

"Evaluación Del Crecimiento Y Producción Del Tomate Cherry En Un Cultivo Vertical
Ecológico En San Gil, Santander"

Autor Daniela del Pilar Rincón Gómez

Trabajo de Grado para Optar al Título de Administrador Agroindustrial

Director

Alfonso Díaz Fonseca

Ingeniero Agrónomo Especialista en Ingeniería Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional de Educación a Distancia IPRED

Programa Académico Administración Agroindustrial

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo primeramente a Dios, por ser fuente de sabiduría, fortaleza y amor, y a todas las personas que, con su apoyo incondicional, han sido fuente de inspiración y motivación a lo largo de este proceso. En especial, a mi familia, por su amor y confianza constantes; a mis profesores, por su guía y enseñanza. También, quiero rendir homenaje a aquellos que, con su esfuerzo y dedicación en la investigación, han contribuido al avance del conocimiento en el campo de la agricultura sostenible.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de una u otra forma, contribuyeron al desarrollo de este trabajo. Agradezco profundamente a mi director de tesis, Alfonso Díaz Fonseca, por su valiosa orientación, paciencia durante todo el proceso. A mis profesores y tutores de la Universidad Industrial de Santander, por brindarme su apoyo académico y por su disposición para resolver mis dudas y enriquecer mi aprendizaje.

A mis compañeros y amigos, por su colaboración en la toma de datos, preparación de tablas e ilustraciones, y por su constante ánimo en todo momento. Su ayuda fue fundamental para superar los desafíos que surgieron.

Finalmente, quiero agradecer a mi familia, por su amor, comprensión y apoyo incondicional, sin los cuales este trabajo no hubiera sido posible.

A todos, muchas gracias.

Tabla de Contenido

Introducción 10

1. Objetivos 10

2. Planteamiento del Problema 11

3. Justificación 14

4. Marco de Referencia 15

5. Generalidades 29

6. Metodología 32

Fructificación 45

7. Cronograma de Actividades 54

8. Recursos 56

9. Resultados 57

10. Conclusiones 71

Referencias Bibliográficas 75

Lista de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. <i>Localización del proyecto.</i> | 29 |
| Tabla 2. <i>Requerimientos climáticos del cultivo de tomate Cherry.</i> | 30 |
| Tabla 3. <i>Indicadores para la metodología.</i> | 34 |
| Tabla 4. <i>Preparación del terreno, siembra de plantas y cuidados adicionales.</i> | 36 |
| Tabla 5. <i>Requerimiento nutricional del cultivo.</i> | 38 |
| Tabla 6. <i>Fase Fenológica</i> | 47 |
| Tabla 7. <i>Datos Cuantitativos</i> | 47 |
| Tabla 8. <i>Cronograma de Actividades</i> | 54 |
| Tabla 9. <i>Plan de Fertilización Ecológica</i> | 55 |
| Tabla 10. <i>Tabla de inversión inicial</i> | 56 |
| Tabla 11. <i>Consumo Diario de Agua por Planta en el Sistema Vertical</i> | 57 |
| Tabla 12. <i>Rendimiento del Cultivo de Tomate Cherry</i> | 58 |
| Tabla 13. <i>Calidad del Fruto del Tomate Cherry</i> | 60 |
| Tabla 14. <i>Método manual comparativo (tacto)</i> | 60 |
| Tabla 15. <i>Resultados de la evaluación sensorial del tomate cherry (escala 1 a 5).</i> | 64 |
| Tabla 16. <i>Resultado individuales evaluación sensorial</i> | 65 |
| Tabla 17. <i>Comparación del Impacto Ambiental.</i> | 68 |
| Tabla 18. <i>Análisis comparativo</i> | 71 |

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. <i>Ubicación localización del proyecto.</i> | 30 |
| Figura 2. <i>Evidencia luz solar mañana (7:00 am).</i> | 31 |
| Figura 3. <i>Evidencia luz solar tarde.</i> | 32 |
| Figura 4. <i>Tomate Cherry.</i> | 32 |
| Figura 5. <i>Humedad del sustrato.</i> | 41 |
| Figura 6. <i>Germinación Tomate Cherry.</i> | 44 |
| Figura 7. <i>Aparición de las hojas.</i> | 44 |
| Figura 8. <i>Formación de las primeras flores.</i> | 45 |
| Figura 9. <i>Desarrollo del fruto.</i> | 45 |
| Figura 10. <i>Madurez y variedad del color del fruto</i> | 46 |
| Figura 11. <i>Evidencia cultivo propio</i> | 49 |
| Figura 12. <i>Espacio actual del cultivo</i> | 49 |
| Figura 13. <i>Tonos de Maduración del tomate Cherry</i> | 59 |
| Figura 14. <i>Tamaño</i> | 61 |
| Figura 15. <i>Color</i> | 61 |
| Figura 16. <i>Firmeza</i> | 62 |
| Figura 17. <i>Textura</i> | 62 |
| Figura 18. <i>Selección del fruto para cata</i> | 64 |
| Figura 19. <i>Evidencia 1 evaluación sensorial</i> | 65 |
| Figura 20. <i>Evidencia 2 evaluación sensorial</i> | 66 |
| Figura 24. <i>Peso del fruto en el sistema vertical</i> | 70 |

Glosario

Bosques Protectores: ecosistemas de alta importancia ambiental que contribuyen a la conservación de recursos hídricos y biodiversidad.

Cultivo Vertical Ecológico: sistema de producción en el que las plantas se cultivan en estructuras verticales, optimizando el espacio y reduciendo el impacto ambiental.

fotoperiodo: duración del período de luz en un día, factor clave en el desarrollo de las plantas.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA): entidad encargada de regular y controlar la sanidad agropecuaria en Colombia.

Maceta: recipiente utilizado para el cultivo de plantas, permitiendo su desarrollo en espacios controlados.

Normativas Ambientales: conjunto de leyes y regulaciones que establecen criterios para la protección y el uso sostenible de los recursos naturales.

Producción Agroindustrial: proceso que involucra la transformación y comercialización de productos agrícolas con valor agregado.

Producción Sostenible: modelo de desarrollo que busca minimizar el impacto ambiental y optimizar los recursos naturales en la agricultura y la agroindustria.

Sistema de Riego: Conjunto De Tecnologías Y Prácticas Utilizadas Para Suministrar Agua A Los Cultivos De Manera Eficiente.

Sustrato: material utilizado como soporte para el crecimiento de plantas en cultivos sin suelo.

Tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*): variedad de tomate de frutos pequeños, dulces y de alta demanda comercial.

Resumen

Título: "Evaluación Del Crecimiento Y Producción Del Tomate Cherry En Un Cultivo Vertical Ecológico En San Gil, Santander"*

Autor: Daniela del Pilar Rincón Gomez**

Palabras Clave: Cultivo vertical, tomate cherry, producción sostenible, agricultura urbana, impacto ambiental.

Descripción: El presente estudio tiene como objetivo evaluar el crecimiento y la producción del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) en un sistema de cultivo vertical ecológico en macetas, implementado en el área urbano del municipio de San Gil, Santander. La investigación responde a la necesidad de buscar alternativas sostenibles para la producción agrícola en espacios reducidos, maximizando el rendimiento y minimizando el impacto ambiental.

Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo del desarrollo del cultivo, considerando variables como la producción por planta, la calidad del fruto y el impacto ambiental en comparación con métodos convencionales de cultivo. Los resultados obtenidos evidencian que el sistema de cultivo vertical ecológico en macetas es una alternativa viable para la producción de tomate cherry en entornos urbanos, ya que optimiza el uso del espacio y reduce el consumo de recursos hídricos y fertilizantes.

Este trabajo contribuye al desarrollo de nuevas estrategias de producción sostenible, ofreciendo una opción innovadora para pequeños productores y personas interesadas en la agricultura urbana. Asimismo, permite generar conocimiento sobre la adaptación de cultivos en condiciones controladas, lo que puede ser replicado en otros municipios con características similares.

* Trabajo de Grado

** Instituto de Proyección Regional de Educación a Distancia IPRED. Programa Académico Administración Agroindustrial. Director: Alfonso Díaz Fonseca. Ingeniero Agrónomo Especialista en Ingeniería Ambiental.

Abstract

Title: "Evaluation of Growth and Production of Cherry Tomato in an Ecological Vertical Cultivation in the San Gil, Santander"

Author: Daniela del Pilar Rincón Gomez¹

Key Words: Vertical farming, cherry tomato, sustainable production, urban agriculture, environmental impact.

Description: The present study aims to evaluate the growth and production of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) in an ecological vertical cultivation system in pots, implemented in the urban area of the municipality of San Gil, Santander. The research addresses the need to seek sustainable alternatives for agricultural production in reduced spaces, maximizing yield while minimizing environmental impact.

A quantitative and qualitative analysis of crop development was conducted, considering variables such as production per plant, fruit quality, and environmental impact compared to conventional cultivation methods. The results obtained demonstrate that the ecological vertical cultivation system in pots is a viable alternative for cherry tomato production in urban environments, as it optimizes space usage and reduces water and fertilizer consumption.

This study contributes to the development of new sustainable production strategies, offering an innovative option for small producers and individuals interested in urban agriculture. Additionally, it generates knowledge on the adaptation of crops in controlled conditions, which can be replicated in other municipalities with similar characteristics.

* Thesis

** IPRED Institute for Regional Projection of Distance Education. Academic Program in Agroindustrial Management. Director: Alfonso Díaz Fonseca. Agricultural Engineer specializing in Environmental Engineering.

Introducción

Al implementar un sistema de cultivo vertical en macetas, no solo busca maximizar el uso del espacio urbano disponible, sino también fomentar la producción de alimentos frescos y libres de productos de síntesis química. Este sistema innovador permite optimizar el crecimiento de los tomates cherry, asegurando un producto de alta calidad y bajo impacto ambiental.

Se evalúa de manera detallada el crecimiento y la producción de los tomates cherry bajo condiciones controladas y utilizando técnicas agroecológicas. Este enfoque no solo preserva las propiedades nutritivas de los productos, sino que también contribuye a la reducción de la huella ecológica al minimizar el uso de plaguicidas y fertilizantes, favoreciendo el equilibrio natural del ecosistema. Al combinar otras plantas aromáticas como el orégano, ajo, laurel, tomillo y albahaca, el cultivo promueve una biodiversidad beneficiosa que mejora la salud del suelo y el rendimiento de la producción.

Además de la importancia productiva, la iniciativa busca involucrar a la comunidad urbana de San Gil en prácticas de cultivo sostenibles, promoviendo la conciencia ambiental y un estilo de vida más saludable, fomentando el autoconsumo, la reducción de desechos plásticos y el apoyo a la economía local, creando una comunidad más consciente de la necesidad de prácticas agrícolas responsables.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Evaluar las características fenológicas del crecimiento y producción del Tomate Cherry en un cultivo vertical ecológico en macetas en el Área Urbana del municipio de San Gil, Santander

1.2. Objetivos Específicos

Cuantificar el rendimiento del cultivo de tomate cherry en un sistema vertical ecológico en macetas.

Determinar la calidad del fruto mediante el análisis de parámetros físicos, bajo condiciones ecológicas planteadas.

Reducir el consumo de agua, fertilizantes, así como minimizar la generación de residuos, mediante la implementación de prácticas eficientes y sostenibles.

2. Planteamiento del Problema

2.1. Situación Problemática

En un mundo donde la sostenibilidad y la autosuficiencia alimentaria son cada vez más valoradas, proyectos como este buscan aprovechar al máximo el espacio disponible en entornos urbanos, promoviendo el cultivo vertical en balcones y espacios reducidos, dedicado a la producción sostenible de tomate cherry, se enfrenta a un desafío importante: optimizar el crecimiento y la producción en un cultivo vertical ecológico en macetas, específicamente en un balcón limitado de 110 cm ancho x 150 cm largo, por lo tanto, el área es de 1.65 m², con 2 jardineras de tres módulos con espacio para 12 plantas, y 4 macetas plásticas rectangulares distribuidas en un muro 110 cm ancho x 110 cm de largo, con espacio para 8 plantas, en condiciones óptimas de espacio entre plantas.

A pesar de las oportunidades que ofrece el cultivo en casa, se debe superar una serie de retos clave para asegurar el éxito del proyecto:

21.1. Desafíos y Factores Críticos

El cultivo de tomate cherry en un balcón con espacio reducido implica el desafío de optimizar cada centímetro disponible mediante una planificación estratégica. En este contexto, resulta fundamental diseñar un sistema de cultivo vertical eficiente que permita maximizar el área útil sin comprometer el desarrollo de las plantas. El uso de estanterías de varios niveles, macetas colgantes y jardines verticales modulares adaptados a las dimensiones específicas del balcón se convierte en una alternativa viable para incrementar la producción. Esta organización no solo favorece el aprovechamiento del espacio, sino que también mejora la circulación del aire y la exposición a la luz solar.

