UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS DE GRADO

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VARIEDADES DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN EL SISTEMA HIDROPÓNICO CON FIBRA DE COCO EN CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Por:

Guido Siñani Ascencio

EL ALTO – BOLIVIA

Junio, 2024

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN AGRONÓMICA DE VARIEDADES DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN EL SISTEMA HIDROPÓNICO CON FIBRA DE COCO EN CENTRO EXPERIMENTAL DE KALLUTACA

Tesis de Grado presentado como requisito
para optar el Título de
Ingeniero Agrónomo

Guido Siñani Ascencio

Asesores:

M.Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez .....

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca .....

M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocosi .....

Lic. Ing. Soledad Chavez Vino .....

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador .....

DEDICATORIA:

A Dios por la oportunidad de conocer lo bello de la profesión; cuidándome dándome fe, fortaleza y paciencia para seguir mi camino de ser profesional.

A mi queridísima familia: mi papá Ricardo Siñani Mamani y mi mama Teresa Ascencio Poma, hermanas(o) Angelica, Sixto, Jhony, David, Ivan, Betty y Cuñados(as), Andres, Maritza, Yanet, Rebeca les doy con mucho amor y cariño; puesto para la realización del presente trabajo de tesis.

AGRADECIMIENTOS

A Dios. Por haberme permitido llegar hasta este momento y brindarme su apoyo en los momentos más difíciles dándome su protección en la salud a lo largo de este momento muy especialmente para mí.

Agradezco a la Universidad Pública de El Alto, especialmente al plantel docente de la carrera de Ingeniería Agronómica, por su invaluables enseñanza y educación dentro y fuera de las aulas y a la vez en el campo agrícola y pecuaria.

A mis padres Ricardo Siñani Mamani y Teresa Ascencio Poma. por haberme ayudado con cuestión económico muy gentilmente transcurso en el trabajo de investigación.

A mi guía tutor: M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez por su asesoramiento y enseñanza en la ejecución del presente trabajo de investigación realizado.

Por su colaboración y trabajo a mis compañeros/as Feliciano, Rosa, Ana Maria por haberme ayudado con el trabajo en la carpa hidropónica.

A mis tribunales M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca, M. Sc. Lic. Ing. Ciro Raúl Quiape Callocosi, Lic. Ing. Soledad por el apoyo y corrección de mi tesis de grado.

Al M. Sc. Lic. Ing. Victor Paye Huaranca por su guía y apoyo durante la obtención de resultados del presente trabajo de investigación.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS i
ÍNDICE DE CUADROS vii
ÍNDICE DE FIGURAS ix
ÍNDICE DE ANEXOS xi
ABREVIATURAS xiii
RESUMEN xiv
ABSTRACT xv

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Planteamiento del problema 2
1.2. Justificación 3
1.3. Objetivos 4
1.3.1. Objetivo general 4
1.3.2. Objetivos específicos 4
1.4. Hipótesis 4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA 5
2.1. Origen de tomate 5
2.2. Importancia del cultivo de tomate 5
2.3. Aspectos botánicos 6
2.4. Descripción botánica 7
2.4.1. Raíces 7
2.4.2. Tallo 7
2.4.3. Flores 7
2.4.4. Fruto 8

2.5. Hábitos de Crecimiento 8
2.5.1. Temperatura 8
2.5.2. Humedad 8
2.5.3. Luz 8
2.5.4. Altitud 8
2.6. Cosecha y Postcosecha 9
2.6.1. Cosecha 9
2.6.2. Postcosecha 9
2.7. Variedades de tomate 9
2.7.1. Variedad: Maestro F-1 9
2.7.2. Variedad: Lucia F-1 10
2.7.3. Variedad: Roma 10
2.8. Los principales plagas y enfermedades del Tomate 10
2.8.1. Plagas del tomate 10
2.8.1.1. Polilla de tomate (*Tuta absoluta*) 10
2.8.1.2. Pulgones (*Myzus persicae*) 10
2.8.1.3. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporarium*) 11
2.8.2. Enfermedades en Tomate 11
2.8.2.1. Mildiu (*Phytophtora infestans*) 11
2.8.2.2. Oídium del tomate (*Leveillula taurica*) 11
2.8.2.3. Tizón temprano (*Alternaria solani*) 11
2.8.2.4. tizón tardío (*Phytophthora infestans*) 11
2.8.2.5. Virus de la cuchara (*Bemisia tabaci*) 12
2.9. Hidroponía 12
2.9.1. Cultivo hidropónico 12
2.9.1.1. Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico 13

2.9.2. Cultivo en sustrato 14
2.9.3. fibra de coco 14
2.9.4. Método universal de preparación de soluciones nutritivas 14
2.9.4.1. Relación mutua entre los aniones 14
2.9.4.2. Relación mutua entre los cationes 15
2.9.4.3. pH 15
2.9.4.4. La conductividad eléctrica C.E. 15
3. MATERIALES Y MÉTODOS 16
3.1. Localización 16
3.1.1. Características Edafoclimáticas 17
3.1.2. Clima 17
3.1.3. Suelo 17
3.1.4. Flora 17
3.2. Materiales 18
3.2.1. Material de estudio 18
3.2.2. Material de escritorio 18
3.2.3. Material de campo 18
3.2.4. Insumos 18
3.2.5. Sustrato 18
3.3. Metodología 18
3.3.1. Invernadero 18
3.3.2. Temperatura en el invernadero 19
3.3.3. Material vegetal 19
3.3.4. Procedimiento experimental 19
3.3.4.1. Preparación de sustrato para el almacigo 19
3.3.4.2. Cascarilla de arroz 20

3.3.4.3. Turba 20
3.3.4.4. Fibra de coco 20
3.3.4.5. Preparación del almacigo y colocado de semillas en una bandeja 21
3.3.4.6. Preparación del Terreno 21
3.3.4.7. Trasplante definitivo a las macetas 22
3.3.4.7.1. Bolsa de plástico hidropónico 23
3.3.4.8. Software Hydro-Buddy 24
3.3.4.8.1. Preparación de la solución nutritiva 24
3.3.4.8.2. Solución de nutrientes o agua de riego 25
3.3.4.9. Labores culturales 25
3.3.4.9.1. Control de malezas 26
3.3.4.9.2. Manejo del cultivo, tutorado 26
3.3.4.9.3. Manejo de deshije 26
3.3.4.9.4. Riego 27
3.3.4.9.5. Cosecha 27
3.3.4.9.6. Postcosecha 28
3.3.4.9.7. Toma de Datos 28
3.3.5. Desarrollo del ensayo 28
3.3.5.1. Diseño experimental 28
3.3.5.2. Factores de estudio 29
3.3.5.3. Tratamientos en estudio 29
3.3.6. Variables de respuesta 30
3.3.6.1. Altura de la planta AP 30
3.3.6.2. Diámetro de tallo DT 30
3.3.6.3. Grados brix GB 30
3.3.6.4. Número de flores NF 31

3.3.6.5. Número de frutos NFR 31
3.3.6.6. Peso del fruto PF 31
3.3.6.7. Diámetro del fruto DF 31
3.3.6.8. Rendimiento R 31
3.3.7. Análisis económico 31
3.3.7.1. Relación Beneficio/Costo 31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 33
4.1. Condiciones ambientales 33
4.1.1. Temperatura 33
4.2. Altura de planta (cm) 35
4.3. Diámetro de tallo 36
4.4. Grados brix 38
4.5. Número de flores 39
4.6. Número de frutos 42
4.7. Peso de fruto en la primera cosecha 44
4.8. Diámetro de fruto en la primera cosecha 46
4.9. Longitud del fruto en la primera cosecha 49
4.10. Rendimiento por planta en la primera cosecha 50
4.11. Peso de fruto de segunda cosecha 51
4.12. Diámetro de fruto de la segunda cosecha 54
4.13. Longitud de fruto en la segunda cosecha 55
4.14. Rendimiento de la segunda cosecha 57
4.15. Peso de fruto en tercera cosecha 59
4.16. Diámetro de fruto en la tercera cosecha 61
4.17. Longitud de fruto en la tercera cosecha 63
4.18. Rendimiento en la tercera cosecha 64

4.19. Rendimiento total 66
4.19.1. Análisis económico 68
5. CONCLUSIONES 70
6. RECOMENDACIONES 72
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 74
8. ANEXOS 81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutritiva del tomate (por 100 g de producto comestible) 6

Cuadro 2. Formulación en base de los fertilizantes para etapa de crecimiento en el cultivo hidropónico de tomate en centro experimental de Kallutaca 24

Cuadro 3. Formulación en base de los fertilizantes para etapa de floración en el cultivo hidropónico de tomate 25

Cuadro 4. Formulación en base de los fertilizantes para etapa de fructificación según a un programa de Hydro-Buddy para la solución nutritiva de tomate 25

Cuadro 5. Factor de estudio con respectivos niveles 29

Cuadro 6. Tratamiento en estudio 30

Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta transcurso de su crecimiento de la planta del cultivo de tomate 35

Cuadro 8. Análisis de varianza para el diámetro de tallo en el cultivo hidropónico de tomate durante su desarrollo de la planta 37

Cuadro 9. Análisis de varianza para grados brix después de la cosecha del cultivo hidropónico de tomate 38

Cuadro 10. Análisis de varianza para número de flores durante el desarrollo de la planta del cultivo hidropónico de tomate 40

Cuadro 11. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de numero de flores por número de ejes 41

Cuadro 12. Análisis de varianza para número frutos durante su producción en el sistema hidropónico de tomate hasta sus tres cosechas 42

Cuadro 13. Análisis comparativo Duncan al 5% para número de frutos con ejes correspondientes 44

Cuadro 14. Análisis de varianza para peso de fruto en la primera cosecha del cultivo hidropónico de tomate 45

Cuadro 15. Análisis de varianza para diámetro de fruto en la primera cosecha del cultivo hidropónico de tomate 46

Cuadro 16. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedad por eje en la primera cosecha 48

Cuadro 17. Análisis de varianza para longitud durante su producción de fruto en la primera cosecha 49

Cuadro 18. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo hidropónico de tomate en la primera cosecha en el centro experimental de Kallutaca (2023) 50

Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso de fruto en la segunda cosecha producido en el sistema hidropónico de tomate 52

Cuadro 20. Análisis comparativo Duncan para variedad por eje en su comportamiento en la segunda cosecha del cultivo hidropónico del tomate 53

Cuadro 21. Análisis de varianza para diámetro de fruto durante su producción del cultivo hidropónico de tomate en la segunda cosecha 54

Cuadro 22. Análisis de varianza para longitud de fruto del cultivo hidropónico de tomate en la segunda cosecha en un ambiente serrado 56

Cuadro 23. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo hidropónico de tomate en segunda cosecha 58

Cuadro 24. Análisis de varianza para peso de fruto del cultivo hidropónico de tomate en la tercera cosecha 60

Cuadro 25. Análisis de varianza para diámetro de fruto en la tercera cosecha durante su producción 61

Cuadro 26. Análisis de varianza para longitud de fruto en la tercera cosecha de su fructificación del cultivo hidropónico en el centro experimental de Kallutaca 63

Cuadro 27. Análisis de varianza para el rendimiento en la tercera cosecha delo cultivo hidropónico de tomate 64

Cuadro 28. Análisis de varianza para el rendimiento de las tres cosechas del cultivo hidropónico de tomate 66

Cuadro 29. Análisis de Beneficio/Costo para cada tratamiento del tomate hidropónico 68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica (2022) 16

Figura 2. Preparación de sustrato para el almacigo de la semilla del tomate 20

Figura 3. Colocado de la semilla a uno en la almaciguera 21

Figura 4. Preparación de sustrato con fibra de coco en las masetas para el cultivo de tomate..... 22

Figura 5. Trasplante definitivo de plantines de tomate en las masetas de fibra de coco..23

Figura 6. Tutorado con cordeles en cada planta como el soporte de la planta transcurso del crecimiento..... 26

Figura 7. Poda en las plantas del cultivo de tomate transcurso del desarrollo de la planta……27

Figura 8. Cosecha del fruto del tomate haciendo una selección la parte madura para la venta al mercado 28

Figura 9. Temperaturas registradas en el invernadero (2022-2023)..... 33

Figura 10. Altura de planta a los 90 días de su crecimiento en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2022-2023)..... 36

Figura 11. Diámetro de tallo del cultivo hidropónico de tomate durante su fase fenológico de la planta en centro experimental de Kallutaca (2023)..... 37

Figura 12. Grados brix en los frutos de tomate después de la cosecha en centro experimental de Kallutaca (2023)..... 39

Figura 13. Número de flores contados hasta que se presenta el primer fruto de tomate en sistema hidropónico en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2022-2023)……40

Figura 14. Número de frutos en el cultivo hidropónico de tomate en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2023)..... 43

Figura 15. Peso de fruto en la primera cosecha de cada planta durante su maduración de fruto del tomate en el centro experimental de Kallutaca (2023)..... 45

Figura 16. Diámetro de fruto en la primera cosecha del cultivo de tomate de tres variedades durante el proceso de la producción en centro experimental de Kallutaca (2023)……...47

Figura 17. Peso de fruto en la segunda cosecha del cultivo hidropónico de tomate de las tres variedades transcurso su producción en el centro experimental de Kallutaca (2023)……...52

Figura 18. Diámetro de fruto en la segunda cosecha del cultivo de tomate en centro experimental de Kallutaca (2023).....55

Figura 19. Longitud de fruto en la segunda cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de su producción en el centro experimental de Kallutaca (2023) 57

Figura 20. Rendimiento en la segunda cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de su producción en un invernadero de centro experimental de Kallutaca (2023)……...58

Figura 21. Peso del fruto de las tres variedades en la tercera cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de su producción 60

Figura 22. Diámetro de fruto en la tercera cosecha del cultivo hidropónico de tomate en el centro experimental de Kallutaca UPEA (2023).....62

Figura 23. Rendimiento del fruto en la tercera cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de la producción obtenido en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2023).....65

Figura 24. Rendimiento total de las tres cosechas del cultivo hidropónico de tomate transcurso de la producción de las tres variedades en el centro experimental de Kallutaca UPEA (2023) 67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Croquis experimental 81

Anexo 2. Producción del cultivo de tomate. De los 12 tratamientos (variedades Lucia, Maestro y Roma) 82

Anexo 3. Preparado del sustrato para el almacigo 82

Anexo 4. Siembra de las tres variedades de tomate en una bandeja (48 semillas) 83

Anexo 5. Preparación de macetas con fibra de coco para la investigación 83

Anexo 6. Trasplante de tomate definitivamente en las masetas 83

Anexo 7. Instalado riego por goteo mediante los micro tubos y conectores desde poli tubo hacia la planta 84

Anexo 8. Tutorando las plantas de tomate hacia un alambre para su sustento 84

Anexo 9. Toma de datos de las muestras de diferentes tratamientos 84

Anexo 10. Cosecha de frutos maduros transcurso de la producción 85

Anexo 11. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de alturas de las plantas 85

Anexo 12. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de tallo. 85

Anexo 13. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de grados brix. 85

Anexo 14. Prueba Duncan al 5 % para variedades de tomate en el número de flores 86

Anexo 15. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de numero de frutos. 86

Anexo 16. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de peso de fruto en la primera cosecha. 86

Anexo 17. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de fruto en la primera cosecha. 86

Anexo 18. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de peso de fruto de segunda cosecha. 87

Anexo 19. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de fruto de la segunda cosecha. 87

Anexo 20. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de longitud de fruto en la segunda cosecha. 87

Anexo 21. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de rendimiento de la segunda cosecha. 87

Anexo 22. Preparado del sustrato para el almacigo Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de peso de fruto en tercera cosecha. 88

Anexo 23. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de fruto en la tercera cosecha. 88

Anexo 24. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de rendimiento en la tercera cosecha. 88

Anexo 25. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de rendimiento de las tres cosechas. 88

ABREVIATURAS

FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
CE	Conductividad eléctrica
cm	Centímetro
T	Tonelada
kg	Kilogramos
GPS	Global Positioning System
Ph	Potencial hidrogeno
SN	Solución nutritiva
dS	Decisiémens
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
g	Gramos
°C	Centígrados
Σ	Sumatoria
T	Tratamiento
ml	Mililitros
C	Centavos

RESUMEN

La tesis "Evaluación agronómica de variedades del cultivo de tomate en el sistema hidropónico con fibra de coco en Centro Experimental de Kallutaca" aborda la necesidad de encontrar soluciones innovadoras en la agricultura sostenible. La introducción destaca la importancia de este estudio para impulsar la producción agrícola de manera eficiente y sostenible, contribuyendo al desarrollo socioeconómico de las comunidades. La problemática se centra en la falta de conocimiento sobre el uso de fibra de coco como sustrato en el cultivo hidropónico de tomate y su impacto en las características agronómicas y la viabilidad socioeconómica para los productores. Los objetivos de la investigación incluyen evaluar el comportamiento agronómico de tres variedades de tomate en fibra de coco, determinar su rendimiento y analizar la relación beneficio-costo del cultivo en este sistema. En la metodología se basó en la implementación de un ensayo en el Centro Experimental de Kallutaca, utilizando una solución nutritiva específica y monitoreando parámetros como la retención de humedad y el desarrollo de las plantas. Los resultados obtenidos demostraron que el uso de fibra de coco como sustrato favoreció la retención de humedad y el desarrollo de las plantas de tomate. La solución nutritiva empleada, que incluía componentes como fosfato monoamónico y nitrato de calcio, resultó beneficiosa para el cultivo. Además, las variedades evaluadas mostraron un comportamiento agronómico positivo, entre ellas en altura de la planta y numero de flores Roma es la que alcanzo mayor altura de 88,69cm, luego se observa la variedad Lucia con una altura de 78,13cm y por último que tenemos es la variedad Maestro con 71,19cm en número de frutos cambia que la variedad Maestro con 43 frutos se destaca como en el primer lugar los de más variedades que siguen Roma, Lucia lo que sugiere que estas variedades son rentables para este sistema hidropónico. El rendimiento del cultivo de tomate fue la variedad Lucia que resulto en primer lugar con un promedio de 2108,08 kg/plta durante la producción así mismo se observó un rendimiento satisfactorio como en segundo rango como la variedad Maestro con 2033,89 kg/plta y por último la variedad Roma con 1833,26 kg/plta en el cultivo de tomate hidropónico con fibra de coco, respaldando la viabilidad económica para los productores.

ABSTRACT

The thesis “Agronomic evaluation of tomato crop varieties in the hydroponic system with coconut fiber at the Kallutaca Experimental Center” addresses the need to find innovative solutions in sustainable agriculture. The introduction highlights the importance of this study to boost agricultural production in an efficient and sustainable manner, contributing to the socioeconomic development of the communities. The problem focuses on the lack of knowledge about the use of coconut fiber as a substrate in hydroponic tomato cultivation and its impact on agronomic characteristics and socioeconomic viability for producers. The objectives of the research included evaluating the agronomic performance of three tomato varieties in coconut fiber, determining their yield and analyzing the benefit-cost ratio of the crop in this system. The methodology was based on the implementation of a trial at the Kallutaca Experimental Center, using a specific nutrient solution and monitoring parameters such as moisture retention and plant development. The results obtained showed that the use of coconut fiber as a substrate favored moisture retention and the development of tomato plants. The nutrient solution used, which included components such as monoammonium phosphate and calcium nitrate, was beneficial to the crop. In addition, the evaluated varieties showed a positive agronomic behavior, among them in plant height and number of flowers Roma is the one that reached the highest height of 88.69cm, then we observe the variety Lucia with a height of 78.13cm and finally we have is the variety Maestro with 71.19cm in number of fruits changes that the variety Maestro with 43 fruits stands out as in the first place the most varieties that follow Roma, Lucia which suggests that these varieties are profitable for this hydroponic system. The yield of the tomato crop was the variety Lucia which resulted in first place with an average of 2108.08 kg/plta during production likewise a satisfactory yield was observed as in second rank as the variety Maestro with 2033.89 kg/plta and finally the variety Roma with 1833.26 kg/plta in the hydroponic tomato crop with coconut fiber, supporting the economic viability for producers.

1. INTRODUCCIÓN

Los tomates son una de las frutas más consumidas en el mundo, con más de 180 millones de toneladas métricas producidas anualmente (Huang, 2019) son un cultivo básico en muchas partes del mundo y su producción y consumo tienen un impacto significativo en la economía, la nutrición y la salud de las poblaciones (OMS, 2015) a pesar de su consumo generalizado, faltan investigaciones sobre el impacto socioeconómico y nutricional de la producción y el consumo de tomate.

Los tomates son un alimento rico en nutrientes, rico en vitaminas A y C, potasio y fibra (USDA, 2020). Se han relacionado con diversos beneficios para la salud, incluida la reducción del riesgo de enfermedades cardíacas, ciertos cánceres y accidentes cerebrovasculares (Katz, 2014). Sin embargo, los beneficios nutricionales de los tomates a menudo se pasan por alto y muchas personas no los consumen como parte de una dieta equilibrada (Huang, 2019).

Con esta tecnología de sistema hidropónico de tomate se aprovecha productivamente parte del tiempo libre del que siempre disponen algunos miembros de la familia y que, por lo general, es desaprovechado en actividades que poco contribuyen al desarrollo y la proyección del núcleo familiar. Las productividades potenciales de los cultivos hidropónicos, cuando son realizados en condiciones tecnológicas óptimas, son superiores a las obtenidas mediante el sistema tradicional de cultivo hortícola (FAO, 2003).

Entre las ventajas de esta técnica sistema hidropónico, están: cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación; reducción de los costos de producción; independencia de los fenómenos climatológicos (verano e invierno); permite producir cosechas fuera de tiempo; se produce en menor espacio más cantidad de vegetales; ahorro de agua y fertilizantes; no se utiliza maquinaria agrícola; casi no se utiliza productos fitosanitarios; mayor precocidad de los cultivos; mayores rendimientos. El tomate es una de las plantas que más éxito ha tenido en la hidroponía practicada en Perú, dando una nueva alternativa a la actividad agrícola, permitiendo al productor reducir los costos de producción, espacio y tiempo (Maza, 2011).

El tomate es una de las hortalizas de mayor consumo a nivel nacional. El consumo per cápita del tomate en Bolivia alcanza los 8,5 kg por habitante en un año. En la gestión 2018-2019, la producción estuvo concentrada en 4.696 hectáreas, sembradas a nivel nacional

con una producción promedio por hectárea de 14.9 t, obteniéndose una producción nacional de 70.319 t. Esta cantidad no logro satisfacer la demanda nacional, por lo que se tiene que importar este producto de países como Perú. La importación del mismo alcanzo de 2.922 toneladas, es decir que se importa 4,15 % de lo que se produce en Bolivia (Paco, 2022).

La extracción de la fibra de coco se puede realizar de manera artesanal o mediante maquinaria especial. Los cocos se recogen manualmente después de 5-6 meses. Se obtienen dos tipos de fibras: marrones, más gruesas y resistentes, y claras, más finas y lisas (Martin, 2020).

Según estimaciones de la oficina de estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), en Chile, en la temporada 2003/04, se cultivaron 6.000 hectáreas de tomates al aire libre para consumo en fresco, 1.500 hectáreas de tomates en invernadero y 10.400 hectáreas destinadas a la agroindustria (Nieto, 2009).

