

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DEL CULTIVO HIDROPÓNICO DE CUATRO VARIEDADES DE
TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) EN SUSTRATO
SOLIDO EN EL MUNICIPIO DE EL ALTO**

NOEMI YASIRA PILUY

LA PAZ – BOLIVIA

2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DEL CULTIVO HIDROPÓNICO DE CUATRO VARIEDADES DE
TOMATE CHERRY (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) EN SUSTRATO
SOLIDO EN EL MUNICIPIO DE EL ALTO**

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

NOEMI YASIRA PILUY

ASESOR:

Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta

TRIBUNAL EXAMINADOR

Ing. Ph.D. José Yakov Arteaga García

Ing. Agr. Williams Alex Murillo Oporto

Ing. Agr. M.Sc. Juan José Vicente Rojas

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador

LA PAZ – BOLIVIA

2022

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios y a mi madre por ayudarme a cumplir una meta más en mi vida profesional. Por el apoyo incondicional, por siempre impulsarme a ser mejor y lograr mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a DIOS, por enviarme al mundo, por permitirme estar con los seres que amo, darme salud, sabiduría, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias.

Agradecer a mi madre Gloria M. Piluy que estuvo siempre a mi lado brindándome su apoyo incondicional, por cada palabra de aliento que me motivaron a culminar uno de mis objetivos de mi vida personal y profesional.

A la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad de San Andrés, por permitirme ser parte de esta casa superior de estudios. A los docentes por haberme impartido los conocimientos, experiencias durante el tiempo de mi formación.

Al Ing. M. Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta, por su asesoría, confianza, paciencia depositada en mí, darme la oportunidad de llevar a cabo la investigación así poder concluir esta etapa de mi formación profesional, además por brindarme sus conocimientos y experiencias al momento del desarrollo de la investigación.

Al tribunal revisor Ing. Ph. D. José Yakov Arteaga García, Ing. M. Sc. Juan José Vicente Rojas e Ing. Willams Alex Murillo Oporto por el tiempo dedicado a la revisión del trabajo dándome sugerencias observación y recomendaciones realizadas para la conclusión de este trabajo.

A los amigos (as) y compañeros (as) que conocí en mi vida universitaria, por el aliento, apoyo, por los buenos y malos momentos que compartimos durante nuestra formación profesional.

Agradecer especialmente a mis hijos de cuatro patas, esas bolitas de pelo que te enseñan muchas cosas, que pesar de las circunstancias siempre estarán a tu lado, son mis ganas de seguir adelante los amo Aladar, Zeus, Peyton, Shere kam.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL	I
ÍNDICE CUADROS.....	V
ÍNDICE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE ANEXOS.....	VIII
RESUMEN	IX
ABSTRACT.....	X

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCION	1
1.1. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Cultivo de tomate	4
3.2. Clasificación taxonómica.....	4
3.3. Características botánicas	5
3.3.1. Sistema radicular	5
3.3.2. Tallo	5
3.3.3. Hojas.....	5
3.3.4. Flores.....	5
3.3.5. Frutos	6
3.3.6. Semilla.....	6

3.4.	Valor nutricional	6
3.5.	Fase fenológica	7
3.6.	Manejo de cultivo	8
3.6.1.	Almacigo	8
3.6.2.	Trasplante	9
3.6.3.	Poda	9
3.6.4.	Tutorado	10
3.6.5.	Cosecha	10
3.6.6.	Plagas y enfermedades	11
3.7.	Requerimientos de clima	12
3.7.1.	Temperatura	12
3.7.2.	Humedad	12
3.7.3.	Luminosidad	12
3.7.4.	Riego	13
3.7.5.	Fertilización	14
3.8.	Producción de tomate en Bolivia	15
3.9.	Hidroponía	16
3.9.1.	Ventajas y desventajas	16
3.9.2.	Sistemas hidropónicos	17
3.10.	Cultivo en sustrato	17
3.10.1.	Sustrato	18
3.10.2.	Características de un buen sustrato	18
3.11.	Solución nutritiva	20
3.12.	Macro y micro minerales esenciales	21
3.13.	Factores que afectan la solución nutritiva	21

3.13.1. Calidad del agua	21
3.13.2. Oxigenación de la solución nutritiva	21
3.13.3. Temperatura.....	22
3.13.4. PH.....	22
3.13.5. Conductividad eléctrica.....	22
3.14. Invernaderos	23
4. MATERIALES Y MÉTODOS	25
4.1. Materiales.....	25
4.1.1. Ubicación geográfica	25
4.1.2. Características climáticas	25
4.1.3. Vegetación	26
4.1.4. Materiales.....	26
4.2. Metodología	27
4.2.1. Preparación de sustrato.....	28
4.2.2. Preparación de almácigo.....	28
4.2.3. Preparación y llenado de sustratos.....	28
4.2.4. Trasplante definitivo.....	28
4.2.5. pPreparación de solución nutritiva concentrada	29
4.2.6. Control de pH y conductividad eléctrica	31
4.2.7. Poda.....	32
4.2.8. Tutorado	32
4.2.9. Controles fitosanitarios.....	33
4.2.10. Cosecha.....	33
4.2.11. Toma de datos.....	33
4.2.12. Registro de temperatura.....	34

4.2.13. Diseño experimental.....	34
4.2.14. Factor de estudio o tratamientos	34
4.2.15. Características del área experimental.....	34
4.2.16. Croquis del experimento.....	35
4.2.17. Especificaciones del campo experimental.....	35
4.3. Variables de respuesta.....	36
4.3.1. Variables agronómicas.....	36
4.3.2. Variables fenológicas	36
4.3.3. Variables de rendimiento.....	36
4.3.4. Variables económicas	37
4.3.5. Caracterización del tomate Cherry.....	38
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES	39
5.1. Condiciones de temperatura en el invernadero.....	39
5.1.1. Temperatura promedio mensual.....	39
5.2. Variables agronómicas.....	40
5.2.1. Altura de planta	40
5.2.2. Diámetro de tallo.....	42
5.2.3. Número de frutos	44
5.2.4. Diámetro de fruto ecuatorial	46
5.2.5. Longitud de fruto	47
5.3. Variables fenológicas	49
5.3.1. Días a la floración	49
5.3.2. Días a la cosecha	51
5.4. Variables rendimiento.....	52
5.4.1. Peso de fruto.....	52

5.4.2.	Rendimiento total.....	54
5.5.	Variables económicas	56
5.5.1.	Análisis económico de costos parciales por tratamientos.....	56
5.5.2.	Beneficio bruto.....	57
5.5.3.	Costos variables.....	57
5.5.4.	Beneficio neto	58
5.5.5.	Beneficio costo	58
5.6.	Caracterización del cultivo de tomate Cherry.....	60
6.	CONCLUSIONES	64
7.	RECOMENDACIONES	65
8.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	66

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía del cultivo de tomate	4
Cuadro 2. Composición nutricional del tomate por 100g fresco	7
Cuadro 3. Principales funciones de los nutrientes en el tomate Cherry	14
Cuadro 4. Superficie cultivada, producción y rendimiento de tomate	15
Cuadro 5. Temperaturas optimas en el invernadero de tomate Cherry.....	22
Cuadro 6. Valores de conductividad eléctrica del tomate Cherry.	23
Cuadro 7. Concentraciones (ppm) de los nutrientes según la etapa fisiológica	29
Cuadro 8. Fertilizantes requerido etapa de crecimiento	30
Cuadro 9. Fertilizante requerido etapa de floración.....	30
Cuadro 10. Fertilizante requerido etapa de fructificación	30
Cuadro 11. Descripción de los tratamientos	34
Cuadro 12. Descripción de los tratamientos.....	35
Cuadro 13. Análisis de varianza de la altura a los 90 días	40
Cuadro 14. Comparación de medias para altura de tallo	41
Cuadro 15. Análisis de varianza en diámetro de tallo.....	42
Cuadro 16. Comparación de medias para diámetro de tallo	43
Cuadro 17. Análisis de varianza para número de frutos por planta	44
Cuadro 18. Comparación de medias para número de frutos por planta	44
Cuadro 19. Análisis de Varianza para diámetro ecuatorial.....	46
Cuadro 20. Comparación de medias para diámetro ecuatorial.....	46
Cuadro 21. Análisis de varianza para diámetro longitudinal.....	47
Cuadro 22. Comparación de medias para diámetro ecuatorial.....	48

Cuadro 23. Análisis de varianza para días a la floración.....	49
Cuadro 24. Comparación de medias para días a la floración.....	50
Cuadro 25. Análisis de varianza para días de cosecha.....	51
Cuadro 26. Comparación de medias para días a la cosecha.....	51
Cuadro 27. Análisis de varianza del peso total de frutos.....	53
Cuadro 28. Comparación de medias para peso de fruto.....	53
Cuadro 29. Análisis de varianza para Rendimiento.....	55
Cuadro 30. Comparación de medias para rendimiento.....	55
Cuadro 31. Beneficio bruto bs/m ²	57
Cuadro 32. Costos variables bs/m ²	57
Cuadro 33. Beneficio Neto bs/m ²	58
Cuadro 34. Beneficio Costo bs/m ²	58
Cuadro 35. Caracterización de variedad Cherry Amarillo.....	60
Cuadro 36. Caracterización de variedad Cherry Grande.....	61
Cuadro 37. Caracterización de variedad Cherry Rojo.....	62
Cuadro 38. Caracterización de variedad Cherry Carolina.....	63

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la planta del tomate	6
Figura 2. Ciclo de crecimiento del tomate Cherry	8
Figura 3. Características, ventajas y propiedades físico químicas de la cascarilla de arroz.	19
Figura 4. Localización del área de investigación, de la ciudad de El Alto-La Paz	25
Figura 5. Croquis de distribución de repeticiones y tratamientos	35
Figura 6. Fluctuación de la temperatura máxima, mínima y la media.....	39

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1. Memoria fotográfica.....	78
Anexo 2. Registros de variables	83
Anexo 3. Costos variables y fijos.....	86
Anexo 4. Análisis físico químico del agua (IBTEN).....	87

RESUMEN

Con el propósito de examinar nuevas alternativas para aumentar la eficiencia productiva en la utilización del agua, se necesita conocer y poder evaluar varios factores que afectan el rendimiento de los cultivos en agua, así mismo se presencia una notable disminución de áreas agrícolas la cual hace que la hidroponía sea una interesante elección de producción en zonas urbanas, por lo que en la siguiente investigación se planteó los objetivos: Evaluar el cultivo hidropónico de cuatro variedades de tomate Cherry en sustrato sólido en el municipio de El Alto, determinar la variedad con mayor rendimiento y finalmente realizar un análisis de beneficio costo para cada tratamiento. La investigación se realizó en los predios de la Asociación de Productoras de Animales Menores y Hortalizas APRODAMH, la superficie útil empleada fue 12 m². El material que se utilizó fue semillas de cuatro variedades de tomate Cherry. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, donde cada tratamiento estaba conformado por cuatro variedades de tomate Cherry (Cherry Amarillo, Cherry Grande, Cherry Rojo y Cherry Carolina), donde se tomó como alternativa la hidroponía en sustrato sólido con 50% de arena y 50% de cascarilla de arroz, con aplicación de una solución preparada de acuerdo a los requerimientos en cada fase fenológica. Tomando en cuenta los requerimientos de pH y conductividad eléctrica en la solución nutritiva para el cultivo. Los promedios de la variable altura de planta fue 129,48 cm \pm 107,3 cm, perteneciente a la variedad Cherry Rojo, de la variable número de frutos obtuvo 16 frutos por planta donde se tiene a la mejor variedad Cherry Amarillo, en los días de cosecha de 108 días se tiene a la variedad Cherry Amarillo, de la variable peso de fruto obtuvo 4,83 gramos perteneciente a la variedad Cherry Grande por otro lado, se tiene a la variable rendimiento con el valor de 3669,67 gramos perteneciente a la variedad Cherry Amarillo. En el análisis económico se pudo evidenciar que la variedad Cherry Amarillo con costo aceptable de producción de 64 bs por metro cuadrado, la variable beneficio costo se obtiene el mejor resultado con la variedad Cherry Amarillo con un valor de 1,2 lo cual se determina que tres variedades son rentables en este sistema de producción.

