. Según lo expuesto en su investigación, variaciones en la densidad de siembra no siempre se traducen en cambios drásticos en el número de hojas, siempre que la planta

logre un equilibrio en su captación lumínica y nutricional, lo que ratifica la plasticidad fenotípica de esta variedad en entornos tropicales.

Tabla 13. Numero de hojas en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en campo en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	NH15	NH29	NH43	NH50
T1 (D 50 cm)	25.20 a	47.20 a	67.68 a	79.00 a
T2 (D 60 cm)	26.28 a	45.62 a	65.68 a	75.86 a
T3 (D 70 cm)	23.58 a	44.80 a	66.22 a	76.96 a
T4 (D 80 cm)	22.22 a	45.80 a	69.10 a	82.70 a
CV (%)	15.83	14.51	13.00	13.59
P<0.05	0.3958	0.9512	0.9243	0.7580

*D50= Distancias. *NH= Numero de hojas a los 15, 29, 43, 50 días. *CV (%) = Coeficiente de variación *P<0.05 = Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc = Letras iguales no difieren estadísticamente

De acuerdo a la tabla 14, al número de hojas en hidropónico por planta a los 15, 29, 43 y 50 días, si se evidenciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El promedio del número de hojas osciló entre 29.50 cm y 114.5 cm. El coeficiente de variación estuvo comprendido entre 21.81 y 43.08%.

A los 15 días (NH15), el análisis estadístico determinó que la densidad de siembra no influyó de manera significativa sobre el número de hojas ($P > 0.05$). En esta evaluación inicial, la producción de follaje fue homogénea en todos los tratamientos clasificados bajo la misma categoría "a", registrando promedios generales que se mantuvieron en un rango de entre 29.50 y 44.75 hojas por planta.

Posteriormente, durante las evaluaciones de los 29 y 43 días (NH29 y NH43), se registraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). En este período continuo, el tratamiento T2 (D60) destacó al registrar los mayores promedios con 84.50 y 88.00 hojas respectivamente, logrando superar de forma estadística y clara al tratamiento T4 (D80), el cual arrojó la menor cantidad de hojas. Por su parte, los tratamientos T1 y T3 mantuvieron un desarrollo intermedio compartiendo rangos de similitud con los demás grupos de acuerdo con la prueba de Tukey.

Finalmente, al llegar a los 50 días (NH50), el efecto de la densidad volvió a disiparse hacia la homogeneidad estadística ($P = 0.2059$). Al cierre del ciclo evaluado, el desarrollo del follaje se emparejó nuevamente en todos los tratamientos, estabilizando sus valores en un rango general de entre 58.00 y 109.75 hojas por planta.

En el cultivo hidropónico el comportamiento foliar mantuvo un desarrollo más controlado ante las densidades evaluadas. De manera similar, Arshad et al. (2024) declaró en su estudio en ambientes protegidos que mientras más densa sea la población, la cantidad de hojas de la planta se reducirá debido al sombreado mutuo que limita la radiación necesaria para generar nuevos brotes.

Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Quincho *et al.* (2025) en su estudio sobre el comportamiento agronómico de tomates en condiciones de invernadero, quienes destacan que la hidroponía facilita una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, lo cual se traduce en una emisión foliar continua y una arquitectura vegetal más densa en comparación con sistemas tradicionales. Los autores señalan que, al eliminar la restricción nutricional del suelo, las plantas de tomate cherry logran expresar un mayor desarrollo vegetativo, permitiendo que el número de hojas sea un indicador directo del equilibrio entre la captación de luz y el suministro de soluciones nutritivas, validando así la superioridad del sistema hidropónico en las etapas de crecimiento inicial y medio.

Tabla 14. Numero de hojas en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en hidropónico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	NH 15	NH 29	NH 43	NH 50
T1 (D 50 cm)	44.50 a	57.25 ab	58.50 ab	58.25 a
T2 (D 60 cm)	44.75 a	84.50 a	88 a	109.75 a
T3 (D 70 cm)	42.75 a	82 ab	74.25 ab	83.75 a
T4 (D 80 cm)	29.50 a	41 b	48.50 b	58.00 a
CV (%)	33.33	29.37	21.81	46.71
P<0.05	0.3712	0.0327	0.0190	0.2059

*D50= Distancias. *NH= Número de hojas a los 15, 29, 43 y 57 días. *CV (%) = Coeficiente de variación
P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.1.4 Días a floración en campo e hidropónico.

En el gráfico 1 se observa el comportamiento de los días a la floración del cultivo de tomate cherry al comparar el sistema hidropónico frente al sistema en campo. En el sistema hidropónico, los tratamientos T1 y T2 presentaron una precocidad mayor con un promedio de 35.71 días, mientras que el tratamiento T3 registró el valor más alto con 41 días, seguido por el T4 con 37.5 días. Por otro lado, el sistema en campo mostró una mayor homogeneidad en todas las distancias de siembra, manteniendo promedios cercanos a los 30.5 días (con rangos entre 30.4 y 30.68 días). Estos resultados indican que, bajo las condiciones evaluadas, el sistema en campo favoreció una entrada más rápida a la etapa reproductiva en comparación con el sistema hidropónico, el cual exhibió variaciones más marcadas en función de la distancia de siembra aplicada.

En el estudio se demostró que una distancia de siembra de 70 cm favorece a la precocidad de la floración, en cuanto a estudios de otros autores la situación es distinta pues por ejemplo Mushrat *et al.* (2026) comparo varios germoplasmas en situaciones y no se registraron diferencias significativas entre los días de floración más sin embargo (Singh & Savita, 2020) de manera similar no encontraron diferencias entre las plantaciones de distintas densidades de siembra, pero si la encontraron entre los sistemas de campo abierto e invernadero.