Dado que el espacio es limitado, la selección de variedades adecuadas es un factor determinante para el éxito del cultivo. Se priorizarán variedades compactas de tomate cherry que se adapten al crecimiento en macetas y que no requieran gran altura ni expansión lateral. Entre ellas destaca la variedad Red Robin, ideal para espacios pequeños, ya que no supera los 30 cm de altura y ofrece una alta productividad en condiciones controladas. Elegir este tipo de planta facilita el manejo, reduce la necesidad de tutorado complejo y se ajusta perfectamente al diseño vertical planteado.

La implementación de prácticas de cultivo orgánico en macetas constituye otro pilar del proyecto. Aunque el espacio reducido puede dificultar procesos como el compostaje, es posible utilizar compost debidamente madurado y sustratos ecológicos que aseguren una adecuada nutrición del cultivo. El uso de fertilizantes orgánicos permitirá mantener la calidad del suelo y conservar las propiedades saludables del tomate cherry. Asimismo, el manejo responsable del agua, ajustado a los requerimientos específicos de cada planta y aplicado de manera dosificada,

evitará la saturación del sustrato y el desperdicio del recurso, contribuyendo a una producción sostenible.

En cuanto al manejo del entorno urbano, es importante considerar que el balcón recibe luz solar desde las 9:00 a. m. hasta las 4:00 p. m., lo cual proporciona condiciones favorables para el crecimiento del tomate cherry. Sin embargo, la exposición urbana también puede implicar la presencia de plagas y variaciones ambientales. Por ello, se implementarán estrategias de manejo integrado de plagas, tales como el uso de insecticidas naturales, trampas adhesivas y plantas repelentes, priorizando métodos preventivos y ecológicos que eviten el uso de plaguicidas químicos.

El riego en macetas requiere un control preciso para mantener un equilibrio adecuado de humedad. El sistema establecido será manual y calibrado según las necesidades del cultivo, realizándose tres aplicaciones distribuidas cada seis horas durante el día, evitando así la saturación del suelo. Este método permitirá mantener una hidratación constante sin generar encharcamientos que puedan afectar las raíces.

Todos estos procesos se orientan hacia la conservación de los recursos naturales renovables y la protección del medio ambiente, integrando principios de sostenibilidad en cada etapa del cultivo. No se trata únicamente de producir alimentos en un espacio urbano reducido, sino de hacerlo bajo un enfoque responsable que aporte al bienestar ambiental y comunitario.

Para enfrentar estos desafíos de manera efectiva, será necesario realizar una investigación enfocada en la evaluación de sistemas de cultivo vertical adaptados a espacios pequeños; el análisis de variedades compactas como Red Robin; la optimización de técnicas de compostaje y

fertilización en macetas; el monitoreo ecológico de plagas y enfermedades; y el diseño de estrategias de riego eficientes para cultivos urbanos.

2.2. Pregunta Problema

¿Cómo influye el uso de un cultivo vertical ecológico en macetas sobre el crecimiento, producción y calidad del tomate cherry en el contexto urbano del municipio de San Gil, Santander?

2.3. Hipótesis

H₀: La implementación de un sistema de cultivo vertical ecológico en macetas no incide de manera significativa sobre el desarrollo morfológico, fisiológico ni en la producción de frutos del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) en condiciones urbanas del municipio de San Gil, Santander.

3. Justificación

En el marco de un creciente interés por la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental, la evaluación del crecimiento y producción del tomate cherry en un cultivo vertical ecológico en macetas en el casco urbano, representa una oportunidad única para promover prácticas agrícolas urbanas más sostenibles y adaptadas a las limitaciones espaciales. Este enfoque de cultivo vertical en macetas ofrece una solución viable para maximizar el uso de espacios reducidos, como balcones y pequeños jardines, sin comprometer la productividad.

El uso de técnicas ecológicas, como la producción orgánica sin pesticidas ni fertilizantes químicos, contribuye a la protección del medio ambiente al reducir la contaminación del suelo y el agua, y fomentar la biodiversidad. Además, este proyecto no solo optimiza el uso del espacio urbano, sino que también apoya una tendencia creciente hacia la autosuficiencia alimentaria,

brindando a los residentes locales acceso a alimentos frescos, libres de residuos químicos y más nutritivos, lo cual impacta positivamente la salud de la comunidad.

El contexto específico del municipio de San Gil, con sus particulares condiciones climáticas y geográficas, proporciona una oportunidad para generar conocimientos valiosos sobre la viabilidad y eficiencia de los cultivos verticales en áreas urbanas. Los resultados de esta investigación podrían ser replicables en otros entornos urbanos similares, y servir como base para desarrollar programas locales que promuevan la agricultura urbana sostenible. Además, los datos obtenidos pueden informar políticas públicas que apoyen el desarrollo agrícola urbano y la adopción de prácticas sostenibles en el municipio y la región. Durante su ciclo de vida, las plantas de tomate cherry absorben CO₂ de la atmósfera para realizar la fotosíntesis, contribuyendo temporalmente a la reducción de la cantidad de CO₂ en el aire.

4. Marco de Referencia

4.1. Marco contextual

4.1.1 Origen del Tomate

El tomate cherry es una variedad pequeña del tomate tradicional (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), que tiene una larga historia de domesticación en América. Se cree que los primeros tomates domesticados por civilizaciones precolombinas en los Andes —especialmente en lo que hoy es Perú y el norte de Chile— eran de tamaños pequeños. Estas civilizaciones, al igual que las culturas mesoamericanas como los aztecas, comenzaron a usar el tomate en su alimentación. Posteriormente, con la llegada de los colonizadores europeos en el siglo XVI, el tomate fue llevado a Europa, donde se adaptó a distintos climas y ganó popularidad, incluyendo variedades más pequeñas como el tomate cherry, que se caracteriza por su dulzura y versatilidad.

La variedad Red Robin es una versión moderna del tomate cherry, creada específicamente para el cultivo en espacios reducidos, como huertas caseras o en macetas. Este tipo de tomate cherry es muy apreciado por su tamaño compacto, que lo hace ideal para crecer en huertos verticales y entornos urbanos. El Red Robin es conocido por ser resistente y de fácil cultivo, produciendo frutos pequeños y rojos que son dulces y jugosos, lo que lo convierte en una opción popular para salsas y ensaladas.

El tomate cherry tiene un origen antiguo y americano, mientras que la variedad Red Robin representa un desarrollo moderno que se ajusta a las necesidades de la agricultura urbana y doméstica. Ambos mantienen la conexión con prácticas sostenibles, especialmente en el contexto de huertas ecológicas y de autoconsumo.

4.2. Marco Conceptual

4.2.1. Fertilización organica

La fertilización orgánica consiste en el uso de materiales naturales, como compost, estiércol y residuos de cultivos, con el propósito de mejorar la fertilidad del suelo y aportar nutrientes esenciales a las plantas. A diferencia de los fertilizantes químicos sintéticos, estos insumos provienen de fuentes naturales y son transformados mediante procesos biológicos que respetan los ciclos del ecosistema. Su aplicación no solo busca nutrir el cultivo, sino también fortalecer el equilibrio del suelo como sistema vivo.

Una de las principales características de la fertilización orgánica es que proporciona nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y diversos micronutrientes en formas naturales. Estos elementos se liberan de manera gradual a medida que la materia orgánica se descompone, lo que permite una nutrición progresiva y reduce el riesgo de sobrefertilización. Este

proceso favorece un crecimiento más equilibrado de las plantas y una mayor estabilidad en el desarrollo del cultivo.

Además de aportar nutrientes, la fertilización orgánica mejora significativamente la estructura del suelo. Incrementa su capacidad de retención de agua, favorece la aireación y estimula la actividad de microorganismos benéficos que participan en la descomposición de la materia orgánica y en la disponibilidad de nutrientes. En consecuencia, el suelo se convierte en un entorno más fértil, resiliente y capaz de sostener cultivos saludables a largo plazo.

Desde una perspectiva ambiental, este tipo de fertilización promueve prácticas agrícolas sostenibles al aprovechar recursos renovables y disminuir la dependencia de insumos químicos sintéticos. Asimismo, presenta un menor impacto ambiental, ya que reduce la escorrentía de nutrientes y el riesgo de contaminación de fuentes hídricas. En conjunto, la fertilización orgánica no solo nutre las plantas, sino que también protege el entorno y contribuye a una producción más responsable y sostenible.

4.3. Marco Teórico

4.3.1. Historia del Tomate

Origen y domesticación del tomate cherry: El tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) tiene su origen en la región andina de América del Sur, donde fue domesticado por las civilizaciones precolombinas. A lo largo de la historia, su tamaño pequeño y dulzura lo hicieron popular en diferentes culturas.

Expansión del tomate hacia Europa y el mundo: Con la llegada de los colonizadores europeos en el siglo XVI, el tomate se difundió hacia Europa y luego al resto del mundo. Italia fue uno de los primeros países europeos en adoptar el tomate en su cocina.

4.3.2. Composición Nutricional del Tomate Cherry

Los tomates cherry son ricos en vitaminas como la vitamina C, vitamina A, y vitamina K, así como en minerales como el potasio y antioxidantes, en particular el licopeno, que se ha asociado con la reducción del riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer y problemas cardiovasculares.

4.3.3. Usos Culinarios y Culturales

La salsa de tomate cherry ha ganado popularidad en la cocina contemporánea, especialmente en países mediterráneos y en la cocina fusión, donde su versatilidad permite su uso en una amplia variedad de platos.

En la gastronomía mediterránea, esta salsa es utilizada en platos ligeros de pasta, pizzas, y como acompañamiento de carnes y pescados.

4.3.4. Impacto Ambiental y Sostenibilidad

En términos de sostenibilidad, el cultivo de tomates cherry puede variar dependiendo de las prácticas agrícolas utilizadas. Los sistemas agrosilvopastoriles y otros métodos sostenibles, como la agricultura orgánica, permiten una producción más respetuosa con el medio ambiente.

La reducción del uso de pesticidas y el uso eficiente del agua son factores clave en la producción de tomate cherry, tanto a nivel industrial como artesanal.

4.3.5. Investigación y Desarrollo en el Campo de la Alimentación

La investigación sobre nuevas variedades de tomate cherry resistentes a plagas y con mayor valor nutricional es continua. Asimismo, el desarrollo de técnicas para mejorar la vida útil y mantener el sabor y la calidad durante el almacenamiento ha sido objeto de estudios recientes.

También se ha investigado el uso de tomates cherry en salsas de alta gama, con énfasis en conservar sus propiedades organolépticas y nutricionales.

4.4. Marco Legal

El marco legal y normativo en Colombia para el tomate cherry está regulado principalmente por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), junto con las normas del Ministerio de Agricultura y del Ministerio de Salud. Estas entidades establecen criterios de inocuidad alimentaria, calidad del producto y requisitos de comercialización para productos agrícolas y alimentarios procesados.

4.4.1. Normativa para el Cultivo del Tomate Cherry

El cultivo del tomate cherry está sujeto a regulaciones que aseguran prácticas agrícolas adecuadas y sostenibles. Las principales normativas aplicables incluyen:

Resolución 3192 de 2020 (ICA): Esta norma establece los requisitos fitosanitarios para la producción y exportación de cultivos agrícolas, incluyendo el tomate cherry. Los productores deben cumplir con controles de plagas y enfermedades, la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA), y la trazabilidad de los productos.

Resolución 3751 de 2013 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural): Regula las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y los criterios para la certificación de fincas dedicadas al cultivo de frutas y hortalizas, incluyendo el tomate cherry. Estas prácticas incluyen el uso adecuado de agroquímicos, manejo del agua, control de plagas y residuos, y medidas de protección del trabajador rural.

Decreto 1500 de 2007 (Ministerio de Salud): Regula la producción primaria, cosecha y comercialización de alimentos de origen vegetal, garantizando que cumplan con los estándares de inocuidad.

4.4.2. Normativa Ambiental y Sostenibilidad

La producción del tomate cherry está sujeta también a normativas ambientales, dado el impacto que la agricultura y la agroindustria pueden tener en el medio ambiente.

Ley 99 de 1993 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible): Establece el marco general de protección del medio ambiente en Colombia, aplicable al uso de suelos agrícolas, manejo de aguas, y el control de la contaminación por agroquímicos en la producción de tomate cherry.

Resolución 0689 de 2017 (ICA): Regula la comercialización y uso de plaguicidas y fertilizantes, promoviendo su uso responsable para evitar impactos negativos en el medio ambiente y garantizar la sostenibilidad en el cultivo del tomate.

Ley 165 de 1994 (Convenio de Biodiversidad): Colombia, al ser signatario del Convenio sobre la Diversidad Biológica, se compromete a fomentar prácticas agrícolas sostenibles que preserven la biodiversidad, lo que aplica al uso de variedades de tomate cherry y los métodos de cultivo.