ABSTRACT

With the purpose of examining new alternatives to increase the productive efficiency in the use of water, it is necessary to know and be able to evaluate several factors that affect the yield of crops in water, likewise there is a notable decrease in agricultural areas which makes hydroponics an interesting choice of production in urban areas, so in the following research the objectives were: To evaluate the hydroponic cultivation of four varieties of Cherry tomato in solid substrate in the municipality of El Alto, determine the variety with the highest yield and finally perform a cost-benefit analysis for each treatment. The research was carried out on the premises of the Association of Small Animal and Vegetable Producers APRODAMH, the useful area used was 12 m². The material used was seeds of four varieties of Cherry tomato. The treatments were distributed in a completely randomized design with three replications, where each treatment consisted of four varieties of Cherry tomato (yellow Cherry, large Cherry, red Cherry and Carolina Cherry), where hydroponics was used as an alternative in a solid substrate with 50% sand and 50% rice husk, with the application of a solution prepared according to the requirements of each phenological stage. Taking into account the pH and electrical conductivity requirements of the nutrient solution for the crop. The averages of the variable plant height were 129.48 cm \pm 107.3 cm, belonging to the red Cherry variety, the variable number of fruits obtained 16 fruits per plant where the best variety is the yellow Cherry, in the harvest days of 108 days is the yellow Cherry variety, of the variable fruit weight obtained 4.83 grams belonging to the large Cherry variety on the other hand, the variable yield was 3669.67 grams belonging to the yellow Cherry variety. In the economic analysis it could be seen that the yellow Cherry variety with acceptable production cost of 64 bs per square meter, the variable benefit-cost obtained the best result with the yellow Cherry variety with a value of 1.2 which determines that three varieties are profitable in this production system.

1. INTRODUCCION

La agricultura en muchos contextos, se muestra como una alternativa para enfrentar factores críticos y valorar nuevamente la agricultura familiar como base de la seguridad alimentaria con soberanía. Bolivia uno de los países mega diversos del planeta, tiene una larga trayectoria de producción orgánica (FAA, 2018).

Según Ibáñez, (2019) opina que los cultivos de hortalizas frescas, sanas y abundantes sin necesidad de usar tierra es un modelo de agricultura urbana comercial que va tomando forma en La Paz y El Alto.

López, (2019) describe que el tomate Cherry es una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, en el 2016 su cultivo fue 30% mayor que hace 10 años, convirtiéndose en la especie hortícola más cultivada y de mayor importancia económica. Su principal demanda se debe a su gran valor nutricional y su alto contenido de sustancias antioxidantes como el licopeno y betacaroteno, el tomate Cherry posee una concentración más alta de estas sustancias razón por la cual ha ido popularizando su uso, en especial platos tipo gourmet.

Andrade, (2013) menciona que la Hidroponía Boliviana la nutrición de las plantas es controlada, teniendo como resultado que nuestros vegetales, frutas y verduras, cumplan con la debida y adecuada nutrición mineral y vitaminas que deben contener para ser un producto altamente saludable.

Los japoneses, por falta de espacio y de agua desarrollaron la tecnología norteamericana a niveles sorprendentes. La NASA el año 2013 inicio con su plan (veggie) pretende cultivar vegetales como lechugas, tomates, pimientos, cebollas y rábanos para el consumo de los astronautas en órbita (Beltrano & Giménez, 2015).

Con el fin de analizar las alternativas para incrementar la eficiencia y productividad en el uso del agua, es necesario conocer la respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. La naturaleza de esta relación es compleja, y se han realizado varios intentos para establecer planteamientos simplificados, pero razonables, que recopilen las características básicas de la respuesta (FAO, 2014).

Rodríguez, (2005) menciona que la considerable disminución de las aéreas agrícolas hace de la hidroponía una interesante alternativa de producción en zonas urbanas. La hidroponía puede ser aplicada con técnicas sencillas y de bajo costo, principalmente en zonas de extrema pobreza en cultivos de autoconsumo.

1.1. Justificación

Con la técnica hidropónica o cultivo sin suelo, se puede diseñar un proyecto de producción continua; que permite cuantificar el número de plantas de acuerdo al espacio disponible, la nutrición, la temperatura, el tiempo de siembra-cosecha, de acuerdo a la fecha requerida que puede ser a todo lo largo del año, de la misma planta o de plantas diferentes y también elaborar la programación requerida que ira de acuerdo a la fecha de entrega y a la utilidad esperada (Figuroa, 2019).

Se entiende el “Cultivo sin Tierra” al método que provee los alimentos que requieren las plantas para su perfecto desarrollo, no por intermedio de su vía natural, la tierra, sino que por intermedio de una solución sintética de agua y sales minerales adecuadas (Barros, 2000). La producción hidropónica se realiza en condiciones controladas, maximiza el uso del recurso hídrico, maximiza el espacio (se puede obtener mayor producción en menor espacio), es una producción limpia amigable con el medio ambiente.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- 🍅 Evaluar el cultivo de cuatro variedades de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) en sustrato solido en el Municipio de El Alto.

2.2. Objetivos específicos

- 🍅 Evaluar el comportamiento agro productivo y fenológico de cuatro variedades de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*).
- 🍅 Determinar la variedad con mayor rendimiento de cuatro variedades de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*).
- 🍅 Realizar un análisis de beneficio costo para cada tratamiento.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. Cultivo de tomate

El tomate de ensalada, *Lycopersicon esculentum* Mil. (syn. *L. lycopersicum* L.), es una planta dicotiledónea, herbácea y perene (cultivada como anual) que pertenece a la familia botánica solanácea. Se considera como posible ancestro inmediato del tomate cultivado (Fornaris, 2007).

Telma, (2013) describe al tomate Cherry o tomate cereza de tamaño pequeño y color rojo brillante, aunque también se aplica a muchas variedades de diferentes colores desde el rosa, rojo y púrpura hasta el amarillo, poseen alto valor nutritivo especialmente por su alto contenido en vitaminas C y E y el pigmento rojo licopeno, de propiedades antioxidantes que previene el cáncer y enfermedades cardiovasculares.

La distribución del tomate Cherry como cultivo se extiende a zonas tropicales, sub tropicales, valles templados-fríos, llanos templados, y en climas fríos se puede cultivar en invernáculos al igual que en las cordilleras. No obstante, a ello, en Bolivia el tomate es cultivado con intensidad en los valles mesotérmicos de Santa Cruz, Cochabamba, La Paz y en menor porción en zonas templadas como Tarija, Chuquisaca y otras regiones (Condori, 2009).

3.2. Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Taxonomía del cultivo de tomate

Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Lycopersicum</i>

Fuente: Semillería (2015)

3.3. Características botánicas

Torrez, (2014) describe el tomate Cherry es una planta que puede ser perenne o anual de porte arbustivo se desarrolla de forma rastrera semi erecta o erecta.

3.3.1. Sistema radicular

Alcanza una profundidad de hasta 2 m, pivotante con muchas raíces secundarias, sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, al dañarse la raíz pivotante la planta resulta en un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (Crespo et al., 2010).

3.3.2. Tallo

Mena, (2011) menciona que el tallo principal tiene 2 a 4 cm. de diámetro en la base y está cubierto por pelos glandulares y no glandulares que salen de la epidermis; sobre el tallo se van desarrollando hojas, tallos secundarios e inflorescencias. Éste tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo, característica importante que se aprovecha en las operaciones culturales de aporque dándole mayor anclaje a la planta.

3.3.3. Hojas

Son compuestas imparipinadas con siete a nueve folíolos, los cuales generalmente son peciolados, lobulados y con borde dentado, y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo (Jaramillo et al., 2017).

3.3.4. Flores

Las consta de 5 o más sépalos, hermafroditas y está formada por un péndulo corto, el cáliz es gamosépalo es decir con sépalos separados entre sí, el androceo tiene cinco o más estambres adheridos a la corola, con las anteras que forman un tubo, el gineceo presenta de dos a treinta carpelos. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas (Crespo et al., 2010).

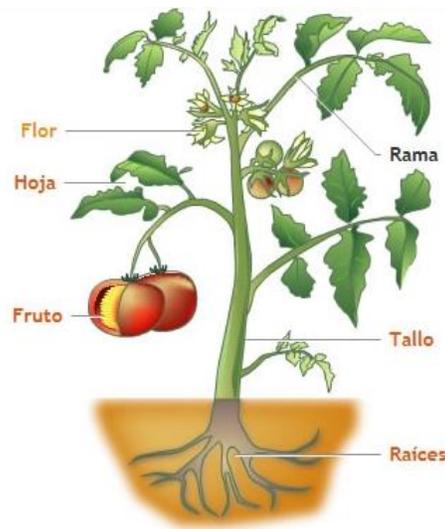
3.3.5. Frutos

Baya bioplurilocular que tiene un diámetro entre 1 y 3 cm, su peso oscila entre los 5 y 10 g. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

3.3.6. Semilla

Es pequeña, con dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm, constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal recubierta de pelo, dentro del lóculo, en sus últimas etapas de desarrollo, aparecen inmersas en una sustancia gelatinosa (Jaramillo et al., 2017).

Figura 1. Partes de la planta del tomate



Fuente: Libélula (2011)

3.4. Valor nutricional

Los tomates Cherry son ricos en vitaminas A, B, C, hierro, calcio, potasio y fósforo además se le atribuye un poder antioxidante y diurético, su consumo ayuda a combatir el estreñimiento, a mejorar la salud visual y a cuidar la piel (Colomer, 2020).

El tomate Cherry se utiliza de diferente forma, tanto en la industria como para el consumo fresco e incluso como producto medicinal. El tomate Cherry es usado como ingrediente principal en jugos pastas bebidas y otros concentrados (Sobrino, 1989, citado en Mena, 2011).

Cuadro 2. Composición nutricional del tomate por 100 g fresco

Valores nutricionales (por cada 100 g)	
Energía	18 kcal
Grasa	0,2 g
Azúcar	2,63 g
Fibra	1,2 g
Proteína	0,88 g
Potasio	237 mg
Fósforo	24 mg
Potasio	242 mg
Vitamina C	26,6 mg

Fuente: Colomer (2020)

3.5. Fase fenológica

El cultivo de tomate Cherry tiene varias etapas durante su crecimiento y desarrollo, cada una de las estas presenta diferencias en cuanto a las necesidades de nutrientes, agua, luz y manejo. Con lo cual, se puede lograr mejorar aspectos como la productividad, sanidad y calidad del fruto (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

La duración del ciclo del cultivo de tomate está determinada por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada (Jaramillo et al., 2017).

- a) Inicial: Comienza con la germinación de la semilla. Se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis.
- b) Vegetativa: Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de

mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión.

- c) Reproductiva: Se inicia a partir de la fructificación, dura entre 30 o 40 días, y se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración (Sánchez, 2005).
- d) Según MDRyT, (2017) la madurez de la fruta se logra entre 80 a 120 días después del trasplante. La cosecha es permanente; sin embargo, se puede ver limitada por factores climáticos (heladas) o fisiológicos (deficiencia de nutrientes).