1.1. Planteamiento del problema

En el contexto actual de la producción agrícola, es fundamental buscar alternativas sostenibles y eficientes que permitan mejorar la productividad y rentabilidad de los cultivos. El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es de gran importancia tanto a nivel alimentario como económico, siendo necesario explorar nuevas metodologías que optimicen su producción.

A pesar de los avances en técnicas de cultivo, persisten desafíos relacionados con la disponibilidad de sustratos adecuados y la optimización de la nutrición de las plantas en sistemas hidropónicos. La elección del sustrato y la formulación de la solución nutritiva son aspectos críticos que pueden influir significativamente en el desarrollo y rendimiento de los cultivos hidropónicos de tomate.

Actualmente en esta investigación realizado con fibra de coco en el sistema hidropónico en el lugar de centro experimental de Kallutaca hasta la fecha, no se ha explorado a fondo el potencial y los beneficios que este sustrato podría ofrecer en términos de retención de humedad, desarrollo de las plantas y rendimiento del cultivo de tomate en este entorno particular.

La falta de investigaciones previas sobre el uso de la fibra de coco en el sistema hidropónico en el Centro Experimental de Kallutaca plantea una oportunidad única para

abordar esta laguna de conocimiento y explorar una alternativa innovadora y sostenible para el cultivo de tomate. Es crucial investigar cómo la introducción de la fibra de coco como sustrato podría influir en las características agronómicas del cultivo, así como en su viabilidad socioeconómica para los productores de la región.

1.2. Justificación

La investigación propuesta sobre la evaluación agronómica de variedades del cultivo de tomate en un sistema hidropónico con fibra de coco surge como una oportunidad emocionante y relevante en el campo de la agricultura sostenible. La importancia de esta investigación radica en la necesidad apremiante de encontrar soluciones innovadoras y eficientes que impulsen la producción agrícola, garantizando alimentos de calidad y contribuyendo al desarrollo socioeconómico de las comunidades.

Al explorar el uso de la fibra de coco como sustrato en el cultivo hidropónico de tomate, se abre la puerta a un enfoque más sostenible y respetuoso con el medio ambiente. Esta técnica prometedora no solo ofrece beneficios agronómicos, como una mejor retención de humedad y un desarrollo óptimo de las plantas, sino que también representa una oportunidad para los productores de diversificar sus prácticas y mejorar la rentabilidad de sus cultivos.

Además, al evaluar el impacto socioeconómico de este sistema en los productores agrícolas, se busca no solo mejorar la productividad y calidad de los cultivos, sino también generar oportunidades de crecimiento y desarrollo en el sector agrícola. La implementación exitosa de esta técnica podría significar un cambio significativo en la forma en que se cultiva el tomate, abriendo nuevas posibilidades para la producción agrícola sostenible y rentable.

En un mundo donde la seguridad alimentaria y la sostenibilidad son temas cruciales, esta investigación cobra especial relevancia al ofrecer una alternativa innovadora y prometedora para el cultivo de tomate. A través de este estudio, se busca no solo generar conocimiento científico, sino también inspirar un cambio positivo en la forma en que se aborda la producción agrícola, fomentando prácticas más respetuosas con el medio ambiente y más beneficiosas para los productores y la sociedad en su conjunto.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar las características agronómicas de variedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el sistema hidropónico con fibra de coco en Centro Experimental de Kallutaca

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el comportamiento agronómico de las tres variedades del cultivo de tomate con fibra de coco.
- Evaluar el rendimiento del cultivo de tres variedades tomate con fibra de coco.
- Determinar la relación beneficio y costo (B/C) de cultivo de tomate con fibra de coco.

1.4. Hipótesis

H0: No existe deferencias significativas entre las variedades del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el sistema hidropónico con fibra de coco en Centro Experimental de Kallutaca.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen de tomate

El tomate es una planta nativa de América tropical, cuyo origen se localiza en la región de los Andes (Chile, Colombia, Bolivia y Perú), pues al principio el tomate se cultivaba como planta de adorno, a partir de los años 1990, de tal manera en la actualidad es cultivada en gran escala, en los países de la cuenca mediterránea y otros continentes. Posteriormente fue introducida en Europa en el siglo XVI, a partir de este siglo ya mencionado, se extendió el cultivo de tomate como alimento humano, que en nuestro país se cultiva en diversas zonas, especialmente en Valles Mesotérmicos (Mairana, Saipina, Omereque, Mizque, Valle chico y Otros) Valles Centrales (Tarija, Cochabamba, La Paz) Sub Trópico (Yungas, Monteagudo), los valles centrales sub trópicos que alcanzan con una altitud desde los 1200 hasta los 1900 m.s.n.m. en los departamentos de Chuquisaca, Tarija, Cochabamba, Santa Cruz, en orden de producción nacional (Huanca, 2011).

En el libro "Hidroponía en Bolivia: Una alternativa para el futuro" de la autora boliviana, María Eugenia Vásquez, se menciona que la producción de tomate hidropónico se inició en Bolivia en la década de 1990, gracias a la introducción de tecnologías de cultivo hidropónico en la región de Cochabamba por parte de expertos extranjeros (Vásquez, 2015).

2.2. Importancia del cultivo de tomate

Según Quispe (2011) el tomate es una hortaliza de importancia, tanto en lo económico como en lo social, por ser una especie de amplio uso para la preparación de ensaladas, además que es un alimento importante por su alto contenido de nutrientes, razón por la que es recomendado para diversas patologías, así como constituyente natural. Así mismo Indica que el tomate es muy rico en vitamina C (28 mg por100g fruto), complejo B y cantidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutritiva del tomate (por 100 g de producto comestible)

Elemento	Cantidad
Agua	94% - 93.5%
Hidratos de carbono	4 g - 4.7 g
Grasas	0.2 g
Proteínas	1 g - 1.1 g
Cenizas	0.3 g - 0.5 g
Otros (ácidos, licopeno, etc.,)	0.7 g
Vitamina A	1.700 UI - 900 UI
Vitamina B	0.10 mg - 0.06 mg
Niacina	0.60 mg - 0.70 mg
Vitamina C	21 mg - 23 mg
pH	4 - 4.5
Calcio	13 mg
Fosforo	27 mg
Hierro	0.5 mg
Sodio	3mg
Potasio	244 mg
Valor energético	22 - 24 Cal.

Fuente: Nieto, (2009)

2.3. Aspectos botánicos

Según Quispe (2011) la clasificación taxonómica del tomate es la siguiente:

- REINO: Vegetal
- SUBREINO: Tracheobionta
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Asteriddae
- Orden: Solanales
- Familia: Solanaceae
- Género: Lycopersicon
- Especie: Esculentum
- Nombre científico: *Lycopersicun esculentum* L.

2.4. Descripción botánica

Según Pérez (2014) el tomate es una planta perenne delicada, herbácea, vellosa, con hojas olorosas y porte arbustivo, erguido o rastrero según las variedades. Puede medir de 40 cm. hasta más de dos metros de alto.

2.4.1. Raíces

El sistema radicular de la planta de tomate presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm. al día hasta que alcanza los 60 cm. de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. Sin embargo, este sistema radicular, que es el que surge cuando la planta se origina en una semilla, puede ser modificado por las prácticas culturales, y así cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo más importante el desarrollo horizontal. Aunque el sistema radicular puede alcanzar hasta 1.5 metros de profundidad, puede estimarse que un 75% del mismo se encuentra en los primeros 45 cm del terreno (Perez, 2014).

2.4.2. Tallo

Según Pérez (2014) el tallo es erguido durante los primeros estadios de desarrollo, pero pronto se tuerce a consecuencia del peso. Su superficie es angulosa, provista de pelos agudos y glándulas que desprenden un líquido de aroma característico. Las hojas, compuestas, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos. Al igual que el tallo están provistas de glándulas secretoras de la citada sustancia aromática.

2.4.3. Flores

Según Pérez (2014) las flores se presentan formando inflorescencias que pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima multípara; pudiendo llegar a presentar hasta 50 flores por inflorescencia. La iniciación de las flores se retrasa cuando existen deficiencias en la nutrición mineral de la planta, particularmente en nitrógeno, fósforo y potasio; retraso que podría ser debido a un retraso general del crecimiento y desarrollo de la planta más que a un efecto específico sobre la floración.

2.4.4. Fruto

El fruto es una baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopeno y caroteno, en diferentes proporciones. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy - 5 - variable según las variedades. En sección transversal se aprecian la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas. La semilla del tomate es pequeña y achatada, de formato casi redondo, ligeramente elongada y de 2 a 3 mm de largo. Se presenta revestida de pelos de color marrón claro. Cada fruto tiene centenas de semillas y 1 gramo tiene aproximadamente 300 semillas (Pérez, 2014).

2.5. Hábitos de Crecimiento

2.5.1. Temperatura

Según Huanca (2011), la zona de la región experimentado cuenta con temperatura promedio anual de 28 grados centígrados, esta temperatura registra un descenso entre los meses de Abril – Agosto entre los 8 y 14 grados centígrados.

2.5.2. Humedad

La precipitación pluvial está distribuida entre los meses de noviembre a marzo con una unidad mayor a 80 % de la humedad del medio ambiente y el porcentaje restante se distribuye en los otros meses (Huanca, 2011).

2.5.3. Luz

Según Mollisaca (2019), El tomate es un cultivo que no afecta el fotoperiodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 10 horas luz al día.

2.5.4. Altitud

El tomate puede cultivarse en campo abierto y en invernadero, desde 800 a los 3200 msnm, es decir en zonas tropicales, valles y en zonas andinas en condiciones de invernadero (Huanca, 2011).

2.6. Cosecha y Postcosecha

2.6.1. Cosecha

Según S.A.S (2015) el índice de madurez es de dos tipos: fisiológico y comercial. El primero se refiere al momento en el cual el fruto ha alcanzado el máximo crecimiento y maduración. El segundo es aquel que cumple con las condiciones que requiere el mercado. La cosecha debe ser realizada cuando el tomate se encuentra en el estado 2. Las semillas ya se encuentran desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto. Hay material gelatinoso en al menos un lóculo y se está formando en otros. Si se cosechan verdes, no pueden madurar bien y presentan una serie de características indeseables, mientras que los cosechados en estado verde-maduro maduran muy bien sin presentar diferencias con los que maduran en planta.

La cosecha comienza a los 80-90 días del trasplante. Se realiza en forma periódica a medida que los frutos adquieren un color rojo (si es para consumo inmediato) conservando todas las propiedades nutritivas (Aguilar, 2021).

2.6.2. Postcosecha

Después de cosechado debe ser manejado con técnicas que permitan mantener la calidad hasta la entrega al consumidor final, por lo cual es necesario evitar cualquier condición que incremente su tasa de respiración, pues esto deteriora su calidad y disminuye su tiempo de vida útil (S.A.S., 2015)

2.7. Variedades de tomate

2.7.1. Variedad: Maestro F-1

tomate tipo pera, ideal para el mercado boliviano frutos tipo pera de 90-120 gramos, color rojo brilloso, excelente sabor, muy firmes y de alta calidad, 4 lóbulos, bueno para el transporte. Excelente calidad en postcosecha. Planta compacta, muy vigorosa, ideal para campo abierto donde hay mucha presión de virus, adaptada para altas temperaturas y climas secos (Seeds, 2022).

2.7.2. Variedad: Lucia F-1

Determinado, tipo manzano, de alta calidad muy firme, de color rojo intenso amplio paquete de resistencia a enfermedades desarrollado para altas temperaturas y humedad de forma aglobada, tamaños extra largos 250-300 gramos. Madurez media de 85 días luego de trasplante Paquete de tolerancia a enfermedades muy amplio Fruta de alta calidad, de hombros uniformes y cierre apical muy refinado Planta compacta, muy vigorosa, para producción en campo abierto, de cosecha concentrada y altos rendimientos (Seeds, 2022).

2.7.3. Variedad: Roma

El tomate Roma o tomate pera es el mejor tomate para freír. También es el más adecuado para hacer conservas y rallar. Sus frutos, de pequeño tamaño (entre 100 y 170 gramos), pocas semillas y pulpa carnosa y consistente, son muy reconocibles por su forma alargada. Es un tomate tardío, fácil de cultivar y de abundante producción (Aguilar, 2021).

2.8. Los principales plagas y enfermedades del Tomate

2.8.1. Plagas del tomate

2.8.1.1. Polilla de tomate (*Tuta absoluta*)

Lo síntomas que causa este lepidóptero son minas anchas que dejan intacta la epidermis, pero se pueden apreciar restos de excrementos en su interior. Los brotes quedan apolillados y los tomates presentan unos orificios y las zonas internas ennegrecidas (Pérez, 2015).

2.8.1.2. Pulgones (*Myzus persicae*)

Los pulgones producen un enrollamiento y arrugado de hojas hacia abajo. Además, puedes apreciar colonias de estos pequeños insectos de color oscuro o verdoso, sobre todo en los brotes tiernos de la planta en desarrollo. Otra pista es la presencia de melaza (sustancia azucarada y pegajosa) y hormigas a su alrededor defendiéndolos (Díaz, 2020).

2.8.1.3. Mosca blanca (*Trialeurodes vaporarium*)

Podemos apreciar unas mosquitas (que en realidad no son moscas) blancas con un vuelo errático característico al agitar la planta. Además, al igual que los pulgones, sueltan melaza. Se suelen disponer en el envés de las hojas (Díaz, 2020).

2.8.2. Enfermedades en Tomate

2.8.2.1. Mildiu (*Phytophtora infestans*)

Inicialmente, las hojas de la planta se muestran con manchas amarillentas de apariencia aceitosa que pasan a pardas, necrosándose el centro. En el envés aparece un fino velo blanco que se corresponde con las esporas. En el tallo, encontramos manchas pardas alargadas que símbolo de necrosis y marchitez en la planta. El cultivo toma un aspecto quemado. En los frutos en desarrollo se observan manchas blandas de aspecto pardo generalmente en la mitad superior (Díaz, 2020).

2.8.2.2. Oídium del tomate (*Leveillula taurica*)

Encontramos manchas amarillentas en el haz de la hoja que se necrosan rápidamente y aparece una especie de polvillo blanquecino en el envés (Díaz, 2020).

2.8.2.3. Tizón temprano (*Alternaria solani*)

En las hojas bajas nos encontramos con unas manchas pardas circulares en anillos concéntricos. En tallos y pecíolos las manchas son negras y están muy delimitadas. En frutos, se produce una necrosis deprimida y recubierta de un moho negro (Díaz, 2020).

2.8.2.4. tizón tardío (*Phytophthora infestans*)

Esta enfardad es causado por el hongo que ataca todos los tejidos aéreos de la planta, el síntoma típico en la hoja es la aparición de las manchas irregulares de tamaño variable, son de color verde oscuro con los márgenes pálidos los cuales con alta humedad desarrollan esporulación blanquecina, después se vuelven de color de café y pueden invadir toda la lámina foliar haciendo que el peciolo se caiga hacia abajo, los frutos dañados presentan grandes manchas color café rojizo (Mollisaca, 2019).

2.8.2.5. Virus de la cuchara (*Bemisia tabaci*)

Según Muñoz (2015) se transmite por la mosca blanca, así que ten cuidado y controla adecuadamente esta plaga (las trampas amarillas van muy bien).

- Síntomas: Deja de crecer y la planta se queda más baja de lo normal por lo que los frutos son más pequeños y más pálidos de lo normal. Las hojas se enrollan a lo largo del nervio principal en forma de cuchara y los bordes de las hojas se ponen amarillos.

2.9. Hidroponía

La hidroponía es una técnica de cultivar plantas solo en agua, el suelo es reemplazado por otro material llamado “sustrato”. Los nutrientes que necesita la planta para crecer, florecer y fructificar se dan directamente en el agua, en forma de sales minerales o fertilizantes, las cuales son formuladas y balanceadas en base a análisis químico del agua y de acuerdo al requerimiento de cada cultivo y estado fenológico de la planta (Aguilar, 2021).

Ante la carencia de suelos fértiles y agua de buena calidad, se ha innovado para generar sustratos, tomando mucho auge en los últimos años, ya que mejoran la cantidad y calidad de los productos. En comparación con cultivos en sistema convencionales en invernadero, la producción de cultivos en sistemas hidropónicos es factibles, ya que hay mejoras significativas en cuanto a mayores rendimientos, floración más temprana, mejor calidad de productos, mayor ahorro de la cantidad de agua utilizada en la producción. La producción de cultivos hidropónicos se puede llevar a cabo mediante diferentes métodos o sistemas de sustitución del suelo, tratando de adecuarse a las formas, tamaños, procesos fisiológicos y crecimiento de las plantas (Castro, 2019).

2.9.1. Cultivo hidropónico

Los cultivos hidropónicos o hidroponía pueden ser definidos como la técnica del cultivo de las plantas sin utilizar el suelo, usando un medio inerte, al cual se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales vitales por la planta para su normal desarrollo (Aguilar, 2021).

2.9.1.1. Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico

Según Caballero (2022) menciona las siguientes ventajas y desventajas en cultivo hidropónico.

- **Ventajas del cultivo hidropónico**
  - En hidroponía las raíces necesitan menos espacio para crecer, ya que tienen siempre a su alcance toda el agua y los nutrientes que necesitan.
  - Los ciclos de producción son bastante más cortos que en suelo. El cultivo hidropónico crece entre un 30 y 50 % más rápida que una planta de suelo.
  - Permite un uso más sostenible del agua. El circuito reutiliza el agua una y otra vez. Se puede conseguir un ahorro de hasta el 50% en comparación con el riego convencional.
  - El producto es de calidad superior, ya que el agricultor puede controlar los nutrientes que necesita la planta, que no siempre encuentran en el suelo.
  - El precio de los productos cultivados en hidropónico para el consumidor es parecido a los de los cultivados en tierra.
  - Proporciona una mejor planificación y operatividad de la plantación.
  - Supone un ahorro en fertilizantes y requiere menos tratamientos fitosanitarios, ya que tienen menos problemas con plagas y enfermedades.
  - Este tipo de cultivo reduce el riesgo de erosión y las limitaciones relacionadas con la calidad de los suelos.
  - Requiere una menor dependencia de los fenómenos meteorológicos.
- **Desventajas del cultivo hidropónico**
  - Entre los inconvenientes está el costo elevado de las instalaciones que requiere, pero se recupera rápidamente.
  - Se necesita un control más estricto del riego, al tener que ajustarse a las necesidades de la planta.
  - El consumo de energía y la producción de residuos sólidos difíciles de reciclar también son inconvenientes de este tipo de cultivo. Cuando se cultiva en invernadero el uso del plástico aumenta notablemente.
  - Además, son plantas más sensibles a los cambios que puedan darse en los lugares donde se encuentran.
  - Este cultivo necesita más atención y más cuidados, así como de conocimientos más técnico.

2.9.2. Cultivo en sustrato

Según Gayosso (2016) El uso de sustratos está impulsado por la necesidad de transportar plantas de un lugar a otro, el agotamiento del suelo en la agricultura, la salinidad y el riesgo de enfermedades. La producción de sustratos se inició en los años 60 en los Países Bajos, utilizando inicialmente materiales como turba, arena, arcilla, perlita y vermiculita. Hacia la década de 1980 se diversificaron los sustratos y surgieron residuos y subproductos, como la fibra de coco. En el norte de Europa, la turba es el sustrato principal, seguida de la fibra de coco, que superó a la lana de roca en las últimas dos décadas, junto con la corteza y la perlita. En el sur de Europa se utilizan mezclas de turba con corteza, arena, productos de madera, productos volcánicos, compost de residuos vegetales y estiércol. En España se utiliza lana de roca, perlita y fibra de coco, y la aplicación y comercialización de roca volcánica para el cultivo de hortalizas y plantas ornamentales ha ganado interés por su disponibilidad en yacimientos de la Península Ibérica. En Argentina se utiliza corteza de pino, tierra, arena, turba, acículas, estiércol de vaca, estiércol de caballo, virutas de madera blanda y cáscara de arroz (*Oryza sativa*), siendo pocos los productores que utilizan perlita y vermiculita.

2.9.3. fibra de coco

Según Quiñonez (2014) el residuo de la fibra de coco como sustrato de cultivo ha sido utilizado con éxito. Su utilización en los países más avanzados es muy reciente, tal es el caso del cultivo de rosa en Colombia, la gerbera y las orquídeas en Costa Rica, (la primera cita bibliográfica es de 1949). Las razones de su utilización son sus extraordinarias propiedades físicas, su facilidad de manejo y su carácter ecológico. La turba del coco pertenece a la familia de las fibras duras como el henequén. Se trata de una fibra compuesta por celulosa y leño, que posee baja conductividad, resistencia al impacto, a las bacterias y al agua.

2.9.4. Método universal de preparación de soluciones nutritivas

2.9.4.1. Relación mutua entre los aniones

Según Lara (2023) la solución nutritiva debe estar balanceada en sus macro nutrimentos: NO_3, H_2PO_4 y SO_4, para el caso de los aniones. El balance consiste no sólo en la cantidad absoluta de cada uno de ellos, sino, además, en la relación cuantitativa que se establece

entre los cationes por una parte y los aniones, respecto a la concentración de un ion, que el problema más importante es la relación que tiene respecto a los otros dos iones de su misma carga eléctrica; una inadecuada relación entre los iones puede disminuir el rendimiento.

2.9.4.2. Relación mutua entre los cationes

Los macronutrientes que contiene la SN en forma de cationes son K^+, Ca^{2+} y Mg^{2+}, algunas de las soluciones incluyen al NH_4^+. De manera similar a lo explicado para los aniones, la relación mutua entre los cationes contenidos en la planta es dinámica en su ontogenia. El K^+ disminuye en forma proporcional a la que se incrementa el Ca^{2+}, el Mg^{2+} sufre pocos cambios (Lara, 2023).

2.9.4.3. pH

Según Salazar (2015) el vegetal puede consumir los elementos en el rango apropiado de pH para que sean útiles Si se pasa del rango permitido daría una mayor acidez o alcalinidad perjudicial para la asimilación de los nutrientes solubilizaste. El pH aconsejable es de 5,5. El pH de la solución nutritiva es una medida del grado de acidez o alcalinidad de la solución. Las plantas pueden tomar los elementos en un rango óptimo de pH comprendido entre 5,0 y 7,0. El pH se puede medir los cintas o potenciómetro u pH metro.

2.9.4.4. La conductividad eléctrica C.E.

Considera que la concentración de la solución puede deducirse midiendo la conductividad eléctrica de la misma, mediante el uso de un conductímetro. Las sales nutritivas conducen la corriente eléctrica y así a mayor cantidad de sales nutritivas habrá mayor conductividad eléctrica. Cuando el clima es seco, soleado y con viento la planta consume más agua que cuando el clima es húmedo y sombrío. En general puede decirse que la planta consume igual cantidad de nutrientes en ambos casos, pero diferente cantidad de agua. Así pues, las 18 concentración de la solución deberá estar acorde (Salazar, 2015).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El trabajo de investigación se realizó a cabo en los predios del Centro Experimental de Kallutaca de la carrera Ingeniería Agronómica, de la Universidad Pública de El Alto, que corresponde a la jurisdicción de la provincia Los Andes, municipio Laja, geográficamente se encuentra situada a 16º 31’ 26’’ latitud Sud y 68º18’30’’ longitud Oeste, a una altitud de 3903 m.s.n.m. Centro Experimental Kallutaca (Earth, 2022).