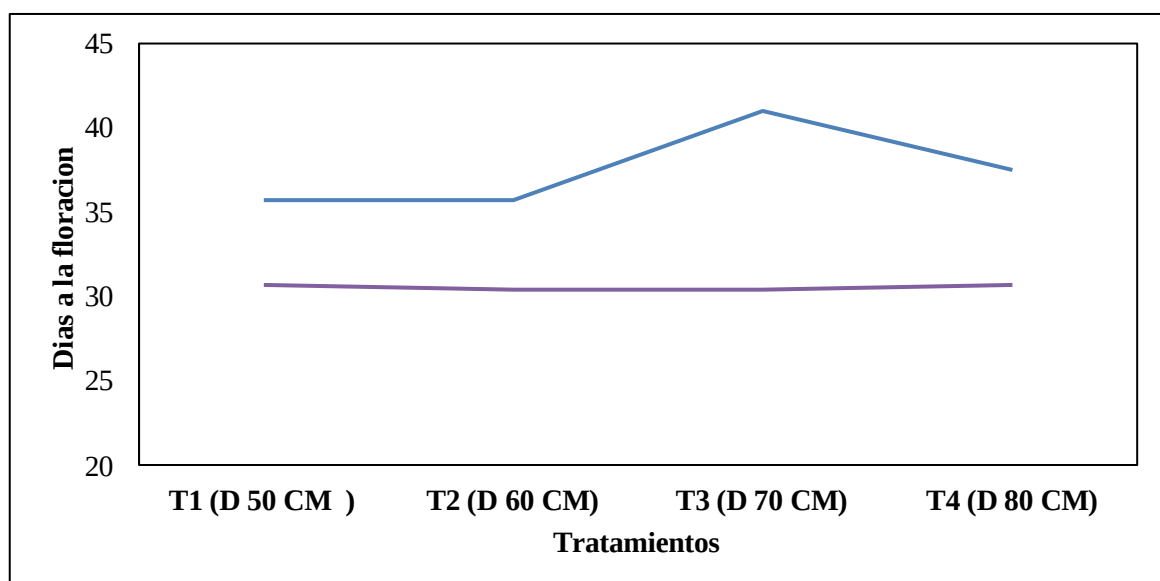


Gráfico 1. Resultado de los días a la floración en ambos sistemas.

3.1.5 Longitud de raíz (cm)

De acuerdo a la tabla 15, la longitud de la raíz en hidropónico por planta a los 15, 29, 43 y 50 días, no evidenciaron diferencias estadísticas en ninguno de los tratamientos evaluados. El promedio de la longitud de la raíz osciló entre 9.60 cm y 67.25 cm. El coeficiente de variación estuvo comprendido entre 10.66 y 15.73 %.

Durante la totalidad del ciclo evaluado, correspondiente a los 15, 29, 43 y 50 días (LR15, LR29, LR43 y LR50), el análisis estadístico determinó que el factor densidad de siembra no ejerció un efecto significativo sobre la longitud de la raíz ($P > 0.05$).

A lo largo del ensayo, los promedios generales incrementaron de manera uniforme, oscilando entre 9.60 cm y 11.30 cm a los 15 días, de 19.18 cm a 21.93 cm a los 29 días, de 39.35 cm a 41.75 cm a los 43 días, y finalmente alcanzando una longitud máxima de entre 46.75 cm y 62.00 cm al cierre del ciclo en el día 50. Esto demuestra que el espacio disponible entre plantas no limitó ni alteró mecánicamente la elongación de las raíces en los canales de recirculación.

Los resultados del ensayo arrojaron que la densidad de siembra no muestra influencia alguna sobre la longitud de las raíces del tomate dentro del sistema hidropónico. Sin embargo, Li *et al.* (2026) observó una influencia positiva de la densidad de siembra en la longitud de la raíz, aunque cabe destacar que esta respuesta estuvo más relacionada con la aplicación de biocarbono en el medio. Por otra parte, Javanmardi & Moradiani (2017), al evaluar la influencia de distintos sistemas de siembra (entre ellos la siembra al voleo), encontraron que la densidad radicular era menor cuando las semillas se distribuían de manera irregular, lo que demuestra la importancia de un espaciamiento homogéneo para optimizar el desarrollo de la raíz en ambientes controlados.

Tabla 15. Longitud de raíz en sistema de producción hidropónico de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	LR15(cm)	LR29(cm)	LR43(cm)	LR50(cm)
T1 (D 50 cm)	10.60 a	19.85 a	39.35 a	46.75 a
T2 (D 60 cm)	11.30 a	21.93 a	40.43 a	59.00 a
T3 (D 70 cm)	9.60 a	21.65 a	41.75 a	62.00 a

T4 (D 80 cm)	10.83 a	19.18 a	41.50 a	57.75 a
CV (%)	15.73	19.71	14.21	17.32
P<0.005	0.5540	0.7313	0.9308	0.2067

*D50= Distancias. * LR= Longitud de raíz a los 15, 29, 43, 57 días. * CV (%) = Coeficiente de variación* P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente

3.2 Efectos en los parámetros productivos

3.2.1 Peso del fruto y rendimiento (g) en campo e hidropónico.

De acuerdo a la tabla 16, el peso del fruto en campo no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (P=0.0615). El promedio general del peso del fruto osciló entre 9.68 g y 10.83 g, registrando un coeficiente de variación de 21.54 %.

El análisis estadístico y la prueba de Tukey confirmaron la ausencia de diferencias significativas al agrupar a todas las medias con la letra "a". Numéricamente, el tratamiento T1 (D50) obtuvo el mayor peso promedio con 10.83 g, seguido muy de cerca por el T2 (D60) con 10.59 g y el T3 (D70) con 10.53 g, mientras que el menor valor promedio lo registró el T4 (D80) con 9.68 g.

La densidad de siembra no mostró diferencias estadísticas significativas sobre el peso del fruto en el sistema de campo abierto. Este resultado concuerda con el estudio hecho por Rita *et al.* (2024), quienes encontraron diferencias en los pesos de los frutos al evaluar distintas variedades, pero no al aplicar diferentes tipos de densidades de siembra, demostrando que la carga genética influye más que el espaciamiento en el suelo.