Figura 2. Ciclo de crecimiento del tomate Cherry



Fuente: Nuez (2001)

3.6. Manejo de cultivo

3.6.1. Almacigo

Las condiciones de germinación de la semilla deben ser totalmente higiénicas, libres de insectos y enfermedades, su realización debe ser en invernadero primordialmente. Es aconsejable el asocio entre productores para propiciar la producción de almacigos en cada localidad (Quiroz, 2016).

La semilla germina en promedio de cinco a ocho días después de la siembra. Sin embargo, la germinación depende de la calidad de la semilla (vigor), en la que influye

la temperatura (óptima de 16 °C a 28 °C) y la humedad de sustrato (capacidad de campo) (Monge, 2016).

3.6.2. Trasplante

Es un proceso mediante el cual las plántulas del semillero pasan a su lugar definitivo sea al campo o al invernadero. Se realiza aproximadamente entre veinticinco y treinta días después de la siembra, de acuerdo con la calidad y el vigor de la planta (Silva, 2017).

CCB, (2015) menciona que las plántulas deben reunir las siguientes condiciones:

- Altura entre 10 y 15 cm.
- Hojas bien desarrolladas y erectas, sin entorchamientos, de color verde homogéneo.
- La base del tallo y el envés (parte inferior) de las hojas deben presentar una coloración ligeramente púrpura.
- Las raíces deben ser blancas, vellosas y delgadas.
- La planta debe tener buen vigor (fuerte) y no presentar doblamientos.
- Se deben establecer camas a una altura mínima de 20 cm, marcar los sitios donde van a ir las plantas y abrir un hueco de mayor volumen al del recipiente que contiene la planta.

3.6.3. Poda

Corpoica, (2013) describe que las podas balancean el crecimiento reproductivo y vegetativo y el manejo fitosanitario al mejorar la aireación y luminosidad de la planta. Se realizan principalmente cuatro tipos de podas:

- Poda de formación: Establece el número de tallos que se a tener la planta. La poda se debe realizar cuando salen los brotes auxiliares en las hojas que están por debajo del primer racimo floral.
- Poda de flores y fruto: en condiciones de mayor densidad de siembra, temperatura elevada o baja radiación, se dejan menos frutos por racimo para

mantener las mismas características de calidad. En los primeros racimos se han de podar frutos favoreciendo el crecimiento vegetativo dejando 5 a 7 frutos. Poda de hojas: es recomendable eliminar las hojas marchitas para facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos además sacarlas inmediatamente del invernadero eliminando así la fuente de inóculo.

- Poda apical: se utiliza con el fin de suspender el crecimiento de la planta. Consiste en cortar la yema principal de la planta, teniendo en cuenta que el racimo que está por debajo esta se encuentre totalmente formado, esta poda permite determinar el número de racimos que se van a dejar por planta.

3.6.4. Tutorado

Es un sistema de soporte que favorece el crecimiento vertical de la planta; se puede tutorar la planta enrollándola a la cuerda en el sentido del reloj, cada 2 o 3 hojas, o una vuelta por cada racimo, sin maltratar la planta ni estrangular su parte superior (cabeza) la cual debe quedar libre para que las hojas puedan expandirse y evitar entorchamiento. La labor de enrollado se debe realizar 2 veces por semana durante su periodo de desarrollo (Escobar, 2001).

3.6.5. Cosecha

La cosecha del tomate es una actividad muy importante de la cual depende, en gran parte, la calidad final del fruto. El momento más adecuado de cosecha está dado por las preferencias del mercado, el tiempo que demora el producto en llegar desde el campo al consumidor y del objetivo de la producción, ya sea semillas, agroindustria o consumo en fresco. El fruto del tomate es climatérico, es decir, sigue madurando una vez ha sido cosechado. Esta característica se debe tener en cuenta a la hora de elegir con qué grado de madurez se van a cosechar los frutos (Jaramillo et al., 2017).

INTA, (2013) indica que, para determinar el momento adecuado de cosecha del tomate, se utilizan como índices de cosecha: el color y la firmeza del fruto. En Mendoza - Argentina, el Laboratorio de Postcosecha de INTA EEA Mendoza, confeccionó una cartilla basándose en las características de las variedades de la región.

- La piel del tomate está completamente verde con tonalidades claras u oscuras (puede verse una estrella blanca en el extremo apical).
- 10% de la superficie del fruto con colores amarillos y anaranjados a rojos.
- 10 al 30% de la superficie del fruto con colores amarillo, anaranjados a rojos.
- 30 al 60% de la superficie del tomate tiene color rosado o rojo.
- 60 al 90% de la superficie del tomate con color rosado o rojo.
- Más del 90% de la superficie del tomate con color rojo.

3.6.6. Plagas y enfermedades

Laime, (2005) indica que las plagas más comunes y de mayor importancia son:

- Pulgones aphididae y Homópteras, son pequeños insectos chupadores de 2 a 3 mm. Extrae la savia ocasionando, el debilitamiento y necrosis de la hoja.
- Polilla de tomate (*Keiferia lycopersicella walsn*), este insecto ataca a las hojas construyendo galerías y perforando los frutos.
- Gusano nocturno (*Heliotis sp.*), el daño que ocasiona consiste en atacar a las plantas jóvenes cortándolas al nivel del suelo y otras devoran las hojas y los frutos.

Las enfermedades según sus causas pueden ser las siguientes:

- De origen vegetal, estas son causadas por hongos y bacterias entre ellas podemos citar: el tizón temprano, el tizón tardío, la marchitez por *Fusarium* y la pudrición de la fruta u ojo de gallo.
- Causadas por virus, entre las enfermedades virales de mayor frecuencia están el mosaico amarillento y el mosaico común, ambas se presentan con una decoloración o moteado de las hojas.
- Fisiogénicas, estas son causadas por deficiencia de nutrientes y por factores adversos del clima, entre ellos están: la deficiencia de magnesio que se presenta con un amarillamiento de las hojas a media altura de la planta, las

grietas concéntricas y las grietas radiales son causadas por excesiva insolación del fruto y por excesiva absorción de agua respectivamente.

3.7. Requerimientos de clima

3.7.1. Temperatura

El tomate Cherry es un cultivo capaz de crecer y desarrollarse en condiciones climáticas variadas. La temperatura óptima para el crecimiento está entre 21° y 27 °C y para el cuajado de frutos durante el día está entre 23° y 26 °C y durante la noche entre 14° y 17°C (Jaramillo et al., 2007).

La maduración del fruto está influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como la coloración, valores cercanos a los 10°C, así como superiores a los 30°C origina tonalidades amarillentas y frutos con manchas por quemaduras solares además de deformaciones (Rodríguez et al., 2006).

3.7.2. Humedad

Para Crespo, (2010) La humedad relativa (HR) optimas de 60 a 80 %, muy elevada favorece el desarrollo de enfermedades fungosas y dificulta la fecundación (polen compactado y aborto de flores). La humedad dentro del invernadero por lo general es mayor (hasta un 20%), por ello es importante abrir la cobertura plástica lateral durante el día.

3.7.3. Luminosidad

El tomate Cherry requiere días soleados para un buen desarrollo de la planta y lograr una coloración uniforme en el fruto. La baja luminosidad afecta los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta y reduce la absorción de agua y nutrientes (Argerich et al., 2010).

El tomate, no es sensible a la duración del día, fructifica con fotoperiodos de 7 a 19 horas. De todos modos, la intensidad lumínica es un factor importante puesto que afecta el crecimiento de las plantas al modular la fotosíntesis (Gómez et al., 2010).

INTA, (2014) recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente.

La intensidad de la luz es también uno de los factores principales que afectan la cantidad de azúcares que se producen en las hojas durante la fotosíntesis, y esto incide en el número de frutos que la planta puede soportar, así como los rendimientos totales (Haifa, 2014).

3.7.4. Riego

Las tomateras requieren de un riego regular pero no excesivo, suele ser suficiente con una o dos veces a la semana. Los riegos irregulares causan un desarrollo irregular del fruto y su agrietamiento (Velázquez, 2008).

Moren, (2005) indica que el consumo diario de agua por planta adulta de tomate es de aproximadamente 1,5 a 2 l/día, la cual varía dependiendo de la zona, las condiciones climáticas del lugar el riego por goteo se aplica para no tener pérdida de agua.

Sierra et al., (2005) menciona que el objetivo de aplicar riego en tomate, es suplir las necesidades hídricas del cultivo durante todas sus etapas fenológicas aportando la cantidad necesaria, la cantidad requerida y en el momento oportuno, cuando existen problemas por el abastecimiento de agua debido a la carencia, exceso o variación brusca pueden presentarse las siguientes sintomatologías en el cultivo:

Exceso:

- Frutos verdes y maduros se rajan debido a la turgencia de las células.
- Mayor susceptibilidad a enfermedades fungosas y bacterianas.
- Excesivo crecimiento apical y poco desarrollo del tallo (grosor).

Deficiencia

- Caída de frutos y flores.
- Coloración amarilla a violáceas.
- Se detiene el crecimiento vegetativo, específicamente en puntos apical y en el fruto.
- Necrosadas en puntas de hojas y extremos apicales.

3.7.5. Fertilización

La estrategia recomendada para el cálculo de fertilización del tomate se basa fundamentalmente en conocer la extracción de nutrientes por parte de la fruta y lo requerido para el crecimiento de la biomasa vegetativa aérea (Allende et al., 2017).

Una fertilización eficiente es aquella que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y en épocas precisas para el cultivo. Una buena fertilización no solamente implica aplicar el elemento faltante, sino también mantener un balance adecuado entre los elementos, tanto en el suelo como en las diferentes estructuras de la planta (Jaramillo et al., 2007).

Cuadro 3. Principales funciones de los nutrientes en el tomate Cherry

Nutrientes	Funciones
Nitrógeno (N)	Síntesis de proteínas (crecimiento y rendimiento).
Fósforo (P)	División celular y formación de estructuras de transferencia de energía.
Potasio (K)	Transporte de azúcares, control estomático, cofactor de muchas enzimas, reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades.
Calcio (Ca)	Forma parte de la pared celular y reduce la susceptibilidad de la planta a enfermedades.
Azufre (S)	Síntesis de aminoácidos esenciales como cistina y metionina.
Magnesio (Mg)	Forma parte central de la molécula de la clorofila.
Hierro (Fe)	Síntesis de la clorofila.
Manganeso (Mn)	Participa en los procesos de la fotosíntesis.
Boro (B)	De pared celular. Germinación y elongación del tubo polínico. Participa en el metabolismo y transporte de azúcares.

Fuente: Haifa Chemicals Ltda (s.f)

El nitrógeno (N) y el potasio (K) se absorben inicialmente en forma lenta y se incrementa la rapidez de su absorción durante las etapas de floración. El potasio tiene un pico de absorción durante el desarrollo del fruto, mientras el pico de absorción del nitrógeno ocurre principalmente después de la formación de los primeros frutos. El fósforo (P) y nutrientes secundarios, Ca y Mg, son requeridos en relativamente dosis constantes a través de todo el ciclo de crecimiento de la planta de tomate (Haifa Chemicals Ltda., (s.f.)).

Argerich et al., (2010) describe que la mayor absorción de nutrientes se da en las semanas 8 a 14 del crecimiento y otro pico toma lugar en el primer corte de frutos, cuando el N se aplica en sistemas de fertirriego acolchado, se mejora la eficiencia del N y se consiguen mayores rendimientos, además de la cantidad de nutrientes que demande el cultivo, es importante mantener una adecuada relación entre ellos de acuerdo al estado fenológico.

Crespo, (2010) indica que la carencia de nutrientes en el tomate Cherry se manifiesta con algunos síntomas típicos en hojas, flores o frutos. por ejemplo, la deficiencia de potasio (K) se hace notoria en la forma y color de las hojas, las cuales se doblan por el borde, se quedan pequeñas y amarillean hasta tornarse grises, la carencia de calcio (Ca) se manifiesta con la podredumbre apical en el fruto.