4.4.3. Normas Técnicas Colombianas (NTC)

Además de las normativas legales, existen Normas Técnicas Colombianas (NTC) que establecen estándares de calidad para los productos agrícolas y alimentarios procesados:

NTC 5468 de 2007 (ICONTEC): Esta norma técnica se aplica a la producción de frutas y hortalizas frescas, incluido el tomate cherry. Establece los requisitos de calidad para la

clasificación de los productos por tamaño, madurez, color, y ausencia de defectos como magulladuras o daño por plagas. Estos estándares son importantes para la comercialización tanto a nivel local como internacional.

4.4.4. Comercio Internacional y Normativas para Exportación

En el caso de que el tomate cherry se destine a la exportación, deben cumplir con regulaciones internacionales:

Normas del Codex Alimentarius: Aunque no son obligatorias, las normas del Codex proporcionan directrices para garantizar la seguridad y calidad de los alimentos en el comercio internacional. Las normativas colombianas están alineadas con estos estándares, facilitando la exportación de productos agrícolas y alimenticios procesados.

Requisitos de la Unión Europea y Estados Unidos: Si el tomate cherry se exporta a mercados como la Unión Europea o Estados Unidos, es necesario cumplir con los estándares fitosanitarios y de calidad de esos países, además de las certificaciones requeridas por sus reguladores.

4.5. Estado del Arte

4.5.1. Investigación 1: Sustratos, Soluciones Nutritivas E Intensidad De Raleo De Frutos

En La Producción Y Calidad De Tomate Cherry En Hidroponía

ID: <http://aramara.uan.mx:8080/handle/123456789/2321>

Autor: Can Chulim, Alvaro Luna Fletes, Jonas Alan

Años: 2017

País: México

Campo: El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en México es uno de los principales cultivos que se produce en hidroponía e invernadero. Actualmente se buscan tipos o variedades que proporcionen utilidades superiores, entre éstas una buena alternativa es el tomate cherry, ya que se ha posicionado como una hortaliza apreciable por los consumidores. Sin embargo, el tomate hidropónico requiere de sustratos adecuados y soluciones nutritivas específicas, además de alternativas en el manejo de la fructificación, con la finalidad de mejorar la producción y calidad del producto. Por ello, los objetivos de este trabajo de investigación fueron: 1) evaluar los sustratos pumita y tezontle del estado de Nayarit en combinación con dos soluciones nutritivas, sobre el crecimiento y producción de tomate cherry Sweet Treats en invernadero y 2) evaluar dos soluciones nutritivas en combinación con dos intensidades de raleo de fruto sobre la producción y calidad poscosecha de tomate cherry. Este trabajo de investigación se realizó en la Unidad Académica de Agricultura en dos fases. En la primera fase, se evaluó el crecimiento y producción de tomate cherry, los tratamientos se formaron con un arreglo factorial 2 x 2 que correspondieron a dos soluciones nutritivas y dos sustratos. Los resultados mostraron que la solución nutritiva de Steiner incrementó la producción y crecimiento de tomate cherry, respecto a la solución de Castellanos. Además, se encontró que las plantas cultivadas en el sustrato pumita obtuvieron la mayor producción de fruto y crecimiento en relación a las plantas en tezontle. En la segunda fase, se evaluó la producción y calidad del fruto de tomate cherry con dos soluciones nutritivas y dos intensidades de raleo de fruto en un arreglo factorial 2 x 2. Se encontró que las plantas regadas con la solución nutritiva de Steiner presentaron mayor tamaño y producción de fruto, y también mejoraron variables de calidad de fruto. Las plantas manejadas con 12 frutos por racimo mejoraron todos los atributos de calidad, sin embargo, al manejar plantas con 16 frutos lograron una mayor producción de frutos.

Fuente: Google Académico

Objetivo de la investigación: Evaluar dos sustratos regionales en combinación con dos soluciones nutritivas, en la producción y calidad de tomate cherry hidropónico, manejado con diferente número de frutos por racimo y tratamiento

Enfoque metodológico: Investigación cualitativa.

4.5.2. Investigación 2: Calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización

ID: <https://oa.upm.es/21908/>

Autor: Alarcón Zayas, Alejandro

Años: publicado en el año 2013

País: Madrid, España

Campo: El estudio investigó el efecto de la aplicación de micorrizas arbusculares, *Azotobacter chroococcum* y ácidos húmicos en la productividad y calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cv. "Vyta" en un suelo Fluvisol. Los resultados demostraron que la aplicación simple y combinada de estos bioproductos tuvo un efecto positivo en el rendimiento del cultivo y en los parámetros de calidad poscosecha del tomate, como sólidos solubles totales, carbohidratos solubles totales, vitamina C, porcentaje de materia seca, firmeza, longitud y anchura de los frutos. Además, se encontró un efecto sinérgico en las plantas con la aplicación combinada de estos productos.

Tipo: Investigación

Fuente: Google Académico

Objetivo general: Evaluar el efecto de la aplicación de micorrizas arbusculares, *Azotobacter chroococcum* y ácidos húmicos sobre la productividad y la calidad poscosecha del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. "Vyta" en un suelo Fluvisol.

Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de las micorrizas arbusculares, *Azotobacter chroococcum* y ácidos húmicos sobre la productividad del tomate cv. "Vyta".
- Evaluar el efecto de las micorrizas arbusculares, *Azotobacter chroococcum* y ácidos húmicos en la calidad poscosecha del tomate cv. "Vyta", incluyendo parámetros como sólidos solubles totales, carbohidratos solubles totales, vitamina C, materia seca, firmeza, longitud y anchura de los frutos.
- Analizar las relaciones entre los parámetros de calidad poscosecha del tomate cv. "Vyta".
- Determinar el efecto sinérgico de la aplicación combinada de micorrizas arbusculares, *Azotobacter chroococcum* y ácidos húmicos sobre la productividad y la calidad poscosecha del tomate cv. "Vyta".

Se realizaron cuatro experimentos unifactoriales en condiciones de campo en un área agrícola de la Universidad de Granma.

Se utilizó el tomate cv. "Vyta" como cultivo experimental.

Se aplicaron cuatro tratamientos: Control (sin aplicación), Micorrizas arbusculares (*Glomus fasciculatum*), *Azotobacter chroococcum*, Ácidos húmicos, Combinación de micorrizas arbusculares, *Azotobacter chroococcum* y ácidos húmicos

Se evaluaron los siguientes parámetros: Productividad (t ha⁻¹), Sólidos solubles totales (SST) (°Brix), Carbohidratos solubles totales (CST) (mg g⁻¹), Vitamina C (mg 100 g⁻¹), Materia seca (%), Firmeza (N), Longitud del fruto (cm), Anchura del fruto (cm), Acidez titulable (g ácido cítrico L⁻¹), Pérdida de peso (%), pH

En resumen, los resultados respaldan la eficacia de la aplicación de micorrizas arbusculares, *Azotobacter chroococcum* y ácidos húmicos como estrategia para mejorar tanto la productividad como la calidad poscosecha del tomate, lo que sugiere su potencial como práctica agronómica prometedora para los agricultores y la industria alimentaria.

4.5.3. Investigación 3:

Autor: Desai, D. M. & Gangawane, A. K.

Año: 2023

País: India

Campo: Agronomía, Tecnología de cultivos protegidos

Fuente: Biological Forum – An International Journal

Objetivo general: Comparar el cultivo hidropónico con el cultivo tradicional en suelo para tomate cherry.

Objetivos específicos:

Evaluar el rendimiento de ambos métodos.

- Medir la calidad del fruto.

- Analizar el uso de agua y nutrientes.

Resumen: El estudio compara el rendimiento del tomate cherry en sistemas hidropónicos frente a métodos tradicionales, demostrando que los sistemas sin suelo pueden aumentar la producción hasta en un 25 %, reduciendo además el consumo de agua y fertilizantes, lo que refuerza su viabilidad en espacios urbanos y verticales.

Acceso al artículo: <https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/Optimizing-Greenhouse-Cultivation-of-Cherry-Tomatoes-using-Hydroponics-in-Indian-Conditions-A-Comparative-Study-Durgesh-M-Desai-114.pdf>

4.5.4. Investigación 4:

Autor: Rachma, D. F., Munyanont, M., Maeda, K., Lu, N., & Takagaki, M.

Año: 2024

País: Japón

Campo: Agronomía, Agricultura de precisión

Fuente: Agronomy (MDPI)

Objetivo general: Estimar el momento óptimo de cosecha del tomate cherry.

-Objetivos específicos:

- Evaluar la temperatura acumulada en la maduración del fruto.
- Establecer parámetros de calidad para cosecha.
- Validar un modelo aplicable a cultivos en ambientes controlados.

Resumen: Esta investigación demuestra que la acumulación de temperatura (GDD) puede predecir el momento ideal de cosecha del tomate cherry con precisión del 90 %, lo que facilita la

planificación de cultivos en espacios urbanos y bajo condiciones artificiales como las granjas verticales.

Acceso al artículo: <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/12/3074>

4.5.5. Investigación 5:

Autor: Egamberdiyev, S. Y. & Yunusov, A. S.

Año: 2022

País: Uzbekistán

Campo: Agricultura urbana, Selección varietal

Fuente: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

Objetivo general: Seleccionar variedades de tomate cherry de alto rendimiento.

Objetivos específicos:

- Medir la resistencia y productividad de distintas variedades.
- Analizar la calidad del fruto.
- Estudiar el comportamiento de las plantas en espacios reducidos.

Resumen: El estudio destaca que algunas variedades híbridas de tomate cherry pueden alcanzar rendimientos superiores a los 4 kg por planta en condiciones urbanas, lo cual es prometedor para sistemas de producción vertical y de pequeña escala.

Acceso al artículo: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012021>

4.5.6. Investigación 6:

Autor: Arshad, A., Cîmpeanu, S. M., Jerca, I. O., Sovorn, C., Ali, B., Badulescu, L. A., & Drăghici, E. M.

Año: 2024

País: Rumania

Campo: Biotecnología vegetal, Fisiología del cultivo

Fuente: BMC Plant Biology

Objetivo general: Evaluar parámetros fisiológicos y bioquímicos del tomate cherry bajo cultivo protegido.

Objetivos específicos:

- Determinar la tasa de crecimiento y desarrollo.
- Evaluar el contenido de licopeno, azúcares y ácidos.
- Correlacionar calidad del fruto con técnicas de manejo.

Resumen: El trabajo indica que el tomate cherry cultivado en invernaderos ecológicos tiene mayor contenido de antioxidantes, lo cual añade valor nutricional y mejora el perfil de mercado del fruto producido en ambientes urbanos.

Acceso al artículo: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05701-5>

4.5.7. Investigación 7:

Autor: Mooren, J.

Año: 2023

País: Países Bajos

Campo: Agricultura vertical, Innovación hortícola

Fuente: Philips Horticulture Blog (Divulgación técnica)

Objetivo general: Proponer un modelo alternativo de producción de tomate cherry en sistemas verticales.

Objetivos específicos:

- Aplicar iluminación LED en granjas verticales.
- Maximizar la producción por unidad de superficie.
- Reducir insumos y aumentar eficiencia energética.

Resumen: El blog científico presenta un enfoque innovador para el cultivo de tomate cherry sin suelo, utilizando sistemas verticales con luz LED, y reporta incrementos del 30 % en producción frente a invernaderos tradicionales, con menor huella hídrica.

Acceso al artículo <https://www.lighting.philips.com/application-areas/specialist-applications/horticulture/hortiblog/vertical-farming/an-alternative-way-of-growing-tomatoes-in-a-vertical-farm>

5. Generalidades

Tabla 1.

Localización del proyecto.

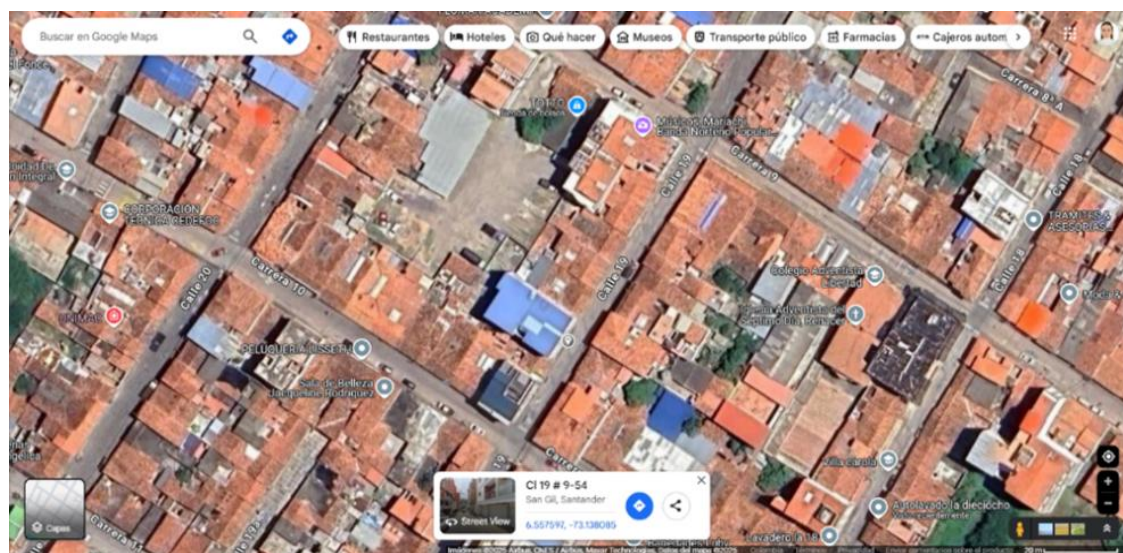
| Ítem | Descripción |
|------------------------|--------------|
| Departamento | Santander |
| Municipio | San Gil |
| Corregimiento / Vereda | Casco Urbano |

| | |
|-------------|--|
| Coordenadas | 6°33'18"N 73°08'01"O / 6.555, -73.133611111111 |
| MSNM | altura de 1114 |

Nota. Datos tomados de Google Maps

Figura 1.