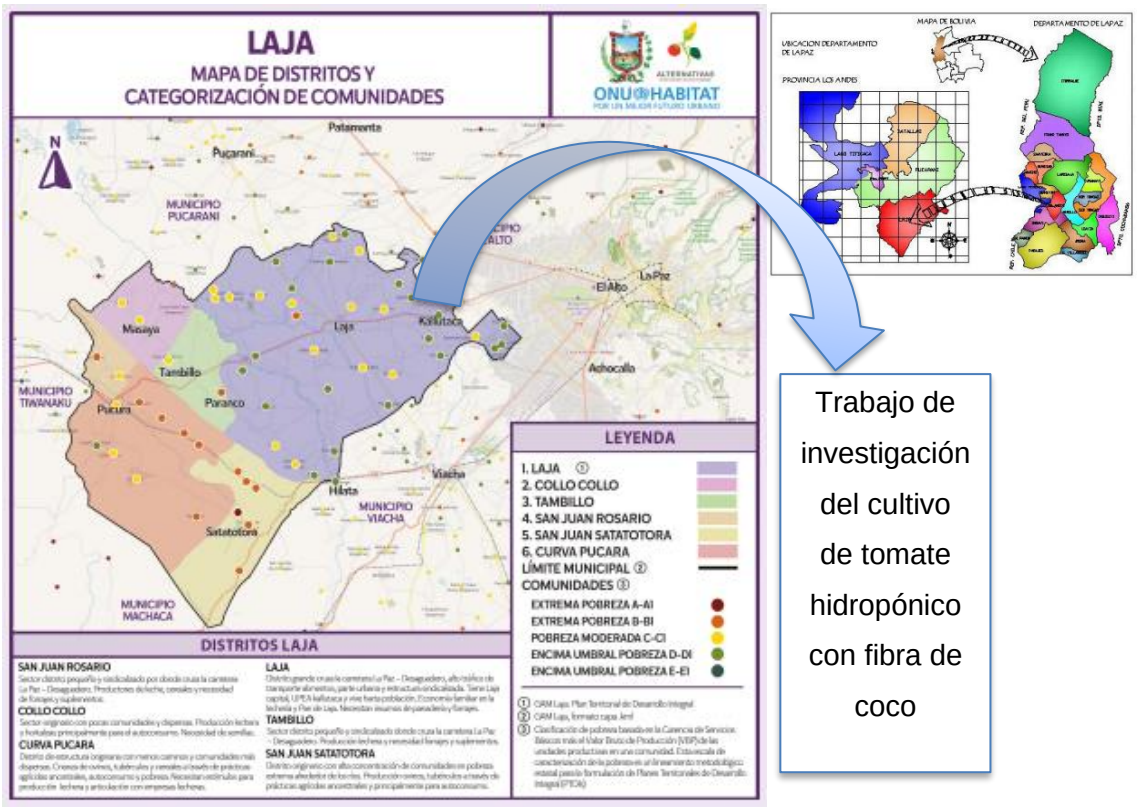


Figura 1. Ubicación geográfica (Fundación Alternativas con datos del Gobierno Autónomo Municipal de Laja, 2022)

3.1.1. Características Edafoclimáticas

3.1.2. Clima

La evaporación media encuentra los máximos valores en los meses de septiembre a febrero con 5 a 5.2 mm como promedio, en los meses de marzo a julio disminuye entre 4.1 a 3.9 mm con una acumulación anual de 55.2 mm (Guarachi, 2011).

El comportamiento de la temperatura media es de 7.1°C, se cuentan con temperaturas extremas mínimas de -10.8 a -11.0°C en los meses de mayo, junio y julio indicando temperaturas bajo cero. En los meses de noviembre y diciembre se observa comportamiento de temperaturas máximas de 21.6 a 22.3°C (Guarachi, 2011).

En cuanto a la precipitación media anual para la zona de estudio es 613.1mm *año-1, en los meses de diciembre y enero se tienen las mayores precipitaciones entre 113.1 a 141.3 mm* mes-1 respectivamente (Guarachi, 2011).

3.1.3. Suelo

La región de Kallutaca presenta suelos de formación fluvio-lacustre no inundable con características de bofe dales, texturalmente son suelos franco arcillosos con perfiles de horizontes distinguidos. Con una pendiente mínima de 1%, casi a nivel, el drenaje superficial es lento debido a su textura y pendiente (Guarachi, 2011).

De acuerdo al análisis físico químico de suelos bajo el respaldo del Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA-UMSA) y el laboratorio químico de suelos de la (UMSS), presentan suelos franco arcillosos, densidad aparente presenta 1.32 y 1.11 g/cm3 respectivamente; en cuanto al pH del suelo de 7.4 se tiene una conductividad eléctrica de 2.3 dS/m; asimismo, presentan una acumulación de 4.4 % de materia orgánica (Huanca, 1996).

3.1.4. Flora

El tipo de vegetación natural que presenta la región de Kallutaca está conformada por: thola (*Parastrephia lepidophylla*), gramíneas como chillihua (*Festuca dolychophylla*), crespillo (*Calamagrostis* sp.) y grama (*Muhlembergia* sp.) cola de ratón (*Hordeum muticum*) Cebadilla (*Bromus lenatus*), pilli (*Hipochoeria taraxacoides*) y alfombrilla (*Lucilia areioidea*), chiji (*Disticha*), totorilla (*Scirpus*), etc, (Huanca, 1996).

3.2. Materiales

3.2.1. Material de estudio

En el siguiente trabajo de tesis de investigación se utilizó los siguientes materiales de estudio como semilla de tomate y fibra de coco.

3.2.2. Material de escritorio

Uno de los materiales de escritorio para la elaboración de tesis se utilizó lo siguiente cuaderno de notas, laptop, planillas, bolígrafo, etiquetas, regla, y Programa InfoStat para la parte de diseño.

3.2.3. Material de campo

Se utilizo los siguientes materiales de campo transcurso del crecimiento de la planta como ser bolsas, flexómetro, calibrador Vernier, tutores (cordeles), alambre galvanizado, cuaderno de campo, cámara, marbetes, tijeras de podar, poli tubo, microtubo, conectores, goteros y timer.

3.2.4. Insumos

Para la preparación de solución nutritiva se utilizó los siguientes insumos como Fosfato monoamónico, Fetrilon COMBI 2, Ácido fosfórico, Nitrato de calcio, Multi NPK KNO_3, Sulfato de magnesio, Cloruro de potasio KCl y por último Sulfato de potasio.

3.2.5. Sustrato

Para la preparación de almacigo se utilizó como sustrato, cascarilla de arroz, tierra del lugar y arena fina.

3.3. Metodología

3.3.1. Invernadero

La investigación se realizó a cabo en un invernadero con cubierta plástica (agrofilm) color blanco incluyendo los lados laterales, el invernadero el cual tiene una superficie de 160m^2.

3.3.2. Temperatura en el invernadero

La temperatura durante toda la investigación fue variada en las diferentes horas y días que duró la investigación entre los meses de enero – junio; se observó que la temperatura en horas de la mañana fue de 6.6 a 7°C y esta se elevaba progresivamente hasta llegar a los 41.5°C por lo cual se trató de controlar la temperatura abriendo las partes laterales del invernadero para de esta manera brindar mayor ventilación al invernadero llegando a una temperatura promedio de 27 a 30 °C.

Según Baltazar (2014) la temperatura en el interior del invernadero y de las propias plantas, incide de manera directa sobre el proceso de la fotosíntesis, de modo que el equilibrio respiración-transpiración se ve afectada. Es por ello que las elevadas temperaturas, provocan perdidas de producción y calidad. Sin embarga, la variación de la temperatura se encuentra estrechamente relacionada con la humedad.

3.3.3. Material vegetal

Hay diferentes variedades, sin embargo, en esta investigación se evaluaron tres variedades de tomate de crecimiento indeterminado y crecimiento determinado.

3.3.4. Procedimiento experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en Centro Experimental de Kallutaca de la Carrera Ingeniería Agronómica, de la Universidad Pública de El Alto en los ambientes atemperados de producción de tomate hidropónico entre los meses de enero a mayo de 2023.

3.3.4.1. Preparación de sustrato para el almacigo

Como se ve en la Figura 2 una vez mezclado la turba y tierra de lugar se des esterilizo mediante la solarización que no tenga algunos nematodos, de la misma manera se utilizó los dos sustratos como ser cascarilla de arroz y turba posterior se preparó el sustrato en cama de almacigo.

Figura 2. Preparación de sustrato para el almacigo de la semilla del tomate

3.3.4.2. Cascarilla de arroz

Se utilizo cascarilla, con el propósito de mantener la humedad necesaria de la tierra y así evitar la rápida evaporación del agua en los contenedores de almacigo es necesario lavarla o dejarla fermentando bien humedecido durante 8-20 días región el clima de la región. Con esto se eliminan de arroz y malezas que podrán germinar cuando ya se haya establecido el cultivo. Además, con lavado se elimina almidón procedente de los granos de arroz, que al fermentarse puede afectar la asimilación de los nutrientes o quemar las raíces.

3.3.4.3. Turba

La turba se utilizó para la mezcla de cascarilla de arroz y tierra del lugar, para que el sustrato sea suelto y manejable en bandejas es lo que retiene la humedad en el suelo de las macetas cuando está seco e impide que el exceso de agua mate las raíces cuando está húmedo el sustrato. El sustrato de turba es utilizado para el almacigo.

3.3.4.4. Fibra de coco

Se preparo en las macetas con fibra de coco como un sustrato, para una buena retención de agua y dispersión de raíces para que la planta se sujeta de la base, así para su crecimiento se llevó a cabo a una desinfección de la fibra de coco luego se mezcló con agua para crear un sustrato húmedo y suave.

Fibra de coco: es un material muy utilizado para este fin. Tiene una muy buena capacidad de retención de agua y a su vez buena capacidad de aireación. Suele contener sales así que debe lavarse. (Telenchana, 2018).

3.3.4.5. Preparación del almacigo y colocado de semillas en una bandeja

En la Figura 3 como muestra que fue utilizado unas bandejas germinadoras lo cual se llena con el sustrato preparado para proceder a la siembra de las semillas a razón de 1 semillas por vaso a una profundidad entre 0,5 a 1 cm máximo se cubrió las semillas. cuidadosamente con el mismo sustrato para luego proseguir al riego con la ayuda de una regadera. En caso de riego se realiza día por medio en horarios de la mañana. Desde la siembra de las semillas hasta la emergencia de las plántulas a vez se regó sólo con agua del lugar.

Figura 3. Colocado de la semilla a uno en la almaciguera

3.3.4.6. Preparación del Terreno

Se realizo el respectivo trabajo en el terreno realizando una limpieza continua en el invernadero y se realizó el desmalezado y a la vez se procedió con las instalaciones del poli tubos de número 22 acompañado con sus conectores, microtubos y goteras en las macetas y embolsado con fibra de coco en donde se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Preparación de sustrato con fibra de coco en las masetas para el cultivo de tomate

- **Llenado de bolsas:**

Se realizo el llenado de 48 bolsas de polietileno introduciendo a la bolsa el sustrato de fibra de coco poco a poco y compactándolo con golpes de modo que no existan gran cantidad de espacios.

3.3.4.7. Trasplante definitivo a las macetas

Una vez llegado de crecimiento de la planta de 10 a 15 cm de alto con un diámetro aproximado de 4.0 mm se realizó la selección de los plantines de tallos erguidos de buena constitución, se procedió a regar el sustrato contenido en las bolsas. Se realizo un hoyo de 10 cm de profundidad aproximadamente, seguidamente se colocó una planta por bolsa después de trasplantada se aplicó riego con la solución nutritiva mediante sistema de goteo así mismo el trasplante se realizó por la tarde del día para evitar de radiación solar y estrés de la planta como se ve en la Figura 5.

Figura 5. Trasplante definitivo de plantines de tomate en las masetas de fibra de coco

Una vez llegado de crecimiento de la planta de 10 a 15 cm de alto con un diámetro aproximado de 4.0 mm se realizó la selección de los plantines de tallos erguidos de buena constitución, se procedió a regar el sustrato contenido en las bolsas. Se realizo un hoyo de 10 cm de profundidad aproximadamente, seguidamente se colocó una planta por bolsa después de trasplantada se aplicó riego con la solución nutritiva mediante sistema de goteo así mismo el trasplante se realizó por la tarde del día para evitar de radiación solar y estrés de la planta.

3.3.4.7.1. Bolsa de plástico hidropónico

La bolsa de plástico hidropónico nos sirve para colocado se sustrato de fibra de coco en desarrollo que puede ser un sustrato sólido. En esta investigación se utilizó bolsas de polietileno color negro de 40cm de altura y 30 cm diámetro.

- **Drenaje y oxigenación:**

Las bolsas de plástico hidropónico necesitan liberar el agua excedente, por ello tienen que estar provistos de agujeros o formas que dejen fluir los excesos que produce el riego de la planta. Se realizó las perforaciones de drenaje con unos clavos de manera circular de 1 a 2 cm aproximadamente estos estaban dispuestos en la parte superior de la base como mínimo se dispuso tres perforaciones.

3.3.4.8. Software Hydro-Buddy

Se realizó mediante el software Hydro Buddy en donde se introdujo el requerimiento nutricional del cultivo de tomate, para lo cual es necesario ingresar el resultado del análisis físico-químico del agua en donde que se realizó la investigación.

3.3.4.8.1. Preparación de la solución nutritiva

Se tomo las fertilizantes requeridos lo que indica en los cuadros 2, 3, 4 para preparar la solución nutritiva en dos bidones de 10 litros diluyendo los fertilizantes con un poco de agua de la misma manera se separó los nitratos aparte en un bidón de 10 litros y esto para 500 litro de agua. Antes de preparar la solución nutritiva se realizó el análisis físico químico del agua para la formulación correspondiente según la calidad de agua y el requerimiento de la planta, a la vez se hará la formulación según sus etapas de crecimiento como la conductividad eléctrica (CE) y el pH del agua mantiene un rango de 1.3, 2.0 y 2.5 dS.m-1 y un pH de 5.7 a 6.5 transcurso toda la producción del cultivo hidropónico de tomate.

Según Castro (2019) las plantas fueron regadas con una solución nutritiva la cual se preparó de acuerdo a los requerimientos nutricionales por etapa de desarrollo. Se monitoreó de manera constante la conductividad eléctrica (CE) y el pH, con el uso de un conductímetro y un pHmetro respectivamente; manteniendo una CE en un rango de 2 a 2.8 dS.m-1 (dependió de la etapa fenológica del cultivo) y un pH de 5.8 a 6.5.

Cuadro 2. Formulación en base de los fertilizantes para etapa de crecimiento en el cultivo hidropónico de tomate en centro experimental de Kallutaca

Fertilizantes	Fórmula	Peso (g)
FETRILON COMBI 2	COMBI 2	35
Nitrato de calcio	Ca $(NO_3)_2$	200
Nitrato de potasio	(KNO_3)	170
Fosfato monoamonico	$NH_4H_2PO_4$	70
Cloruro de potasio	KCl	110
ácido fosfórico	H_3PO_4	20
sulfato de magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	100

Fuente: Elaboración propia (2022).

Cuadro 3. Formulación en base de los fertilizantes para etapa de floración en el cultivo hidropónico de tomate

Fertilizantes	Fórmula	Peso (g)
FETRILON COMBI 2	COMBI 2	25
Nitrato de calcio	Ca $(NO_3)_2$	316
Nitrato de potasio	(KNO_3)	175
Fosfato monoamonico	$NH_4H_2PO_4$	75
Cloruro de potasio	KCI	100
ácido fosfórico	H_3PO_4	25
Sulfato de magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	230
Sulfato de potasio	$K2SO_4$	31.5

Fuente: Elaboración propia (2023).

Cuadro 4. Formulación en base de los fertilizantes para etapa de fructificación según a un programa de Hydro-Buddy para la solución nutritiva de tomate

Fertilizantes	Fórmula	Peso (g)
FETRILON COMBI 2	COMBI 2	25
Nitrato de calcio	Ca $(NO_3)_2$	326.5
Nitrato de potasio	(KNO_3)	350
Fosfato monoamonico	$NH_4H_2PO_4$	75
Cloruro de potasio	KCI	90
ácido fosfórico	H_3PO_4	25
sulfato de magnesio	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	309
Sulfato de potasio	$K2SO_4$	100

Fuente: Elaboración propia (2023).

3.3.4.8.2. Solución de nutrientes o agua de riego

En la investigación se utilizó agua de pozo para la preparación de las soluciones nutritivas es aconsejable hacer un análisis completo del agua de riego. La cantidad y frecuencia de riego varían dependiendo del volumen de la celda, el sustrato, la ventilación del invernadero y las condiciones del ambiente.

3.3.4.9. Labores culturales

Se procedió a los siguientes pasos que se requiere el cultivo del tomate transcurso de su fase fenológico.

3.3.4.9.1. Control de malezas

Se trabajo con la limpieza de las bordes de las macetas, pasillos para evitar la proliferación de las plagas, insectos a la vez que la planta este en su libre crecimiento en sus etapas de crecimientos.

3.3.4.9.2. Manejo del cultivo, tutorado

En la Figura 6 se prosiguió con las plantas de los tratamientos hacer sujetar a la estructura de un alambre una vez que la planta ya está en su crecimiento que están plantados los puntales, sujetas desde la zona basal de la planta y el otro a un alambre que estará distribuido en la estructura del invernadero conforme que la planta va creciendo, esta se va sujetando al cordel de tutor enrollando a lo largo del tallo las veces que serán necesarios.

Figura 6. Tutorado con cordeles en cada planta como el soporte de la planta transcurso del crecimiento

3.3.4.9.3. Manejo de deshije

En la figura 7 se ve el trabajo en las plantas a un solo tallo posteriormente dos tallos, tres tallos por último cuatro tallos principalmente la eliminación de los brotes axilares del tallo durante todo el siglo del cultivo, esta práctica se realizó manualmente y con ayuda de las tijeras de podar.

Figura 7. Poda en las plantas del cultivo de tomate transcurso del desarrollo de la planta

3.3.4.9.4. Riego

En el caso de riego se instaló un sistema de riego por goteo con 4 hileras de poli tubos con sus respectivos conectores, microtubos y estacas. también se realizó el riego una vez trasplantado en las macetas adecuadas de capacidad de campo a los tratamientos.

Se aplica el riego según que la planta requiera, en este caso en el cultivo de tomate consume 350 ml cada planta, con una ayuda del timer que se realizó las programaciones haciendo unos números en una hora a un minuto que el riego no sea excesivo para evitar la pudrición de las raíces, la proliferación de microorganismos para el cultivo.

3.3.4.9.5. Cosecha

La cosecha se procedió como muestra en la Figura 8 cuando los frutos han alcanzado el tamaño y madures apropiado para su comercialización, esta actividad consistió en hacer una selección de frutos maduros. El tiempo adecuado para cosechar se estimó durante las últimas horas de la tarde para evitar la deshidratación, los frutos posteriores fueron seleccionado según su tamaño y madurez.

Figura 8. Cosecha del fruto del tomate haciendo una selección la parte madura para la venta al mercado

3.3.4.9.6. Postcosecha

Esta actividad se realizó de la siguiente forma, en una primera instancia se trató de seleccionar frutos maduros luego de la postcosecha se llevó al mercado.

3.3.4.9.7. Toma de Datos

Se tomaron muestras de 48 plantas de todo el tratamiento sin descartando plantas que no alcanzaron su buen desarrollo como también plantas que estaban en los extremos – pasillos Las variables de respuesta se evaluaron al final de las etapas fenológicas que han pasado, para concluir el crecimiento entre variedades y el efecto de las diferentes variedades propuestas en la investigación.

Además, se procedió a realizar la apertura del invernadero las partes laterales por las mañanas y el cierre de las mismas durante la tarde, esto para mantener un ambiente propicio de humedad y temperatura.

3.3.5. Desarrollo del ensayo

3.3.5.1. Diseño experimental

El diseño propuesto en el presente trabajo de investigación se realizó el de Diseño Bloques Completos al Azar con arreglo en Parcelas Divididas con cuatro repeticiones (Ochoa, 2016).

Modelo:

$$Yijk = \mu + \beta k + \alpha i + \varepsilon ik + yj + \alpha yij + \varepsilon ijk$$

Donde:

Yijk = Observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Media general del experimento

βk = Efecto del k-esimo bloque

αi = Efecto de i-esima nivel de variedad

εik = Error experimental de la parcela mayor (Ea)

yj = Efecto de la j-esima de número de ejes de la planta de tomate

αyij = Interacción de la i-esima variedad con la j-esima número de ejes de la planta de tomate

εijk = Error experimental de la parcela menor (Eb)

3.3.5.2. Factores de estudio

Los factores de estudio fueron

Cuadro 5. Factor de estudio con respectivos niveles

Factores	Niveles
Factor A Variedades	a1 = Lucia F-1 a2 = Maestro F-1 a3 = Roma
Factor B número de ejes	b1 = un número de ejes b2 = dos números de ejes b3 = tres números de ejes b4 = cuatro números de ejes

Fuente: Elaboración propia (2022).

3.3.5.3. Tratamientos en estudio

En el factor A en sus tres niveles, fueron dispuestos en las parcelas mayores y el factor B con sus cuatro niveles en las parcelas menores. Los tratamientos resultaron de la combinación de factor A*B. (Ochoa, 2016).

Cuadro 6. Tratamiento en estudio

Variedades A	Número de ejes B	Tratamiento A*B
a1 = Lucia F-1	b1 = 1 número de ejes	T1 = a1b1 (Lucia F-1-1 número de eje)
a1 = Lucia F-1	b2 = 2 número de ejes	T2 = a1b2 (Lucia F-1-2 número de eje)
a1 = Lucia F-1	b3 = 3 número de ejes	T3 = a1b3 (Lucia F-1-3 número de eje)
a1 = Lucia F-1	b4 = 4 número de ejes	T4 = a1b4 (Lucia F-1-4 número de eje)
a2 = Maestro F-1	b1 = 1 número de ejes	T5 = a2b1 (Maestro F-1-1 número de eje)
a2 = Maestro F-1	b2 = 2 número de ejes	T6 = a2b2 (Maestro F-1-2 número de eje)
a2 = Maestro F-1	b3 = 3 número de ejes	T7 = a2b3 (Maestro F-1-3 número de eje)
a2 = Maestro F-1	b4 = 4 número de ejes	T8 = a2b4 (Maestro F-1-4 número de eje)
a3 = Roma	b1 = 1 número de ejes	T9 = a3b1 (Roma 1 número de eje)
a3 = Roma	b2 = 2 número de ejes	T10 = a3b2 (Roma 2 número de eje)
a3 = Roma	b3 = 3 número de ejes	T11 = a3b3 (Roma 3 número de eje)
a3 = Roma	b4 = 4 número de ejes	T12 = a3b4 (Roma 4 número de eje)

Fuente: Elaboración propia (2022).

3.3.6. Variables de respuesta

3.3.6.1. Altura de la planta AP

Se tomo la longitud del tallo de las variedades de plantas de tomate desde el nivel del sustrato hasta el ápice terminal de la planta.

3.3.6.2. Diámetro de tallo DT

Para medir el grosor del tallo se utilizó un vernier esto desde la base del tallo a 10 cm de altura en cada una de las plantas.