3.8. Producción de tomate en Bolivia

La producción del tomate en el año agrícola 2015-2016 fue de 61,531 toneladas y la importación del mismo alcanzó a 6,943 toneladas, es decir que se importa 11,28% de lo que se produce, por cada 100 toneladas de tomates producidos se importan (INE, 2017).

Cuadro 4. Superficie cultivada, producción y rendimiento de tomate

Tomate	2015	2016	2017(p)	2018(p)	2019(p)
Superficie (ha)	4614,0	4664,0	4691,0	4810,0	4696,0
Producción (t)	63683,0	61531,0	63548,6	64715,0	70319,3
Rendimiento (t/ha)	13803,0	13193,0	13547,0	13455,0	14975,1

Fuente: (INE ,2015)

La distribución del tomate Cherry como cultivo se extiende a zonas tropicales, sub tropicales, valles templados-fríos, llanos templados, y en climas fríos se puede cultivar en invernáculos al igual que en las cordilleras. No obstante, a ello, en Bolivia el tomate es cultivado con intensidad en los valles meso térmicos de Santa Cruz, Cochabamba, La Paz y en menor proporción en zonas templadas como Tarija, Chuquisaca y otras regiones (Condori, 2009).

3.9. Hidroponía

Sánchez y Escalante, (2013) menciona que la hidroponía es una técnica joven y ha sido utilizada a nivel comercial en el último medio siglo que con el poco tiempo se adaptó a diversas situaciones, desde los cultivos al aire (aeroponía) y en invernadero con tecnología avanzada. Su única restricción es el agua potable y los nutrientes. La hidroponía es atractiva debido a la gran urbanización que sufren las ciudades ya que puede implementarse en áreas pequeñas o incluso acoplarse a otros modelos de producción como la acuaponía (INTAGRI, 2017).

La técnica del cultivo sin suelo permite obtener hortalizas de excelente calidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y fertilizantes. Los rendimientos por cada unidad cultivada son mayores y puede ser posible la obtención de varias cosechas por año. Estos sistemas ofrecen un mayor potencial para disminuir la inseguridad alimentaria y el empobrecimiento en las ciudades (Gilsanz, 2007).

3.9.1. Ventajas y desventajas

Para poder iniciar el cultivo hidropónico debe evaluar las ventajas y desventajas que le pueden ocasionar este tipo de producción de alimentos (Sánchez, 2013).

Ventajas

- Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.
- Reducción de costos de producción.
- Permite la producción de semillas certificada.
- Permite producir cosechas en fuera de estación.
- Menos espacio y capital para una mayor producción.
- Ahorro de agua, porque el agua se puede reciclar.

- Ahorro de fertilizantes e insecticidas.
- Se evita la maquinaria agrícola (tractores, rastras, etc.).
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Rápida recuperación de la inversión.
- Alto porcentaje de automatización.
- Se puede cultivar en ciudades, zonas áridas y frías.

Desventajas

- Costo inicial alto.
- Es necesario entrenamiento, así como conocimiento total de las plantas para operar este sistema.
- Las enfermedades y plagas pueden propagarse rápidamente.
- La materia orgánica y los animales benéficos del suelo están ausentes.
- Las plantas reaccionan rápidamente tanto a buenas y malas condiciones.
- Las variedades de plantas disponibles no siempre son las mejores.

3.9.2. Sistemas hidropónicos

Existen diferentes sistemas utilizados en hidroponía. Según FAO, (2003) y Rodríguez y Hoyos, (2004) el término aplica para cada unidad de producción de cultivos en donde no se usa suelo como medio de cultivo. Estos incluyen cultivos en agua (de donde se originó el nombre de hidroponía) y cultivos en sustrato que a la vez se dividen en sustratos inertes y sustratos naturales orgánicos, con funcionamiento manual, semiautomático, hasta los más sofisticados y completamente automatizados.

3.10. Cultivo en sustrato

En este sistema se usa un medio sólido (sustrato) para el soporte de las raíces de las plantas un parte de los cultivos en sustrato usan un sistema de sub irrigación (Marulanda, 2003).

Intagri, (2017) menciona que el sustrato es un material sólido natural o sintético, que se coloca en un contenedor o bolsa ya sea puro o mezclado, el sustrato permite el desarrollo del sistema radicular, crecimiento del cultivo cuya función es la de sostener y anclar a la planta. Además de mantener la humedad, drenaje, aireación y facilidad

en la absorción de nutrientes para que la planta no tenga ningún problema en su desarrollo.

3.10.1. Sustrato

Sánchez, (2013) menciona que un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla permite el anclaje del sistema radicular de la planta desempeñando un papel de soporte para la planta.

3.10.2. Características de un buen sustrato

Para Soto, (2015) los sustratos deberían de reunir una mezcla de características favorables para el cultivo, sin embargo, no siempre un sustrato reúne todas las características deseables; por ello es que recurrimos a realizar mezclas de los mismos, buscando que unos aporten lo que les falta a otros: que tengan las siguientes características:

- Retención de humedad.
- Fácil obtención.
- Bajo costo.
- Buena retención del agua.
- Buena oxigenación.
- Libre de contaminantes y patógenos.
- Alta vida útil.

Castañares, (2012) menciona los sustratos más utilizados.

- a) Perlita: Es un sustrato muy liviano. Aporta poros de mayor tamaño que contribuyen mejoran la aireación. La capacidad de retención de agua es limitada, Puede utilizarse sola o en mezclas en proporción de 40 a 50%.
- b) Lana de roca: Al igual que la perlita, mejora la aireación fundamentalmente, Su uso más frecuente es como sostén de las plantas en los sistemas hidropónicos.
- c) Vermiculita. Por el menor tamaño de poros tiene una elevada capacidad de retención de Vermiculita. agua, Se emplea sola o en mezclas en proporción de 40 a 50%.

d) Cascarilla de arroz: Es un material con alta retención de humedad, alto contenido en potasio por lo que se debe lavar antes de trasplantar las plántulas, también presenta un pH ácido (4-5) (Andika y Ngamau, 2009).

Telenchana, (2018) considera que la cascarilla de arroz es un sustrato liviano que facilita el buen drenaje y la aireación. Por ser de origen biológico, su tasa de descomposición es baja dada su alto contenido de silicio y posee además buena inercia química. Cuando la cascarilla esta seca constituye un sustrato excepcionalmente liviano con una densidad de solo 0,12 kg/l. Como sustrato en condiciones continuamente de humedad y saturado de solución nutriente tarda de dos a tres años en perder su contextura física.

Figura 3. Características, ventajas y propiedades físico químicas de la cascarilla de arroz

Ventajas	Propiedades	
	Físicas	Químicas
baja tasa de descomposición	densidad: 0,12 - 0,13 g/ml	análisis químico: % N = 0,5 - 0,5
liviana	CIC: 2 - 3 meq/100ml	P = 0,08 - 0,1
inerte	retención de humedad: 0,10 - 0,112 V	K = 0,2 - 0,4
bajo costo		Ca = 0,1 - 0,15
buen drenaje		Mg = 0,1 - 0,12
alta aireación		S = 0,12 - 0,14
baja retención de la humedad		SiO = 10 - 12

Fuente: FAO (2003)

Otra forma utilizada para mejorar la retención de humedad fue la de mezclar la cascarilla de arroz cruda con otros materiales tales como la escoria de carbón y la arena de río. En la actualidad también se puede utilizar cascarilla de arroz semiquemada como sustrato para los cultivos hidropónicos (Calderón, 2001).

e) Arena: Botello, (2012) menciona que el material de la naturaleza silíceo que puede proceder de canteras o de ríos, para su óptimo aprovechamiento como sustrato las arenas deben estar libres de limo, arcillas y carbonatos por lo que deben eliminarse partículas inferiores a 0,25 mm. Sus propiedades físicas varían

en función del tamaño de sus partículas (arenas finas y arenas gruesas) mientras que sus propiedades químicas.

f) as dependen de su procedencia (aluviales, coluviales, oceánicas).

Las arenas utilizadas no deben contener elementos nocivos tales como sales, arcillas o plagas. El grano no debe ser grueso. La arena de río, que es la mejor, debe estar limpia para ser utilizada en sustratos (Calderón, 2001).

3.11. Solución nutritiva

Marulanda, (2003) definen a la solución nutritiva como el producto que contiene todos los elementos que necesitan las plantas para crecer y desarrollarse como: Nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, molibdeno y zinc. Estos elementos vienen en forma de sales minerales.

Así mismo Beltrano y Giménez, (2015) menciona el éxito del cultivo hidropónico está determinado por la constitución de dicha solución nutritiva, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH.

Al preparar la solución nutritiva, tomar en cuenta la concentración de nutrientes en el agua; normalmente el agua ya contiene en soluciones nutrientes como el Ca, Mg, sulfatos y boro, es más frecuente encontrar sodio y cloro. Es recomendable hacer el análisis químico del agua Resh, (2006) mencionado por Esquivel, (2017).

La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales. Cada especie vegetal que se cultiva en hidroponía requiere de una solución nutritiva con características específicas (Favela et al., 2006).

Para preparar la solución nutritiva el encargado debe ser capaz de calcular, ya que es él quien diariamente observa el rumbo del cultivo y percibe los momentos en que las plantas necesitan unos nutrientes u otros (Sanz et al., 2003).

Soto, (2015) señala que las soluciones nutritivas concentradas, también conocidas como soluciones madres, usualmente se distribuyen en tres recipientes:

- Solución mayor o A: contiene los nutrientes mayores como el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio.

- Solución menor o B: contiene los nutrientes menores como el hierro, manganeso, cobre, cinc, boro y molibdeno.
- Solución de calcio o C: contiene el calcio por aparte para evitar reacciones químicas con el fósforo, el azufre o el magnesio de la solución A.

Bautista, (2000) menciona que no existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular ya que la concentración óptima de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular, depende de la parte de la planta que se va cosechar, la estación del año, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta.

3.12. Macro y micro minerales esenciales

Navarro, (2000) indican que está demostrado que los elementos esenciales para el desarrollo de todas las plantas son dieciséis, los que desempeñan funciones muy importantes y cuando están presentes en cantidades insuficientes pueden producir graves alteraciones y reducir notablemente el crecimiento.

Ciertos elementos como el calcio, magnesio, potasio, nitrógeno, fósforo y azufre son requeridos por la planta en grandes cantidades y se llaman nutrimentos mayores. Otros, como el hierro, manganeso, boro, cobre, zinc, molibdeno y cloro se requieren en pequeñas cantidades y se llaman nutrimentos menores (Navarro, 2000).

3.13. Factores que afectan la solución nutritiva

3.13.1. Calidad del agua

En los sistemas hidropónicos la calidad del agua es esencial tanto desde el punto de vista microbiológico como en su calidad química. El agua deberá estar exenta de contaminantes microbianos de que alguna manera puedan ser un perjuicio para la salud humana, ya que no debemos olvidar que producimos hortalizas que van a ser consumidas en fresco (Gilsanz, 2007).

3.13.2. Oxigenación de la solución nutritiva

El suministro de oxígeno en la solución nutritiva se puede lograr mediante su recirculación del sistema NFT o mediante el uso de una bomba de aire o un compresor. El agua, además de disolver las sales que corresponden a los nutrimentos en forma natural, también lo hace con el oxígeno que requieren las raíces. La temperatura de la

solución nutritiva tiene relación directa con la cantidad de oxígeno que consumen las plantas (Beltrano y Giménez, 2015).