Ubicación localización del proyecto.



Nota. La figura muestra una fotografía satelital de la ubicación del proyecto, tomada por Google Maps, 2024, <https://maps.app.goo.gl/GBjkESXKKWLnq7pJ6>

5.1. Condiciones climáticas de la zona y requerimientos climáticos de la especie

Tabla 2.

Requerimientos climáticos del cultivo de tomate Cherry.

| Parámetro | Tomate Cherry (Requerimientos) | Clima de San Gil, Santander |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| Temperatura | 18°C - 27°C | 18°C - 24°C |
| Humedad relativa | 60% - 80% | 65% - 75% |
| pH del suelo | 5.5 - 7.0 | 5.5 - 6.5 |
| Precipitación | 600 - 1200 mm/año | 1400 - 1800 mm/año |
| Altitud | 0 - 1,500 m s.n.m | 1,000 - 1,500 m s.n.m |
| Materia orgánica en el suelo | 2% - 3.5% | 3% - 4% |

Nota. Datos Estudios agronómicos y guías técnicas de cultivo de tomate Cherry

Observaciones:

Temperatura: San Gil tiene temperaturas adecuadas para el cultivo de tomate Cherry.

Humedad relativa: La humedad de San Gil es favorable.

pH del suelo: El rango de pH es ideal para el cultivo de tomate Cherry.

Precipitación: San Gil recibe más lluvia de lo necesario, lo que podría requerir manejo adecuado de drenaje.

Altitud: La altitud es adecuada para el cultivo.

Materia orgánica: Los niveles en San Gil son óptimos para el tomate Cherry.

Luz solar: Las plantas del cultivo recibieron luz solar directa aproximadamente desde las 8:00 a. m. hasta las 4:00 p. m., lo cual asegura entre 6 y 8 horas de radiación solar diaria. Esta exposición es adecuada para el tomate cherry variedad Red Robin, que requiere al menos 6 horas de luz solar para un desarrollo y fructificación óptimos.

Figura 2.

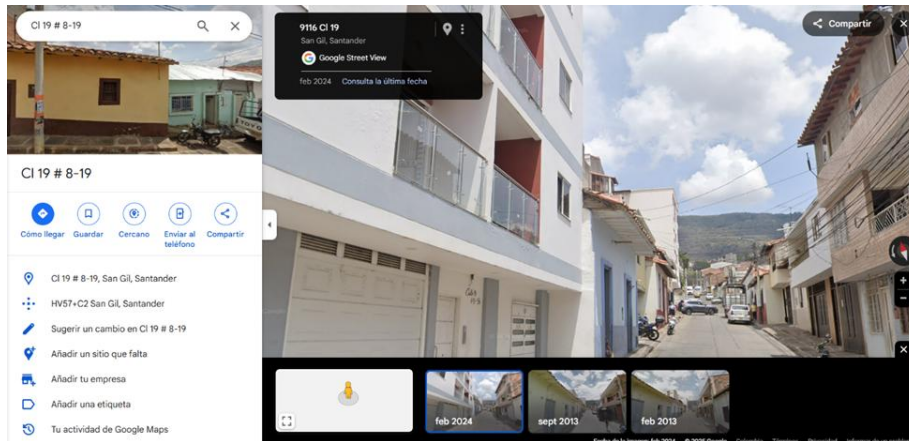
Evidencia luz solar mañana (7:00 am).



Nota. La figura muestra una fotografía de la luz solar a primera hora del día.

Figura 3.

Evidencia luz solar tarde.



Nota. La figura muestra una fotografía de la luz solar en el horario de la tarde, tomada por Google Maps.

6. Metodología

6.1. Actividades

Para el desarrollo de este proyecto se siguió una metodología de tipo experimental aplicada, con enfoque cuantitativo y cualitativo, desarrollada en etapas que permiten dar cumplimiento a cada uno de los objetivos específicos. A continuación, se describen las actividades paso a paso:

6.1.1 Selección del material vegetal

Se escogió la variedad Red Robin de tomate cherry, por su adaptabilidad al cultivo en macetas, alta productividad y porte compacto.

Figura 4.

Tomate Cherry.



Nota. La figura muestra una fotografía de las plántulas de tomate en una maceta.

6.1.2. Preparación del espacio de cultivo (Balcón urbano)

En la fase inicial del proyecto se adecuaron jardineras y macetas en estructuras verticales, con el propósito de aprovechar eficientemente el espacio reducido propio del entorno urbano. Se instalaron soportes resistentes, se seleccionó un sustrato apropiado y se organizaron los recipientes teniendo en cuenta la disponibilidad de luz solar y la ventilación, factores esenciales para el desarrollo saludable del cultivo.

La siembra se realizó inicialmente en semilleros, permitiendo un control adecuado durante la etapa de germinación. Posteriormente, cuando las plántulas alcanzaron el tamaño óptimo, se efectuó el trasplante a las macetas definitivas. Durante todo el proceso se registraron datos fenológicos, lo que permitió evaluar de manera sistemática el crecimiento y comportamiento del cultivo.

En cuanto al manejo agronómico, se implementó un esquema de fertilización orgánica basado en la aplicación de humus líquido de lombriz y compost, ajustado a cada fase del desarrollo de la planta. Esta práctica contribuyó al cumplimiento del objetivo de reducir el uso de fertilizantes químicos, fortaleciendo un modelo de producción sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

El riego se llevó a cabo de forma manual y controlada, distribuyéndose en tres turnos diarios para mantener una humedad adecuada sin provocar encharcamientos. Se utilizó agua de buena calidad y, como estrategia complementaria de sostenibilidad, se implementó un sistema de recolección de agua lluvia para disminuir el consumo de recursos convencionales.

El monitoreo de plagas y enfermedades se realizó mediante prácticas ecológicas, como la aplicación de extractos naturales de ajo, ají y neem, además de un seguimiento semanal del estado fitosanitario de las plantas. Estas acciones permitieron prevenir y controlar posibles afectaciones sin recurrir a productos químicos sintéticos, minimizando la generación de residuos y manteniendo la coherencia con los principios del cultivo ecológico.

Asimismo, se efectuó la recolección de datos relacionados con el rendimiento y la calidad del fruto. Se midió la producción total por planta y por metro cuadrado, y se evaluaron parámetros como tamaño, color, firmeza y sabor. Esta información permitió determinar tanto la productividad del sistema como la calidad comercial del tomate obtenido.

Para analizar la sostenibilidad del proyecto, se compararon los consumos de agua y fertilizantes del sistema ecológico frente a un modelo convencional, con el fin de evaluar su impacto ambiental. Esta fase se relacionó directamente con el objetivo de minimizar el uso de insumos químicos y reducir la huella ecológica del cultivo.

Tabla 3.

Indicadores para la metodología.

| Objetivo específico | Variable a medir | Indicador | Técnica de medición / instrumento | Frecuencia / Unidad |
|--------------------------------|--|---|--|------------------------------------|
| Cuantificar el rendimiento del | Producción por planta y por m ² | Kg/m ² , número de frutos por planta | Conteo de frutos, pesaje con balanza de | Por ciclo productivo (90-120 días) |

| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| cultivo de tomate cherry | | | precisión, registro en fichas de campo | |
| Determinar la calidad del fruto | Tamaño, peso, color, firmeza, sabor | Diámetro (cm), peso (g), color (escala visual), sabor (escala sensorial) | Cinta métrica, balanza, escala de color, penetrómetro, prueba sensorial (panel de 5 personas) | Evaluación al momento de cosecha |
| Reducir el consumo de agua, fertilizantes y residuos | Volumen de agua, cantidad de fertilizante, generación de residuos | Litros por planta, cantidad de fertilizante aplicado, tipo y volumen de residuos | Registro manual de riegos, control de fertilización (ml aplicados), observación de residuos compostables | Diario durante el ciclo, con total acumulado al final |

Nota. Datos Estudios agronómicos y guías técnicas de cultivo de tomate Cherry.

6.2. Material Vegetal

El material vegetal utilizado para la implementación del proyecto correspondió a tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*), que es una variedad pequeña del tomate tradicional, en su versión moderna Red Robin, se caracteriza por:

Tamaño compacto: Es una planta pequeña y compacta, ideal para cultivo en macetas o espacios reducidos, con una altura promedio de 20 a 30 cm.

Productividad: A pesar de su tamaño, es altamente productiva, produciendo una abundante cantidad de frutos de tamaño pequeño (1-2 cm de diámetro), que son típicamente redondos y de color rojo brillante cuando están maduros.

Sabor: Los tomates Red Robin son conocidos por su sabor dulce y suave, una característica muy apreciada en el consumo fresco, en ensaladas o como acompañamiento.

Ciclo de cultivo rápido: Es una variedad de rápido crecimiento y desarrollo, con una producción temprana de frutos en comparación con otras variedades de tomate.

Adaptabilidad: Se adapta bien tanto a cultivos en interiores como en exteriores, lo que lo hace muy versátil para diferentes tipos de climas y espacios de cultivo.

Resistencia: Esta variedad suele ser resistente a diversas plagas y enfermedades comunes del tomate, lo que la convierte en una opción atractiva para el cultivo sin uso intensivo de pesticidas.

6.3. Preparación del terreno y siembra

Tabla 4.

Preparación del terreno, siembra de plantas y cuidados adicionales.

| Ítem | Descripción |
|--|--|
| Preparación del Terreno (Balcones y Paredes) | <p>Selección de Recipientes o Macetas:</p> <p>Tamaño: Se utilizaron macetas rectangulares de aproximadamente 50 cm de largo \times 25 cm de ancho (0,125 m² por maceta) y jardineras de tres módulos, cada módulo de 60 cm \times 30 cm (0,18 m² por módulo). Área total ocupada: Se emplearon 4 macetas rectangulares (0,50 m² en total) y 2 jardineras de tres módulos (1,08 m² en total), lo que representa una superficie cultivada aproximada de 1,58 m², adaptada a las condiciones del balcón urbano disponible.</p> <p>Material: Las macetas de plástico con orificios de drenaje.</p> <p>Sustrato: Mezcla de tierra de jardín con buen drenaje, composta y perlita en proporción 40-40-20, sustrato orgánico (dos partes de tierra de vega y una de materia orgánica compostada/molida como la lombrinaza), que permite la circulación de aire y agua.</p> <p>Ubicación:</p> <p>Luz solar: El tomate Red Robin necesita al menos 6 horas de luz directa. Las macetas en el balcón están orientadas recibiendo suficiente luz.</p> <p>Protección del viento: Las plantas se encuentran protegidas de vientos fuertes que puedan dañar los tallos o las flores.</p> |
| Siembra | <p>Semillas o Plantones:</p> <p>Semillas: Se realiza en la maceta con sustrato orgánico y rico en nutrientes. Las semillas de Red Robin germinan en 7-10 días a temperaturas de 20°C a 25°C.</p> |

| | |
|--|--|
| Tutorado | A una profundidad de 0.5 a 1 cm y se humedece el sustrato regularmente. |
| | Distancia de siembra: Para balcones o jardineras: Se deja un espacio de al menos 30-40 cm entre cada planta en la misma maceta o jardinera. |
| | Riego: Se riega moderadamente, de acuerdo a los requerimientos por planta debidamente dosificado, sin saturar el suelo de las macetas, esto permitirá que no haya derrame ni desperdicio de agua manteniendo el sustrato húmedo, pero no encharcado. Se realiza un riego manteniendo la saturación en capacidad de campo. |
| | Aunque la variedad Red Robin es compacta y de crecimiento bajo (generalmente menos de 30 cm), el sistema de tutorado o soporte puede ser útil para mantener las ramas erguidas y los frutos libres de tocar el suelo o las paredes. |
| Cuidados adicionales | Opciones de Tutorado: Estacas pequeñas: Se coloca una estaca pequeña (de unos 30 cm de altura) en el borde de la maceta y sujeta el tallo principal con lazos suaves de tela o hilo. |
| | Jardineras verticales: En una pared se ancla las ramas a la pared usando soportes pequeños o redes para evitar que se caigan con el peso de los frutos. |
| | Poda ligera: Esta variedad no requiere mucha poda, pero se elimina hojas viejas o dañadas para mejorar la ventilación. También se retiran chupones (brotes que salen en la unión de tallo y rama), aunque en menor medida, ya que la planta es pequeña. |
| | Fertilización: La fertilización orgánica del tomate Cherry variedad Red Robin se basa en el suministro de nutrientes esenciales a través de productos naturales y orgánicos, evitando el uso de fertilizantes químicos sintéticos. Para ello, se aplica humus líquido de lombriz en dosis adecuadas para prevenir daños en las plantas y garantizar un óptimo desarrollo. |
| Plan de fertilización por períodos | |
| 1. Etapa de Plántula (0 - 30 días después de la siembra) | |
| - Frecuencia: Cada 15 días - Dosis: 50 ml de humus líquido de lombriz por litro de agua - Objetivo: Favorecer el enraizamiento y el desarrollo inicial, aportando nutrientes esenciales y fortaleciendo la resistencia de las plántulas. | |
| 2. Etapa de Crecimiento Vegetativo (30 - 60 días) | |
| - Frecuencia: Cada 8 días - Dosis: 100 ml de humus líquido de lombriz por litro de agua - Objetivo: Estimular el desarrollo foliar y radicular, asegurando un adecuado suministro de macronutrientes y micronutrientes. | |