3.3.6.3. Grados brix GB

Se prosiguió a medir con el refractómetro el jugo de la fruta, de forma que cuanto mayor es la cantidad de azúcar disuelta.

3.3.6.4. Número de flores NF

Se realizo un conteo directo del número total de flores por plantas de las variedades, el conteo se realizó desde que ha sido el primer fruto. La misma que se obtuvo del promedio de 48 plantas de tratamiento.

3.3.6.5. Número de frutos NFR

Se realizo mediante el conteo directo en cada una de las plantas evaluadas en cada tratamiento al momento de cada cosecha.

3.3.6.6. Peso del fruto PF

Se procedió a un pesaje individual de los frutos en la cosecha, y se sacó un promedio por cada variedad, el pesaje se realizó en cada cosecha con una balanza digital en gramos.

3.3.6.7. Diámetro del fruto DF

Se determino midiendo con el vernier la parte media del fruto este procedimiento se realizó en la cosecha.

3.3.6.8. Rendimiento R

El rendimiento se obtiene mediante el peso total de frutos cosechados en un área. El rendimiento se obtiene de la sumatoria de los rendimientos parciales, expresando los valores en kilogramos. Para el análisis de esta variable se tomó la cantidad de plantas que se ubican en un área determinada.

3.3.7. Análisis económico

3.3.7.1. Relación Beneficio/Costo

Un análisis económico es de mucha importancia para un experimento agrícola, siendo que el agricultor tiene el interés de saber el ingreso monetario, sea que se produzca mucho o poco, pensando en el beneficio que tendrá. Con los resultados obtenidos se podrá realizar las recomendaciones necesarias que puedan ser utilizadas por el agricultor. (Aguilar, 2021).

a) Beneficio Bruto (BB)

El beneficio bruto de campo de cada tratamiento se calcula multiplicando el precio de campo por el rendimiento ajustado (Aguilar, 2021).

$$BB=R*PP$$

Donde:

BB = Beneficio bruto

R = Rendimiento Ajustado

P = Precio del Producto

b) Beneficio Neto (BN)

Se calculo restando el total de los costos que varían del beneficio bruto de campo, para cada tratamiento.

$$BN = BB – CV$$

Donde:

BN = Beneficio Neto

BB = Beneficio Bruto

CV = Costo Variable de producción

c) Relación Beneficio/Costo (B/C)

Esta razón indica el retorno en dinero obtenido por cada unidad monetaria invertida. Por definición, resulta de dividir el ingreso bruto entre el costo total (Aguilar, 2021).

$$B/C=BB/CP$$

Donde:

Teniendo los siguientes rangos de evaluación:

Si el valor es = 1 ni ganancia ni perdidas

Si el valor es > 1 ganancia y si el valor es < 1 perdida.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Condiciones ambientales

4.1.1. Temperatura

En la figura 9 se refleja que en mes de diciembre que ha sido una variación de la temperatura máxima como 38.1°C, 20.2°C, 41,4°C en este caso no ha sido uniforme las temperaturas entre días, en el mes de enero 35.5°C, 30.1°C, 25.7°C de la misma manera febrero las temperaturas presentaron 19.1°C, 32.5°C, 27.1°C, en marzo que fueron 32.3°C, 27.4°C, 26.2°C y por último en el mes de abril bajaron las temperaturas 27.9°C, 25°C, 23.6°C.

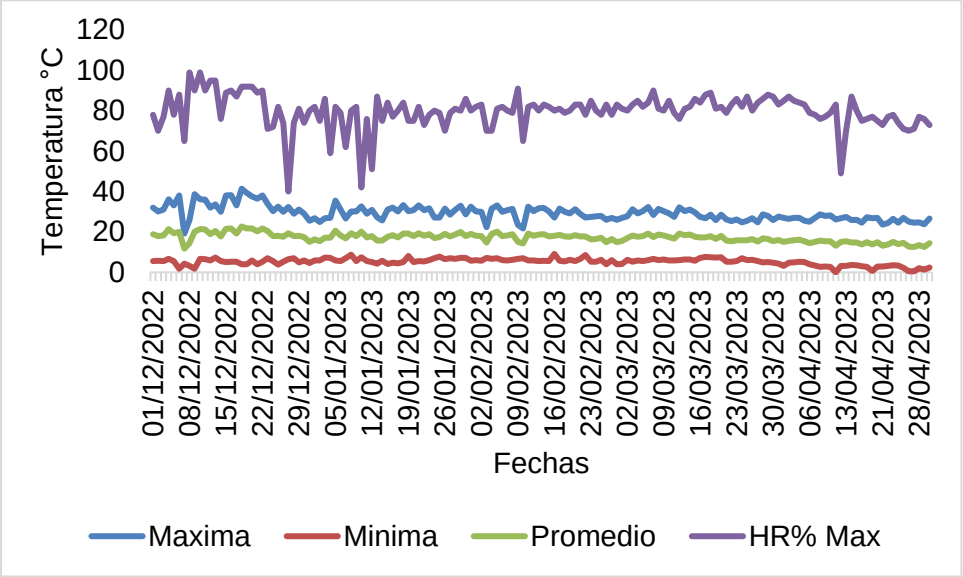


Figura 9. Temperaturas registradas en el invernadero (2022-2023)

En este caso días temperaturas altas y bajas calurosos fueron diciembre y enero con 41.4 y 35.5°C el mes de febrero, marzo y abril desciende las temperaturas como 32.5°C, 32.3°C, 27.9°C.

En las temperaturas mínimas no son uniformes en diferentes meses como ser en mes de diciembre llegando 1.7°C, 11,7°C, 5.3, enero 5.5°C, 5°C, 7.1°C, febrero 5.5°C, 9.1°C, 16.35°C, marzo 4.1°C, 5.9°C, 5.3°C y abril 3.2°C, 0°C, 0.7°C.

En la humedad relativa se observa que según las temperaturas máximas cómo se comportan dentro del invernadero en el mes de diciembre que la humedad relativa es 70, 65, 40, enero 31, 25.7, 27.1, febrero 19.1, 19.15, 28.8, marzo 26, 27.4, 25.6 y en el mes de abril 25, 27 y 25,6 transcurso en los meses los datos tomados han sido muy variados que podemos ver que meses de enero, febrero, marzo y abril que la concentración de humedad relativa no fue al rango adecuado eso quiere decir que dentro del invernadero ha sido muy seco durante el desarrollo de la planta del tomate por tal razones se presentan abortos florales, crecimiento de la planta y mal formación de frutos.

Para el registro de las temperaturas se utilizó termómetros digitales, se registró las temperaturas dentro del ambiente y se muestra el comportamiento de la temperatura máxima mínima y humedad relativa que se presentó en el transcurso del ciclo fenológico del cultivo de tomate.

Comparando los datos registrados durante el experimento se puede señalar que las temperaturas sobrepasaron en cierto grado el límite del cultivo sin embargo el cultivo tuvo un buen desarrollo y crecimiento sobre la temperatura ocasionado por el factor climático. Por otro lado, cabe señalar que para tratar de controlar la temperatura ocasionada por este factor se proporcionó ventilación durante el día mediante la apertura de los laterales del invernadero, que durante el día se debe proporcionar la máxima ventilación al cultivo mediante la apertura de cortinas laterales y frontales, especialmente si las temperaturas sobrepasan los 28º C.

Según Ortiz (2016) el Tomate se considera de clima cálido, con una temperatura óptima para el crecimiento de 22°C con rango de + - 7°C. Se reporta que una temperatura permanente menor de 15 °C y arriba de 35°C se detiene la floración. Con las temperaturas altas el equilibrio de la nutrición se rompe, la planta sufre un abasto de carbohidratos y se presenta una degeneración en las células embrionarias, así como obstaculización de la fructificación. En lo que se refiere a la formación de frutos, el crecimiento y desarrollo del tomate, la temperatura fresca de la noche juega un papel muy importante para la formación de flores, una temperatura de 10-16°C es ideal para la mayor formación flores, El balance de la temperatura para la maduración también es importante, el licopeno empieza a formarse a 12-15°C, es más intenso a 22-25°C y empieza a destruirse a 30°C. A una temperatura de 37-40°C, los frutos obtienen una coloración amarilla debido a que

únicamente se forma caroteno y propicias más fácilmente quemaduras, lo que disminuye la calidad del fruto.

4.2. Altura de planta (cm)

Según el Cuadro 7, muestra el análisis de varianza de la variable altura de planta, fue analizada estadísticamente donde se observa que el valor es >0,05 de los bloques indicando que no existe diferencias significativas. En cuanto para el factor de variedades se observa que el valor es 0,0005 <0,01 el cual muestra que existe diferencias altamente significativas en tratamientos por ambas variedades. Posteriormente para el factor eje y variedad*Eje que en ambos factores no existe diferencias significativas ya que presenta un valor de >0,05.

Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta transcurso de su crecimiento de la planta del cultivo de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	78,17	26,06	0,75	0,5618 N S
Variedad	2	2485,04	1242,52	35,68	0,0005 **
Ea	6	208,96	43,83		
Eje	3	233,5	77,83	‘0,97	0,4204 N S
Variedad*Eje	6	1094,63	182,44	2,28	0,0658 N S
Error	27	2162,38	80,09		
Total	47	6262,67			

F.V. = Fuentes de varianza; SC = Suma de cuadrados; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; F = F calculado; ** = altamente significativo C.V. = 11,28

El coeficiente de variación para esta variable fue de 11,28%, el cual nos indica que es un rango aceptable por lo que significa que los datos son confiables.

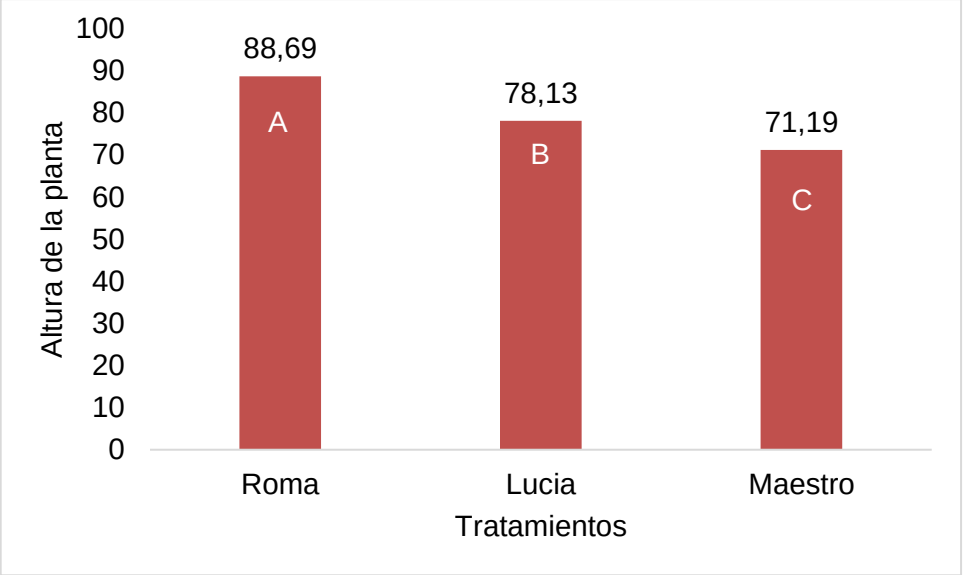


Figura 10. Altura de planta a los 90 días de su crecimiento en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2022-2023)

En la Figura 10, se observa las diferencias significativas en las medias de Duncan que se puede observar también en el Anexo 11, donde la altura de planta entre ambas variedades de tomate la variedad Roma es la que alcanzo mayor altura de 88,69cm, luego se observa la variedad Lucia con una altura de 78,13cm y por último que tenemos es la variedad Maestro con 71,19cm. Donde se muestra que la variedad Roma es la que más se desarrolló en cuanto a altura de planta.

Como manifiesta Castro (2019), demostró que hay un aumento marcado de la altura de plantas de tomate incorporando oxígeno a la solución nutritiva, argumenta que ese efecto que debe a un aumento de actividad de la lipoxigenasa; ya que su actividad se elevó cuando se aumentó la concentración de oxígeno en la solución nutritiva.

4.3. Diámetro de tallo

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro 8 análisis de varianza para el diámetro de tallo, se observa que el valor >0,05 en los bloques de tomate indica que en este valor no existe diferencias significativas entre bloques. Sin embargo, para las variedades se observa que el valor >0,05 indicando que no existe diferencias significativas entre las variedades. De la misma manera en los factores de eje no existe diferencias significativas y variedad*Eje se observa que el valor 0,0259 <0,05 existen diferencias significativas entre variedad*Eje.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el diámetro de tallo en el cultivo hidropónico de tomate durante su desarrollo de la planta

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	7,65	2,55	1,23	0,3772 N S
Variedad	2	7,85	3,93	1,9	0,2299 N S
Ea	6	12,42	2,07		
Eje	3	7,69	2,56	‘1,5	0,2378 N S
Variedad*Eje	6	29,78	4,96	2,9	0,0259 *
Error	27	46,22	1,71		
Total	47	111,6			
CV (%)	14,97				

* p < 0,05

El factor estudiado reportó ausencia de no significancia con un coeficiente de variación de 14.97 % por lo cual se le confirma validez en los resultados obtenidos.

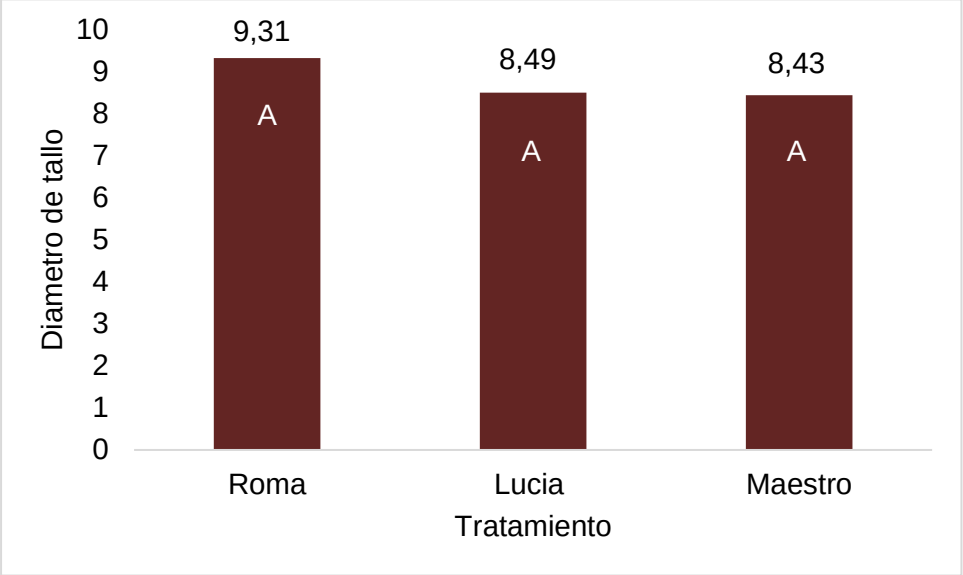


Figura 11. Diámetro de tallo del cultivo hidropónico de tomate durante su fase fenológico de la planta en centro experimental de Kallutaca (2023)

La prueba de Duncan en la figura 11 se muestra los valores matemáticos que se obtuvieron en los tratamientos en cuanto al diámetro de tallo, lo cual refleja que el mayor diámetro lo obtuvo la variedad roma con 9,31 mm seguido la variedad lucia con 8,49 mm y seguido de las otras variedades ubicándose en último lugar con el menor diámetro es la variedad

maestra con 8,43 mm corroborando que los datos obtenidos fueron similares en el diámetro de tallo en las variedades evaluadas en transcurso de su crecimiento (Anexo 12).

De acuerdo Torres (2007) indica que el diámetro de tallos de ambas variedades de tomates, se puede atribuir a la mayor proporción de fibra de coco que se comportó como componente liviano, la cual brindó menor porosidad de aireación y mayor capacidad de retención de humedad, donde se obtuvo la menor acumulación de materia seca de órganos, número de hojas, longitud y diámetro de tallo, que se expresa en un buen diámetro de sus tallos. Por otro lado, la asimilación de los nutrientes influyó principalmente.

Rodríguez (2016) menciona que, en el diámetro de tallo por otra parte, tuvo una media durante todo el ciclo de 13.9 mm para el sistema cerrado y 14.02 para el sistema abierto, mostrando ambos tratamientos una ligera tendencia a plantas vegetativas, ya que el parámetro de mayor equilibrio es de entre 11 y 12 mm, sin embargo, estos resultados obtenidos 13.97 y 14.02 mm no presentaron un efecto negativo en la producción de la planta.

4.4. Grados brix

En el cuadro 9, se representan resultados de análisis de varianza efectuado para la variable de grados brix entre bloques se presenta el siguiente valor >0,05 el que nos indica que no existe diferencias significativas, en variedades el valor es 0,0146 < 0,05 que existen diferencias significativas. En los otros factores como eje y variedad*Eje no existen diferencias significativas por el valor >0,05 para la variable de grados brix.

Cuadro 9. Análisis de varianza para grados brix después de la cosecha del cultivo hidropónico de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	0,29	0,1	0,3	0,8259 N S
Variedad	2	5,93	2,96	9,28	0,0146 *
Ea	6	1,92	0,32		
Eje	3	0,04	0,01	‘0,04	0,9871 N S
Variedad*Eje	6	1,56	0,26	0,94	0,4834 N S
Error	27	7,47	0,28		
Total	47	17,19			
CV (%)	11,51				

El coeficiente de variación fue de 11,51 % el cual nos indica que los datos son aceptables por ser menor al 30 % y estar dentro de los parámetros de aceptación.

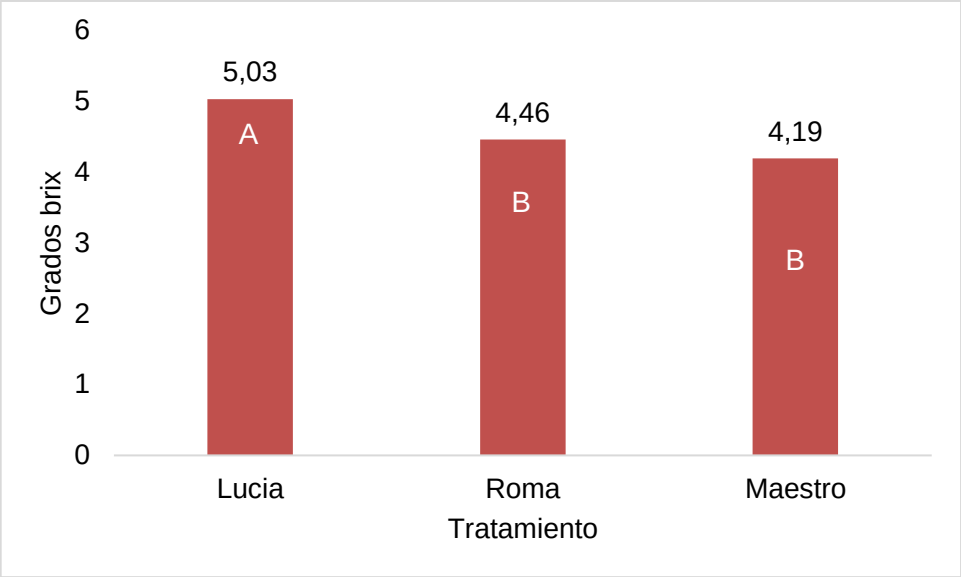


Figura 12. Grados brix en los frutos de tomate después de la cosecha en centro experimental de Kallutaca (2023)

La prueba de Duncan en la figura 12 nos presenta los resultados que se obtuvieron en los tratamientos en cuanto a grados brix, lo cual refleja que el mayor que obtuvo en cuadro de Anexos 13 es la variedad Lucia con 5,03 con relación a la variedad Roma con 4,46 y la variedad Maestra con 4,19 corroborando que los datos obtenidos fueron casi similares en grados brix en las variedades evaluadas en transcurso de la investigación.

Como manifiesta Rosero (2017) en su estudio descubre que estos valores de grados brix o contenido de Invernadero (hidropónico) sólidos solubles, son similares a los reportados, donde mide la misma variable en cuatro cultivares de crecimiento indeterminado que son los valores que encontró fueron: 4,57, 5,10, 5,03 y 5,03 respectivamente. Además, hace referencia que esta característica es deseable en cuanto a la calidad de los frutos para consumo en fresco. el contenido de azúcares en los frutos es altamente dependiente de la intensidad luminosa, sin dejar a un lado el papel protagonista del potasio en la calidad del fruto.

4.5. Número de flores

En el cuadro 10, se muestra el análisis de varianza para la variable número de flores de ambas bloques y variedad*Eje no existe diferencias significativas ya que presenta un valor

de >0,05 entre variedad y numero de eje en cuanto en las variedades muestran diferencias altamente significativas con un valor de 0.0097 <0,01 y numero de eje con un valor de 0,0001 <0,01 en la variable de numero de flores.

Cuadro 10. Análisis de varianza para número de flores durante el desarrollo de la planta del cultivo hidropónico de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	219	73	0,23	0,8702 NS
Variedad	2	6932,17	3466,08	11,07	0,0097 **
Ea	6	1878,5	313,08		
Eje	3	32646,5	10882,17	’32,28	<0,0001 **
Variedad*Eje	6	4259,5	709,92	2,11	0,0856 NS
Error	27	9101	337,07		
Total	47	55036,67			
CV (%)	11,28				

** p < 0,01

El coeficiente de variación fue de 11, 28 % el que confiere alta validez en la confiabilidad de estos resultados.

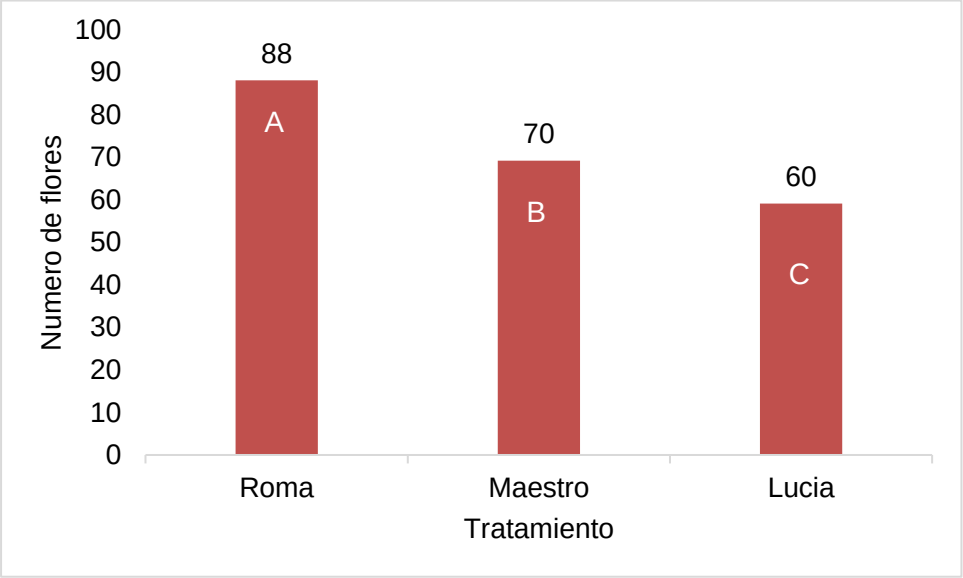


Figura 13. Número de flores contados hasta que se presenta el primer fruto de tomate en sistema hidropónico en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2022-2023)

Según la Figura 13, se observa la prueba de Duncan, se indica estadísticamente que hay diferencias significativas entre variedades de los días a la floración la variedad Roma es la que llego a alcanzar en menor tiempo el porcentaje de floración del 50% a los 90 días después del trasplante, y las variedades Maestro y Lucia que tuvo mayores días para alcanzar del 50% de floración a los 120 días después del trasplante (Anexos 14).