La falta de oxigenación produce fermentación de la solución nutritiva y como resultado la pudrición de la raíz, originada por la aparición de microorganismos. Una raíz sana y bien oxigenada debe ser blanquecina, caso contrario se torna oscuro debido a la muerte de tejido radicular (Chang et al., 2000).

3.13.3. Temperatura

La temperatura influye por una parte en la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Temperaturas muy altas o muy bajas provocan un menor crecimiento de las raíces. Por debajo de 12 °C, la absorción de iones por las raíces de tomate se ve muy limitada. Por encima de 29 °C, la absorción se vuelve a ver limitada (Ríos y Santos, 2016).

Cuadro 5. Temperaturas optimas en el invernadero de tomate Cherry

Cultivo	T° mínima letal	T° mínima biológica	T° óptima nocturna	T° óptima diurna	T° máxima biológica
tomate Cherry	0-2	8-10	13-16	22-26	26-30

Fuente: Cabezas (2018)

3.13.4. PH

Si el nivel de pH del tomate Cherry no se mantienen en el nivel adecuado de 5,8 – 6,3 se producirá deficiencias de nutrientes y toxicidad (Rae,2019).

Para el agua Cabezas, (2018) indica que el pH esta entre 6,0 a 8,5 o inclusive valores superiores. Un pH elevado indica que el agua es alcalina y/o con presencia de aniones, para usar en hidroponía tenemos que bajar a 6,5 o 6,3.

3.13.5. Conductividad eléctrica

El cultivo es tolerante a concentraciones salinas altas sin tener mermas en su rendimiento, la conductividad electica apropiada para el tomate Cherry depende de las condiciones ambientales, con base a la conductividad se confecciona la solución

nutritiva procurando no superar la concentración salina a la cual se ve afectado el rendimiento del cultivo (Intagri, 2017).

Cuadro 6. Valores de conductividad eléctrica del tomate Cherry

Cultivo de tomate Cherry			
	Crecimiento Vegetativo	Floración	Fructificación
CE mínimo	2.0 mS/cm	2.2 mS/cm	3.3 mS/cm
CE máximo	2.2 mS/cm	2.5 mS/cm	3.3 mS/cm

Fuente: Cabezas (2018)

3.14. Invernaderos

La producción bajo invernadero tiene varias ventajas sobre la producción a campo abierto como: mayor eficiencia en el uso de agua, tierra, fertilizantes, ampliación y ajuste de la temporada de siembra, precocidad de cosecha y además se alcanza a cumplir con la demanda en el mercado (Flores et al., 2007).

Omer, (2009) reporta que un invernadero es básicamente una estructura cerrada, que atrapa la radiación solar de longitud de onda corta y almacena la longitud de onda larga de la radiación térmica, de esta manera se crea un microclima favorable para una mayor productividad. Este tipo de sistemas productivos requiere para su implementación un elevado consumo de energía derivado de los procesos de climatización del mismo (Chinese et al., 2005).

De acuerdo con lo señalado por Caldari, (2007) las ventajas de un invernadero son:

- Precocidad en la producción de frutos.
- Aumento de la calidad y del rendimiento de los cultivos.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades y la posibilidad de obtener hasta tres o más ciclos de cultivo al año.

Robledo-Torres et al., (2002) mencionan que pueden ser muchas las ventajas de la producción en invernadero, sin embargo, también tiene desventajas como las siguientes:

- Se requiere una alta especialización.
- Visión empresarial y personal técnico especializado en esta actividad y altos costos de los insumos,

Un mal manejo del invernadero o del cultivo implica fuertes pérdidas económicas, en general se puede mencionar que, si se desea producir en invernadero, se debe tener la firme intención de obtener el máximo provecho; por lo tanto, es importante considerar para el éxito en la explotación de hortalizas en invernadero:

- Uso de genotipos de alto potencial de rendimiento y calidad, que sean específicos para explotación en invernadero,
- Control del ambiente de invernadero.
- Uso de técnicas de cultivo apropiadas para bioespacios (riego, fertilización, siembra, prevención y control de plagas y de enfermedades).

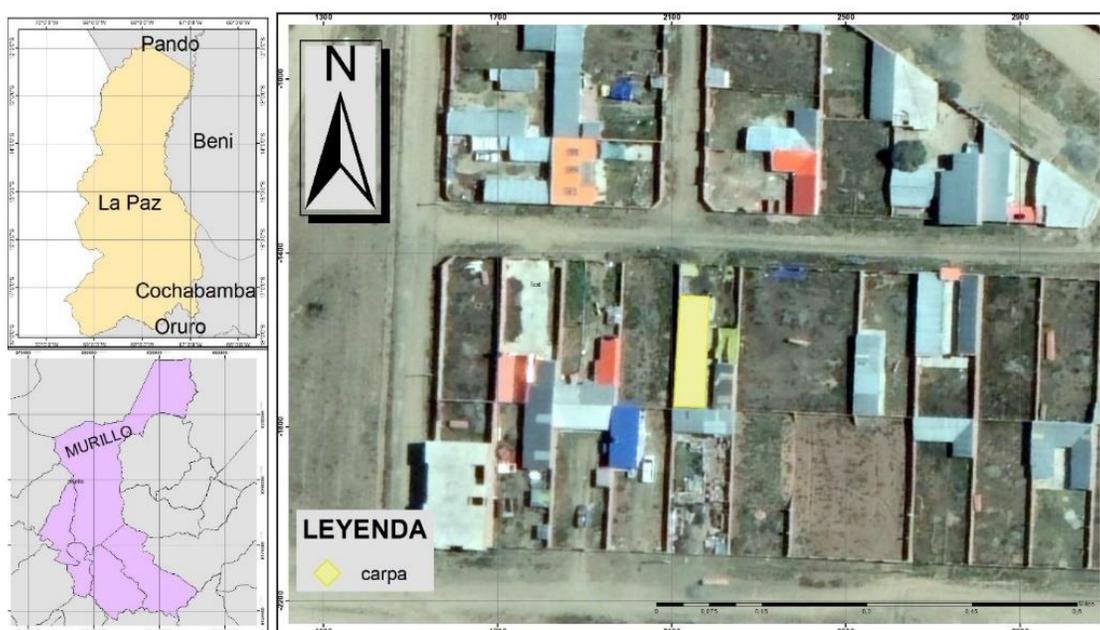
4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1. Ubicación geográfica

La investigación se desarrolló en el Municipio de El Alto, se encuentra ubicado en el departamento de La Paz, Cuarta Sección de la Provincia Murillo, al suroeste con el municipio de Achocalla en entorno geográfico situado a 16°30' de Latitud Sur y 68°12' de Longitud Oeste, con una altura de 3900-4000 msnm IGM, (2008).

Figura 4. Localización del área de investigación, de la ciudad de El Alto-La Paz



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Características climáticas

El clima del municipio es frío y húmedo en verán y en invierno se manifiesta como frío y seco, típico de montaña, con eventuales nevadas, en los distritos 8 los valores de temperatura fueron superiores a los 15°C y mínimas hasta -4°C, cabe señalar que los valores de temperatura eran superiores ya que se sitúan a una altitud aproximada entre 3700 – 4000 m.s.n.m., presentan concentración considerable de precipitación entre 665 a 600mm (Educa, 2020).

4.1.3. Vegetación

En el sitio experimental del presente trabajo se logró identificar especies vegetales como: keñua (*Polylepis sp.*), pino (*Pinus canarinsis*) y la kiswara (*Buddleja albiflora*).

4.1.4. Materiales

Material vegetal

Semillas de cuatro variedades de tomate Cherry:

- Cherry Amarillo
- Cherry Rojo
- Cherry calorina
- Cherry Grande

Sustratos

- Arena
- Cascarilla de arroz

Material de campo

- Flexómetro
- Tacho de agua de 40litros
- Vasitos desechables reciclados
- Jarra de 1litro
- Bolsas negras
- Palita pequeña
- Libreta de campo
- Marbetes para identificar las plantas
- Vernier
- Balanza
- pH-metro
- Conductímetro
- Balanza analítica
- Jeringas

Material de gabinete

- Computadora
- Impresora
- Libreta de campo
- Material de escritorio

Nutrientes

- Fosfato mono amónico (MAP)
- Nitro S (N-P-K)
- Sulfato de magnesio
- Nitrato de calcio
- Nitrato de potasio
- Cosmoquel (micronutrientes)
- Quelato de hierro (EDTA)

4.2. Metodología

Un ambiente adecuado es una estructura o construcción cubierta y abrigada artificialmente con plástico u otros materiales, en cuyo interior es posible regular manual o automáticamente las condiciones medio ambientales para garantizar el desarrollo óptimo de una o varias especies cultivadas (Iturry, 2002).

Los invernaderos de la Asociación de Productoras de Animales Menores y Hortalizas (APRODAMH), tiene las siguientes características: invernadero tipo doble agua, soporte de madera, cubierta de pastico (agro film), con sistema de ventilación manual, la superficie en la que se trabajo fue 12m x 3m donde se utilizó la mitad del área asignada.

Se procedió a realizar la limpieza del área asignada quitando malezas, escombros, nivelando el suelo para trabajar con mayor facilidad durante en toda la duración de la investigación, que al mismo tiempo se fue adquirió los diferentes materiales como el sustrato de arena y cascarilla de arroz.

4.2.1. Preparación de sustrato

El sustrato utilizado tanto para el almacigo y para después del trasplante fue el mismo en ambos es de 50% de cascarilla de arroz y 50% de arena, cada uno de estos elementos cumple una función como:

- Arena común: sirve de sostén a la raíz, para ser utilizada se hizo la desinfección por el método de solarización de 6 días.
- Cascarilla de arroz: su función es mantener la humedad en los contenedores de polietileno también se hizo la desinfección por el método de solarización de 6 días y sacar impurezas como piedras u otros elementos que afecten al sustrato.

4.2.2. Preparación de almacigo

Para el almacigo se utilizaron vasos desechables como fuentes germinadoras, a cada vaso se puso el sustrato preparado, a cada vaso se puso 2 semillas a una profundidad entre 0,5 a 1 cm máximo, seguidamente se realizó el riego solo con agua hasta la emergencia.

4.2.3. Preparación y llenado de sustratos

Se utilizaron bolsas de dimensiones de 40x30 cm donde en cada bolsa se realizó cortes de drenaje en cada esquina de 2 cm aproximadamente, para luego llenar las bolsas poco a poco con el sustrato y compactando para que no exista espacios entre partículas.

4.2.4. Trasplante definitivo

El trasplante se realizó en horas de la mañana para evitar el estrés de las mismas para este procedimiento se seleccionó plantas homogéneas fuertes y vigorosas entre una altura de 10 a 15 cm y contaban con cinco a ocho hojas verdaderas.

En las bolsas con el sustrato previamente humedecido se realizó hoyos pequeños a una profundidad de 8 a 10 cm con una palita jardinera, donde se colocó cada plántula cuidando de las raíces estén bien dispuesta para luego cubrir con tierra y compactar con cuidado para que no exista espacios vacíos entre las partículas para luego realizar el riego.

Posteriormente se ubicó las macetas con mucho cuidado de acuerdo al diseño experimental de la investigación, ya cada uno con su identificación de tratamiento y repetición.

4.2.5. Preparación de solución nutritiva concentrada

Para preparar la solución nutritiva antes se realizó el análisis físico químico del agua potable del invernadero que previamente que se llevó al laboratorio IBTEN. (Instituto Boliviano de Tecnología Nuclear), también se necesitó el requerimiento nutricional del cultivo de tomate Cherry, dicho requerimiento fue elaborado por Cabezas, (2018). Como muestra en la tabla la concentración de nutrientes requeridos para el cultivo de tomate Cherry.