-
3. Etapa de Floración y Fructificación (60 días en adelante)
- Frecuencia: Cada 8 días
 - Dosis: 100 ml de humus líquido de lombriz por litro de agua
 - Objetivo: Optimizar la formación y el llenado de los frutos, asegurando un equilibrio nutricional y contribuyendo al control de hongos del suelo.
- Este esquema de fertilización orgánica garantiza un aporte balanceado de nutrientes sin riesgo de toxicidad, promoviendo el crecimiento saludable de las plantas y contribuyendo a la sostenibilidad del cultivo.
- Control de plagas y enfermedades:
- Se mantienen las plantas monitoreadas para detectar plagas como pulgones o ácaros. Usando métodos de control ecológico, como aceites de neem (bio insecticidas) o jabón potásico, extracto de ajo, ají, humus líquido, si llegasen a aparecer plagas.
-

Nota. Datos Estudios agronómicos y guías técnicas de cultivo de tomate Cherry variedad Red Robin.

6.4. Fertilización

Tabla 5.

Requerimiento nutricional del cultivo.

| Ítem | Descripción |
|--|---|
| Fases de Desarrollo y Nutrientes Clave | <p>Requerimientos Nutricionales del Tomate Cherry y Fertilización Orgánica Aplicada</p> <p>La fertilización orgánica del tomate Cherry se realizó de manera empírica, sin un análisis previo del sustrato. No obstante, se utilizó materia orgánica con un balance de elementos mayores y menores, complementando la nutrición con la aplicación de humus líquido de lombriz para cubrir las necesidades del cultivo en cada fase de desarrollo.</p> <p>Fases y requerimientos nutricionales</p> <p>1. Fase Inicial (Crecimiento Vegetativo)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nutriente principal: Nitrógeno (N) - Función: Favorecer el desarrollo de hojas y tallos vigorosos. - Fuente orgánica aplicada: Materia orgánica enriquecida con nitrógeno y aplicación de humus líquido de lombriz cada 8-15 días para estimular el crecimiento radicular y foliar. <p>2. Fase de Floración y Fructificación</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nutrientes principales: Fósforo (P) y Potasio (K) - Función: Mejorar la floración, la formación de frutos y su maduración. |

- Fuente orgánica aplicada: Continuación del aporte de humus líquido de lombriz para complementar el suministro de micronutrientes esenciales y fortalecer la estructura de la planta.

Nutrición por Fase

Preparación y Manejo del Sustrato para el Cultivo de Tomate Cherry

Una adecuada preparación del suelo o sustrato es clave para garantizar el óptimo desarrollo del tomate Cherry. Se enriquece el sustrato de manera natural con materiales orgánicos que aporten los nutrientes esenciales para cada fase del cultivo.

1. Preparación del Sustrato Antes de la Siembra

Materiales y Beneficios:

- Compost casero (30-40% de la mezcla total): Aporta nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), mejorando la estructura del suelo y promoviendo la actividad microbiana. Se recomienda utilizar compost bien descompuesto, proveniente de restos vegetales y cáscaras de frutas.

- Humus de lombriz 50-100 g (1-2 puñados por maceta en el trasplante): Enriquece el suelo con materia orgánica, mejora la retención de humedad y proporciona elementos menores como hierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn), fundamentales para la salud del cultivo, la cantidad aplicada equivale aproximadamente al 5–10 % p/p respecto al sustrato total por maceta, esto teniendo en cuenta el volumen del recipiente utilizado.

2. Manejo Nutricional por Fases

Fase de Crecimiento Vegetativo (0 - 60 días)

En esta etapa, el cultivo requiere un alto aporte de nitrógeno (N) para promover el desarrollo foliar y radicular.

- Té de compost o estiércol:

- Preparación: Mezclar 1 parte de compost o estiércol de vaca/gallina con 5 partes de agua. Dejar fermentar por 3-5 días y colar la mezcla.

- Aplicación: Diluir en proporción 1:10 y aplicar cada 15 días como riego.

- Té de ortiga:

- Beneficio: Rico en nitrógeno y micronutrientes esenciales.

- Preparación: Macerar hojas de ortiga en agua durante 7-10 días.

- Aplicación: Diluir en proporción 1:10 y aplicar cada 15 días.

Fase de Floración y Fructificación (60 días en adelante)

En esta fase, la planta necesita mayores niveles de fósforo (P) y potasio (K) para mejorar la floración, el desarrollo de frutos y su maduración.

- Té de plátano:

- Beneficio: Rico en potasio, esencial para la formación de frutos.

- Preparación: Hervir cáscaras de plátano en agua durante 15 minutos y dejar reposar.

- Aplicación: Usar el agua resultante para el riego cada 15 días.

- Harina de rocas (fosfatadas o basálticas):

- Beneficio: Aporta fósforo y elementos menores como calcio (Ca) y magnesio (Mg).

-
- Aplicación: Espolvorear una cucharada sobre el sustrato una vez al mes.
- ### 3. Refuerzo de Calcio y Magnesio
- Para prevenir deficiencias y fortalecer la estructura celular de la planta:
- Cáscaras de huevo:
 - Beneficio: Fuente natural de calcio, previene la pudrición apical del fruto.
 - Aplicación: Triturar finamente y mezclar con el sustrato, aplicando una cucharada cada 30 días.
 - Sal de Epsom (sulfato de magnesio):
 - Beneficio: Aporta magnesio, clave para la fotosíntesis, y azufre, esencial para la formación de proteínas.
 - Aplicación: Disolver una cucharada en 1 litro de agua y regar las plantas una vez al mes.
-

Nota. Datos Estudios agronómicos y guías técnicas de cultivo de tomate Cherry variedad Red Robin.

6.5. Manejo del recurso hídrico

6.5.1. Sistema de Riego

Riego manual:

Descripción: Ya que no se cuenta con un sistema de goteo, se realiza riego manual con una regadera, requiriendo un control preciso del riego. El sistema a utilizar es calibrado de acuerdo a los requerimientos de la planta.

Frecuencia: Regar manualmente en 2 oportunidades una en la mañana y otra en la tarde, el cual no permitirá saturación en el suelo, asegurando que el sustrato esté húmedo, pero no encharcado. El volumen aplicado fue suficiente para alcanzar la capacidad de campo del sustrato, evitando alcanzar el nivel de saturación, lo cual previene la asfixia radicular.

6.5.2. Frecuencia de Riego

Evaluación del sustrato:

Tacto: Comprobar la humedad del sustrato introduciendo un dedo o un palillo; si el sustrato se siente seco a una profundidad de 2-3 cm, es hora de regar. Se emplea criterios de riego teniendo en cuenta la capacidad de campo y saturado.

Condiciones climáticas: En días calurosos, puede ser necesario regar más frecuentemente; en días nublados o lluviosos, se reduce el riego.

Figura 5.

Humedad del sustrato.



Nota. La figura muestra una fotografía de la humedad existente en el sustrato.

6.5.3. Criterios técnicos para la evaluación del sustrato

Para decidir el momento adecuado de riego se aplicaron métodos sensoriales y prácticos, con base en tres estados hídricos del sustrato:

6.5.4. Saturación:

Estado en el cual todos los poros del sustrato están llenos de agua. Se evita este estado, ya que puede provocar anoxia radicular y pudrición. No se riega si el sustrato presenta brillo superficial, agua libre o escurre al tacto.

6.5.5. Capacidad de campo (óptima para riego):

Es el punto donde el sustrato ha drenado el exceso de agua y retiene el volumen óptimo para el uso por parte de las raíces. Se busca mantener el sustrato cercano a esta condición. Al tacto, el sustrato se siente húmedo, pero no libera agua.

6.5.6. Punto de marchitez permanente:

Es el umbral inferior, donde la planta ya no puede extraer agua del sustrato, aunque aún exista algo de humedad residual. Se evita alcanzar este punto. Al tacto, el sustrato se siente seco y polvoriento a una profundidad de 2–3 cm.

6.5.7. Método de evaluación:

Se introduce un palillo o dedo limpio en el sustrato hasta una profundidad de 2 a 3 cm.

Si el sustrato se siente ligeramente húmedo y se mantiene compactado, se considera en capacidad de campo.

Si se desmorona fácilmente o se siente muy seco, se considera cercano al punto de marchitez y requiere riego inmediato.

6.5.8. Recuperación de Agua

Captación de agua de lluvia:

Se instala un sistema de captación de agua de lluvia en el balcón, incluyendo un pequeño recipiente o tanque para almacenar el agua recolectada.

Uso: Esta agua puede es utilizada para el riego, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto.

6.5.9. Calidad del Agua

Revisión del agua:

Uso de agua limpia y libre de contaminantes. Evitando el uso de aguas residuales no tratadas.

El agua del grifo, se deja reposar por 24 horas para permitir que el cloro se evapore antes de regar.

6.5.10. Sistemas de Drenaje

Drenaje adecuado:

Las macetas tienen agujeros de drenaje para evitar el encharcamiento, lo cual puede causar pudrición de raíces. También se cuenta con una capa de grava (piedras) en el fondo de las macetas, esto ayuda a facilitar el drenaje.

6.6. Evaluación Fenológica del Crecimiento del Tomate Cherry en cultivo vertical

Observaciones del desarrollo fenológico del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme, variedad Red Robin) incluyó las siguientes fases: germinación, emergencia, desarrollo de hojas verdaderas, floración, fructificación y maduración.

6.6.1. Germinación:

Las semillas fueron sembradas directamente en las materas con sustrato ecológico. El proceso de germinación tomó en promedio 7 días, contados desde la siembra hasta la emergencia del hipocótilo y la expansión de los cotiledones. Durante este tiempo se mantuvo una humedad constante en el sustrato y una temperatura promedio de 22–25 °C.

Figura 6.

Germinación Tomate Cherry.



Nota. La figura muestra una fotografía del proceso de germinación de las plántulas de tomate.

6.6.2. Fase vegetativa:

Desde la aparición de las hojas verdaderas hasta el inicio de la floración, transcurrieron aproximadamente 25 días. En esta etapa, la planta desarrolló entre 4 y 6 hojas verdaderas y alcanzó una altura promedio de 20 cm. Se aplicaron prácticas de fertilización orgánica y riego controlado para favorecer el crecimiento.

Figura 7.

Aparición de las hojas.



Nota. La figura muestra una fotografía en donde se evidencia la aparición de las primeras hojas.

6.6.3. Floración:

La fase de floración inició alrededor del día 32 después de la siembra y tuvo una duración aproximada de 10 a 12 días, hasta la formación visible del fruto inmaduro (fruto verde). Se registró la aparición de las primeras flores abiertas y su posterior fecundación.

Figura 8.

Formación de las primeras flores.



Nota. La figura muestra una fotografía del proceso de formación de las flores.

Fructificación:

La fase de desarrollo del fruto, desde la formación del fruto biche (verde) hasta la maduración fisiológica, tuvo una duración aproximada de 25 días. En este periodo, los frutos aumentaron de tamaño, adquirieron firmeza y pasaron progresivamente del color verde al rojo característico de la madurez.

Figura 9.

Desarrollo del fruto.



Nota. La figura muestra una fotografía del desarrollo del fruto en diferentes fases.

Madurez fisiológica:

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez fisiológica, evidenciada por el cambio total de color, firmeza adecuada y desprendimiento fácil del pedúnculo. Esta etapa ocurrió aproximadamente 90 días después de la siembra, completando el ciclo productivo del cultivo.

Figura 10.

Madurez y variedad del color del fruto



Nota. La figura muestra una fotografía de la variedad de color que se hace presente en el fruto.