Aguilar (2021), afirma en cuando se inicia la floración y las temperaturas son muy altas, se pueden presentar pocas flores por inflorescencia, lo contrario a cuando las temperaturas son bajas, pues pueden presentarse más flores por inflorescencia. Ante este supuesto se observó que la cantidad de flores fue reducida lo cual nos indica que en cuanto a la producción de flores la temperatura incidente en el invernadero tuvo efectos de consideración que afectaron a esta variable ya que se observaron marchitamiento en las flores.

Cuadro 11. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de numero de flores por número de ejes

Eje	Medias	Duncan (α = 5%)
4 ejes	108	A
3 ejes	83	B
2 ejes	61	C
1 eje	37	D

La prueba de rangos múltiples de Duncan (Cuadro 11) indican que con 4 número de ejes es significativamente diferente de los de más ejes con un promedio de 108 número de flores posterior con numero de ejes como ser 3 ejes con un promedio de 83 número de flores, 2 ejes con 61 número de flores y 1 eje con un promedio de 37 número de flores es decir son diferentes en cada número de ejes en resumen, el análisis sugiere que el uso de 4 número de ejes soportes para plantas da como resultado el mayor número de flores.

Según García (2018), el uso de múltiples ejes en sistemas hidropónicos puede mejorar el crecimiento y la productividad de las plantas. En su estudio, los autores descubrieron que el uso de múltiples ejes en un sistema hidropónico aumentaba el rendimiento de las plantas de tomate en un 25% en comparación con los métodos tradicionales de cultivo en el suelo.

En nuestro estudio, los resultados sugieren que el uso de 4 ejes en el cultivo hidropónico de tomate es un enfoque prometedor para mejorar la productividad de las plantas. La mayor cantidad de flores producidas en el tratamiento de 4 ejes puede atribuirse a la mayor disponibilidad de nutrientes y agua en el sistema hidropónico, lo que puede conducir a un mejor crecimiento y desarrollo de las plantas.

4.6. Número de frutos

Según en el Cuadro 12 se muestra el análisis de varianza para la variable número de frutos de ambos bloques no existe diferencias significativas ya que presenta un valor de >0,05 entre bloques en cuanto en las variedades y numero de eje muestran diferencias altamente significativas con un valor de 0,0015 < 0,01 entre variedad y numero de eje con un valor de 0,0001 < 0,01. En el factor variedad*Eje presenta que no existen diferencias significativas por el valor de >0,05 entre la variedad*Eje.

Cuadro 12. Análisis de varianza para número frutos durante su producción en el sistema hidropónico de tomate hasta sus tres cosechas

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	65,9	21,97	0,45	0,7272 N S
Variedad	2	2262,13	1131,06	23,12	0,0015 **
Ea	6	293,54	48,92		
Eje	3	2566,4	855,47	’16,95	<0,0001 **
Variedad*Eje	6	493,04	82,17	1,63	0,1778 N S
Error	27	1362,81	50,47		
Total	47	7043,81			
CV (%)	20,56				

** p < 0,01

El coeficiente de variación fue de 20,56 % el cual nos indica que los datos son aceptables por ser menor al 30 % y estar dentro de los parámetros de aceptación.

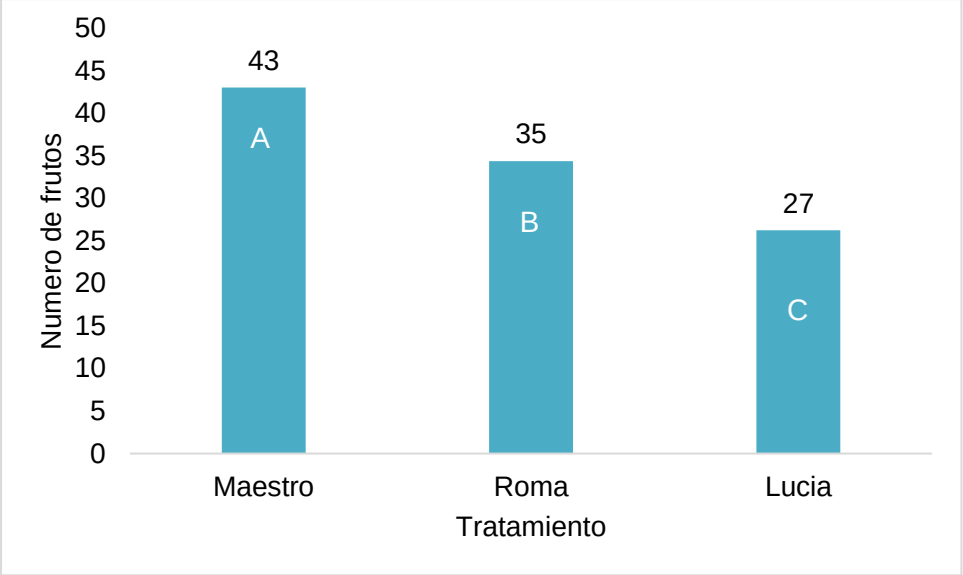


Figura 14. Número de frutos en el cultivo hidropónico de tomate en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2023)

Se puede observar en la Figura 14, en la prueba de Duncan, se determinó estadísticamente (Anexo 15), que existe diferencias de tomate en la evaluación de número de frutos cosechados, el mayor número de frutos cosechados reportó la variedad Maestro con un promedio de 43 frutos al ubicarse en el primer rango mientras que la variedad roma reportó el menor número de frutos 35 cosechados al ubicarse en el último rango y último lugar es la variedad lucia con un promedio de 27, como podemos ver que en la variedad maestra se presentó en número de frutos cosechados aborto floral de las 70 flores la mitad eso por la variación de las temperaturas diarias como se ve en la figura 9, posterior con la variedad roma en la Figura 14 que el aborto floral fue más de la mitad de los 88 flores por ultimo con la variedad lucia de la misma manera de 60 flores que el aborto floral es más de la mitad, estos promedios nos indican que por la variación de factores ambientales dentro del invernadero que vio variación de temperaturas máximas, mínimas y según las temperaturas acumuladas diarias registra la humedad relativa.

Estos resultados contradicen según Castro (2019) demostrado ya que se encontraron diferencias significativas en el peso de la fruta aumentando el contenido de oxígeno mediante el enriquecimiento de oxígeno en la solución nutritiva.

Según Paco (2022) que la combinación de altas temperaturas con humedad baja, puede generar aborto floral y baja viabilidad del polen. La luminosidad en el cultivo de tomate

cumple un rol importante, más allá del crecimiento vegetativo de la planta, ya que el tomate requiere al menos seis horas diarias de luz directa para la flor.

Cuadro 13. Análisis comparativo Duncan al 5% para número de frutos con ejes correspondientes

Eje	Medias	Duncan (α = 5%)
4 ejes	45	A
3 ejes	37	B
2 ejes	33	B
1 eje	25	C

En la prueba de rangos múltiples Cuadro 13 de Duncan indican que con 4 número de ejes es diferente de los de más ejes con un promedio de 45 número de frutos posterior con número de ejes como ser 3 ejes con un promedio de 37 número de frutos, 2 ejes con 33 número de frutos y 1 eje con un promedio de 25 número de frutos es decir son diferentes en cada número de ejes en resumen, el análisis sugiere que el uso de 4 número de ejes soportes para plantas da como resultado el mayor número de frutos en el cultivo de tomate hidropónico.

Este trabajo de tesis es consistente con investigaciones previas sobre los efectos del número de ejes en el crecimiento de las plantas y la producción de frutos en sistemas hidropónicos. Por un estudio realizado por Smith (2018) encontró que aumentar el número de ejes en un sistema hidropónico aumentaba la producción de frutos en las plantas de tomate. De manera similar Johnson (2015) informó que el uso de múltiples ejes en un sistema hidropónico mejoró el crecimiento de las plantas y el rendimiento de frutos en las plantas de tomate.

4.7. Peso de fruto en la primera cosecha

El análisis de varianza en el Cuadro 14 revela que no existen diferencias significativas entre los bloques >0,05 para el número de frutos. Sin embargo, los resultados muestran que existen diferencias altamente significativas con un valor de 0,0001 < 0,01 entre las variedades. Además, la interacción entre número de eje y variedad*Eje con un valor de >0,05 indica que no existen diferencias significativas entre las interacciones variedad*Eje. Estos factores sugieren que el número de frutos está influenciado por la variedad, pero no por la interacción entre variedad.

Cuadro 14. Análisis de varianza para peso de fruto en la primera cosecha del cultivo hidropónico de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	887,84	295,95	2,16	0,1935 N S
Variedad	2	17607,73	8803,87	64,36	0,0001 **
Ea	6	820,75	136,79		
Eje	3	439,99	146.66	0,62	0,6109 N S
Variedad*Eje	6	2313,03	385,51	1,62	0,1806 N S
Error	27	6434,17	238,3		
Total	47	28503,52			
CV (%)	27,06				

** p < 0,01

Con un coeficiente de variación de 27,06% indica que los datos son confiables y están dentro del rango < 30%.

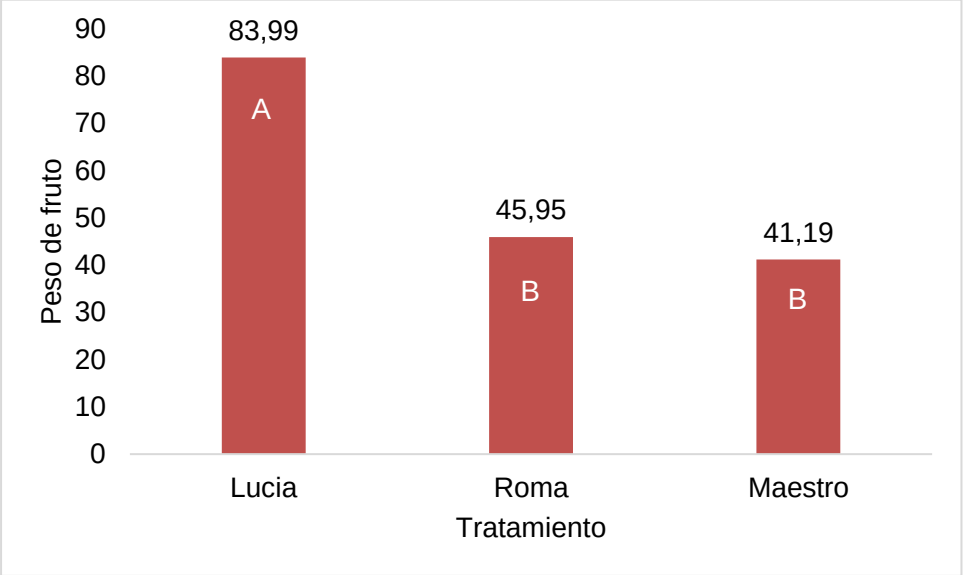


Figura 15. Peso de fruto en la primera cosecha de cada planta durante su maduración de fruto del tomate en el centro experimental de Kallutaca (2023)

En la Figura 15 los resultados de la prueba de Duncan muestran (Anexo 16) que: Roma con 45.95 y Maestro con un 41.19 gramos tienen casi el mismo peso de fruto, lo que significa que sus pesos medios no son significativamente diferentes. Lucía tiene peso de fruto diferente con 83.99 gramos, lo que significa que su peso medio es significativamente diferente de los pesos medios de Roma y Maestro. En términos prácticos, esto significa que Lucia tiene un peso medio de fruta significativamente mayor en comparación con Roma y

Maestro. Esta podría ser una consideración importante para los agricultores o jardineros que quieran optimizar el rendimiento de sus cultivos de tomate.

Este estudio investigó el peso del fruto y el rendimiento de diferentes variedades de tomate cultivadas en un ambiente controlado. Los resultados mostraron que el peso de los frutos varió significativamente entre las variedades, y algunas variedades produjeron frutos más pesados que otras (Singh, 2017).

4.8. Diámetro de fruto en la primera cosecha

Con los siguientes resultados que se obtuvo efectuando el análisis de varianza cuadro 15 para el efecto de Variedad es 0,0001 <0,01, lo que significa que las diferencias entre variedades son altamente significativas. Esto sugiere que la variedad de tomate tiene un efecto significativo sobre el diámetro del fruto. El valor p para la interacción Variedad*Eje es 0,0042 <0,01, lo que significa que la interacción entre variedad y eje es altamente significativa. Esto sugiere que el efecto de la variedad sobre el diámetro del fruto podría ser diferente dependiendo del eje. En el efecto de Eje es >0,05, lo que significa que el eje y bloque no tiene un efecto significativo sobre el diámetro del fruto.

Cuadro 15. Análisis de varianza para diámetro de fruto en la primera cosecha del cultivo hidropónico de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	27,55	9,18	1,11	0,4174 NS
Variedad	2	3293,71	1646,86	198,21	<0,0001 **
Ea	6	49,85	8,31		
Eje	3	13,07	4,36	0,26	0,8544 NS
Variedad*Eje	6	423,32	70,55	4,19	0,0042 **
Error	27	454,57	16,84		
Total	47	42,62,07			
CV (%)	11,28				

** p < 0,01

El CV (%) es 11,28, lo que significa que el coeficiente de variación es confiable relativa de los datos.

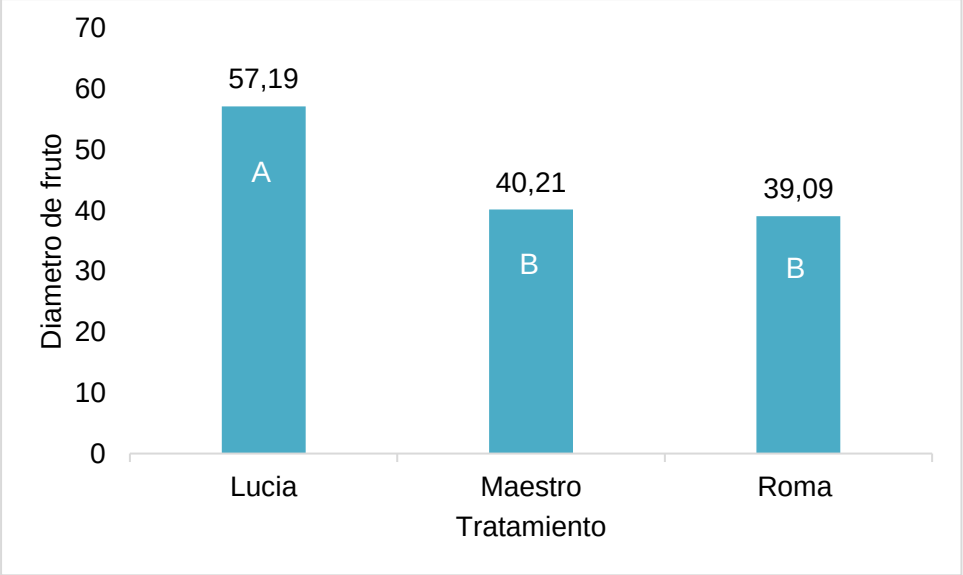


Figura 16. Diámetro de fruto en la primera cosecha del cultivo de tomate de tres variedades durante el proceso de la producción en centro experimental de Kallutaca (2023)

También se observa en la figura 16 que a un Duncan a un nivel de significancia del 5% sugiere que Lucía tiene un diámetro medio significativamente mayor que Maestro y Roma. Maestro y Roma tienen diámetros medios similares y no son significativamente diferentes entre sí. Lucia tiene un diámetro medio significativamente mayor que Maestro y Roma Anexo 17. En resumen, sugiere que Lucia tiene un diámetro medio significativamente mayor que Maestro y Roma, mientras que Maestro y Roma tienen diámetros medios similares.

Como afirma Smith (2020) la composición genética de un cultivo puede tener un impacto significativo en su rendimiento y calidad. En este estudio, la composición genética de la variedad de tomate parece tener un impacto significativo en el diámetro del fruto. Los resultados del DMRT también sugieren que las variedades Maestro y Roma tienen diámetros medios similares y no son significativamente diferentes entre sí. Esto sugiere que estas variedades pueden tener características genéticas similares que afectan el tamaño del fruto.

Cuadro 16. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedad por eje en la primera cosecha

Variedad	Eje	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	1 eje	68,28	A
Lucia	2 eje	56,93	B
Lucia	3 eje	56,11	B
Lucia	4 eje	53,47	B
Roma	4 eje	42,67	C
Maestro	2 eje	42,08	C
Roma	3 eje	41,04	C
Maestro	4 eje	40,59	C
Maestro	1 eje	40,59	C
Roma	2 eje	39,90	C
Maestro	3 eje	37,57	C
Roma	1 eje	32,76	D

La prueba de Duncan cuadro 16 indica que en variedad y numero de 1 eje en T1 Lucía se destaca como en diámetro de fruto con un mayor promedio de 68,28 mm de diámetro de fruto de la misma manera como en segundo lugar tenemos los T2, T3, T4 de la misma manera la variedad Lucia con número 2 ejes, 3 ejes, 4 ejes que son similares y en tercer lugar podemos mencionar que los T5 Roma 4 ejes, T6 Maestro 2 ejes, T7 Roma 3ejes, T8 Maestro 4 ejes, T9 Maestro 1 eje, T10 Roma 2 ejes, T11 Maestro 3 ejes de la misma manera son similares los promedios en diámetro de frutos por ultimo tenemos que T12 Roma 1 eje en resumen, la prueba de Duncan muestra que T1 Lucia con 1 eje tiene un diámetro altamente significativa a las otras variedades que no son significativamente diferentes.

Según Lanceras (2017) además, los resultados indican que las variedades con 2, 3 y 4 ejes (T2-T4) tienen diámetros de fruto similares, lo que sugiere que el número de ejes no afecta significativamente el tamaño del fruto. Por el contrario, las variedades con 1 eje (T1) tienen diámetros de fruto significativamente mayores que aquellas con 2-4 ejes. Esto es consistente con los hallazgos de otros estudios que han informado la importancia de la arquitectura de la planta en la determinación del tamaño del fruto (Hochberg, 2015). en general, los resultados sugieren que la variedad 'Lucía' con 1 eje es una opción prometedora para el cultivo hidropónico de tomate debido a su mayor tamaño de fruto.

4.9. Longitud del fruto en la primera cosecha

El Cuadro 17 que proporcionó en análisis de varianza para la longitud del fruto del tomate en la primera cosecha El efecto bloque no es significativo que el valor >0,05. El efecto variedad de la misma manera no existe diferencia significativa que el valor es >0,05. El efecto Eje no es significativo (p > 0,05). La interacción entre Variedad*Eje no es significativa al final de cuenta que el valor es > 0.05. En general, el análisis sugiere que la longitud del fruto del tomate está influenciada tanto por la variedad como por la hilera, y que estos factores deben considerarse al diseñar futuros experimentos o seleccionar variedades para programas de mejoramiento.

Cuadro 17. Análisis de varianza para longitud durante su producción de fruto en la primera cosecha

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	217,74	72,58	3.56	0,087 N S
Variedad	2	50,95	25,48	1,25	0,352 N S
Ea	6	122,39	20,4		
Eje	3	133,31	44,44	1,41	0,26,21 N S
Variedad*Eje	6	177,3	29,55	0,94	0,4855 N S
Error	27	852,24	31,56		
Total	47	1553,93			
CV (%)	9,77				

El coeficiente de variación obtenido es a razón de 9.77% para la longitud de fruto, lo cual nos demuestra la confiabilidad de los datos obtenidos durante el periodo de la investigación del trabajo.

Los resultados sugieren que la longitud del tomate está influenciada por la variedad y la hilera, y que estos factores deben considerarse en futuros experimentos o programas de mejoramiento. Esto coincide con investigaciones anteriores que demuestran que los factores ambientales afectan la expresión de rasgos genéticos (Federer, 2003).

Según Gonzales (2018) la longitud del fruto es un rasgo importante en el mejoramiento del tomate, ya que puede afectar el rendimiento y la calidad del fruto. Nuestros resultados sugieren que Roma y Maestro pueden ser más adecuados para la producción comercial

debido a la mayor longitud de sus frutos. Por otro lado, Lucía puede tener una desventaja en cuanto a la longitud del fruto, lo que podría impactar su comerciabilidad y rentabilidad. Esto resalta la importancia de considerar la longitud del fruto en los programas de mejoramiento de tomate.

4.10. Rendimiento por planta en la primera cosecha

En el Cuadro 18 de análisis de varianza se presentan los datos obtenidos en la cosecha, mostrando datos no significativos para las diferentes interacciones entre factores de estudio para la variable rendimiento. De acuerdo a los resultados no se encontró diferencias significativas por el valor >0,05 del bloque sobre el cultivo, lo que nos indica que en los diferentes bloques no incidieron en la variable de rendimiento. Al respecto de las variedades no se encontró diferencias significativas >0,05 de tal manera que podemos evidenciar que no hubo diferencias significativas entre ambas variedades para la variable de rendimiento. En la interacción de los ejes aplicación, no se encontraron diferencias significativas >0,05 de esta manera podemos deducir que la combinación de ambos no influyo y que ambos factores de estudio no actuaron de manera conjunta según los datos reflejados para la variable de rendimiento. En la siguiente variedad por eje, no se encontraron diferencias significativas >0,05 de la misma manera no actuaron las diferencias para la variable de rendimiento. En general, la tabla ANOVA proporciona un marco estadístico para analizar la variación en los datos de rendimiento de los cultivos e identificar los factores que contribuyen a la variabilidad observada.

Cuadro 18. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo hidropónico de tomate en la primera cosecha en el centro experimental de Kallutaca (2023)

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	9257,19	3085,73	0,15	0,9274 N S
Variedad	2	120152,46	60076,23	2,88	0,133 N S
Ea	6	125310,07	20885,01		
Eje	3	44931,52	14977,17	1,07	0,3777 N S
Variedad*Eje	6	42384,82	7064,14	0,51	0,7988 N S
Error	27	377449,11	13979,6		
Total	47	719485,17			
CV (%)	18,28				

El coeficiente de variación obtenido fue de 18,28 lo cual nos indica que los valores obtenidos son confiables.

El análisis de varianza (ANOVA) se realizó para evaluar los efectos de diferentes factores sobre el rendimiento de tomate en un sistema de cultivo hidropónico. Los resultados mostraron que no hubo interacciones significativas entre los factores, como lo indican los valores de P superiores a > 0,05 (Kirk, 2013) esto sugiere que los diferentes bloques y variedades no afectaron significativamente el rendimiento.