Cuadro 7. Concentraciones (ppm) de los nutrientes según la etapa fisiológica

Elemento	Símbolo	Crecimiento	Floración	Fructificación
Nitrógeno	N	195	175	200
Fosforo	P	45	60	65
Potasio	K	220	250	350
Calcio	Ca	150	170	180
Magnesio	Mg	45	45	45
Azufre	S	70	80	80
Hierro	Fe	1	2	2
Boro	B	0,5	0,7	0,7
Manganeso	Mn	0,5	0,5	0,5
Zinc	Zn	0,15	0,15	0,15
Cobre	Cu	0,1	0,15	0,15
Molibdeno	Mo	0,05	0,05	0,05

Fuente: (Cabezas, 2018)

Con la ayuda de software Hydro Buddy se introdujo el requerimiento nutricional de la planta y la calidad de agua dando como resultado los fertilizantes con sus respectivas cantidades para 1000 litro por cada etapa de crecimiento.

Una vez determinadas las cantidades necesarias a emplear se pesaron los fertilizantes de manera separada, el cual consistió en las siguientes formulaciones:

Cuadro 8. Fertilizantes requerido etapa de crecimiento

Fertilizante	Formula	Peso (g)
nitro-s	NH ₄ NO ₃ +S	92
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	35
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	211
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	266
Cosmoquel	Cu, Zn, Fe, B, Mn	0
Nitrato de calcio	Ca (NO ₃) ₂	420

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9. Fertilizante requerido etapa de floración

Fertilizante	Formula	Peso (g)
nitro-s	NH ₄ NO ₃ +S	80,38
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	99,96
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	422,47
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	611,19
Cosmoquel	Cu, Zn, Fe, B, Mn	61,24
Nitrato de calcio	Ca (NO ₃) ₂	900,67

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Fertilizante requerido etapa de fructificación

Fertilizante	Formula	Peso (g)
nitro-s	NH ₄ NO ₃ +S	120,17
Fosfato mono amónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	106,93
Sulfato de magnesio	MgSO ₄	422,47
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	858,27
Cosmoquel	Cu, Zn, Fe, B, Mn	61,24
Nitrato de calcio	Ca (NO ₃) ₂	979,74

Fuente: Elaboración propia

Según Cabezas, (2018) nos indica que se debe realizar la separación de los fertilizantes en tres grupos como:

- **Solución concentrada A:** nitrato, fosfato mono amónico. En un recipiente se vertió el nitrato con 2 litros de agua agitando hasta su completa dilución se tomó el otro fertilizante también dos litros de agua se vertió el fosfato monoatómico, seguidamente se mezclaron las dos soluciones en un recipiente de 5 litros se adiciono 1 litro de agua para completar los 5 litros de solución final.
- **Solución concentrada B:** Sulfato de potasio, sulfato de magnesio cosmoquel. En un recipiente se vertió el sulfato de potasio con 2 litros de agua agitando hasta su completa dilución se tomó el otro fertilizante en 1 litro de agua se vertió el sulfato de magnesio en otro 1 litro de agua se vertió el cosmoquel seguidamente se mezclaron las tres soluciones en un recipiente de 5 litros se adiciono 1 litro de agua para completar los 5 litros de solución final.
- **Solución concentrada C:** Nitrato de calcio. En un recipiente se vertió el sulfato de potasio con 2 litros de agua agitando hasta su completa dilución una vez disuelto se completó a los 5 litros.

Ya teniendo las tres soluciones concentradas se tomó de cada uno una cantidad de solución para una cantidad de agua a utilizar en cada riego de lo cual desde la etapa crecimiento hasta la fructificación se utilizo 2500 litros de agua con solución nutritiva.

4.2.6. Control de pH y conductividad eléctrica

Si el nivel de pH del tomate Cherry no se mantienen en el nivel adecuado de 5,8 – 6,3 se producirá deficiencias de nutrientes y toxicidad (Rae, 2019).

Cabezas, (2018) indica que la conductividad eléctrica aceptable para el cultivo de tomate es de 3,3 mS/cm a 3,5 mS/cm.

Cada que se preparaba la solución nutritiva para riego se tomaba los valores con los respectivos instrumentos teniendo un pH de 5,5 y conductividad eléctrica de 3,230 mS/cm y una temperatura de 16,8°C.

Para el control del pH y la conductividad eléctrica

En la solución nutritiva los valores no serán estables ya que por este motivo se debe mantenerlos en los rangos requeridos por la planta esto para no intervenir en la asimilación de nutrientes.

Cabezas, (2018) describe como bajar y subir el pH en la solución nutritiva:

- Para bajar el pH se agrega la solución de ácido poco a poco hasta que llegué a un valor máximo requerido por la planta.
- Para subir el pH este método se realiza pocas veces, la cual se utiliza con hidróxido de potasio (KOH) o hidróxido de sodio (NaOH).
- Para subir la conductividad eléctrica se debe agregar más nutrientes de la solución concentrada A, B y C.
- Para bajar la solución nutritiva se debe agregar más agua así bajara la concentración de los nutrientes y con ello la conductividad eléctrica.

4.2.7. Poda

La poda se realizó manualmente de diferente tipo y fue cada semana esto para mejorar la producción del cultivo la cuales fueron las siguientes:

- Para el follaje: se eliminó hojas unas cercas de la base del tallo y otras cerca de los brotes esto se hizo para favorecer la aireación de la planta evitando que se alojen insectos o también enfermedades.
- Para los brotes: consiste en eliminar brotes auxiliares esto para tener solo un solo eje de crecimiento para evitar la pérdida de energía esto para el buen desarrollo de la planta en la etapa de fructificación y fructificación.

4.2.8. Tutorado

El tutorado se realizó por un sistema vertical con cuerdas adecuadas para la planta de estos cuelgan de alambres instalados de forma horizontal en la parte del techo interno, el tutorado fue sujetando el tallo cuidadosamente algo flojo, se enrosco a las plantas en sentido de las agujas del reloj teniendo cuidado para no romper las yemas terminales de crecimiento.

4.2.9. Controles fitosanitarios

En la investigación se presentó la bacteria que ocasiona marchitamiento bacteriano *Ralstonia solanacearum*. Para esto se realizó aplicación fitosanitaria para el control de la bacteria, se pudo controlar con caldo sulfocalcico la cual este método de control fue libre de residuos tóxicos.

Marchitamiento bacteriano (*Ralstonia solanacearum*)

El agente causal es *Ralstonia solanacearum*. la sintomatología se manifiesta a través de marchitamiento repentinos de la planta sin amarillamiento aparente y se observa como prenden del tallo las hojas que mantienen la coloración verde (FAO, 2013).

Síntoma: marchitamiento repentino de las hojas jóvenes (ápice de la planta) normalmente en el momento más caluroso del día. En el interior del tallo el sistema vascular toma una decisión una coloración marrón oscura (Obregón, 2014).

Condiciones predisponentes: la bacteria sobrevive en el suelo durante largos periodos de tiempo en ausencia de plantas huéspedes. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecida por temperaturas altas (optima 30-35°C) y suelos húmedos (Obregón, 2014).

Beltrano y Giménez, (2015) indica que en la hidroponía elimina la posibilidad que sea afectado por plagas y malezas que puedan competir con el cultivo, también puede ocurrir la propagación de enfermedades por la conexión de agua y nutrientes.

4.2.10. Cosecha

Se realizó tres cosechas cada quince días, este proceso fue de forma manual aplicando un corte en el racimo de los frutos. Para esto se tomó en cuenta su estado de madurez y tamaño de fruto.

4.2.11. Toma de datos

La selección de las plantas para las muestras se realizó al azar, se efectuó el muestreo de 4 plantas por unidad experimental, para lo cual los datos se tomaban cada 15 días después del trasplante definitivo.

4.2.12. Registro de temperatura

Para el registro de la temperatura dentro del invernadero se utilizó un termómetro que media la máxima y mínima instaló a la mitad del invernadero, estos datos se tomaron cada 15 días.

4.2.13. Diseño experimental

Para la investigación se realizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANVA). De acuerdo al modelo estadístico (Ochoa, 2009).

$$X_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{i(j)}$$

Dónde:

X_{ij} = Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésimo repetición

μ = Media general

α_i = Efecto del i-ésimo tratamiento o variedad de tomate

$\varepsilon_{i(j)}$ = Error experimental

4.2.14. Factor de estudio o tratamientos

Cuadro 11. Descripción de los tratamientos

Tratamientos	Variedades
Tratamiento 1	Cherry Amarillo
Tratamiento 2	Cherry Grande
Tratamiento 3	Cherry Rojo
Tratamiento 4	Cherry Carolina

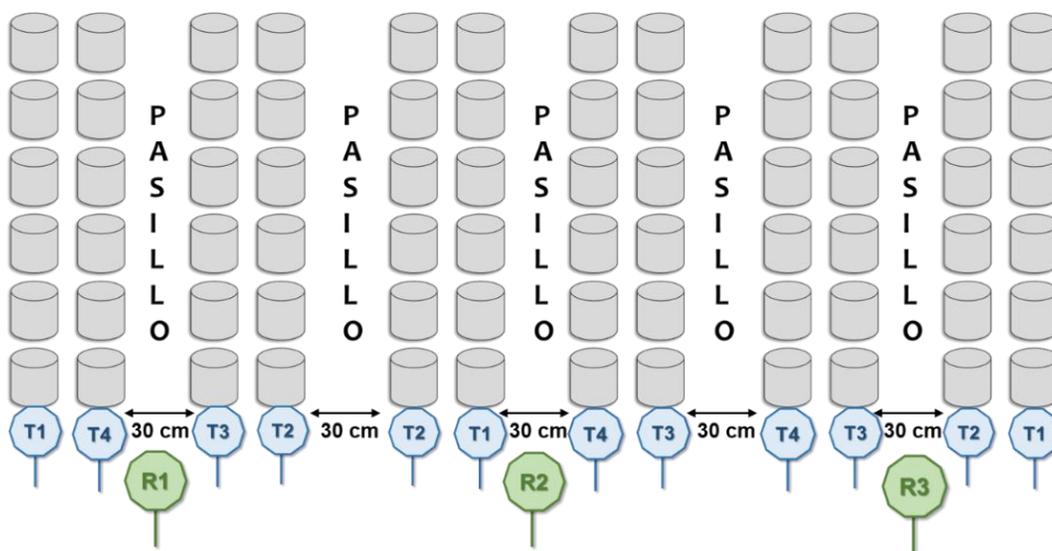
Fuente: Elaboración propia

4.2.15. Características del área experimental

La investigación se llevó a cabo en los invernaderos la Asociación de Productores de animales menores y hortalizas (APRODAMH).

4.2.16. Croquis del experimento

Figura 5. Croquis de distribución de repeticiones y tratamientos



Fuente: Elaboración propia

4.2.17. Especificaciones del campo experimental

Cuadro 12. Descripción de los tratamientos

Número total de tratamientos	4
Número de repeticiones	3
Área total del experimento	34,2m ²
Área útil del experimento	12 m ²
Largo	12 m
Ancho	2,85 m
Distancia entre planta	0,30 m
Número de plantas por hilera	6 plantas
Número de plantas por tratamiento	18 plantas
Total, N° de plantas	76 plantas
Número de plantas evaluadas	4 plantas

Fuente: Elaboración propia

4.3. Variables de respuesta

4.3.1. Variables agronómicas

- **Altura de planta:** La altura de la planta se midió en centímetros (cm) con una regla desde la base de la planta hasta el ápice, a los 90 días después del trasplante.
- **Diámetro de tallo:** El diámetro de los tallos fue medido con un vernier, a los 90 días después del trasplante, el mismo se expresó en milímetros (mm).
- **Número de fruto:** Se realizó mediante el conteo directo en cada una de las plantas evaluadas en cada tratamiento al momento de cada cosecha.
- **Longitud de fruto:** La medición se realizó desde la zona del pedúnculo a la zona apical dicha medición se realizó con el vernier, el mismo se expresó en milímetros (mm).
- **Diámetro ecuatorial:** Se determinó midiendo con el vernier la parte media del fruto este procedimiento se realizó cada cosecha, el mismo se expresó en milímetros (mm).