Tabla 16. Peso del fruto en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en campo en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	PF (g)	Rendimiento kg/tto	Rendimiento/kg/ha
T1 (D 50 cm)	10.83 a	270.00	33.333,33
T2 (D 60 cm)	10.59 a	240.00	29.629,6
T3 (D 70 cm)	10.53 a	176.00	22.222.2
T4 (D 80 cm)	9.68 a	156.00	20.634,91
CV (%)	21.54	-	-
P<0.05	0.0615	-	-

*D50= Distancias. *PF= Peso del fruto. *CV (%) = Coeficiente de variación. *P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

De acuerdo a la tabla 17, se observa el peso del fruto en hidropónico, si se evidenciaron diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados. El promedio del peso del fruto osciló entre 10.33 g y 12.41 g. El coeficiente de variación es 23.12 %.

En la evaluación del peso, se identificó que el T4 (80 cm), obtuvo 12.41, mientras que el menor promedio lo obtuvo el T2 (60 cm) con 10.33 g.

En el sistema hidropónico se demostró que el peso del fruto se ve influenciado por factores externos y de manejo nutricional más no por la densidad de siembra. Este comportamiento se alinea con lo indicado por Hoa Vu & Von Nong (2026), quienes relacionaron directamente la variación en los pesos del fruto a la aplicación y dosificación de fertilizantes en la solución, confirmando que la nutrición controlada en ambientes protegidos es el factor determinante para el llenado del fruto.

Tabla 17. Peso del fruto en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en hidropónico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamiento	PF (g)	Rendimiento por planta (kg)	Producción total (kg)
T1 (D 50 cm)	10.81 ab	2,40	100,80
T2 (D 60 cm)	10.33 b	2,55	91,80
T3 (D 70 cm)	12.40 a	2,25	67,50
T4 (D 80 cm)	12.41 a	2,55	61,20
CV (%)	23.12	-	-
P<0.05	0.0055	-	-

*D50= Distancias. *PF= Peso del fruto. *CV (%) = Coeficiente de variación. *P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.2.2 Grados brix en campo e hidropónico.

De acuerdo a la tabla 18, los grados brix en campo evaluados en los dos muestreos no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. El promedio general de los grados brix osciló entre 4.48 y 51, registrando un coeficiente de variación estrecho que se comprendió entre 7.41 y 9.21 %.

Para las dos evaluaciones de los Grados brix (GB1 y GB2), el análisis estadístico determinó que el factor densidad de siembra no ejerció un efecto significativo sobre la acumulación de sólidos solubles totales en los frutos de tomate Cherry ($P > 0.05$). La concentración de azúcares mostró un comportamiento completamente homogéneo en todas las densidades evaluadas.

A lo largo de la prueba, las medias globales de la primera lectura de grados Brix (GB1) se mantuvieron muy estables, moviéndose entre 4.86 y 5.10, mientras que en la segunda toma (GB2) fluctuaron de 4.48 a 4.96. Dicha consistencia deja ver que cambiar la distancia de separación entre las plantas no alteró la calidad interna ni el nivel de dulzor propio de los frutos recolectados.

La evaluación de grados Brix arrojó que estos no se ven influenciados directamente por la densidad de siembra en el cultivo a campo abierto. Sin embargo, la literatura muestra contrastes; por ejemplo, Karpe *et al.* (2024) encontraron una mayor cantidad de sólidos solubles en las plantaciones de baja densidad, registrando una diferencia de hasta tres grados Brix con respecto a las plantaciones de alta densidad debido a una mayor exposición solar por planta.

Según lo planteado por Márquez *et al.* (2023), la implementación de sistemas de riego y el manejo del entorno en campo abierto son determinantes para la calidad final del fruto, sugiriendo que un control preciso en las condiciones de cultivo permite optimizar la acumulación de sólidos solubles, incluso en sistemas donde no se cuenta con el control ambiental absoluto de un invernadero.

Tabla 18. Grados brix en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en campo en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	GB1	GB 2
T1 (D 50 cm)	4.86 a	4.90 a
T2 (D 60 cm)	4.86 a	4.96 a
T3 (D 70 cm)	4.90 a	4.74 a
T4 (D 80 cm)	5.10 a	4.48 a
CV (%)	7.41	9.21
P<0.05	0.6929	0.3541

*D50= Distancias. *GB= Grados brix. *CV (%) = Coeficiente de variación*P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

De acuerdo a la tabla 19, los grados brix en hidropónico evaluado no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (P=0.7378). El promedio general de los grados brix osciló entre 4.8 y 5.15, registrando un coeficiente de 6.99 %.

Para la evaluación de los Grados brix (GB), el análisis estadístico determinó que el factor densidad de siembra no ejerció un efecto significativo sobre la acumulación de sólidos solubles totales en los frutos de tomate Cherry ($P > 0.05$, con un valor de $P = 0.7378$).

Durante la medición, los promedios generales se mantuvieron sumamente estables y cercanos, oscilando en un rango estrecho de entre 4.80 (en el tratamiento T3) y 5.15 (en los tratamientos T1 y T2). Esta uniformidad corrobora que las variaciones en el distanciamiento de siembra no generaron alteraciones en la calidad interna ni en el dulzor característico de los frutos cosechados bajo estas condiciones.

En el sistema hidropónico tampoco se evidenciaron alteraciones drásticas en la concentración de azúcares a causa del distanciamiento. Este comportamiento se alinea con lo reportado por Campos *et al.* (2025), quienes no encontraron diferencias significativas entre las densidades de siembra evaluadas, registrando solo una variación mínima de 0.15 grados Brix entre el tratamiento de menor y mayor densidad, lo que demuestra que el control nutricional en el agua estabiliza la calidad organoléptica del fruto.

Como lo demuestra Méndez (2019) en sus estudios sobre soluciones nutritivas en clima semiárido, la formulación empleada permite una mayor eficiencia en la absorción de nutrientes, lo que resulta en una mayor concentración de sólidos solubles y mejores parámetros de calidad post-cosecha. Esto confirma que, bajo condiciones de hidroponía, es posible optimizar el potencial genético de la variedad Cherry al mitigar las fluctuaciones de disponibilidad hídrica que habitualmente ocurren en el suelo.