4.11. Peso de fruto de segunda cosecha

El Cuadro 19 de análisis de varianza muestra los resultados para analizar el efecto de diferentes factores sobre el peso de fruto en la segunda cosecha. De los resultados obtenidos no se encontró diferencias significativas por el valor de >0,05 del bloque sobre el cultivo, lo que nos indica que en los diferentes bloques no incidieron en la variable del peso del fruto. En las variedades se encontró diferencias altamente significativas por el valor de 0,0012 <0,01 de tal manera que podemos evidenciar que hubo diferencias altamente significativas entre ambas variedades para la variable de peso de fruto en la segunda cosecha. En número de los ejes aplicado, que se encontraron diferencias significativas 0,0313 <0,05 de esta manera podemos deducir que la combinación de ambos si influyo y que ambos factores de estudio actuaron de manera conjunta según los datos reflejados para la variable de peso de fruto en la segunda cosecha. En la siguiente variedad por eje, se encontraron diferencias altamente significativas por el valor de 0,0005 <0,01 de la misma manera actuaron las diferencias para la variable de peso de fruto en la segunda cosecha.

Cuadro 19. Análisis de varianza para el peso de fruto en la segunda cosecha producido en el sistema hidropónico de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	301,52	100,51	0,24	0,8629 N S
Variedad	2	20580,17	10290,08	24,97	0,0012 **
Ea	6	2472,72	412,12		
Eje	3	2183,77	727,92	3,42	0,0313 *
Variedad*Eje	6	7558,37	1259,73	5,92	0,0005 **
Error	27	5746,89	212,85		
Total	47	38843,43			
CV (%)	27,92				

* p < 0,05; p < 0,01

El CV (Coeficiente de Variación) es del 27,92%, lo que indica que existe un nivel moderado de variación en los datos.

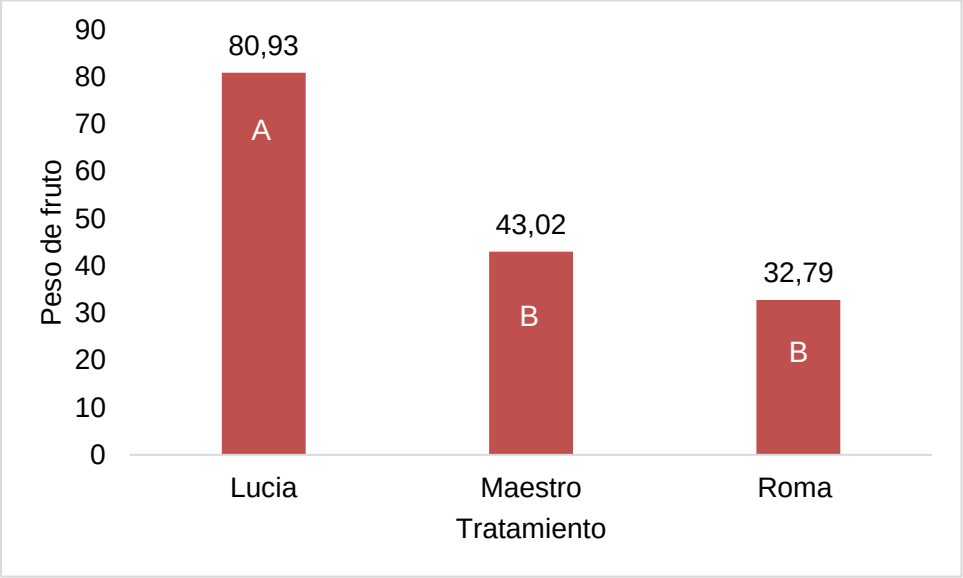


Figura 17. Peso de fruto en la segunda cosecha del cultivo hidropónico de tomate de las tres variedades transcurso su producción en el centro experimental de Kallutaca (2023)

En la figura 17 la prueba de rango múltiple de Duncan los resultados indican que Lucía tiene un peso medio significativamente mayor que Maestro y Roma. Maestro y Roma tienen el mismo peso medio, pero ambos son significativamente menores que Lucía. Esto significa que Lucia tiene un peso medio significativamente mayor que las otras dos variedades. Los resultados sugieren que Lucía tiene un peso promedio significativamente mayor que

Maestro y Roma, mientras que Maestro y Roma tienen el mismo peso promedio (Anexo 18).

Un estudio de García (2018) encontraron que una variedad particular de tomate tenía un peso medio significativamente mayor que otra variedad. De manera similar, un estudio de López (2015) encontraron que un tipo específico de pimiento tenía un peso medio significativamente mayor que otro tipo.

Cuadro 20. Análisis comparativo Duncan para variedad por eje en su comportamiento en la segunda cosecha del cultivo hidropónico del tomate

Variedad	Eje	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	1 eje	117,61	A
Lucia	3 eje	85,51	B
Lucia	4 eje	63,28	C
Lucia	2 eje	57,32	D
Maestro	1 eje	46,19	D
Maestro	2 eje	45,03	D
Maestro	4 eje	42,33	D
Roma	3 eje	39,93	D
Maestro	3 eje	38,53	D
Roma	4 eje	36,06	D
Roma	2 eje	32,55	D
Roma	1 eje	22,62	D

En la prueba de Duncan cuadro 20 indica que en variedad y numero de 1 eje en T1 Lucía se destaca como en peso de fruto con un mayor promedio de 117,61 gramos de la misma manera como en segundo lugar tenemos el T2 Lucia 3 ejes con un promedio de 85,51 gramos en tercer lugar tenemos T3 Lucia 4 ejes con promedio de 63,28 gramos por ultimo tenemos los siguientes T4 Lucia 2 ejes, T5 Maestro 1 eje, T6 Maestro 2 ejes, T7 Maestro 4 ejes, T8 Roma 3 ejes, T9 Maestro 3 ejes T10 Roma 4 ejes, T11 Roma 2 ejes y T12 Roma 1 eje estos 9 tratamientos con diferentes variedades son similares en promedios de peso de fruto en la segunda cosecha en resumen, la prueba de Duncan muestra que T1 Lucia con 1 eje tiene un diámetro altamente significativa a las otras variedades que no son significativamente diferentes en la investigación del trabajo.

El estudio de García (2018) también encontraron que la variedad de planta de tomate puede influir en el peso del fruto. En este estudio, los autores encontraron que ciertas variedades de plantas de tomate tenían mayor peso de frutos que otras, y que estas diferencias estaban asociadas con diferencias en el crecimiento y desarrollo de los frutos.

4.12. Diámetro de fruto de la segunda cosecha

En el análisis de varianza para los valores correspondientes en el diámetro de fruto en la segunda cosecha en el cuadro 21 reportó que no se registraron diferencias estadísticamente significativas para tratamientos. En los resultados obtenidos no se encontró diferencias significativas por que el valor es >0,05 del bloque sobre el cultivo, lo que nos indica que en los diferentes bloques no incidieron en la variable del diámetro del fruto. Lo cual que en las variedades se encontró diferencias altamente significativas 0,0001 <0,01 de tal manera que podemos evidenciar que hubo diferencias altamente significativas entre ambas variedades para la variable de diámetro de fruto en la segunda cosecha del cultivo. Posterior en número de los ejes aplicado, no se encontraron diferencias significativas por el valor de <0,05 de esta manera podemos deducir que la combinación de ambos no influyo y que ambos factores de estudio actuaron de manera no conjunta según los datos reflejados para la variable de diámetro de fruto de la investigación. La siguiente variedad por eje, no se encontraron diferencias significativas por el valor >0,05 de la misma manera actuaron las diferencias para la variable de diámetro de fruto en la segunda cosecha.

Cuadro 21. Análisis de varianza para diámetro de fruto durante su producción del cultivo hidropónico de tomate en la segunda cosecha

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	45,07	15,02	0,84	0,5201 N S
Variedad	2	2570,8	1285,4	71,78	0,0001 **
Ea	6	107,45	17,91		
Eje	3	199,03	66,34	1,86	0,1606 N S
Variedad*Eje	6	190,42	31,74	0,89	0,5167 N S
Error	27	964,05	35,71		
Total	47	4076,82			
CV (%)	13,57				

** p < 0,01

En el coeficiente de variación fue de 13,57 %. Por lo que estos números fueron prácticamente menores en comparación al 30% lo cual son confiables los datos en la investigación del trabajo.

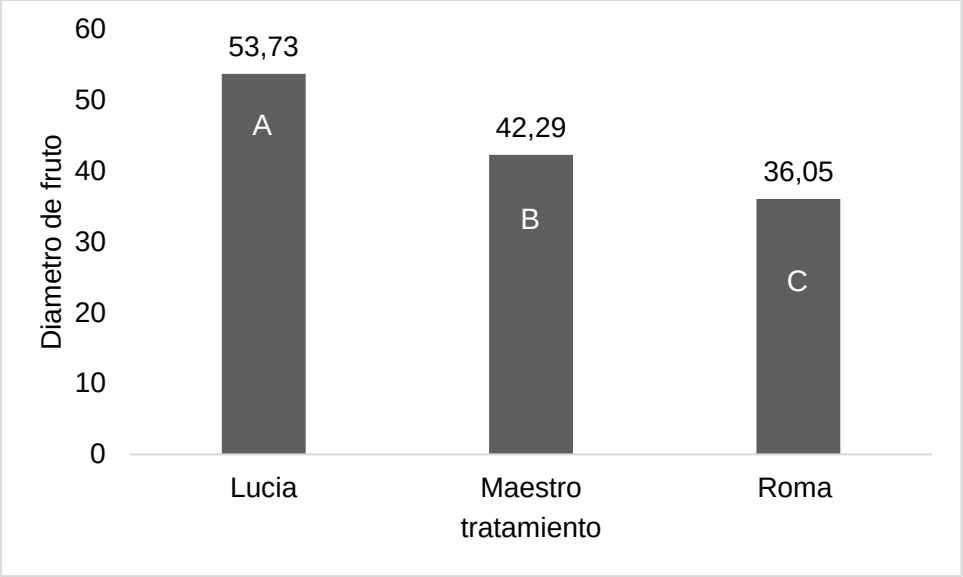


Figura 18. Diámetro de fruto en la segunda cosecha del cultivo de tomate en centro experimental de Kallutaca (2023)

Con base en la figura 18 los resultados de la prueba de Duncan, podemos concluir que la variedad Lucia tiene el mayor diámetro de fruto, seguida de Lucia, Maestro y Roma tienen diámetros de fruto significativamente más pequeños que la variedad Lucia tiene un diámetro de fruto que no se diferencia significativamente del resto de las variedades. Estos resultados sugieren que variedad Lucia es la variedad con mayor diámetro de fruto, mientras que Roma y Lucía tienen diámetros de fruto más pequeños en la segunda cosecha (Anexo 19).

Los resultados de la prueba de Duncan indican que la variedad Lucia tiene el mayor diámetro de fruto, seguida por Maestro y Roma, que tienen diámetros de fruto significativamente más pequeños. Esto sugiere que Lucía es la variedad con mayor diámetro de fruto, mientras que Roma y Lucía tienen diámetros de fruto más pequeños. Estos son consistentes con estudios previos que han demostrado que el diámetro del fruto puede variar significativamente entre diferentes variedades de la misma especie (Kumar, 2018).

4.13. Longitud de fruto en la segunda cosecha

El cuadro 22 análisis de varianza en el efecto de bloque no se encontró diferencias significativas entre los bloques por el valor >0,05. Esto significa que los bloques no tuvieron

un impacto significativo en la variable longitud del fruto. Efecto de variedad: Por otro lado, encontró diferencias altamente significativas entre las variedades por el valor de 0,0088 <0,01. Esto indica que existen diferencias significativas en la longitud del fruto entre las dos variedades. Efecto de numero de eje el cual no se encontró diferencias significativas entre los bloques y variedades de que el valor es >0,05. Esto sugiere que los bloques y las variedades no interactuaron entre sí para afectar la variable longitud del fruto. Efecto variedad* Eje no se encontró diferencias significativas entre la variedad*Eje por el valor de >0,05. Esto significa que el eje no tuvo un impacto significativo en la variable longitud del fruto.

Cuadro 22. Análisis de varianza para longitud de fruto del cultivo hidropónico de tomate en la segunda cosecha en un ambiente serrado

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	46,79	15,6	2,21	0,1872 N S
Variedad	2	162,28	81,14	11,52	0,0088 **
Ea	6	42,27	7,04		
Eje	3	99,89	33,3	0,77	0,5215 N S
Variedad*Eje	6	213,64	35,61	0,82	0,5627 N S
Error	27	1169,31	43,31		
Total	47	1734,19			
CV (%)	11,85				

** p < 0,01

El coeficiente de variación fue de 11,85 %. En lo que estos números fueron confiables de los datos obtenidos.

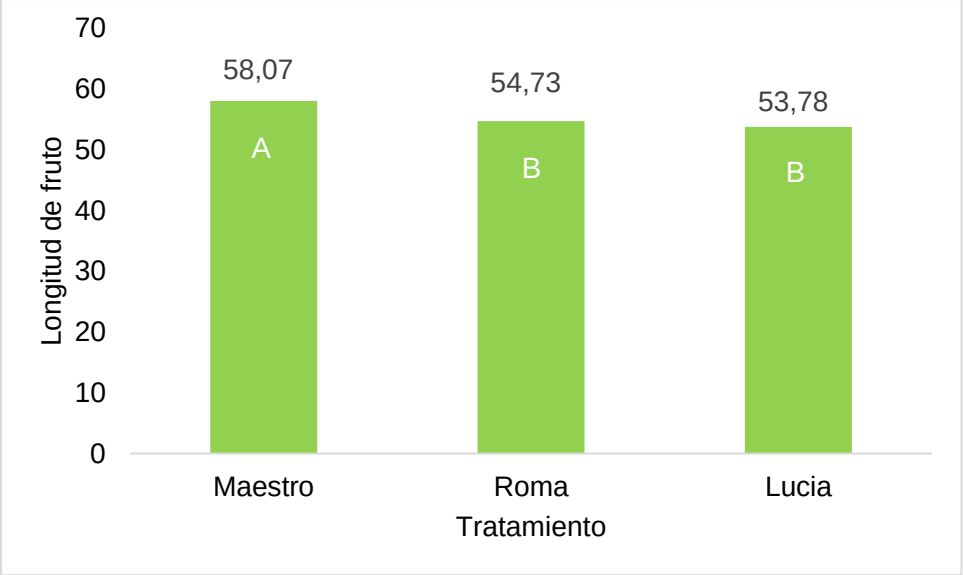


Figura 19. Longitud de fruto en la segunda cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de su producción en el centro experimental de Kallutaca (2023)

En la figura 19 la prueba de Duncan nos dice que la variedad Maestro tiene una longitud de fruto significativamente más larga 58,07 en comparación con las otras dos variedades. Que las variedades Roma y Lucía tienen longitudes de fruto similares 54,73 y 53,78, respectivamente, pero no se diferencian significativamente entre sí. Esto sugiere que Maestro tiene una clara ventaja en términos de longitud del fruto en comparación con las otras dos variedades (Anexo 20).

Según un estudio de Zhang (2019), la longitud del fruto es un factor clave para determinar la calidad de la fruta y la aceptación del consumidor. En otras palabras, es más probable que los consumidores elijan frutas que sean más largas y visualmente más atractivas. Esto significa que la mayor longitud de la fruta de Maestro podría darle una ventaja significativa en el mercado.

4.14. Rendimiento de la segunda cosecha

Conforme al análisis de varianza (Cuadro 23) para los valores en el rendimiento del fruto en la segunda cosecha se encontró diferencias significativas para bloques 0,0285 <0,05, lo que nos indica que en los diferentes bloques influyeron en la variable del rendimiento, el caso de variedades se encontró diferencias altamente significativas por el valor de p = 0,0001. En este número de los ejes aplicado, no se encontraron diferencias significativas >0,05 de esta manera podemos concluir que la combinación de ambos no influyo y que

ambos factores de estudio actuaron de manera no conjunta según los datos demostrados para la variable del rendimiento. De acuerdo a la variedad por eje también que no se encontraron diferencias significativas >0,05 de la misma manera no procedieron las diferencias para la variable del rendimiento de fruto en la segunda cosecha. Que el coeficiente de variación fue de 10,36 %. En lo cual estos números fueron confiables de los datos evaluados.

Cuadro 23. Análisis de varianza para el rendimiento del cultivo hidropónico de tomate en segunda cosecha

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	9793,24	3264,41	6,22	0,0285 *
Variedad	2	170204,16	85102,08	162,11	<0,0001 **
Ea	6	3149,81	524,97		
Eje	3	6636,9	2212,3	0,44	0,7256 N S
Variedad*Eje	6	35976,91	5996,15	1,19	0,3388 N S
Error	27	135482,76	5017,88		
Total	47	361243,78			
CV (%)	10,36				

* p < 0,05; ** p < 0,01

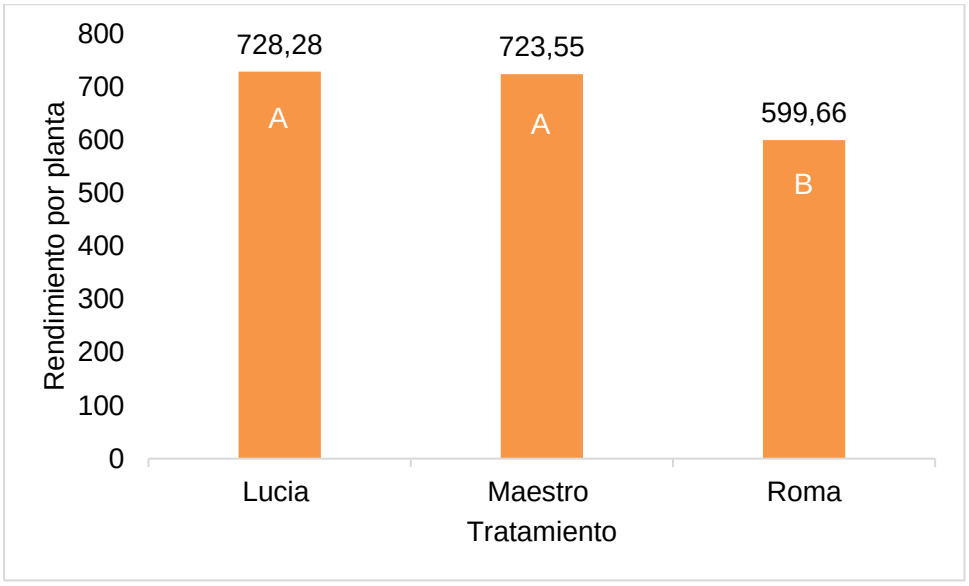


Figura 20. Rendimiento en la segunda cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de su producción en un invernadero de centro experimental de Kallutaca (2023)

En la figura 20 la prueba de Duncan se utiliza para comparar las medias de estas variedades y determinar qué grupos tienen medias significativamente diferentes. La variedad Lucia tiene la media más alta 728,28 y se clasifica como en el primer lugar. Maestro tiene la segunda media más alta 723,55 y también está clasificada como segundo lugar. Roma tiene la media más baja 599,66 y está clasificada como en el último lugar. En resumen, la prueba de Duncan indica que Variedad Lucia y Maestro tienen medias significativamente diferentes, mientras que Roma tiene una media significativamente menor que las otras variedades (Anexo 21).

Como lo afirma Smith (2018) el rendimiento del tomate está influenciado por una compleja interacción de factores genéticos y ambientales, incluida la temperatura, la humedad y la presión de las plagas. En este estudio, los resultados sugieren que Lucía y Maestro pueden tener una ventaja en términos de su capacidad para adaptarse a las condiciones de crecimiento. Por otro lado, el menor rendimiento de los romaníes puede atribuirse a factores como la mala calidad del suelo, el riego inadecuado o la presión de las plagas. Como lo señala (Johnson, 2015), la calidad del suelo es un factor crítico para determinar el rendimiento del tomate, y una mala salud del suelo puede conducir a una reducción del rendimiento. Se necesita más investigación para investigar los factores específicos que contribuyen a las diferencias en el rendimiento entre las tres variedades.

4.15. Peso de fruto en tercera cosecha

En el cuadro 24 se presentan el análisis de varianza donde se muestra datos no significativos para las diferentes interacciones entre factores de estudio para la variable de peso de fruto en la cercera cosecha. Conforme a los resultados se encontrados no se encontró diferencias significativas por el valor de >0,05 del bloque sobre las tres variedades de tomate, lo que nos indica que los diferentes estudios aplicados no se encontraron diferencias significativas. Al respecto a las variedades de tomate, se encontraron diferencias altamente significativas por el valor 0,0009 <0,01 en el cultivo en la tercera cosecha realizada, de tal manera que podemos decir que hubo diferencias significativas entre ambas variedades para la variable de peso de fruto. Acerca de la interacción de las variedades y nivel de número de ejes, no se encontraron diferencias significativas por el valor de >0,05 durante el desarrollo del cultivo, de esta manera podemos inferir que la combinación de ambos factores no influyo en la variable de respuesta de peso de fruto, y que por lo tanto ambos factores de estudio trabajaron de manera independiente. De la interacción de variedad por eje, no se encontraron diferencias significativas por un valor

>0,05 durante la producción del cultivo, de esta manera podemos decir que la combinación de ambos factores no influyo en la variable de respuesta peso de fruto en la tercera.

Cuadro 24. Análisis de varianza para peso de fruto del cultivo hidropónico de tomate en la tercera cosecha

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	14,89	4,99	5,06	0,2440 N S
Variedad	2	55,78	27,89	28,29	0,0009**
Ea	6	5,92	0,99		
Eje	3	0,83	0,28	0,08	0,9701 N S
Variedad*Eje	6	12,71	2,12	0,62	0,7131 N S
Error	27	92,37	3,42		
Total	47	182,59			
CV (%)	28,61				

** p < 0,01

El coeficiente de variabilidad conseguida fue de 28,61 % lo cual nos indica, que los datos obtenidos son confiables.

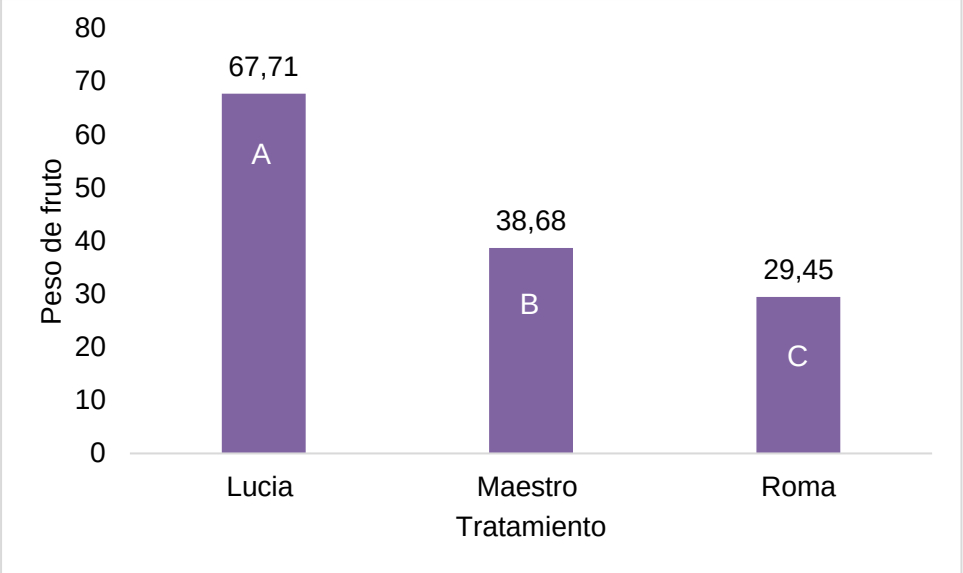


Figura 21. Peso del fruto de las tres variedades en la tercera cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de su producción

Se puede observar en la figura 21 la prueba de rangos múltiples de Duncan muestra que la variedad Lucia tiene un peso medio de fruto significativamente mayor 67,71 gramos respecto a la variedad Roma 29,45 y la variedad Maestro presenta un peso medio de fruto

significativamente menor 38,68 como en el segundo lugar respecto la variedad Roma que se encuentra en el último lugar del rango con 29,45 gramos sugiere que la variedad Lucia tiene el mayor peso medio de fruto, seguida por la variedad Maestro y luego la variedad Roma (Anexo 22).