4.3.2. Variables fenológicas

- **Días a la floración:** Para esta variable se registró los días transcurridos desde el trasplante hasta el momento en que más del 50 % de las plantas llegan a florecer.
- **Días a la cosecha:** Se tomó en cuenta los días transcurridos desde el trasplante hasta la maduración fisiológica de más del 50 %, cuando los frutos presentaron un color pintoresco.

4.3.3. Variables de rendimiento

- **Peso de los frutos:** Se procedió a un pesaje individual de los frutos en la cosecha, y se sacó un promedio por cada variedad, el pesaje se realizó cada cosecha con una balanza digital en gramos.
- **Rendimiento:** El rendimiento se obtuvo mediante el peso total de frutos cosechados en un área de metro cuadrado. Se obtuvo de la sumatoria de los rendimientos parciales, expresando los valores en gramos. Para el análisis de

esta variable se tomó la cantidad de plantas que se ubicaron en un área de un metro cuadrado en este caso 9 plantas en donde se pudo apreciar que en cuanto los promedios en rendimiento por metro cuadrado se presentaron diferencias.

4.3.4. Variables económicas

- **Análisis económico de costos parciales por tratamiento:** Para finalizar se realizó el análisis económico en forma de costos parciales por tratamiento, contemplando el costo variable de producción y el ingreso por venta del rendimiento del cultivo, por ende, el análisis económico permite dar las mejores alternativas al campesino productor, utilizando el método Perrin, (1998) para este efecto.
- **Beneficio bruto (BB):** Es llamado también ingreso bruto, es el rendimiento ajustado multiplicado por el precio del producto (CIMMYT, 1998).

$$BB=R * PP \text{ (Ec.1)}$$

Donde:

BB= Beneficio bruto (Bs)

R= Rendimiento ajustado

- **Costos variables (CV):** Los costos variables son costos relacionados con los insumos comprados y la mano de obra utilizada para la actividad productiva, que varían de un tratamiento a otro. Es fundamental tomar consideración todos los costos relacionados con los insumos afectados por el cambio de tratamiento. Estos son los elementos relacionados con las variables experimentales (CIMMYT, 1998).
- **Beneficio neto (BN):** Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CV).

$$BN=BB-CV \text{ (Ec.2)}$$

Donde:

BN= Beneficios netos (Bs)

BB=Beneficios brutos (Bs)

CV=Costos de producción (Bs)

- **Relación beneficio costo (B/C):** La relación beneficio/costo es la comparación sistemática previa a una inversión; es decir si es factible realizar o rechazar una inversión en un determinado rubro considerando los costos totales de producción y los beneficios brutos a obtenerse, para esto se tiene las siguientes relaciones:

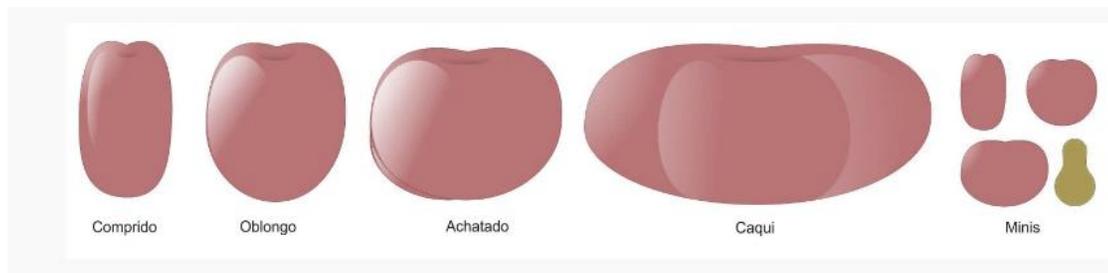
La relación $B/C > 1$: Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción por lo tanto el cultivo con cierto sistema de producción es rentable, el agricultor tiene ingresos.

La relación $B/C = 1$: los ingresos económicos son iguales a los costos de producción, el cultivo en cierto sistema de producción no es rentable, solo cubre los gastos de producción, el agricultor no gana ni pierde.

La relación $B/C < 1$: No existen beneficios económicos, por lo tanto, el cultivo con cierto sistema de producción no es rentable, el agricultor pierde.

4.3.5. Caracterización del tomate Cherry

De acuerdo a las características y descripción de las variedades de tomate Cherry como la observación de en la forma y tamaño del fruto color y textura, donde cada aspecto se evaluó en la de fructificación y cosecha. La forma puede ser redondeada achatada o en forma de pera y la superficie lisa o asurcada.



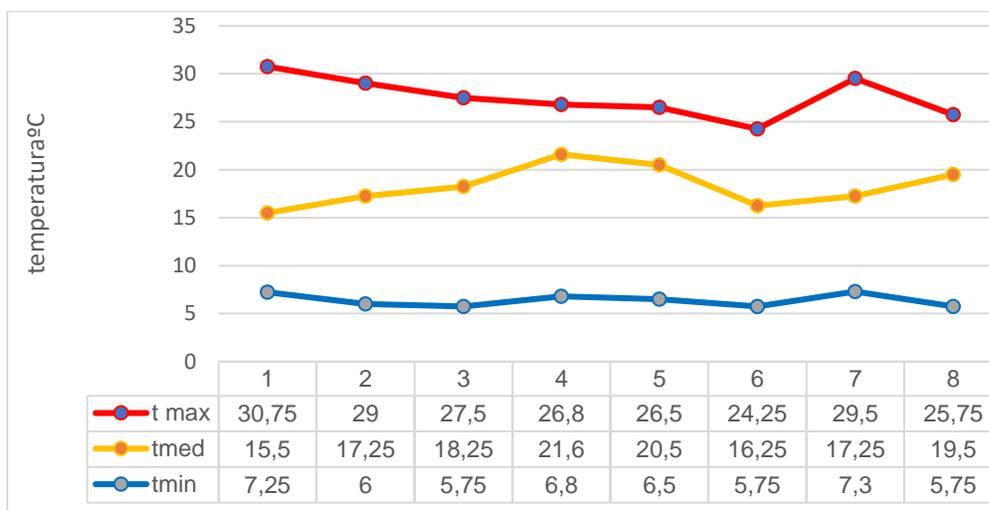
5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Condiciones de temperatura en el invernadero

5.1.1. Temperatura promedio mensual

La figura 6. Muestra la fluctuación de la temperatura máxima, mínima y la media que se registró dentro del invernadero durante el ciclo de evaluación del cultivo, en la temporada primavera y otoño (octubre – marzo).

Figura 6. Fluctuación de la temperatura máxima, mínima y la media



Fuente: Elaboración propia

Mamani, (2020) menciona que para el tomate Cherry tiene un buen crecimiento con temperaturas de 15 °C a 40 °C y a temperaturas mayores la formación de frutos es mínima debido a los abortos florales, aparición de enfermedades y muerte de la planta, como también necesita de 6 a 8 horas luz para un buen desarrollo físico.

El tomate es típico de climas calientes, en el trópico se encuentra en las elevaciones con climas templados y húmedos que favorecen su desarrollo. Las temperaturas altas aceleran el desarrollo de la floración y la formación de frutos (Pérez, 2017).

Según Flores, (2009) citado por Aspi, (2019) menciona que las plantas están expuestas continuamente a las variaciones climatológicas que se producen tanto de forma diaria como estacionalmente. Estos cambios tienen una influencia notable en las actividades y el metabolismo de las plantas y se producen respuestas por parte de

la planta para adaptarse a las condiciones ambientales y sacar mayor provecho de ellas.

5.2. Variables agronómicas

5.2.1. Altura de planta

Los datos se tomaron a los 90 días después del trasplante de las plántulas.

Cuadro 13. Análisis de varianza de la altura a los 90 días

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedad	5689,25	3	6181,31	30,83	0,0001	**
Error	492,06	8	61,51			
Total	6181,31	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)			8,17%			

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el análisis de varianza cuadro 13, se establece diferencias estadísticas altamente significativas para las variedades con un coeficiente de variabilidad de 8,17%. el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa, (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Las diferencias observadas en la altura de planta desde la siembra hasta los 90 días muestran que existió diferencia entre la altura de las plantas teniendo óptimo y rápido desarrollo de las plántulas.

Se llegó a deducir que existe diferencia en el comportamiento de variable altura de planta, por tanto, las condiciones ambientales de manejo hidropónico fueron favorables para ciertas variedades de tomate Cherry.

Aplicando la prueba de significancia Duncan al 5%, de la variable altura de planta a los 90 días se obtuvo tres rangos de significancia cuadro 14.

Cuadro 14. Comparación de medias para altura de tallo

Variedades	Promedio (cm)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Amarillo	70,17	c
Cherry Carolina	85,92	b
Cherry Grande	98,50	b
Cherry Rojo	129,48	a

Fuente: Elaboración propia

Los promedios obtenidos de altura de planta muestran que se agruparon en 3 rangos: la variedad Cherry Rojo es estadísticamente tuvo mejor altura a las demás variedades, teniendo un valor promedio de 129,48 cm \pm 107,3 cm, la variedad Cherry Carolina y Cherry Grande son estadísticamente similares, por otro lado, la variedad Cherry Amarillo obtuvo un valor promedio de 70,17 cm.

El mejor resultado obtenido fue la variedad Cherry Rojo, cuyas plantas lograron una altura promedio de 129,48 cm, por lo tanto, se llegó a deducir que la variedad se adoptó a condiciones climáticas de la zona teniendo optimas respuestas en cuanto a crecimiento de longitud. La mezcla de sustrato que se realizó resulto ser adecuada para la planta, ya que este posee una alta retención de humedad favoreciendo al soporte y a la absorción de nutrientes proporcionados en la solución de la etapa de crecimiento.

Las diferencias obtenidas en la variable altura de tallo probablemente pueden atribuirse a la absorción de nutrientes que contiene la solución nutritiva a su vez CENTA, (2000) indica que, el nitrógeno favorece el desarrollo foliar y el crecimiento de las plantas, necesario para la formación de proteínas, clorofila, enzimas y aminoácidos, a través de proceso de fotosíntesis. Rodríguez et al., (1998) citado por Márquez, (2006) menciona que a mayor altura conlleva al aumento en número de hojas, por tanto, al mayor contenido de clorofila.

El crecimiento de la altura de las plantas se observó un desarrollo gradual y dependiente de cada variedad, pero esta fue influenciada por factores de la asimilación de nutrientes. Así mismo Pinto et al., (2000) menciona que una buena oxigenación

adecuada, mejora el metabolismo y el equilibrio hormonal en las plantas, incrementar la tasa fotosintética y la absorción de nutrientes, La solución aplicada a las variedades aportaba macro y micro nutrientes de manera equilibrada, con el fin de cubrir las necesidades nutricionales de la planta y tener un óptimo desarrollo en su etapa de crecimiento.

Un estudio similar realizado de Gáleas, (2014) registra que “durante las tres primeras semanas de cosecha no se mostró diferencia en la altura de las plantas entre las variedades. A partir de la cuarta semana las plantas que presentaron mayor altura fueron las variedades Cherry Rojo y Grande”.

5.2.2. Diámetro de tallo

Los datos se tomaron a los 90 días después del trasplante de las plántulas.