Tabla 6.*Fase Fenológica*

| Fase Fenológica | Día de Observación | Descripción |
|------------------------|---------------------------|--|
| Germinación | Día 7 | Emergieron 90 % de plántulas |
| Fase vegetativa | Día 9 | Hojas de cotiledón completamente expandidas |
| Floración | Día 32 | Primeras flores |
| Fructificación | Día 44 | Frutos pequeños visibles (fruto biche) |
| Maduración | Día 90 | Frutos rojos cosechables (fruto Con madurez fisiológica) |

Nota. Fases de fenológicas según los días de observación.

6.7. Datos Cuantitativos del Rendimiento

Cada materia contenía 3 plantas de tomate cherry variedad Red Robin. Durante el ciclo de cultivo, que tuvo una duración aproximada de 90 días, se registró una producción promedio de 26,5 frutos por planta, con un peso total promedio de 655 g por planta y un peso promedio por fruto de 24,7 g. La cosecha se realizó de forma escalonada a lo largo de 15 días a un mes, dependiendo del grado de madurez de los frutos. En total, considerando todas las plantas en producción, se obtuvo un rendimiento acumulado significativo, destacando la eficiencia del sistema vertical en espacios urbanos. El rendimiento estimado por materia fue de 1.965 g (655 g/planta \times 3 plantas), demostrando la viabilidad del cultivo ecológico en macetas.

Tabla 7.*Datos Cuantitativos*

| Planta | Número de frutos | Peso total (g) | Peso promedio (g/fruto) |
|---------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 1 | 25 | 620 | 24,8 |
| 2 | 30 | 690 | 23,0 |
| 3 | 26 | 670 | 25,767 |
| 4 | 27 | 665 | 24,630 |
| 5 | 26 | 654 | 25,154 |
| 6 | 27 | 669 | 24,778 |
| 7 | 26 | 642 | 24,694 |
| 8 | 27 | 658 | 24,370 |
| 9 | 26 | 632 | 24,307 |

| | | | |
|-----------------|-------------|------------|-------------|
| 10 | 26 | 632 | 24,307 |
| Promedio | 26,5 | 655 | 24,7 |

Nota. Muestreo representativo de datos cuantitativos del rendimiento

6.8. Determinación de la calidad del fruto

Dado que no se contaba con instrumentos como el refractómetro (para medir grados Brix) ni el penetrómetro (para evaluar la firmeza), la calidad del tomate cherry se determinó mediante observación directa de características físicas, como el tamaño, color y peso promedio por fruto. Los frutos presentaron un color rojo uniforme, típico de la madurez fisiológica, y un peso promedio de 24,7 g, lo que indica una excelente calidad comercial. Estas observaciones permiten concluir que, bajo las condiciones del sistema ecológico vertical, los tomates obtenidos alcanzaron parámetros óptimos en apariencia y desarrollo, adecuados para consumo fresco.

6.9. Evaluación del Consumo de Agua

Durante el ciclo del cultivo, se realizó riego manual de dos a tres veces al día (mañana y tarde) dependiendo de su requerimiento diario, aplicando volúmenes suficientes para alcanzar la capacidad de campo del sustrato, sin generar escurrimientos ni encharcamientos. En las horas de la mañana, se regaba hasta que el sustrato se encontraba húmedo al tacto, pero sin genera goteo, y en la tarde se aplicaba un volumen menor (alrededor de 200 ml por planta) debido a que el sustrato aún conservaba humedad.

El consumo total estimado por planta fue de 40,5 litros durante los 90 días del ciclo productivo, lo que equivale a un consumo total de 121,5 litros por materia (considerando 3 plantas por materia). Esta cifra es considerablemente inferior al consumo promedio de agua reportado para cultivos convencionales de tomate a cielo abierto o en invernadero, donde se estima un uso de entre 7.000 y 12.000 m³/ha/ciclo (equivalente a 700–1.200 litros por m²).

Si se considera una densidad de 12 plantas/m², el sistema vertical ecológico implementado demostró ser altamente eficiente en el uso del recurso hídrico. El consumo por fruto fue aproximadamente de 1,53 litros, calculado con base en un promedio de 26,5 frutos por planta.

Figura 11.

Evidencia cultivo propio



Nota. Evidencia fotográfica del cultivo propio.

Figura 12.

Espacio actual del cultivo



Nota. Fotografía del espacio actual en el que se desarrolla el cultivo

Nota: Debido a que el proyecto no cuenta con una vivienda propia, ha requerido trasladarse en varias ocasiones dentro del casco urbano a lo largo de los años. No obstante, en cada ubicación se han mantenido condiciones semejantes, en particular en cuanto a la exposición solar diaria (mínimo 6 horas) y a los cuidados proporcionados al cultivo, lo que ha contribuido a dar continuidad al proyecto y a conservar la estabilidad del proceso productivo. En la fotografía tomada en 2024 se muestran algunas de las macetas utilizadas para el proyecto, las cuales se encuentran en proceso de germinación.

6.10. Estadio de factibilidad

6.10.1. Clientes demográficos:

- Edad: Principalmente adultos jóvenes y de mediana edad (25-45 años).
- Género: Tanto hombres como mujeres.
- Estado civil: Solteros, casados y familias.

- Ingresos: Nivel socioeconómico medio a alto

6.10.2. Clientes psicográficos

- Estilo de vida: Personas interesadas en un estilo de vida saludable y sostenible.
- Valores: Consumo responsable, preocupación por el medio ambiente, preferencia por productos locales y ecológicos.

6.10.3. Características de los Clientes:

- Conscientes y educados: Tienen un alto grado de conciencia sobre la alimentación saludable y los beneficios de los productos orgánicos.
- Interesados en el bienestar: Priorizan productos que contribuyen a su bienestar físico y mental.
- Respetuosos con el medio ambiente: Prefieren productos que no dañen el medio ambiente y apoyan prácticas sostenibles. Localización

6.10.4. Clientes geográficos

- Localización principal: San Gil y ciudades cercanas en Santander.
- Localización secundaria: Ciudades principales de Colombia (Bogotá, Medellín, Cali) mediante distribución y venta en tiendas especializadas y mercados ecológicos.
- Los clientes se encuentran principalmente en áreas urbanas y semiurbanas donde existe una mayor conciencia y demanda por productos ecológicos y saludables. San Gil es una ubicación estratégica debido a su creciente turismo y conexión con otras ciudades importantes de la región

6.10.5. Segmentos de Mercado

- Mercado local en San Gil y Santander:

Justificación: Proximidad y facilidad de acceso, menor costo de distribución, apoyo a la economía local.

Estrategia: Participar en ferias locales, mercados ecológicos, y establecimientos de venta directa.

- Mercado nacional en ciudades principales:

Justificación: Mayor demanda y disposición a pagar por productos ecológicos, mayor densidad de población.

Estrategia: Alianzas con tiendas de productos orgánicos, supermercados, y venta en línea.

6.10.6. Mercado turístico en San Gil:

Justificación: San Gil es un destino turístico popular, lo cual aumenta la demanda de productos

locales y auténticos.

Estrategia: Promoción en hoteles, restaurantes y tiendas turísticas.

Prioridad de los Segmentos de Mercado

1. Mercado local en San Gil y Santander: Prioridad alta debido a la facilidad de acceso, menor costo de

distribución y apoyo al desarrollo económico local.

2. Mercado nacional en ciudades principales: Prioridad media-alta, ya que amplía significativamente el

alcance y la demanda, aunque con mayores desafíos logísticos.

3. Mercado turístico en San Gil: Prioridad media, aprovechando el flujo constante de turistas para aumentar la visibilidad y ventas del producto.

6.10.7. Razones de la Elección

Conciencia Ecológica: El aumento de la conciencia ecológica y la demanda por productos sostenibles y orgánicos en todo el mundo, incluyendo Colombia.

Apoyo Local: Apoyo a la economía local y la creación de empleo en la región de Santander.

3. Salud y Bienestar: Incremento de la demanda por productos que contribuyan a una alimentación saludable.

4. Diferenciación del Producto: El tomate cherry de variedad Red Robin es un producto distintivo que se diferencia por su calidad y métodos de producción sostenible.

6.11. Exportación y comercialización

6.11.1. Análisis de Oferta y Demanda

Oferta:

- Proveedores Locales: San Gil cuenta con condiciones climáticas favorables para la agricultura orgánica, permitiendo una producción sostenida y de alta calidad de tomate cherry.

- Productores en Crecimiento: Hay un creciente número de agricultores que se están pasando a métodos de cultivo orgánico, impulsados por programas gubernamentales y ONG's que promueven la sostenibilidad. Demanda:

- Mercado Nacional: Incremento en la demanda de productos ecológicos en mercados urbanos como Bogotá y Medellín, donde los consumidores están dispuestos a pagar por productos saludables y sostenibles.

- Exportaciones: Potencial de exportación a mercados internacionales, especialmente en Europa y Norteamérica, donde la demanda de productos orgánicos sigue en aumento.

7. Cronograma de Actividades

7.1. Ciclo de Cultivo

Este ciclo dura entre 90 a 120 días, desde la siembra hasta la cosecha

Tabla 8.

Cronograma de Actividades

| Semana | Actividad | Descripción |
|------------|------------------------------------|---|
| Semana 1 | Preparación del sustrato | - Preparar las macetas o recipientes con una mezcla de tierra, compost y perlita. - Añadir humus de lombriz y harina de huesos al sustrato. |
| Semana 1 | Siembra de semillas | - Sembrar las semillas en semilleros a 0.5 cm de profundidad. - Mantener el sustrato húmedo y colocar en un lugar con buena luz. |
| Semana 2 | Mantenimiento de semilleros | - Regar moderadamente manteniendo la humedad sin encharcar. - Asegurarse de que reciban 6-8 horas de luz solar o luz artificial. |
| Semana 3-4 | Trasplante a macetas definitivas | - Cuando las plántulas tengan 4-6 hojas verdaderas (aprox. 10 cm), trasplantar a las macetas definitivas. - Agregar compost adicional al sustrato durante el trasplante. |
| Semana 4 | Riego | - Riego moderado (1-2 veces por semana según la temperatura), evitando encharcamientos. |
| Semana 5 | Aplicación de té de compost/ortiga | - Aplicar té de compost o té de ortiga diluido para fortalecer el crecimiento vegetativo. - Frecuencia: cada 15 días. |

| | | |
|--------------|--|---|
| Semana 6-7 | Instalación de tutorado | - Colocar estacas o sistema de tutorado si es necesario, para sostener el tallo principal. |
| Semana 6-8 | Poda ligera | - Retirar hojas viejas o dañadas para mejorar la ventilación. - Retirar algunos chupones (brotes axilares) si es necesario. |
| Semana 7-8 | Fertilización ecológica (floración) | - Aplicar té de plátano o ceniza de madera para aumentar el potasio y fomentar la floración. - Frecuencia: cada 15 días. |
| Semana 8-12 | Monitoreo de plagas | - Vigilar la aparición de plagas como pulgones y usar soluciones naturales como aceite de neem si es necesario. |
| Semana 8-12 | Aplicación de calcio y magnesio | - Añadir cáscaras de huevo trituradas o aplicar sal de Epsom diluida para prevenir la pudrición apical y fortalecer la planta. - Frecuencia: cada 30 días. |
| Semana 9-10 | Riego y monitoreo de frutos | - Mantener el riego regular según la necesidad de la planta y controlar la humedad del sustrato. |
| Semana 10-12 | Segunda poda ligera | - Realizar una poda ligera eliminando hojas inferiores viejas y enfermas, si es necesario. |
| Semana 11-12 | Fertilización ecológica (fructificación) | - Repetir aplicación de ceniza de madera o té de plátano para asegurar el aporte de potasio durante el llenado de frutos. - Frecuencia: cada 15 días. |
| Semana 12-14 | Cosecha de frutos | - Cosechar los primeros frutos maduros, típicamente entre 90 y 120 días desde la siembra. |
| Semana 13-14 | Mantenimiento post-cosecha | - Continuar el riego y la aplicación de fertilizantes naturales para alargar la producción de nuevos frutos. |

Nota. Cronograma semanal de actividades que evidencia las etapas y el ciclo productivo del cultivo.

Tabla 9.

Plan de Fertilización Ecológica

| Fase | Fertilizante Ecológico | Frecuencia de Aplicación |
|-----------------------------------|-----------------------------|--|
| Antes de la siembra | Compost, humus de lombriz | Mezcla en el sustrato antes de trasplantar |
| Crecimiento vegetativo | Té de compost, té de ortiga | Cada 15 días |
| Floración y fructificación | Té de plátano | Cada 15 días |
| Calcio y Magnesio | Cáscaras de huevo | Cáscaras: 1 vez al mes |

Nota. Plan de fertilización ecológica por fases.

8. Recursos

8.1. Flujo de caja del proyecto

8.1.1. Análisis Flujo de caja del proyecto

Inversión Inicial: El flujo de caja muestra un gran desembolso al inicio del proyecto por la inversión en infraestructura y los insumos necesarios.

Producción y Ventas: Se espera que la producción comience en el tercer mes, aumentando progresivamente en el cuarto mes.