Table 19. Grados brix en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en hidropónico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamientos	GB
T1 (D 50 cm)	5.15 a
T2 (D 60 cm)	5.15 a
T3 (D 70 cm)	4.80 a
T4 (D 80 cm)	5.00 a
CV (%)	6.99
P<0.05	0.7378

*D50= Distancias. *GB= Grados brix. *CV (%) = Coeficiente de variación*P<0.05= Probabilidad de acuerdo a la prueba estadística Tukey. *abc= Letras iguales no difieren estadísticamente.

3.2.3 Costos en campo e hidropónico

De acuerdo a la tabla 20, La estructura de costos para el sistema hidropónico refleja una inversión total de \$485,70. Los gastos se distribuyen principalmente entre los costos fijos de los tratamientos (\$143,50), destinados a la adquisición de equipos de medición, y los costos variables del experimento (\$137,60), que incluyen mano de obra, preparación y materiales de siembra. Por su parte, los insumos básicos como fungicidas y bioestimulantes representan \$64,60. Esta configuración demuestra una estructura de costos orientada al control técnico, donde la inversión en instrumentación de precisión es un pilar fundamental para garantizar la viabilidad del sistema hidropónico.

Tabla 20. Costos totales en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en hidropónico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo unit.	Total
Costos variables de los tratamientos				
Fungicida	150	ml	\$9.60	\$9.60
Bioestimulante (Evergeen)	1	L	\$30.00	\$30.00
Macro y micronutrientes	1	L	\$25.00	\$25.00
Subtotal				\$64.60
Costos fijos de los tratamientos				
Calibrador vernier digital	1	Unidad	\$10.00	\$10.00
Refractómetro	1	Unidad	\$70.00	\$70.00
Balanza digital	1	Unidad	\$8.50	\$8.50
Medidor de pH	1	Unidad	\$30.00	\$30.00
Medidor de Ce	1	Unidad	\$25.00	\$25.00
Subtotal				\$143.50
Cotos de variables del experimento				
Semillas de tomate cherry	22	Unidad	\$0.30	\$6.60
Vasos hidropónicos	22	Unidad	\$0.50	\$11.00
Preparación del terreno	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Labores de campo/ tutorado y poda	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Toma de datos	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Cosecha	2	Jornal	\$15.00	\$30.00

Subtotal				\$137.60
Costos fijos del experimento				
Análisis de suelo	1	Unidad	\$37.00	\$37.00
Tuberías de PVC	4	Unidad	\$6.50	\$26.00
Bomba periférica	1	Unidad	\$50.00	\$50.00
Bomba de fumigación 20 L	1	Unidad	\$20.00	\$20.00
Letreros para identificación de tratamientos	4	Unidad	\$0.50	\$2.00
Pirola	2	Unidad	\$1.25	\$5.00
Subtotal				\$140.00
Total				\$485.70

Los datos de la Tabla 21 muestran que el cultivo tradicional en campo demanda un desembolso total de \$568,30, lo que representa una carga económica más pesada si se le compara con el método hidropónico. El grueso de este gasto se concentra en la parte variable del ensayo (\$342,00), sobre todo por la cantidad de insumos requeridos tales como semillas, plantas pequeñas y los jornales destinados a tareas pesadas del campo como el guiado, la poda y las aplicaciones fitosanitarias. Por otro lado, los gastos fijos se sitúan en \$99,50, al tiempo que la nutrición y el abonado suman \$52,60. En conjunto, este esquema pone en evidencia que el costo de operación final depende en gran medida del volumen de materiales utilizados y de las horas de trabajo directo en la parcela.

Tabla 21. Costos totales en producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en campo en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Detalle	Cantidad	Unidad	Costo unit.	Total
Costos variables de los tratamientos				
Insumos de nutrición/ Fertilizante NPK	250	ml	-----	\$13.00
Fungicida	150	ml	\$9.60	\$9.60
Bioestimulante (Evergeen)	1	L	\$30.00	\$30.00
Subtotal				\$52,60
Costos fijos de los tratamientos				
Calibrador vernier digital	1	Unidad	\$10.00	\$10.00

Refractómetro	1	Unidad	\$60.00	\$60.00
Balanza digital	1	Unidad	\$8.50	\$8.50
Carretilla	1	Unidad	---	----
Cinta de peligro	2	Unidad	\$10,50	\$21.00
Subtotal				\$99.50
Cotos de variables del experimento				
Semillas de tomate cherry	560	Unidad	\$0,30	\$168.00
Siembra de plántulas	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Labores de campo/ tutorado y poda	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Jornada de fumigación	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Cosecha	2	Jornal	\$15.00	\$30.00
Herbicida agrícola (glifosato)	1	Unidad	\$18.00	\$18.00
Alambre	20	Unidad	\$1.80	\$36.00
Subtotal				\$342.00
Costos fijos del experimento				
Análisis de suelo	1	Unidad	\$37.00	\$37.00
Cinta de riego por goteo	200	Metros	----	----
Bomba de fumigación 20 L	1	Unidad	\$20.00	\$20.00
Letreros para identificación de tratamientos	25	Unidad	\$0.50	\$12.50
Piola	4	Unidad	\$1.25	\$5.00
Subtotal				\$74,50
Total				\$568,30

3.2.4 Relación beneficio/costo

En la Tabla 22 se detalla el estudio financiero sobre el cultivo de tomate cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) mediante dos métodos distintos, suelo e hidroponía, con la finalidad de calcular qué tan rentable resulta cada una de las cuatro densidades de siembra analizadas (T1: D50, T2: D60, T3: D70 y T4: D80).

Tras evaluar la relación beneficio-costo, se constató que todos los tratamientos superan el valor de 1, lo que confirma su absoluta rentabilidad. En el sistema de campo, el Tratamiento 3 (D70) destaca como la alternativa con mayor eficiencia al registrar un índice B/C de 3,73, seguido muy de cerca por el T2 (3,65) y el T1 (3,56). Esto significa que, bajo

el tratamiento T3 en suelo, por cada dólar invertido se generan 3,73 dólares de retorno. Si bien el T1 presenta una utilidad neta ligeramente superior (\$12.820,00), el T3 optimiza de

mejor manera la inversión realizada al reducir los costos totales (\$4.600,00), logrando un balance óptimo entre la producción y el gasto operativo en campo.