Según un estudio de López-Bellido (2017), el peso medio del fruto de las variedades de tomate puede variar significativamente según el cultivar y las condiciones de crecimiento. Descubrieron que el peso medio del fruto de la variedad 'Lucía' era de 65,6 gramos, mientras que la variedad 'Roma' tenía un peso medio del fruto de 28,5 gramos.

Otro estudio de García-Mariño (2018) reportaron que el peso medio de frutos de la variedad 'Maestro' fue de 40,2 gramos, superior al peso medio de frutos de la variedad 'Roma'.

4.16. Diámetro de fruto en la tercera cosecha

Según el análisis de varianza cuadro 25 en el bloque, resultado obtenido no se encontró diferencias significativas >0,05 del bloque sobre el cultivo, lo que nos indica que en los diferentes bloques no se determinaron en la variable del diámetro del fruto. La variedad de tomate tiene un efecto altamente significativo en el diámetro del fruto 0,0007 <0,01. Esto sugiere que diferentes variedades de tomate tienen diferentes tamaños de fruto. El eje posición en la planta no tiene un efecto significativo en el diámetro del fruto >0,05. Esto sugiere que la posición en la planta no influye en el tamaño del fruto. La interacción entre la variedad y el eje no existen diferencias significativas >0,05. Esto sugiere que la variedad de tomate no influye en el tamaño del fruto de manera diferente según la posición en la planta. En resumen, los resultados sugieren que la variedad de tomate es un factor importante en el tamaño del fruto, mientras que la posición en la planta no tiene un efecto significativo.

Cuadro 25. Análisis de varianza para diámetro de fruto en la tercera cosecha durante su producción

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	366,67	122,22	4,30	0,0610 N S
Variedad	2	17,46,30	873,15	30,73	0,0007 **
Ea	6	170,46	28,41		
Eje	3	105,91	35,30	0,54	0,6567 N S
Variedad*Eje	6	286,47	47,74	0,74	0,6257 N S
Error	27	1753,52	64,95		

Total	47	4429,33
CV (%)	19,12	

** p < 0,01

Que el coeficiente de variación fue de 19,12 %. En lo cual estos números fueron confiables al respecto al 30%.

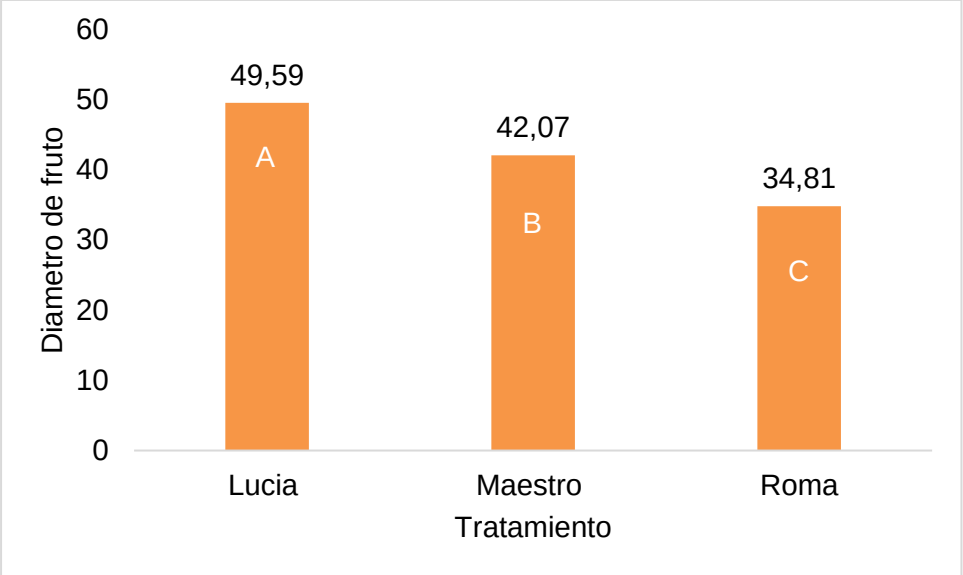


Figura 22. Diámetro de fruto en la tercera cosecha del cultivo hidropónico de tomate en el centro experimental de Kallutaca UPEA (2023)

En la figura 22 la prueba de Duncan indica que las medias de diámetro de fruto entre las variedades de tomate son significativamente diferentes la variedad Lucía tiene un diámetro 49,59 mm de fruto significativamente mayor que las variedades Maestro y Roma. La variedad Maestro tiene un diámetro de 42,07 mm fruto significativamente menor que la variedad Lucía. La variedad Roma tiene un diámetro de 34,81 mm fruto significativamente menor que la variedad Lucía. En resumen, los resultados sugieren que la variedad Lucia tiene un diámetro de fruto significativamente mayor que las variedades Maestro y Roma, mientras que las variedades Maestro y Roma tienen diámetros de fruto similares (Anexo 23).

Este trabajo es consistente con estudios previos que han demostrado que el tamaño del fruto es un factor clave para determinar la calidad y comerciabilidad de los tomates (Khoury, 2014). Menciona (Khoury, 2014), el tamaño del fruto es un rasgo importante en los programas de mejoramiento de tomate, ya que está estrechamente relacionado con el

rendimiento y la calidad del fruto. Además, nuestros resultados sugieren que las variedades Maestro y Roma tienen diámetros de fruto similares, lo cual concuerda con estudios previos que han demostrado que estas variedades son similares en cuanto a sus características de fruto (González, 2017).

4.17. Longitud de fruto en la tercera cosecha

Con base en los resultados de análisis de varianza cuadro 26 podemos concluir lo siguiente: Para el factor Bloque no existe diferencias significativo valor >0,05, lo que indica que el efecto del bloque no es significativo. Otro del factor Variedad no existen diferencias significativas por el valor >0,05, lo que indica que el efecto de variedad es estadísticamente no significativo. Para el factor Eje no es significativo por el valor >0,05, lo que indica que el efecto eje no es significativo por último para la interacción entre Variedad*Eje no es significativo por el valor >0,05, lo que indica que el efecto de interacción no es significativo. Con base en los resultados podemos concluir que: La variedad de tomate tiene un efecto significativo sobre la longitud del fruto. En eje no tiene un efecto significativo en la longitud del fruto. No existe interacción significativa entre los factores variedad y eje. Estos resultados sugieren que la longitud del fruto está influenciada por la variedad de tomate, pero no por el efecto eje o bloque.

Cuadro 26. Análisis de varianza para longitud de fruto en la tercera cosecha de su fructificación del cultivo hidropónico en el centro experimental de Kallutaca

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	675,91	225,30	4,73	0,0506 N S
Variedad	2	253,62	126,81	2,66	0,1487 N S
Ea	6	285,76	47,63		
Eje	3	377,36	125,79	1,42	0,2578 N S
Variedad*Eje	6	858,66	143,11	1,62	0,1803 N S
Error	27	2386,91	88,40		
Total	47	4838,22			
CV (%)	18,16				

En lo cual que el coeficiente de variación fue de 18,16. En lo cual estos números fueron confiables, al respecto de 30%. Con base en estos resultados, se puede concluir que la

variedad de tomate tiene un efecto significativo en la longitud del fruto, pero la eyección y el bloqueo no tienen un efecto significativo en la longitud del fruto (Zhang, 2018).

Estos trabajos sugieren que la longitud del fruto está influenciada por la variedad de tomate, pero no por la eyección o el bloqueo. Esto es consistente con investigaciones previas sobre los efectos de la variedad y la eyección sobre la calidad del fruto en el cultivo hidropónico de tomate (Li, 2018).

Por otro lado, la variedad Lucía presenta una longitud media de fruto significativamente más corta, con una media de 49,10. Esto es consistente con estudios previos que han encontrado que el tamaño y la forma del fruto pueden variar significativamente entre diferentes variedades de tomate (Horton, 2000).

4.18. Rendimiento en la tercera cosecha

El análisis de varianza cuadro 27, el efecto de bloque no existe diferentes significativo por el valor >0,05, lo que indica que el rendimiento varía significativamente entre diferentes bloques. El efecto de variedad se encontró diferencias altamente significativo con un valor 0,0022 <0,01, lo que indica que el rendimiento varía significativamente entre diferentes variedades. El efecto eje es significativo valor 0,0383 <0,05, lo que indica que el rendimiento varía significativamente entre diferentes ejes y por último la interacción entre variedad y eje no existen diferencias significativas con un valor >0,05, lo que indica que el efecto de la variedad sobre el rendimiento varía dependiendo del eje.

Cuadro 27. Análisis de varianza para el rendimiento en la tercera cosecha delo cultivo hidropónico de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	20249,01	6749,67	3,30	0,0994 N S
Variedad	2	81384,98	40692,49	19,90	0,0022 **
Ea	6	12271	2045,27		
Eje	3	41526,47	13842,16	3,22	0,0383 *
Variedad*Eje	6	47034,92	7839,15	1,82	0,1318 N S
Error	27	116025,85	4297,25		
Total	47	318492			
CV (%)	9,91				

* p < 0,05; ** p < 0.01

En el coeficiente de variación fue de 9,91 %. En lo cual estos números fueron confiables, al respecto de 30% de los datos evaluados.

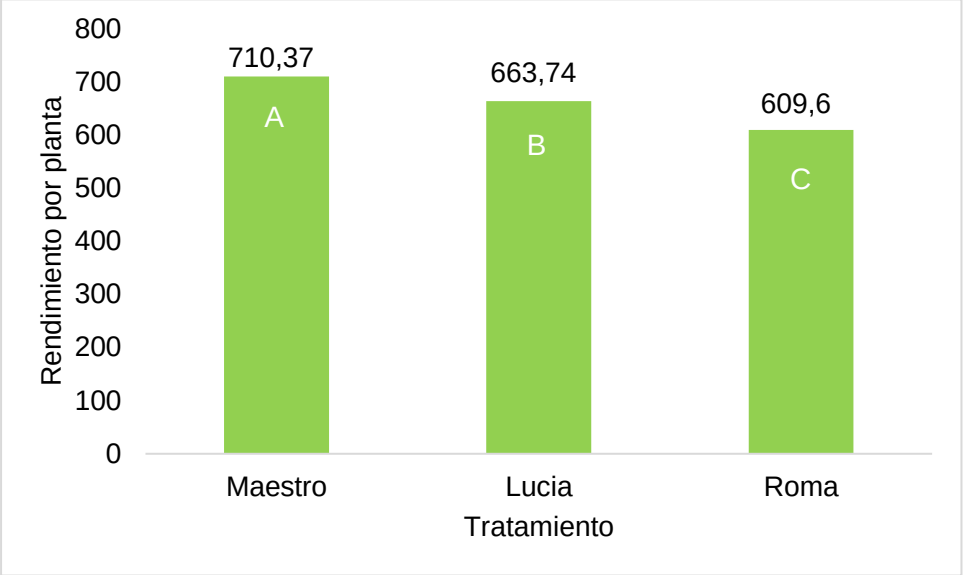


Figura 23. Rendimiento del fruto en la tercera cosecha del cultivo hidropónico de tomate transcurso de la producción obtenido en el invernadero de centro experimental de Kallutaca (2023)

Según la figura 23 con base en los de prueba de Duncan podemos concluir que: Maestro es la variedad de mejor rendimiento, con un rendimiento de 710,37 gramos significativamente mayor que las otras dos variedades. Lucia es la segunda variedad con mejor rendimiento, con un rendimiento de 663,74 gramos significativamente mayor que el de Roma, pero no significativamente diferente de Maestro. Roma es la variedad de menor rendimiento, con un rendimiento de 609,6 gramos significativamente menor que el de Maestro y Lucia (Anexo 24).

La presente investigación sugiere que la variedad Maestro es la más efectiva en términos de rendimiento, lo que es consistente con los resultados de otros estudios que han encontrado que ciertas variedades presentan mejoras en el rendimiento en comparación con otras variedades (Smith, 2020).

La segunda variedad, Lucía, presenta un rendimiento significativamente mayor que Roma, lo que sugiere que puede ser una buena opción para aquellos que buscan un rendimiento moderado. Sin embargo, es importante destacar que la diferencia entre Lucia y Maestro no es significativamente diferente, lo que sugiere que Maestro es la variedad más efectiva. Por

otro lado, la variedad "Roma" presenta el peor rendimiento, lo que puede ser debido a factores como la calidad del sustrato, la iluminación o la temperatura, entre otros (Johnson, 2019).

4.19. Rendimiento total

Según análisis varianza los valores del rendimiento total de las tres cosechas de la producción en el cuadro 28 se muestra que no se encontró diferencias significativas para el efecto principal del Bloque por el valor >0,05. Esto podría deberse a diferencias en la calidad del suelo, el clima u otros factores ambientales. El principal efecto de Variedad es altamente significativo por el valor 0,0036 <0,01, indicando que los rendimientos varían significativamente entre variedades. Esto podría deberse a diferencias en la composición genética de las variedades de tomate. El efecto principal de Eje no es significativo por un valor >0,05, lo que indica que los rendimientos no varían significativamente entre hileras. Esto podría deberse al hecho de que las filas están asignadas aleatoriamente o a que los factores ambientales no son significativamente diferentes entre las filas. La interacción entre Variedad y Eje no existe diferencias significativas con un valor >0,05, lo que indica que el efecto de variedad no depende de la hilera. En general, este análisis proporciona información sobre los factores que afectan el rendimiento total de los cultivos de tomate. Los resultados se pueden utilizar para informar decisiones sobre el manejo de cultivos, como seleccionar la mejor variedad para una región en particular u optimizar el diseño del cultivo.

Cuadro 28. Análisis de varianza para el rendimiento de las tres cosechas del cultivo hidropónico de tomate

FV	GL	SC	CM	F	Pr > F
Bloque	3	54925,38	18308,46	0,93	0,4801 N S
Variedad	2	646821,64	323410,82	16,51	0,0036 **
Ea	6	117555,11	19592,52		
Eje	3	43947,68	14649,23	0,68	0,5744 N S
Variedad*Eje	6	126457,26	21076,21	0,97	0,4626 N S
Error	27	585214,39	21674,61		
Total	47	1574921,46			
CV (%)	7,39				

** p < 0,01

El coeficiente de variación (CV) es de 7,39%, lo que indica que los datos son confiables.

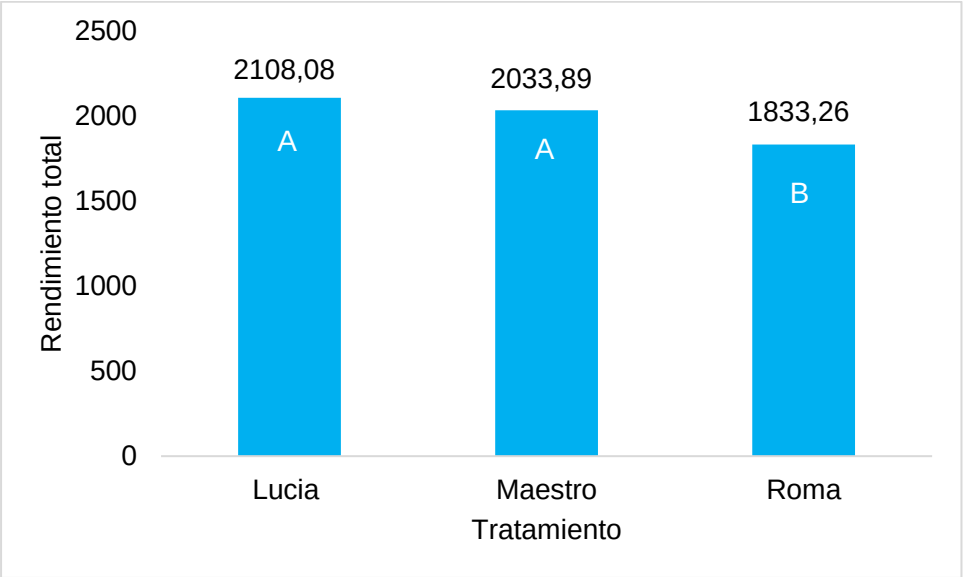


Figura 24. Rendimiento total de las tres cosechas del cultivo hidropónico de tomate transcurso de la producción de las tres variedades en el centro experimental de Kallutaca UPEA (2023)

También se observa en la Figura 27 con prueba de Duncan que, en promedios del rendimiento total de fruto, nos muestra que hay diferencias en el mayor rendimiento total de fruto durante la cosecha de ambas variedades, con un mayor rendimiento total de fruto que es destacado como en primer datos obtenidos que es la variedad lucia con 2108,08 kg posteriormente en segundo lugar es la variedad maestro con un promedio de 2033,89 kg, finalmente tenemos como la variedad roma con 1833,26 kg en el transcurso de la producción del cultivo. Los resultados sugieren que la variedad Lucía es la de mejor desempeño en términos de rendimiento, seguida por la variedad “Maestro” y luego la variedad Roma (Anexo 25).

Estas investigaciones son consistentes con estudios previos que han demostrado que las variedades de tomate pueden tener diferencias significativas en el rendimiento. Por un estudio de (Kumar, 2017) encontraron que el rendimiento de las variedades de tomate puede variar hasta en un 20% dependiendo de factores como el clima, el tipo de suelo y el manejo de plagas.

Los resultados de este estudio sugieren que la variedad Lucía es la variedad de mayor rendimiento en términos de rendimiento, seguida por la variedad Maestro y luego la

variedad Roma. Estos tienen implicaciones importantes para los productores y agricultores de tomates, ya que pueden informar las decisiones sobre qué variedades cultivar y cómo optimizar las prácticas de manejo de cultivos.

La obtención del rendimiento se realizó mediante el peso total de fruto cosechado del total de plantas establecidas en el área de estudio, expresados en gramos, por tratamiento y repetición. Según Aguilar (2021) menciona que el rendimiento final de una planta de tomate depende del número y del peso de los frutos y de la relación entre ellos.

4.19.1. Análisis económico

En el cuadro 29 respecto en relación Beneficio/Costo y estableció la rentabilidad económica de cada uno de los tratamientos estudiados, con la aplicación de niveles de numero de ejes en tres variedades de tomate para luego recomendar a los hermanos agricultores sobre alternativa de producción del cultivo de tomate.

Cuadro 29. Análisis de Beneficio/Costo para cada tratamiento del tomate hidropónico

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO MEDIO	RENDIMIENTO AJUSTADO	BENEFICIO BRUTO	TOTAL COSTOS VARIABLES	BENEFICIO NETO	B/C
T1	30,269	30,269	151,349	92,10	59,25	1,64
T2	30,199	30,199	151	92,10	58,90	1,64
T3	30,179	30,179	150,9	92,10	58,80	1,64
T4	30	30	150	92,10	57,90	1,63
T5	29,37	29,37	146,849	92,10	54,75	1,59
T6	29,039	29,039	145,199	92,10	53,10	1,58
T7	29,01	29,01	145,05	92,10	52,95	1,57
T8	26,579	26,579	132,899	92,10	40,80	1,44
T9	23,269	23,269	116,349	92,10	24,25	1,26
T10	22,949	22,949	114,75	92,10	22,65	1,25
T11	22,839	22,839	114,2	92,10	22,10	1,24
T12	22,609	22,609	113,049	92,10	20,95	1,23

Como se observa en el cuadro 25, en el análisis beneficio costo, se realizó para un área de producción de 7,60 m2 se obtuvo los siguientes resultados de los tratamientos: de los cuales los que sobresalen más son la variedad Maestro: (T1= 1,64 T2= 1,64 T3= 1,64 T4= 1,63), con un Beneficio/Costo de 1,64 el cual significa que por cada Bs 1 invertido se logra ganar Bs. 0,64, como también la variedad Lucia los tratamientos: (T5= 1,59 T6= 1,58 T7= 1,57

T8= 1,44), con un Beneficio/Costo de 1,59 lo que significa por Bs 1 invertido se logra ganar Bs. 0,59. También en el último variedad Roma los tratamientos son: (T9= 1,26 T10= 1,25 T11= 1,24 T12= 1,23), con un Beneficio/Costo de 1,26 lo que significa por Bs. 1 invertido se logra ganar Bs. 0,26.

De igual forma los tratamientos que presentaron un menor Beneficio/Costo no se presentaron transcurso el rendimiento, los datos presentados son rentables las tres variedades esto principalmente debido a los rendimientos y costos de producción que estos estiman.

El análisis de beneficio/costo realizado en este estudio muestra que las variedades Maestro, Lucia y Roma presentan resultados rentables en el cultivo hidropónico de tomate. La variedad Maestro presenta un beneficio/costo de 1,64, lo que significa que por cada bolívar 1 invertido se logra ganar 0,64 adicionales. Esto es consistente con los resultados de otros estudios que han demostrado que el cultivo hidropónico de tomate puede ser una opción rentable para los productores agrícolas (Kumar, 2018).

La variedad Lucia también presenta un beneficio/costo alto, con un valor de 1,59, lo que indica que por cada bolívar 1 invertido se logra ganar 0,59 adicionales. Esto es consistente con los resultados de otros estudios que han demostrado que el cultivo hidropónico de tomate puede ser una opción rentable para los productores agrícolas (Kumar, 2018).

Por otro lado, la variedad Roma presenta un beneficio/costo más bajo, con un valor de 1,26, lo que indica que por cada bolívar 1 invertido se logra ganar 0,26 adicionales. Esto puede ser debido a factores como la variedad de tomate, la tecnología utilizada y los costos de producción (Kumar, 2018).

En general, los resultados de este estudio sugieren que el cultivo hidropónico de tomate puede ser una opción rentable para los productores agrícolas, especialmente si se eligen variedades.

5. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación nos llevan a las siguientes conclusiones realizados.

- En el comportamiento de las tres variedades del cultivo de tomate con fibra de coco se vio que hubo diferencias en diferentes variables como en el crecimiento de la planta donde la altura de planta entre ambas variedades de tomate la variedad Roma es la que alcanzo mayor altura de 88,69cm, luego se observa la variedad Lucia con una altura de 78,13cm y por último que tenemos es la variedad Maestro con 71,19cm. Donde se muestra que la variedad Roma es la que más se desarrolló en cuanto a altura de planta con fibra de coco, en número de flores de la misma manera se destacó como la variedad Roma con un promedio de 88 flores posteriormente en número de frutos cambia que la variedad Maestro con 43 frutos se destaca como en el primer lugar los de más variedades que siguen Roma, Lucia, en el diámetro de fruto y en número de ejes resulto que la variedad Lucia tiene un mayor promedio a comparación de otros variedades con 57,19 mm que la utilización de fibra de coco con un 100% como sustrato en las bolsas de agro fil color negro en el sistema hidropónico del cultivo de tomate demostró ser efectiva para la retención de humedad y el desarrollo de las plantas de tomate transcurso de su crecimiento.