Rentabilidad: Aunque hay un déficit inicial, los ingresos en el tercer y cuarto mes compensan los gastos, y se espera que el proyecto sea rentable al final del ciclo.

- Consideraciones

Ciclo de cultivo: Este modelo asume un ciclo de cultivo de 4 meses. Es importante considerar que las condiciones climáticas y de manejo pueden influir en los resultados.

Variabilidad de precios: Los precios de venta pueden fluctuar.

Costos adicionales: Se deben considerar gastos imprevistos y mantenimiento a largo plazo

8.1.2. Costo inicial de inversión

Tabla 10.

Tabla de inversión inicial

| Valor | Concepto | Valor Unitario | Cantidad | Valor Total |
|----------|--|----------------|----------|-------------|
| \$50.000 | Semilla Tomate Cherry Red Robin | \$50.000 | 1 | \$50.000 |
| \$30.000 | Sustrato (tierra + humus + perlita) | \$10.000 | 3 | \$30.000 |
| \$45.000 | Macetas | \$15.000 | 3 | \$45.000 |
| \$20.000 | Fertilizante orgánico (humus de lombriz) | \$20.000 | 1 | \$20.000 |
| \$10.000 | Implementos (estacas, hilo, guantes) | \$10.000 | 1 | \$10.000 |
| \$25.000 | Riego (regadera, mangueras) | \$25.000 | 1 | \$25.000 |
| \$30.000 | Control de plagas (productos orgánicos) | \$30.000 | 1 | \$30.000 |

| | | | | |
|-----------|----------------------|----------|---|-----------|
| \$40.000 | Costo de instalación | \$40.000 | 1 | \$40.000 |
| \$245.000 | Valor total | | | \$245.000 |

Nota. Costos iniciales de inversión para el desarrollo del proyecto.

9. Resultados

9.1. Riego y necesidades hídricas

Durante el desarrollo del cultivo vertical ecológico de tomate cherry, se implementó un sistema de riego manual basado en tres aplicaciones diarias de agua, distribuidas aproximadamente cada seis horas, con el fin de mantener una humedad constante sin saturar el sustrato. Se utilizó agua de grifo decantada durante 24 horas para eliminar el cloro, y ocasionalmente se complementó con agua lluvia recolectada.

Cada aplicación consistió en 150 ml por planta, totalizando un promedio de 450 ml diarios por planta. Este volumen se mantuvo constante durante todo el ciclo productivo (90 días), permitiendo estimar un consumo acumulado de agua por planta y por metro cuadrado.

Tabla 11.

Consumo Diario de Agua por Planta en el Sistema Vertical

| Día del cultivo | Número de riegos | Volumen por riego (ml) | Total diario por planta (ml) |
|-----------------|------------------|------------------------|------------------------------|
| 1 | 3 | 150 | 450 |
| 2 | 3 | 150 | 450 |
| ... | 3 | 150 | 450 |
| 90 | 3 | 150 | 450 |
| Total | – | – | 40,500 ml (40.5 L) |

Nota. Consumo diario de agua por planta durante el ciclo de cultivo.

Así, el consumo total estimado por planta fue de 40.5 litros en los 90 días del ciclo, manteniendo condiciones óptimas de humedad en el sustrato. Si consideramos una densidad de 12 plantas/m², el consumo total por metro cuadrado fue de 486 litros durante el ciclo.

9.2. Cuantificación del Rendimiento del Cultivo

Producción total por planta:

Promedio de frutos por planta: Se estima que cada planta produce entre 20 y 30 tomates Cherry durante su ciclo.

Peso promedio por fruto: Aproximadamente 20-30 gramos por tomate.

Producción total estimada por planta

Producción Total = N° de Frutos × Peso Promedio

Producción total por metro cuadrado:

Densidad de plantas: En un sistema vertical, se pueden cultivar aproximadamente 10-15 plantas por metro cuadrado, en este caso 20.

Producción total por metro cuadrado:

Producción por m² = Producción Total por Planta × N° de Plantas por m²

Si consideramos tan solo 12 plantas por metro cuadrado:

Producción por m² = 625 g × 12 plantas = 7,500 g = 7.5 kg/m²

Tabla 12.

Rendimiento del Cultivo de Tomate Cherry

| Parámetro | Valor Estimado |
|-------------------------------|--------------------------|
| Producción por planta | 20-30 tomates por planta |
| Peso promedio por fruto | 20-30 g |
| Producción total por planta | 600-900 g |
| Plantas por metro cuadrado | 12 plantas |
| Producción por metro cuadrado | 7.5 kg/m ² |

Nota. Paramentos evaluados para el rendimiento del cultivo.

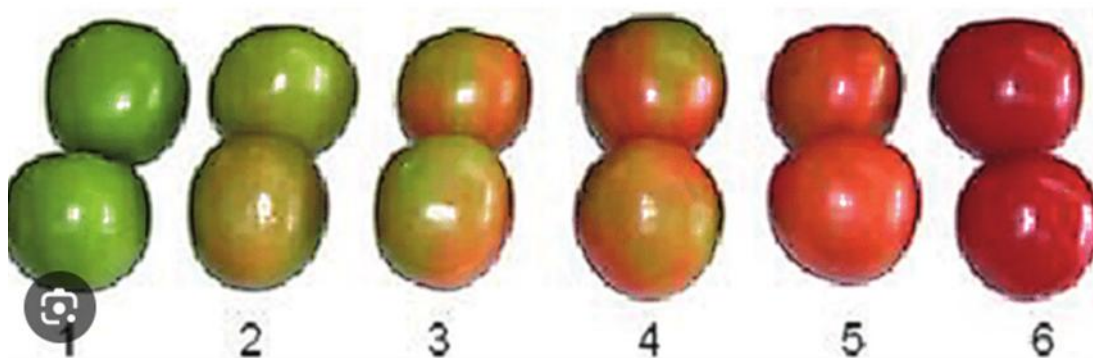
9.3. Determinación de la Calidad del Fruto

La calidad del tomate cherry cosechado en el sistema vertical se evaluó considerando parámetros físicos y sensoriales. Entre los criterios de calidad destacan:

Color: Se midieron los tonos de maduración utilizando una escala estandarizada, desde verde hasta rojo intenso.

Figura 13.

Tonos de Maduración del tomate Cherry



Nota. Figura tomada de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-tomates-en-los-seis-estados-de-maduracion-evaluados_fig1_230820205.

Correspondiendo de esta manera el 1 al color verde en donde la superficie del tomate es totalmente verde y puede variar de claro a oscuro, 2 al inicio de color en el cual se presenta un quiebre en la coloración por la aparición de coloraciones amarillas o rosas, 3 a lo que conoce como tomate pintón en donde se evidencia una combinación de colores, 4 al tomate rosado en donde se muestra una coloración más rosa o rojiza, 5 al rojo pálido o claro, y el 6 rojo intenso.

Tamaño y Peso: Se registró el diámetro y peso promedio del fruto para determinar su uniformidad.

Degustación y Testigos: Se realizó una prueba sensorial con un grupo de evaluadores, comparando el tomate del sistema vertical con frutos de cultivo convencional, considerando sabor, textura y jugosidad.

Los parámetros físicos a evaluar son:

Tamaño: Medición del diámetro del fruto (promedio de 2-3 cm).

Color: Evaluación visual con una escala de colores (idealmente rojo brillante al madurar).

Firmeza: Usar método manual comparativo (tacto), ya que no se cuenta con un penetrómetro para medir la resistencia del fruto a la presión (en kg).

Sabor: Evaluación sensorial mediante un panel de degustación con una escala de 1 a 5.

Textura: Evaluación sensorial y mediante pruebas de consistencia.

Tabla 13.

Calidad del Fruto del Tomate Cherry

| Parámetro | Método de Evaluación | Resultados Esperados |
|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Tamaño | Medición del diámetro (cm) | 2-3 cm |
| Color | Escala de colores visual | Rojo brillante |
| Firmeza | Método manual comparativo (tacto) | Resistencia adecuada a la presión |
| Sabor | Evaluación sensorial (1-5) | Escala de 1 a 5, promedio de 4-5 |
| Textura | Sensores, pruebas de consistencia | Firme y jugoso |

Nota. Parámetros evaluados para la determinación de la calidad del fruto.

Tabla 14.

Método manual comparativo (tacto)

| Nivel | Descripción |
|--------------|------------------------------------|
| 1 | Muy blando (se deforma fácilmente) |
| 2 | Blando (ligera resistencia) |

| | |
|---|------------------------------------|
| 3 | Medio (resistencia firme) |
| 4 | Firme (difícil de deformar) |
| 5 | Muy firme (casi no cede a presión) |

Nota. Método comparativo manual mediante evaluación de textura al tacto.

Con los dedos limpios y tomates de diferentes grados de madurez se presiona suavemente el fruto entre el pulgar y el índice, de esta manera clasificando la firmeza en una escala con la anterior tabla.

Figura 14.

Tamaño



Nota. Imagen que evidencia la medición del tamaño del fruto mediante el uso de una regla.

Figura 15.

Color



Nota. Diferentes colores o tonalidades del fruto en donde se evidencia su grado de madurez.

Figura 16.

Firmeza



Nota. Presión al fruto para determinar su grado de firmeza mediante el tacto.

Figura 17.

Textura



Nota. Evaluación de la textura del fruto.

9.4. Evaluación sensorial de los frutos

Se realizó una evaluación sensorial para determinar la calidad organoléptica de los frutos obtenidos en el cultivo vertical ecológico.

Tamaño de la evaluada: Se seleccionaron 30 frutos maduros, representativos del lote cosechado, asegurando homogeneidad en tamaño (2-3 cm) y color (rojo brillante), los 30 frutos se repartieron entre los 5 catadores.

Criterios de selección: Frutos sin daños físicos ni enfermedades visibles, maduración completa, uniformes en forma y color, y cosechados en el mismo día.

Ficha de cata sensorial: Se aplicó una ficha de evaluación sensorial estructurada con escala hedónica de 1 (muy desagradable) a 5 (muy agradable), considerando los siguientes atributos:

Color

Aroma

Textura**Sabor dulce****Acidez****Apariencia general**

La cata fue realizada por un panel de 5 personas no entrenadas, mayores de edad, bajo condiciones controladas de luz, sin interferencias olfativas ni ruidos distractores. Los frutos se sirvieron a temperatura ambiente, en recipientes transparentes.

Figura 18.

Selección del fruto para cata



Nota. Selección de frutos para evaluación sensorial (cata).

Tabla 15.

Resultados de la evaluación sensorial del tomate cherry (escala 1 a 5).

| <i>Atributo</i> | <i>Promedio</i> |
|-----------------|-----------------|
| Color | 4.96 |
| Aroma | 4.36 |
| Textura | 4.72 |
| Sabor dulce | 4.24 |
| Acidez | 3.8 |

| | |
|--------------------|------|
| Apariencia general | 4.96 |
|--------------------|------|

Nota. Resultados obtenidos en la evaluación sensorial del tomate cherry, utilizando una escala hedónica de 1 a 5.

A continuación, se presentan los resultados individuales de la evaluación sensorial realizada a los cinco evaluadores sobre los frutos obtenidos del cultivo.

Tabla 16.

Resultado individuales evaluación sensorial

| <i>Evaluador / Atributo</i> | <i>Color</i> | <i>Aroma</i> | <i>Textura</i> | <i>Sabor dulce</i> | <i>Acidez</i> | <i>Apariencia gral.</i> | <i>Promedio</i> |
|---------------------------------|--------------|--------------|----------------|------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------|
| <i>1</i> | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.5 |
| <i>2</i> | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4.8 |
| <i>3</i> | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4.0 |
| <i>4</i> | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4.5 |
| <i>5</i> | 4.8 | 4.4 | 4.6 | 4.2 | 3.8 | 4.8 | 4.4 |
| <i>Promedio</i> | 4.96 | 4.36 | 4.72 | 4.24 | 3.8 | 4.96 | 4.44 |

Nota. Resultados individuales obtenidos en la evaluación sensorial.

Los resultados sensoriales evidencian una alta aceptación del tomate cherry cultivado en sistema vertical ecológico, destacando el color y la textura. Aunque la acidez recibió un puntaje levemente inferior, lo cual es esperable ya que este tipo de tomate suele ser más dulce, los frutos fueron calificados como agradables en términos generales. Esto sugiere que el método de cultivo no solo mantiene la calidad del producto, sino que produce frutos de buen sabor y apariencia, comparables a los métodos convencionales, hallando así alta puntuación en color, textura, apariencia.

Figura 19.

Evidencia 1 evaluación sensorial



Nota. Evidencia 1. Registro de evaluación sensorial correspondiente a uno de los catadores.

Figura 20.

Evidencia 2 evaluación sensorial



Nota. Evidencia 2. Registro de evaluación sensorial correspondiente a uno de los catadores.