Por su parte, el sistema hidropónico muestra un desempeño financiero destacado, respaldado por un precio de venta mayor (\$2,20/kg). En este sistema, el Tratamiento 3 (D70) vuelve a posicionarse entre los mejores del estudio, alcanzando un índice B/C sobresaliente de 4,33 (superado ligeramente por el T1 con 4,21). Este valor representa una alta eficiencia en la asignación de recursos. La combinación de una gran utilidad neta (\$17.298,56) con una gestión controlada de los costos totales (\$5.200,00) valida al T3 como uno de los esquemas de producción más rentables y sólidos bajo condiciones hidropónicas en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Table 22. Beneficio/costo en la producción de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) en campo e hidropónico en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tratamiento	Precio de venta (kg)	Ingreso Bruto (USD)	Costos Totales (USD)	Utilidad neta (USD)	B/C
Campo					
T1 (D50)	1,8	17820	5000	12820	3,56
T2 (D60)	1,8	17499,51	4800	12699,51	3,65
T3 (D70)	1,8	17142,84	4600	12542,84	3,73
T4 (D80)	1,8	14624,064	4400	10224,064	3,32
Hidropónico					
T1 (D50)	2.20	24408,16	5800	18608,16	4,21
T2 (D60)	2.20	17136,192	5400	11736,192	3,17
T3 (D70)	2.20	22498,56	5200	17298,56	4,33
T4 (D80)	2.20	11894,6048	4900	6994,6	2,43

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se concluye que el sistema de producción hidropónico optimiza significativamente el comportamiento agronómico y productivo del cultivo de tomate cherry en la zona de Santa Elena, registrando un mayor desarrollo vegetal en variables clave como altura, diámetro del tallo y número de hojas, en comparación con el sistema tradicional en suelo.

Al evaluar la calidad de la cosecha, se comprobó que la hidroponía genera frutos de tomate cherry con una maduración mucho más homogénea y concentraciones más altas de dulzor, reflejadas en los grados Brix. De igual manera, se concluye que separar más las plantas entre sí obteniendo los mejores registros con las mayores distancias incide de forma directa en el incremento del peso que gana cada fruto de manera individual.

El análisis financiero arrojó que la hidroponía deja ganancias más altas que el cultivo tradicional debido a que el fruto cotiza a mejor precio en el mercado. En esa línea, se vio que el Tratamiento 3 (D70) se alza como la opción más rentable en ambos métodos, ya que lleva al límite la relación beneficio-costos, llegando a marcar hasta 3,38 en el caso hidropónico. Por este motivo, dicha densidad de siembra se perfila como la clave para asegurar la sostenibilidad y la recuperación del dinero invertido en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Recomendaciones

Se recomienda apostar por el método hidropónico como pilar tecnológico para cultivar tomate cherry en la zona, vigilando de cerca los indicadores de desarrollo con el fin de potenciar tanto la fortaleza como la estructura de las plantas frente al clima del lugar.

Se sugiere adoptar distanciamientos de siembra amplios entre plantas dentro del diseño del cultivo, combinados con el manejo hidropónico, con el fin de garantizar un estándar óptimo de peso del fruto, homogeneidad en la cosecha y una alta concentración de grados Brix que responda a las exigencias del mercado.

Se recomienda implementar el sistema de producción hidropónica bajo una densidad de siembra de 70 cm (T3) en futuras operaciones, debido a que garantiza la mayor eficiencia financiera y el máximo retorno de la inversión. Asimismo, es aconsejable replicar este modelo de gestión de costos en otras variedades o cultivos del Centro de Apoyo Manglaralto para optimizar la rentabilidad operativa y asegurar la sostenibilidad económica a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baos, L., 2021. *Evaluación Del Porcentaje De Producción En El Cultivo De Tomate Cherry (Solanum Lycopersicum Var. Cerasiforme) Entre Fertilización Química Y Fertilización Orgánica. Vereda De Hato Nuevo, Municipio D Timbio, Departamento Del Cauca..* S.l.:<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42714>.
- Barrionuevo, H. D. A., 2020. *Implementación de un sistema de monitoreo remoto y de control para la mayor eficiencia en un cultivo de tomates cherry por hidroponía en sustrato preparado, en el cono sur de Arequipa.* S.l.:Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Bayer, A., 2022. [En línea] Available at: <https://www.agro.bayer.ec/es-ec/cultivos/tomate.html>
- Cabanzo, J. O. D., 2021. *Producción y exportación de tomate roma (Saladette) en México,* s.l.: s.n.
- Cestoni, F., Jovel, G. D. & Urquilla, A., 2019. *Perfil de negocios del tomate cherry o cereza hacia el mercado de los estados unidos.* S.l.:chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/25677.pdf>.
- Coello, B. S., García, M. S., García, B. H. & González, S. P., 2020. *Control de mosca blanca en cultivos jóvenes de tomate,* s.l.: agrocabildo.
- Cucinare, 2019. *Cucinare.* [En línea] Available at: <https://www.cucinare.tv/2019/10/24/tomate-cherry-nacido-en-mexico-resucitado-en-israel/>
- Espinoza, V. M., 2025. *Industria alimentaria.* [En línea] Available at: <https://www.industriaalimentaria.org/blog/contenido/plagas-y-enfermedades-comunes-del-tomate-cherry>
- FAO., (Organización Mundial....). 2021. *AGRIS - Sistema Internacional de Ciencia y Tecnología Agrícolas.* [En línea] Available at: <https://agris.fao.org/search/en/providers/125048/records/67488b476b7cc10eeb5ac64b>