- La combinación de la fibra de coco como sustrato y una solución nutritiva especifica favoreció el crecimiento de la planta y rendimiento del cultivo de tomate como lo podemos mencionar que la variedad Lucia resulto en primer lugar con un promedio de 2108,08 kg/plta durante la producción así mismo se observó un rendimiento satisfactorio como en segundo rango como la variedad Maestro con 2033,89 kg/plta y por último la variedad Roma con 1833,26 kg/plta en el cultivo de tomate con fibra de coco respaldando la viabilidad de este sistema hidropónico para la producción agrícola.

- También se presentaron tratamientos, en los cuales se llegó a superar la unidad que se realizó en la producción de tres variedades de tomate con diferentes niveles de numero de ejes, nos muestra que los beneficios se obtienen en su mayoría en la variedad Maestro superando estos la unidad (T1= 1,64 T2= 1,64 T3= 1,64 T4= 1,63), en cambio la variedad Lucia como en segundo lugar supero la unidad en uno de sus interacciones (T5= 1,59 T6= 1,58 T7= 1,57 T8= 1,44) posterior de la misma manera habiendo que por

último se presentó la variedad roma también supero la unidad (T9= 1,26 T10= 1,25 T11= 1,24 T12= 1,23) es decir la producción fue suficiente para poder cubrir sus costos de producción, para las tres variedades del cultivo de tomate la relación beneficio-costo del cultivo de tomate en este sistema hidropónico fue favorable sugiriendo que es económicamente rentable para los productores ya que se obtuvo los siguientes resultados de los cuales los que sobresalen más son la variedad Maestro Bs 1,64 el cual significa que por cada Bs 1 invertido se logra ganar Bs. 0,64, posterior la variedad Lucia con Bs 1,59 lo que significa por Bs 1 invertido se logra ganar Bs. 0,59. Por último la variedad Roma con Bs 1,26 lo que significa por Bs. 1 invertido se logra ganar Bs 0,26 esta investigación pueden servir como guía para productores interesados en incursionar en la producción agrícola orgánica utilizando sistemas hidropónicos con fibra de coco.

6. RECOMENDACIONES

En presente trabajo obtenida a través de la investigación resulta un ejemplo de guía para productores que deseen iniciar nuevos rumbos con nuevas alternativas en la producción agrícola orgánica.

En vista de los resultados obtenidos se tiene las siguientes recomendaciones:

- Conforme a los resultados obtenidos, para obtener mayor beneficio en producción en tiempo corto se recomienda las variedades Maestro y lucia ya que se adaptaron mejor con esta técnica y a la producción orgánica a la vez en el rendimiento con un 2108,08 kg/plta y 2033,89 kg/plta como también a las condiciones climáticas presentes dentro del invernadero, la variedad Roma es más recomendable para campo abierto ya en el ambiente serrado hay mucho aborto floral.

- Se recomienda el uso de fibra de coco al 100% en macetas de agrofil como sustrato suelto que ayuda en la retención de agua al cultivar hidropónicamente tomates durante el ciclo fenológico.

- Es crucial tener cuidado en las labores culturales, especialmente en los controles fitosanitarios, para evitar pérdidas en la producción debido a plagas como polilla de tomate, mosca blanca y pulgones en enfermedades que podemos mencionar tizón temprano, tizón tardío virus de la cuchara que estos se presentaron trascurso del desarrollo de la planta en un sistema de producción orgánica.

- Se sugiere prestar atención a las características climáticas de la zona ya que varían como altas y bajas calurosas fueron diciembre y enero con 41.4 y 35.5°C el mes de febrero, marzo y abril desciende las temperaturas como 32.5°C, 32.3°C, 27.9°C. y en las temperaturas mínimas no son uniformes en diferentes meses como ser en mes de diciembre llegando 1.7°C, 11,7°C, 5.3, enero 5.5°C, 5°C, 7.1°C, febrero 5.5°C, 9.1°C, 16.35°C, marzo 4.1°C, 5.9°C, 5.3°C y abril 3.2°C, 0°C, 0.7°C y realizar análisis para ajustar las necesidades de las plantas en un ambiente hidropónico cerrado.

- Hoy en el tiempo actual se ve constantes cambios debido al cambio climático por ello es necesario generar mayor información en variedades resistentes como la variedad Lucia, Maestro y Roma estos son nuevas alternativas que ayudaran a tener una producción más rentable y seguro.

- Para mejorar la circulación de oxígeno dentro del invernadero, se recomienda abrir las partes laterales para permitir una buena circulación de aire y regular la humedad relativa del ambiente.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar, G. 2021. Evaluación de seis variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en cultivo hidropónico con sustrato sólido en el municipio de El Alto. (Ingeniería agronómica Tesis de grado), Universidad mayor de san andrés, La Paz, Bolivia. Retrieved from https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26642/T-2926.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Baltazar, J. 2014. Diseño e Implementacion de un Dispositivo Digital para el Control de Temperatura en un Invernadero de Tomate (Escuela Superior de Ingenieria Mecanica y Electrica Ing. en Control y Automatizacion), Instituto Politecnico Nacional Mexico, D.F. https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789.

Caballero, I. 2022. Hidroponia, cultivo sin suelo. Agrotecnologia 4, 3-4.

Castro, E. 2019. Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) suministrando micronanoburbujas al sistema de riego por goteo. (Maestría en Riego y Drenaje), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. https://repositorio.lamolina.edu.

Díaz, A. 2020. Plagas y Enfermedades del Tomate. Agro Huerto, 3-4.

Earth, G. 2022. Fundación Alternativas con datos del Gobierno Autónomo Municipal de Laja https://www.google.com/intl/es-419/earth/Bloque

FAO, Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion. (2003). La huerta hidroponica popular (1994 Ed.). Santiago, Chile: FAO.

Federer, W. (2003). Diseño experimental para comparar múltiples tratamientos con un control. Revista de Economía Agrícola y Aplicada, 35, 257-266.

García, A. (2018). Cultivo hidropónico de tomate. Revista de hidroponía, 10, 1-12.

García-Mariño, F. 2018. Evaluación de variedades de tomate para calidad de fruto y rendimiento. Revista de ciencia de los alimentos, 83, 1448-S1455.

García, H. 2018. Efectos de la variedad de tomate y las condiciones de crecimiento sobre el rendimiento y la calidad del fruto. Revista de HortTechnology, 28, 141-148.

García, J. 2018. Estudio comparativo del rendimiento y calidad de dos variedades de tomate. Revista de Ciencia y Tecnología Agrícola, 18, 131-138.

Gayosso, S. y. B., L. 2016 . Sustratos para producción de flores. Agrociencia 50, 5.

Gonzales, V. 2018 . Longitud del fruto y rendimiento en programas de mejoramiento de tomate. Revista de Ciencias Agrícolas, 10, 1-10.

González, J. 2017. Caracterización de variedades de tomate por calidad de fruto y rendimiento. Revista de ciencia de los alimentos, 82, 1448-1455.

Guarachi, E. 2011. Balance hídrico en el cultivo de papa bajo condiciones de drenaje sukakollus. (Ing. Agr. Tesis Lic. Ing. Agr.), UPEA, Kallutaca La Paz - Bolivia.

Horton, P. 2000. Mejoramiento de tomate: una revisión de la literatura. Revista de HortTechnology 10, 141-155

Hochberg, A. (2015). Arquitectura vegetal y producción de frutos en tomate (*Solanum lycopersicum*). 66, 3051-3062.

Huanca, R. 1996. Estudio microclimaticos de los SukaKollu y su influencia en la protección contra heladas,. (Facultad de Agronomía Tesis de grado,), UMSA,, La Paz, Bolivia.

Huanca, S. 2011. Evaluación de diez y siete variedades de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en el rendimiento final de cosecha y post cosecha en el Departamento de Chuquisaca. (Ingenieria en Produccion y Comercializacion Agropecuaria Tesina de grado), Universidad Mayor de San Andres, La Paz, Bolivia.

Huang, Y., et al. . 2019. Consumo de tomate y riesgo de enfermedad cardiovascular. una revisión sistemática y un metanálisis. Nutrición., 110-117.

Johnson, C. (2015). Impacto de múltiples ejes en el crecimiento de las plantas y el rendimiento de frutos en sistemas hidropónicos. Revista de Ciencias Hortícolas, 90, 1-8.

Johnson, K. 2019. Factores que influyen en el rendimiento del cultivo de tomate Revista de Ciencias Agrícolas, 20, 123-135.

Johnson, M. 2015. Calidad del suelo y rendimiento del tomate. en Revista de la Sociedad de Ciencias del Suelo de América.

Katz, D. y. c. 2014. El tomate y la salud cardiovascular. Revista de Nutrición,, 2161-2166.

Khoury, C. 2014. Mejoramiento de tomates para calidad y rendimiento de frutos. Revista de Química Agrícola y Alimentaria, 62, 3571-3581

Kirk, R. 2013. Diseño experimental: Procedimientos para las ciencias del comportamiento. Publicaciones sabias.

Kumar, P. 2017. Rendimiento y componentes del rendimiento de variedades de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo diferentes niveles de riego. Revista de ciencia y tecnología agrícola, 17, 351-362.

Kumar, P. 2018. Análisis genético del tamaño y forma del fruto en tomate. Revista de fitomejoramiento, 138, 143-153.

Kumar, V. 2018. Cultivo hidropónico: una opción sostenible y rentable para la producción de tomate. Revista de hidroponía, 20, 1-10.

Lanceras, J. (2017). Tamaño y forma del fruto en tomate (*Solanum lycopersicum*). Revista de ciencia de los alimentos, 82, 1431-1438.

Lara, A. 2023. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra Latinoamericana 17, 221-229.

Lardizabal, R. 2007. Producción de plántulas en bandejas. Honduras MCA-Honduras / EDA.

López-Bellido, L. 2017. Efectos del riego y la fertilización sobre el rendimiento de frutos y la calidad de variedades de tomate. Gestión del agua agrícola, 1-9.

López, J. 2015. Estudio comparativo del rendimiento y calidad de dos variedades de tomate. Revista de ciencias hortícolas y biotecnología, 90, 147-153.

Li, X. 2019. Efectos de la variedad y eyección sobre la calidad del fruto en el cultivo hidropónico de tomate Revista de ciencia y tecnología agrícola, 19, 555-566.

Martin, A. 2020. Estudio comparativo de fibras naturales para reforzar hormigón. (Grado en fundamentos de la arquitectura Trabajo final de grado), Universitat Politècnica de València España https://riunet.upv.es/bitstream/handle.

Maza, G. 2011. Producción de tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum,* Miller), utilizando la mezcla de diferentes sustratos. (Ingeniería agronómica Tesis de grado), Universidad de cuencas Ecuador https://dspace.ucuenca.edu.

Miranda, G. 2013. Evaluación de sustrato en base a turba en ambiente protegido, para producción de almacigo horticola en invernadero, en el Municipio de El Alto. (Ingeniero Agronomo Tesis de Grado), Universidad Mayor de San Andres La Paz, Bolivia https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/4289/T-1807.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mollisaca, W. 2019. Manual Tecnico Cultivo de Tomate La Paz, Bolivia: Instituto Nacional de Innovacion Agropecuaria y Forestal

MundoHuerto. 2016. Cómo hacer sustrato para germinar semillas.

Muñoz, L. 2015. Virus que atacan a las Plantas del Huerto. Agro Huerto 9, 1.

Nieto, J. 2009. Cultibo Hidroponico de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero (Escuela de Ciencias y Tecnologia en Recursos Agricolas y Acuiculas Ing. de Ejecucion Agropecuaria), Universidad de Magallanes Punta Arenas-Chile Retrieved from http://www.umag.cl/biblioteca/tesis/nieto_montalba_2009.pdf

Ochoa, R. 2016. Diseños experimentales (2 da ed.). La Paz, Bolivia

OMS. 2015. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de https://www.who.int/.

Ortiz, H. 2016. Evaluación de cuatro variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo invernadero, en el centro de investigacion y produccion Santo Tomas - Pichirhua - Abancay. (Facultad de Ingeniería Escuela Profesional de Agronomía Tesis de grado), Universidad Tecnológica De Los Andes, Abancay - Apurímac - Perú. https://repositorio.utea.edu.

Paco, E. 2022. Efecto de dos soluciones nutritivas en dos variedades del cultivo hidropónico de tomate (*Solanum lycopersicum*) en la estación experimental Patacamaya. (Ingeniería Agronómica Tesis de Grado), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. https://repositorio.umsa.

Pérez, Á. 2015. Tuta absoluta en el Tomate. Agro Huertos 1.

Perez, D. 2014. Evaluación del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en monocultivo y asociado bajo manejo orgánico en la Molina. (Facultad de Agronomía Tesis de pregrado), Universidad Nacional Agraria la Molina, La Molina – Perú. https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/ T.pdf

Quiñonez, M. 2014. Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pascua (Euphorbia pulcherrima; WILD.EX KLOTSCCH). (Facultad de Ciencias Ambientales Agricolas Facultad de Ciencias Ambientales Agricolas), Universidad Rafael Landívar, Guatemala http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/ Mario.pdf.

Quispe, R. 2011. Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres niveles de biol en ambiente protegido en Achocalla Provincia Murillo del Departamento de La Paz. (Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria tesis de Grado), Universidad Mayor de San Andrés, La Paz - Bolivia. https://repositorio.umsa.bo

Quispe, E. 2009. Evaluación agronómicos de tres genotipos de vitro plantas de papa nativa (*Solanum tuberosum spp. andigenum* L.) bajo tres diferentes sustratos hidropónicos para la producción de semilla pre-básica en invernadero (Ing. Agrnomica Tesis de grado), Universidad Mayor de San Andres La Paz, Bolivia

Rodríguez, R. 2016. Sistemas hidropónicos abierto y cerrado en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum,* Mill) (Ingeniería Eléctrica Programa de Maestría en Ingeniería y Tecnología Aplicada Tesis de maestría en ingeniería), Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zac., México. http://ricaxcan.uaz.edu.mx/jspui/bitstream/20.500.11845/1995/1/1-Tesis-RRR-MITA.pdf

Rosero, J. 2017. Evaluación del rendimiento y calidad del fruto en el cultivo de tomate chonto (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar gem-604 f1 en dos sistemas de siembra bajo invernadero en el Municipio de Funza (Cundinamarca). (Ing. en Ciencias Agropecuarias Trabajo de grado), Universidad de Cundinamarca, Colombia. https://repositorio.ucundinamarca.edu.

S.A.S., N. A. 2015. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial cámara de comercio de Bogotá. Bogotá: CCB.

Salazar, A. 2015. “Evaluacion de tres soluciones nutritivas en el tomate hortícola (*Lycopersicon esculentum*) en los híbridos pietro y syta mediante el sistema de slabs”. (Ingeniería Agronómica Tesis de grado), Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cevallos, Ecuador. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream.

Seeds, P. 2022. Cambiando el Mundo una Semilla a la vez 1, 1.

Singh, S. 2017. Peso del fruto y rendimiento de las variedades de tomate. Revista de ciencia y tecnología de los alimentos, 54, 1231-1238

Smith, J. 2018. Influencia de los factores ambientales en el rendimiento del tomate. Revista de Ciencias Hortícolas y Biotecnología.

Smith, J. 2020. El impacto de la composición genética en el rendimiento y la calidad de los cultivos.

Smith, J. 2020. Evaluación del rendimiento de variedades de tomate. Revista de Investigación en area horticola 12, 1-10.

Telenchana, J. 2018 . “Evaluación de sustratos alternativos a base de cascarilla de arroz y compost en plántulas de pimiento (*Capsicum annuum* L.)”. (Ingeniero Agronomo Tesis de grado), Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias, Ambato, Ecuador. https://repositorio.uta.edu.

Torres, R. 2007. Rendimiento de tomates híbridos (*Lycopersicum sculentum*) bajo sistema hidropónico en sustrato en el centro experimental de Cota Cota. (Ing. Agr. Trabajo dirigido), Universidad Mayor de San Andres La Paz, Bolivia. https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/5223/TD-1135.pdf?sequence=1&isAllowed=y

USDA. 2020. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Obtenido de https://www.usda.gov/.

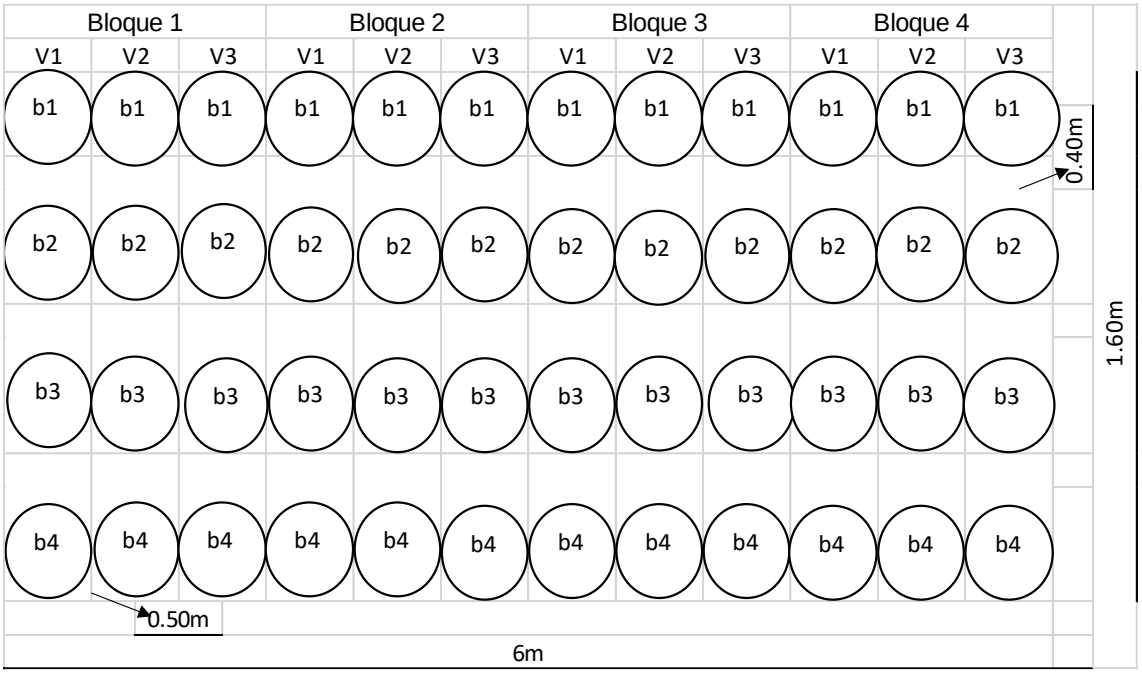
Vásquez, M. 2015. Hidroponía en Bolivia: Una alternativa para el futuro. Editorial Universitaria

Zhang, J. 2018. Efectos de la variedad y eyección sobre la calidad del fruto en el cultivo hidropónico de tomate Revista de hidroponía, 20, 123-132.

Zhang, Y. 2019. Relación entre calidad y tamaño del fruto en tomate Revista de ciencia de las frutas, 36, 141-148.

8. ANEXOS

Anexo 1. Croquis experimental



Anexo 2. Producción del cultivo de tomate. De los 12 tratamientos (variedades Lucia, Maestro y Roma)

Descripcion	Unidada	Cantidad	C.U. (Bs)	Costo total	Costo total de los materiales (Bs)											
					T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
infraestructura																
Alquiler de invernadero	mes	4	50	200	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67
Mano de obra																
preparacion de sustrato	Jornal	1	50	50	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167
preparacion de solucion nutritiva	Jornal	1	50	50	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167
transplante de tomate	Jornal	1	50	50	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167
Materiales																
Semilla de tomate	Honza	48	1,5	72	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Fibra de coco	Tacho	2	150	300	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Material de escritorio	Pieza	Varios	25	25	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083	2,083
Material de campo																
Bolsas plasticas	Centena	2	15	30	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Tutores (cordeles)	Rollo	1	12	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Insumos																
Fosfato monoamónico	kg	0,88	20	17,6	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467	1,467
Fetrilon combi 2 COMBI 2	gramo	1	50	50	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167	4,167
Ácido fosfórico H3PO4	Litro	1	20	20	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667	1,667
Nitrato de calcio Ca(NO3)2.4H2O		3,37	20	67,4	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617	5,617
Multi NPK KNO3	kg	2,78	20	55,6	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633	4,633
Sulfato de magnesio MgSO4.7H2O	kg	2,556	20	51,12	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26	4,26
Cloruro de potasio KCl	kg	1,2	20	24	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Sulfato de potasio K2SO4	kg	0,526	20	10,52	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877	0,877
Sustrato																
Cascarilla de café	kg	1	10	10	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833
Arena	kg	1	10	10	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833	0,833
costo total				1105,24	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1
				RTO/TRAT.	30,27	30,2	30,18	30	29,37	29,04	29,01	26,58	23,27	22,95	22,84	22,61

Anexo 3. Preparado del sustrato para el almacigo

Anexo 4. Siembra de las tres variedades de tomate en una bandeja (48 semillas)

Anexo 5. Preparación de macetas con fibra de coco para la investigación

Anexo 6. Trasplante de tomate definitivamente en las masetas

Anexo 7. Instalado riego por goteo mediante los micro tubos y conectores desde poli tubo hacia la planta

Anexo 8. Tutorando las plantas de tomate hacia un alambre para su sustento

Anexo 9. Toma de datos de las muestras de diferentes tratamientos

Anexo 10. Cosecha de frutos maduros transcurso de la producción

Anexo 11. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de alturas de las plantas.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Roma	88.69	A
Lucia	78.13	B
Maestro	71.19	C

Anexo 12. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de tallo.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Roma	9.31	A
Lucia	8.48	A
Maestro	8.43	A

Anexo 13. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de grados brix.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	5.03	A
Roma	4.46	B
Maestro	4.19	B

Anexo 14. Prueba Duncan al 5 % para variedades de tomate en el número de flores

Variedad	Promedio	Duncan (α = 5%)
Roma	88	A
Maestro	70	B
Lucia	60	C

Anexo 15. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de numero de frutos.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Roma	43	A
Maestro	35	B
Lucia	27	C

Anexo 16. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de peso de fruto en la primera cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	83.99	A
Roma	45.95	B
Maestro	41.19	B

Anexo 17. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de fruto en la primera cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	57.19	A
Maestro	40.21	B
Roma	39.09	B

Anexo 18. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de peso de fruto de segunda cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	80.93	A
Maestro	43.02	B
Roma	32.79	B

Anexo 19. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de fruto de la segunda cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	53.73	A
Maestro	42.29	B
Roma	36.05	C

Anexo 20. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de longitud de fruto en la segunda cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Maestro	58.07	A
Roma	54.73	B
Lucia	53.78	B

Anexo 21. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de rendimiento de la segunda cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	728.28	A
Maestro	723.55	A
Roma	599.66	B

Anexo 22. Preparado del sustrato para el almacigo Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de peso de fruto en tercera cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	67.71	A
Maestro	38.68	B
Roma	29.45	C

Anexo 23. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de diámetro de fruto en la tercera cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	49.59	A
Maestro	42.07	B
Roma	34.81	C

Anexo 24. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de rendimiento en la tercera cosecha.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Maestro	710.37	A
Lucia	663.74	B
Roma	609.60	C

Anexo 25. Análisis comparativo Duncan al 5% para variedades de tomate de rendimiento de las tres cosechas.

Variedad	Medias	Duncan (α = 5%)
Lucia	2108.08	A
Maestro	2033.89	A
Roma	1833.26	B