9.5. Comparación del Impacto Ambiental

9.5.1. Sostenibilidad y Economización del Agua

El sistema de cultivo vertical promueve el uso eficiente del agua mediante riego localizado y reutilización del recurso. En comparación con el método convencional, se logró una reducción significativa del consumo hídrico, lo que hace al sistema más sostenible y adecuado para zonas con limitaciones de agua.

Cultivo vertical ecológico:

Consumo de agua promedio: 2-3 litros por planta por semana, considerando riego por goteo y conservación de humedad en el sustrato.

Métodos convencionales:

Consumo de agua promedio: 5-7 litros por planta por semana.

Consumo de energía:

Cultivo vertical ecológico: Menor uso de energía debido al riego manual y la reducción de maquinaria.

Métodos convencionales: Uso de sistemas de riego automatizados y maquinaria agrícola, lo que aumenta el consumo energético.

9.5.2. Fertilizantes

Cultivo vertical ecológico:

Uso de fertilizantes orgánicos (compost, humus de lombriz, té de ortiga), reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos.

Métodos convencionales: Dependencia alta de fertilizantes químicos sintéticos.

Generación de residuos:

Cultivo vertical ecológico:

- Generación mínima de residuos; los restos de cultivos se pueden compostar.
- Métodos convencionales: Generación de residuos plásticos (envases de

fertilizantes, pesticidas) y otros desechos.

Contribución a la sostenibilidad:

Cultivo vertical ecológico:

Promueve la biodiversidad, mejora la calidad del aire y disminuye la huella de carbono.

Métodos convencionales: Impacto negativo en la biodiversidad y aumento de la contaminación del suelo y agua.

Tabla 17.

Comparación del Impacto Ambiental entre Cultivo Ecológico y Convencional.

| <i>Parámetro</i> | <i>Cultivo Vertical Ecológico</i> | <i>Métodos Convencionales</i> |
|---|------------------------------------|---|
| <i>Consumo de agua</i> | 2-3 litros/planta/semana | 5-7 litros/planta/semana |
| <i>Consumo de energía</i> | Bajo (riego manual) | Alto (sistemas automatizados) |
| <i>Fertilizantes</i> | Orgánicos (compost, humus) | Sintéticos |
| <i>Generación de residuos</i> | Mínimos (compostables) | Plásticos y químicos |
| <i>Contribución a la sostenibilidad</i> | Alta (mejora aire y biodiversidad) | Baja (contaminación y pérdida de biodiversidad) |

Nota. Los valores representados en la tabla hacen referencia a métodos convencionales que se basan en la literatura técnica. De acuerdo con estudios recientes, como el de Desai y Gangawane (2023), los cultivos en sistemas tradicionales consumen más agua que los ecológicos verticales, lo que coincide con los valores presentados en la Tabla 17.

El enfoque ecológico en un sistema de cultivo vertical no solo optimiza la producción, sino que también tiene beneficios ambientales significativos, reduciendo el consumo de recursos y minimizando el impacto negativo sobre el entorno urbano.

Aunque no se llevó un registro exacto del volumen de agua aplicado a cada unidad experimental, el consumo de agua en el cultivo se estimó con base en la frecuencia de riego, la capacidad de las materas y la cantidad promedio de agua utilizada por riego, manteniéndose dentro del rango de 2 a 3 litros por planta por semana. Esta estimación se obtuvo considerando riegos manuales dos veces al día, evitando la saturación del sustrato y aplicando agua solo hasta lograr alcanzar la capacidad de campo, según el método sensorial descrito en la metodología.

En contraste, en sistemas de cultivo convencionales bajo invernadero o campo abierto, el consumo promedio reportado en la literatura técnica es de 5 a 7 litros por planta por semana, debido al uso de sistemas automatizados y a una menor eficiencia en el manejo del agua.

Por tanto, el enfoque ecológico adoptado en este proyecto, basado en riego manual eficiente y reutilización parcial de agua lluvia, permitió una reducción estimada del consumo hídrico de hasta un 50 %, lo cual justifica el comparativo presentado en la Tabla.

9.6. Comparación del Rendimiento con el Sistema Convencional

El rendimiento del tomate cherry en el sistema vertical se comparó con el cultivo en suelo abierto. Se evaluaron:

Producción por planta: Se cuantificó la cantidad de frutos por planta y su peso total.

Sistema vertical ecológico (Red Robin en macetas):

Frutos por planta: 25 unidades (promedio entre 20 y 30)

Peso promedio por fruto: 25 g

Producción total por planta: 625 g (0,625 kg)

Sistema convencional en suelo abierto (según literatura técnica para tomate cherry):

Frutos por planta: 40-60 unidades

Peso promedio por fruto: 15-20 g

Producción estimada por planta: 0,8 – 1,2 kg

Producción por metro cuadrado: Se calculó la producción total considerando la densidad de siembra del sistema vertical frente al convencional.

Sistema vertical ecológico:

Densidad: 12 plantas/m²

Producción: 12 plantas × 625 g = 7,5 kg/m²

Sistema convencional:

Densidad: 3-4 plantas/m² (distanciamiento típico: 0,7 × 0,5 m)

Producción: 3,5 plantas × 1 kg (promedio) = 3,5 kg/m²

Figura 21.

Peso del fruto en el sistema vertical

**Tabla 18.***Análisis comparativo*

| Parámetro | Sistema Vertical Ecológico | Sistema Convencional |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Producción por planta | 625 g | 800 – 1.200 g |
| Densidad de siembra | 12 plantas/m ² | 3–4 plantas/m ² |
| Producción por metro cuadrado | 7,5 kg/m² | 3,5 kg/m² |

Aunque la producción individual por planta fue ligeramente inferior en el sistema vertical ecológico (625 g vs 800–1200 g), la alta densidad de siembra compensó este valor, duplicando el rendimiento por metro cuadrado frente al sistema convencional. Esta eficiencia espacial hace que el modelo vertical ecológico sea especialmente adecuado para entornos urbanos, donde el espacio es limitado, pero se busca una producción significativa con bajo impacto ambiental.

10. Conclusiones

Etapas fenológicas del cultivo:

Se logró identificar y registrar todas las etapas fenológicas del tomate cherry (variedad Red Robin) cultivado en sistema vertical ecológico, desde la germinación hasta la madurez fisiológica.

El ciclo completo tuvo una duración aproximada de 90 días, cumpliéndose con éxito cada fase del desarrollo: emergencia, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y cosecha.

Cuantificación del rendimiento del cultivo:

Se cuantificó el rendimiento por planta y por matera. Cada planta produjo en promedio 26,5 frutos, con un peso promedio por fruto de 24,7 gramos y un peso total promedio por planta de 655 gramos. Esto equivale a un rendimiento estimado de 1.965 gramos por matera (con 3 plantas), evidenciando una alta productividad en condiciones urbanas y de espacio reducido.

La implementación del sistema vertical ecológico en macetas permitió obtener un rendimiento promedio de 7,5 kg/m², lo cual demuestra que es una alternativa viable y eficiente en espacios urbanos reducidos como balcones. La densidad de siembra, el uso de estructuras verticales y las condiciones de luz fueron determinantes en la productividad.

Calidad del fruto:

La calidad de los frutos fue evaluada de manera visual y sensorial, considerando color, forma y firmeza. Aunque no se contó con instrumentos como refractómetro o penetrómetro, se determinó que los frutos presentaron un excelente estado, con color rojo uniforme, buena firmeza al tacto y sabor dulce característico de la variedad Red Robin.

Los frutos obtenidos presentaron características físicas y sensoriales satisfactorias, con tamaños homogéneos (2-3 cm), peso promedio de 25 g y color rojo brillante, además de buena aceptación en la evaluación sensorial (puntaje promedio entre 4 y 5 en escala de 1 a 5). Esto evidencia que el sistema no compromete la calidad del producto final frente a métodos convencionales.

Consumo de agua y sostenibilidad:

El consumo hídrico total estimado fue de 40,5 litros por planta durante los 90 días del ciclo. Esta cifra representa una reducción significativa frente al consumo promedio en cultivos tradicionales de invernadero, evidenciando que el sistema ecológico vertical implementado optimiza el uso del recurso hídrico, lo cual lo convierte en una alternativa más sostenible y eficiente para la producción urbana de alimentos.

Impacto ambiental y sostenibilidad:

El cultivo vertical permitió reducir significativamente el consumo de agua —estimado en 2-3 litros por planta por semana— en comparación con métodos convencionales (5-7 litros por planta por semana). Asimismo, se evitó el uso de fertilizantes químicos, utilizando únicamente insumos orgánicos, y se promovió la reutilización de residuos mediante compostaje, lo cual refuerza el enfoque sostenible del proyecto.

Limitaciones y recomendaciones:

Si bien el proyecto fue exitoso, se recomienda implementar sistemas automatizados de riego por goteo para mejorar la eficiencia y facilitar el escalado. Además, se sugiere validar el modelo en otros contextos urbanos con diferentes condiciones climáticas y sociales.

Proyección

Este modelo de producción urbana puede replicarse en otras zonas del país con condiciones similares, favoreciendo la seguridad alimentaria, la autosuficiencia y el desarrollo de la agricultura urbana sostenible en Colombia.

El objetivo general del proyecto fue cumplido satisfactoriamente. Se evaluaron las etapas fenológicas del tomate cherry en un sistema de cultivo vertical ecológico, registrando un ciclo completo de aproximadamente 90 días. El rendimiento fue alto, con un promedio de 26,5 frutos por planta y 24,7 g por fruto, alcanzando hasta 1.965 g por materia.

La calidad del fruto fue excelente en cuanto a color, tamaño y sabor. Además, el sistema permitió una reducción significativa en el consumo de agua frente a métodos convencionales, evidenciando que el cultivo urbano sostenible en macetas es viable y eficiente.

Referencias Bibliográficas

Agricultura Orgánica en Colombia. (2021). Edición especial sobre producción de tomate cherry. *Agricultura Orgánica en Colombia*, 19(3).

Agrosavia. (2020). Guía técnica para el cultivo ecológico del tomate cherry. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.

Arshad, A., Cîmpeanu, S. M., Jerca, I. O., Sovorn, C., Ali, B., Badulescu, L. A., & Drăghici, E. M. (2024). Physiological and biochemical characterization of cherry tomatoes grown in controlled environments. *BMC Plant Biology*, 24, 137. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05701-5>

Castro, K. (2009). Figura 1: Tomates en los seis estados de maduración evaluados. ResearchGate. Recuperado el 6 de junio de 2025, de https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-tomates-en-los-seis-estados-de-maduracion-evaluados_fig1_230820205

Desai, D. M., & Gangawane, A. K. (2023). Optimizing greenhouse cultivation of cherry tomatoes using hydroponics in Indian conditions: A comparative study. *Biological Forum – An International Journal*, 15(3), 704–708. <https://www.researchtrend.net/bfij/pdf/114%20Durgesh%20M%20Desai.pdf>

Egamberdiyev, S. Y., & Yunusov, A. S. (2022). The study of cherry tomato varieties in greenhouse conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1043, 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012021>

Fernández, D. (2018). Prácticas agroecológicas y su efecto en la productividad del tomate cherry en San Gil, Santander [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander].

García, L. (2017). Evaluación de la producción de tomate cherry en sistemas de agricultura ecológica en Santander [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

González, M., & Torres, J. (2018). Evaluación del rendimiento y calidad del tomate cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) en sistemas de cultivo ecológico. *Revista de Agricultura Ecológica*, 12(2), 45–58.

Lycopersicum, S. (s.f.). Manual técnico del cultivo de tomate. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Recuperado el 1 de octubre de 2024, de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10921.pdf>

Martínez, C., & Rodríguez, E. (2020). Comparación de métodos de cultivo ecológico para la producción de tomate cherry en pequeñas fincas. *Agronomía Colombiana*, 38(1), 67–74.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2019). Informe sobre prácticas de agricultura ecológica en Santander. MADR.

Mooren, J. (2023). An alternative way of growing tomatoes in a vertical farm. *Philips Horticulture Blog*. <https://www.lighting.philips.com/application-areas/specialist-applications/horticulture/hortiblog/vertical-farming/an-alternative-way-of-growing-tomatoes-in-a-vertical-farm>

Pérez, A., & Hernández, F. (2019). Impacto de las prácticas agroecológicas en la producción de tomate cherry en climas tropicales. *Journal of Sustainable Agriculture*, 15(4), 300–315.

Rachma, D. F., Munyanont, M., Maeda, K., Lu, N., & Takagaki, M. (2024). Prediction model for optimal harvesting time in cherry tomato cultivation based on temperature accumulation. *Agronomy*, 14(12), 3074. <https://www.mdpi.com/2073-4395/14/12/3074>

Smith, R. (2014). Organic tomato production. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE) Program.

Sociedad Colombiana de Agronomía. (2019). Artículos sobre innovación en la producción de cultivos ecológicos. *Boletín de la Sociedad Colombiana de Agronomía*, 45(2).

Soto, E., & Álvarez, L. (2016). Cultivo ecológico de tomate: Técnicas y manejo. Editorial Agrícola.