- FAO, 2022. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. [En línea] Available at: https://www.scienceagri.com/2024/03/top-10-world-biggest-tomato-producing.html?Utm_source
- Gavilanez, E. J. M., 2022. *Caracterización del cultivo de tomate Cherry (Solanum lycopersicum var. Cerasiforme) en sistemas hidropónicos*. , s.l.: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13323/E-UTB-FACIAG-AGRON-000031.pdf?Sequence=1&isallowed=y.
- Guzmán, A. Y otros, 2018. *Manual de cultivo del tomate al aire libre*, s.l.: INIAP Ministerio de Agricultura.
- Hurtado, A. F., 2018. *Evaluación de cinco variedades de tomate (Solanum lycopersicum L.) Obtenidas usando germoplasma nativo ecuatoriano frente a dos tratamientos de control de plagas, en la provincia de Loja.*, s.l.: universidad del azuay facultad de ciencia y tecnología.
- Infoagro, 2018. *Consideraciones importantes para una correcta fertirrigación. Incremento de eficiencia*, s.l.: https://www.infoagro.com/documentos/consideraciones_importantes_una_correcta_fertirrigacion_incremento_eficiencia.asp.
- Lopez, p. E. G., 2019. *Evaluación de dos sustratos para la producción de tres cultivares de tomate cherry (Lycopersicum esculentum Mill) var. Cerasiforme (Dunal) en invernadero.*, s.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Magallanes, M. A. M., 2022. *evaluación productiva del cultivo de tomate (solanum lycopersicum l.) en dos sustratos sólidos bajo un sistema hidropónico nft.*. s.l.:universidad agraria del ecuador facultad de ciencias agrarias “dr. jacobo bucaram ortiz” carrera ingeniera en agronomía .
- Marín, L. M. L., 2018. *Manual técnico del cultivo de tomate*, s.l.: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf.
- Ministerio de Agricultura, G. Y. P., 2021. [En línea] Available at: <https://sipa.agricultura.gob.ec/>
- Molina, S. A. A. & Mora, N. A. P., 2021. *Aplicativo móvil para la gestión del mantenimiento predictivo, de las bombas de agua, en instalaciones de cultivo*

- hidropónico de gran tamaño.*, s.l.: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales..
- Montiel, E. Y. R., 2023. *“Efectos de la toxicidad del manganeso en plantas de tomate cherry (Lycopersicon esculentum Mill.) Cultivadas en hidroponía.*
S.l.:<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/7002>.
- Pilco, M. A. C., 2018. *estudio de la adaptación y rendimiento de 10 variedades de tomate riñón (solanum lycopersicum l.) bajo invernadero, cantón riobamba, provincia de chimborazo.* S.l.:s.n.
- Sacancela, J. M. G., 2023. *evaluación del control etológico y biológico para la mosca blanca (trialeurodes vaporariorum w.) en tomate cherry (solanum lycopersicum l.) var. san marzano en invernadero.*, s.l.: escuela superior politécnica de chimborazo.
- Saumell, E. L., 2019. *Martes neológico.* [En línea]
Available at: <https://blogscvc.cervantes.es/martes-neologico/tomate-cherry/>
- Tomalá, H. A. M., 2019. *evaluación de fenología y rendimiento de tomate hidropónico (lycopersicum esculentum mill), bajo distintas soluciones nutritivas en clima semiárido*, s.l.: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4802/1/UPSE-TIA-2019-0002..pdf>.
- Zambrano, B. E. M., Carpio, E. P., Montealegre, V. J. G. & Romero, H. C., 2023. *Sistema de producción sustentable de tomates cherry (solanum lycopersicum var. Cerasiforme): riego permanente y cultivo alternativo*, s.l.: Universidad técnica de machala.

ANEXOS

Anexo 1. ANOVA

Anexo 1. 1. ANOVA altura de la planta en campo a los 15 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43,61	7	6,23	0,51	0,8100
Tratamientos	33,97	3	11,32	0,93	0,4569
Bloques	9,64	4	2,41	0,20	0,9349
Error	146,40	12	12,20		
Total	190,01	19			

Anexo 1. 2. ANOVA altura de la planta en campo a los 22 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	77,30	7	11,04	0,28	0,9479
Tratamientos	37,99	3	12,66	0,33	0,8066
Bloques	39,31	4	9,83	0,25	0,9023
Error	466,08	12	38,84		
Total	543,38	19			

Anexo 1. 3. ANOVA altura de la planta en campo a los 29 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	65,15	7	9,31	0,19	0,9816
Tratamientos	39,33	3	13,11	0,27	0,8457
Bloques	25,82	4	6,46	0,13	0,9672
Error	582,40	12	48,53		
Total	647,55	19			

Anexo 1. 4. ANOVA altura de la planta en campo a los 36 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	635,01	7	90,72	1,00	0,4341
Bloques	304,73	4	76,18	0,84	0,5026
Tratamientos	330,28	3	110,09	1,21	0,3070
Error	17455,07	192	90,91		
Total	18090,08	199			

Anexo 1. 5. ANOVA altura de la planta en campo a los 43 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	855,50	7	122,21	0,78	0,6046
Bloques	508,30	4	127,07	0,81	0,5194
Tratamientos	347,21	3	115,74	0,74	0,5301
Error	30075,37	192	156,64		
Total	30930,88	199			

Anexo 1. 6. ANOVA altura de la planta en campo a los 50 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	79,42	7	11,35	0,18	0,9845
Tratamientos	41,24	3	13,75	0,22	0,8817
Bloques	38,18	4	9,55	0,15	0,9586
Error	754,98	12	62,91		
Total	834,40	19			

Anexo 1. 7. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	138,49	6	23,08	0,46	0,8208
Repetición	29,44	3	9,81	0,20	0,8965
Tratamientos	109,06	3	36,35	0,73	0,5615
Error	450,47	9	50,05		
Total	588,96	15			

Anexo 1. 8. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9041,56	6	1506,93	0,72	0,6443
Repetición	3363,22	3	1121,07	0,54	0,6694
Tratamientos	5678,34	3	1892,78	0,90	0,4763
Error	18835,22	9	2092,80		
Total	27876,78	15			

Anexo 1. 10. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1554,53	6	259,09	1,34	0,3326
Repetición	114,84	3	38,28	0,20	0,8952
Tratamientos	1439,69	3	479,90	2,48	0,1273
Error	1740,77	9	193,42		
Total	3295,29	15			

Anexo 1. 9. ANOVA altura de la planta en hidropónico a los 57 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	336,15	6	56,02	0,64	0,6966
Repetición	144,04	3	48,01	0,55	0,6607
Tratamientos	192,11	3	64,04	0,73	0,5578
Error	785,71	9	87,30		
Total	1121,86	15			

Anexo 1 11. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 15 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,47	7	0,21	0,62	0,7295
Bloques	0,22	4	0,06	0,16	0,9530
Tratamientos	1,25	3	0,42	1,23	0,3405
Error	4,06	12	0,34		
Total	5,53	19			

Anexo 1. 12. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 22 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,62	7	0,23	0,80	0,6015
Bloques	0,30	4	0,08	0,26	0,8973
Tratamientos	1,32	3	0,44	1,52	0,2592
Error	3,47	12	0,29		
Total	5,10	19			

Anexo 1. 13. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 29 días

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,93	7	0,13	0,96	0,5026
Bloques	0,20	4	0,05	0,36	0,8319
Tratamientos	0,73	3	0,24	1,75	0,2105
Error	1,67	12	0,14		
Total	2,60	19			

Anexo 1. 14. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 36 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,10	7	0,16	0,39	0,8901
Bloques	0,12	4	0,03	0,07	0,9890
Tratamientos	0,99	3	0,33	0,81	0,5100
Error	4,84	12	0,40		
Total	5,94	19			

Anexo 1. 15. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 43 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,23	7	0,18	0,37	0,9051
Bloques	0,17	4	0,04	0,09	0,9839
Tratamientos	1,05	3	0,35	0,73	0,5513
Error	5,74	12	0,48		
Total	6,96	19			

Anexo 1. 16. ANOVA diámetro del tallo en campo a los 50 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,26	7	0,18	0,39	0,8887
Bloques	0,49	4	0,12	0,27	0,8935
Tratamientos	0,77	3	0,26	0,56	0,6504
Error	5,48	12	0,46		
Total	6,74	19			

Anexo 1. 17. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 15 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,34	6	0,56	6,07	0,0086
Repetición	0,59	3	0,20	2,15	0,1639
Tratamientos	2,75	3	0,92	9,98	0,0032
Error	0,83	9	0,09		
Total	4,16	15			

Anexo 1. 18. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 29 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,08	6	0,01	3,00	0,0677
Repetición	0,01	3	1,7E-03	0,38	0,7733
Tratamientos	0,08	3	0,03	5,63	0,0189
Error	0,04	9	4,4E-03		
Total	0,12	15			

Anexo 1. 19. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 43 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,35	6	2,39	7,69	0,0039
Repetición	1,67	3	0,56	1,79	0,2188
Tratamientos	12,68	3	4,23	13,58	0,0011
Error	2,80	9	0,31		
Total	17,15	15			

Anexo 1. 20. ANOVA diámetro del tallo en hidropónico a los 57 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,36	6	0,23	1,29	0,3510
Repetición	0,20	3	0,07	0,37	0,7742
Tratamientos	1,16	3	0,39	2,21	0,1570
Error	1,58	9	0,18		
Total	2,94	15			

Anexo 1. 21. ANOVA del número de hojas en campo a los 15 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	85,76	7	12,25	0,83	0,5844
Bloques	37,89	4	9,47	0,64	0,6445
Tratamientos	47,87	3	15,96	1,08	0,3958
Error	177,83	12	14,82		
Total	263,59	19			

Anexo 1. 22. ANOVA del número de hojas en campo a los 22 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	62,61	7	8,94	0,36	0,9073
Bloques	44,04	4	11,01	0,45	0,7733
Tratamientos	18,57	3	6,19	0,25	0,8592
Error	296,16	12	24,68		
Total	358,77	19			

Anexo 1. 23. ANOVA del número de hojas en campo a los 29 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	67,19	7	9,60	0,22	0,9742
Bloques	52,29	4	13,07	0,30	0,8753
Tratamientos	14,90	3	4,97	0,11	0,9512
Error	530,90	12	44,24		
Total	598,09	19			

Anexo 1. 24. ANOVA del número de hojas en campo a los 36 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	82,13	7	11,73	0,22	0,9718
Bloques	58,48	4	14,62	0,28	0,8858
Tratamientos	23,65	3	7,88	0,15	0,9273
Error	628,41	12	52,37		
Total	710,54	19			

Anexo 1. 25. ANOVA del número de hojas en campo a los 43 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	125,81	7	17,97	0,24	0,9678
Bloques	90,27	4	22,57	0,30	0,8751
Tratamientos	35,54	3	11,85	0,16	0,9243
Error	915,31	12	76,28		
Total	1041,12	19			

Anexo 1. 26. ANOVA del número de hojas en campo a los 50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	307,49	7	43,93	0,38	0,8941
Bloques	171,67	4	42,92	0,38	0,8216
Tratamientos	135,82	3	45,27	0,40	0,7580
Error	1370,42	12	114,20		
Total	1677,90	19			

Anexo 1 27. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 15 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5657,38	6	942,90	2,50	0,1052
Repetición	458,69	3	152,90	0,40	0,7534
Tratamientos	5198,69	3	1732,90	4,59	0,0327
Error	3401,06	9	377,90		
Total	9058,44	15			

Anexo 1. 28. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 29 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	825,50	6	137,58	0,76	0,6189
Repetición	185,25	3	61,75	0,34	0,7965
Tratamientos	640,25	3	213,42	1,18	0,3712
Error	1630,25	9	181,14		
Total	2455,75	15			

Anexo 1. 29. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 43 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5381,88	6	896,98	4,16	0,0279
Repetición	1751,19	3	583,73	2,71	0,1077
Tratamientos	3630,69	3	1210,23	5,62	0,0190
Error	1939,56	9	215,51		
Total	7321,44	15			

Anexo 1. 30. ANOVA del número de hojas en hidropónico a los 57 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5657,38	6	942,90	2,50	0,1052
Repetición	458,69	3	152,90	0,40	0,7534
Tratamientos	5198,69	3	1732,90	4,59	0,0327
Error	3401,06	9	377,90		
Total	9058,44	15			

Anexo 1. 31. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 15 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	825,50	6	137,58	0,76	0,6189
Repetición	185,25	3	61,75	0,34	0,7965
Tratamientos	640,25	3	213,42	1,18	0,3712
Error	1630,25	9	181,14		
Total	2455,75	15			

Anexo 1. 32. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 29 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5532,72	6	922,12	0,66	0,6867
Repetición	368,31	3	122,77	0,09	0,9652
Tratamientos	5164,41	3	1721,47	1,23	0,3560
Error	12645,72	9	1405,08		
Total	18178,44	15			

Anexo 1. 33. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5381,88	6	896,98	4,16	0,0279
Repetición	1751,19	3	583,73	2,71	0,1077
Tratamientos	3630,69	3	1210,23	5,62	0,0190
Error	1939,56	9	215,51		
Total	7321,44	15			

Anexo 1. 34. ANOVA longitud de la raíz hidropónico a los 57 días.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5532,72	6	922,12	0,66	0,6867
Repetición	368,31	3	122,77	0,09	0,9652
Tratamientos	5164,41	3	1721,47	1,23	0,3560
Error	12645,72	9	1405,08		
Total	18178,44	15			

Anexo 1. 35. ANOVA de grados brix en campo.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	42,00	7	6,00	0,45	0,8524
Bloques	22,20	4	5,55	0,42	0,7942
Tratamientos	19,80	3	6,60	0,49	0,6929
Error	160,20	12	13,35		
Total	202,20	19			

Anexo 1. 36. ANOVA de grados brix en hidropónico.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34,50	4	8,63	0,70	0,6417
Repetición	18,00	1	18,00	1,46	0,3136
Tratamientos	16,50	3	5,50	0,45	0,7378
Error	37,00	3	12,33		
Total	71,50	7			

Anexo 1. 37. ANOVA Peso del fruto en campo.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

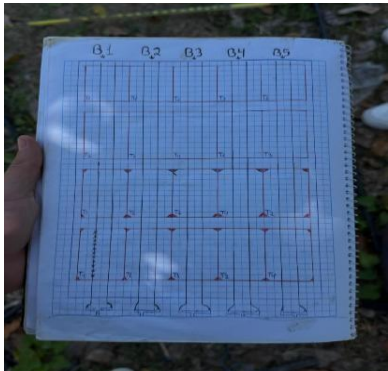
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	64,08	7	9,15	1,82	0,0852
Bloques	26,52	4	6,63	1,32	0,2643
Tratamientos	37,56	3	12,52	2,49	0,0615
Error	964,95	192	5,03		
Total	1029,03	199			

Anexo 1. 38. ANOVA peso del fruto en hidropónico.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	94,36	3	31,45	4,46	0,0055
Tratamientos	94,36	3	31,45	4,46	0,0055
Error	733,63	104	7,05		
Total	827,99	107			

Anexo 2. Imágenes de proyecto.

	
Anexo 2 1. Croquis de campo.	Anexo 2 2. Preparación del terreno.
	
Anexo 2 3. Arado y delimitación del terreno.	Anexo 2 4. Implementación del sistema hidropónico.
	
Anexo 2 5. Trasplante en campo.	Anexo 2 6. Trasplante en hidropónico.



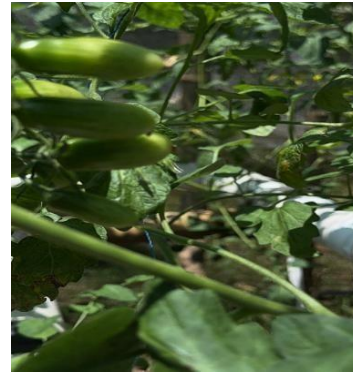
Anexo 2 7. Instrumentos para medición de Ph y Ce.



Anexo 2 8. Presencia de floración en hidropónico.



Anexo 2 9. Presencia de producción en hidropónico.



Anexo 2 10. Presencia de producción en hidropónico.



Anexo 2 11. Presencia de producción en campo.



Anexo 2 12. Tutorado en campo.



Anexo 2 13. Formación y desarrollo de racimos con frutos



Anexo 2 14. Presencia de plagas en hidropónico.



Anexo 2 15. Primera cosecha en hidropónico.



Anexo 2 16. Toma de variables.



Anexo 2 17. Segunda cosecha en hidropónico.



Anexo 2 18. Primera cosecha en campo.

	
Anexo 2 19. Segunda cosecha en campo.	

Anexo 3. Plan de fertilización.

Parámetros		N
Rango Ópt. Suelo ¹	Kg/ha	20-30
Nutrientes en el suelo	Ppm	18 B
	Kg/ha	36 B
Requerimientos (kg/ha) ²		30
~~Req.~~ + Rango Ópt.		60
Por aplicar [Kg/ha/año]		24 B

Anexo 4. Análisis de suelo.

Parámetros		N	
Rango Ópt. Suelo ¹	Kg/ha	20-30	
Nutrientes en el suelo	Ppm	18 B	
	Kg/ha	36 B	
Requerimientos (kg/ha) ²		30	
~~Req.~~ + Rango Ópt.		60	
Por aplicar [Kg/ha/año]		24 B	

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre	MERCEDES ROSALES STEFANNY	Nombre	S. N.	Cultivo Actual	Maz
Dirección	SANTA ELENA	Provincia	Santa Elena	Nº Reporte	14131
Ciudad	SANTA ELENA	Cantón	Santa Elena	Fecha de Muestreo	2/2/2026
Teléfono	098811541	Parroquia	Maligán Alto	Fecha de Ingreso	2/2/2026
Fax		Ubicación	Maligán Alto	Fecha de Salida	2/2/2026

Nº Muest.	Datos del Lote	Area	pH	NH ₄	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
118131	M1 Suelo en Muejido		7,4	18	32	5,84	19	4,6	50	3,2	5,5	14	12,5	1,44

INTERPRETACIÓN		Elementos de S y B		METEOROLOGÍA USADA		EXTRACTANTES	
Mt	Muy Ácido	U	Urgente	BC	Resistente	N, P, K	N, P, K, Ca, Mg, S, Zn
A	Ácido	U	Urgente	BC	Resistente	N, P, K	N, P, K, Ca, Mg, S, Zn
Mt	Muy Ácido	U	Urgente	BC	Resistente	N, P, K	N, P, K, Ca, Mg, S, Zn

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS		RESPONSABLE LABORATORIO	