Cuadro 15. Análisis de varianza en diámetro de tallo

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	6,07	3	2,02	30,83	0,0010	**
Error	1,01	8	0,13			
Total	7,09	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)			3,76%			

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el análisis de varianza cuadro 15, se establece diferencias estadísticas altamente significativas para las variedades con un coeficiente de variabilidad de 4,59%, el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa, (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Aplicando la prueba de significancia Duncan al 5%, de la variable diámetro de tallo a los 90 días se obtuvo tres rangos de significancia cuadro 15.

Cuadro 16. Comparación de medias para diámetro de tallo

Variedades	Promedio (mm)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Rojo	8,73	b
Cherry Amarillo	8,83	b
Cherry Carolina	10,00	a
Cherry Grande	10,36	a

Fuente: Elaboración propia

Los promedios obtenidos de diámetro de tallo muestran que se agruparon en 2 rangos: la variedad Cherry Grande, Cherry Carolina es estadísticamente superior a las demás variedades, teniendo un valor promedio de 10,36 mm \pm 9,9 cm que corresponde a la variedad Cherry Grande, y las variedades Cherry Rojo y Amarillo son numéricamente similares.

Se llegó a interpretar que existe diferencia en el diámetro de tallo desde el trasplante hasta los 90 días, esta diferencia podría atribuirse a varios factores como a la distribución del agua con una mayor disolución y disponibilidad de nutrientes, lo cual Caldero, (2001) indica que la retención de humedad por el sustrato de forma homogénea, determina la posibilidad que la planta utiliza el agua como vehículo para sus funciones metabólicas, así mismo Barraza, (2000) explica que la concentración de nutrientes influye en el desarrollo vegetativo.

El grosor del tallo está compuesto por un área transversal de floema para el transporte de flujo que son asimilados hacia los frutos, como dice Rosales et al., (2009) un tallo grueso implica un mayor volumen de células de parénquima, donde se pueden asimilar en la etapa de crecimiento. Además, Zarate, (2007) menciona que la iluminación baja da lugar a tallos delgados y débiles.

Por otra parte, Cala, (2004) menciona en su estudio el efecto de solución nutritiva en invernadero obtuvo un valor promedio de diámetro de tallo 1,94 cm similar a los resultados obtenidos. Al respecto Vargas, (2021) indica que el diámetro de tallo no es dato determinante para evaluar los rendimientos es una característica aceptable para

evaluar la resistencia de la planta de tomate hacia los movimientos que sufre la planta en el momento de la manipulación ya que cuenta con un tallo herbáceo resistente.

5.2.3. Número de frutos

Para saber el número de frutos por planta se hizo un conteo escalonado de frutos por planta.

Cuadro 17. Análisis de varianza para número de frutos por planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	49,67	3	16,56	13,24	0,0018	**
Error	10,00	8	1,25			
Total	59,67	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)			8,49%			

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el análisis de varianza cuadro 17, se establece diferencias estadísticas altamente significativas para las variedades con un coeficiente de variabilidad de 8,49%, el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa, (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Aplicando la prueba de significancia Duncan al 5%, de la variable número de frutos por planta se obtuvo cuatro rangos de significancia cuadro 18.

Cuadro 18. Comparación de medias para número de frutos por planta

Variedades	Promedio	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Rojo	11	c
Cherry Grande	13	b
Cherry Carolina	13	b
Cherry Amarillo	16	a

Fuente: Elaboración propia

Los promedios encontrados de la variable número de frutos por planta muestra que se agruparon en 3 rangos: esto indica que estadísticamente son diferentes las variedades en estudio, siendo que la variedad Cherry Amarillo tuvo 16 frutos por planta siendo el mejor resultado y la variedad Cherry Rojo con 11 frutos por planta siendo el menor resultado.

La variedad Cherry Amarillo obtuvo en las tres cosechas un promedio de 273 frutos, seguido de la variedad Cherry Carolina con 174 frutos. La variedad Cherry Rojo tuvo una adaptación no favorable a las condiciones del invernadero, Córdoba et al., (2020) menciona que encontró amplios rangos de variación en el número de frutos por planta como característica dependiente del material genético.

Las diferencias estadísticas obtenidas en la variable número de frutos por planta, se deduce que a cada variedad de tomate Cherry responde genotípicamente a condiciones de invernadero, de acuerdo con Monge, (2014) menciona que el número de frutos por planta varía mucho entre los genotipos siendo que los resultados obtenidos tuvieron un promedio de 250 frutos por planta.

El desarrollo del fruto y el número de frutos de tomate es influenciado por diversos factores ambientales y fisiológicas, los resultados obtenidos en la evaluación dieron a conocer y comprobar que el número de frutos y el peso dependen de la variedad a sembrar siendo también que estas pueden ser afectadas por las condiciones del ambiente es decir el micro clima que se genera en el lugar de producción, respuesta que coincide con Bernabe y Solis, (2010), donde señala que el tamaño y número de fruto se encuentran determinados por la parte genética y estos caracteres son heredarles: sin embargo, pueden modificarse por condiciones ecológicas (temperatura, agua y suelo) y las labores culturales en el cultivo (Fertilización, podas, raleo de frutos, riegos, etc.).

Así mismo Zarate, (2007) manifiesta que a temperaturas altas (mayores de 38 °C) puede ocurrir una mala o nula fecundación, y reducir la cantidad de frutos. debido a que el polen muere principalmente de deshidratación al haber altas temperaturas y baja humedad relativa.

5.2.4. Diámetro de fruto ecuatorial

Los datos obtenidos fueron de las tres cosechas realizando un promedio de todas las muestras.

Cuadro 19. Análisis de Varianza para diámetro ecuatorial

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	935,88	3	311,96	23,50	0,0003	**
Error	106,22	8	13,28			
Total	1042,10	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)				7,88%		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el análisis de varianza cuadro 19, se establece diferencias estadísticas altamente significativas para las variedades con un coeficiente de variabilidad de 7,88%, el cual se encuentra dentro de los rangos de aceptación por Ochoa (2009) el cual indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

Aplicando la prueba de significancia Duncan al 5%, de la variable diámetro de fruto ecuatorial a los 90 días se obtuvo tres rangos de significancia cuadro 20.

Cuadro 20. Comparación de medias para diámetro ecuatorial

Variedades	Promedio (mm)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Rojo	33,85	c
Cherry Amarillo	42,49	b
Cherry Carolina	51,60	a
Cherry Grande	56,99	a

Fuente: Elaboración propia

Los promedios obtenidos de diámetro de fruto ecuatorial muestran que se agruparon en 3 rangos: la variedad Cherry Grande y Carolina son estadísticamente mayor a las demás variedades, teniendo un valor promedio de 56,99 mm que corresponde a la variedad Cherry Grande, esto indica que la variedad tuvo frutos de mayor diámetro y

las demás variedades como ser Cherry Amarillo y Rojo presentaron diámetros de fruto ecuatorial inferior a las demás variedades.

Por su parte Ticona, (2020) muestra en su estudio que obtuvo un promedio total de diámetro ecuatorial de 3,60 mm del total de sus cosechas, esto indica que la variedad Cherry Grande y Carolina respondieron de manera positiva a factores ambientes dentro del invernadero.

El fruto depende de la cantidad óvulos fecundados, factores que afectan el crecimiento del fruto como ser: nutrientes riego y temperatura, es el caso del potasio que se necesita en cantidades mayores que el nitrógeno durante la etapa de la fructificación, siendo que este nutriente se llegó a cubrir en los requerimientos nutricionales de la planta en dicha etapa (Yara, 2021).

El diámetro del fruto depende de muchos factores, como ser la nutrición, el riego, la temperatura y el número de lóculos, principalmente esta influenciado por la heredabilidad de las variedades de tomate, y estos factores pueden adelantar o atrasar la producción de frutos y la maduración (Rincón, 2002). Por otro lado, mundo huerto, (s.f.) describe que en condiciones de temperatura y nutrición se puede adelantar o atrasar la producción de frutos y la maduración.

5.2.5. Longitud de fruto

Los datos obtenidos fueron de las tres cosechas realizando un promedio de todas las muestras.

Cuadro 21. Análisis de varianza para diámetro longitudinal

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	3099,49	3	1033,16	189,88	0,0001	**
Error	43,53	8	5,44			
Total	3143,02	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)				6,11%		

Fuente: Elaboración propia

Aplicando el análisis de varianza cuadro 21, se establece diferencias estadísticas altamente significativas para las variedades con un coeficiente de variabilidad de

6,11%, lo cual indica la confiabilidad de la información y buen manejo de las unidades experimentales.

Aplicando la prueba de significancia Duncan al 5%, de la variable diámetro longitudinal se obtuvo tres rangos de significancia cuadro 22.

Cuadro 22. Comparación de medias para diámetro ecuatorial

Variedades	Promedio (mm)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Rojo	23,41	c
Cherry Amarillo	27,39	c
Cherry Carolina	37,42	b
Cherry Grande	64,60	a

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del cuadro 22, muestra significancia en los promedios obtenidos, según la prueba Duncan (5%) para la variable longitud de fruto, establece diferencias estadísticas entre las variedades, obteniendo un valor de 64,60 mm, variedad Cherry Grande.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en cuanto la longitud de fruto se evidenciar que en el estudio la variedad Cherry Grande presento un mayor desarrollo del fruto tanto en diámetro ecuatorial como longitudinal, se llega deducir que por motivos de genética, nutrición y factores ambientales el fruto mostro características mejores en relación a las demás variedades.

Fornaris, (2007) describe que la fruta es una baya carnosas, dividida en su interior en dos 2 a 18 lóculos, a su vez presenta una variación en tamaño entre variedades. La superficie del fruto es lisa con formas casi alargada, ovalada en forma de pera y esta presenta las variedades en estudio.

Al respecto Cuesta, (2007) señala que los micros elementos de mayor importancia en la nutrición del tomate está el hierro, que juega un papel primordial en la forma y coloración de los frutos, por su parte el macro elemento potasio contribuye a un mejor crecimiento vegetativo, fructificación, maduración y calidad de los frutos.

Según Escobar y Lee, (2009) señala que se requiere cierta proporción de frutos para el mercado presentando diferentes calibres o tamaños. El tamaño final de los frutos depende de la posición en la inflorescencia, siendo los proximales de los frutos más Grandes, a su vez se encuentra estrechamente relacionado con la variedad y las condiciones climáticas, pero esta a su vez se puede manipular con podas.

El diámetro longitudinal del fruto de tomate varía según la variedad y estas determinan el tamaño y la forma del mismo, según factores del material genético y alcanza diámetros variables, otros factores como ser la posición del fruto en el brote y la competencia entre órganos en desarrollo (Mayorga, 2004).

5.3. Variables fenológicas

5.3.1. Días a la floración

Se consideró los días en el que las plantas lleguen a su periodo de floración desde su trasplante a las macetas.

Cuadro 23. Análisis de varianza para días a la floración

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	1,95	3	0,65	8,41	0,0074	**
Error	0,62	8	0,08			
Total	2,56	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)				4,22%		

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el análisis de varianza del cuadro 23, que existe alta diferencia significativa entre variedades a un nivel de significancia del (5%) de probabilidad estadística en días a la floración, el coeficiente de variación fue de 4,22% este valor nos indica que hubo confiabilidad en los datos experimentales.

Aplicando la prueba de significancia Duncan al 5%, de la variable días a la floración se obtuvo cuatro rangos de significancia cuadro 24.

Cuadro 24. Comparación de medias para días a la floración

Variedades	Promedio (días)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Amarillo	35	b
Cherry Carolina	42	a
Cherry Grande	44	a
Cherry Rojo	49	a

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del cuadro 24, muestran significancia en los promedios obtenidos, según la prueba Duncan (5%), agrupándose en dos rangos esto indica que son estadísticamente iguales las variedades Cherry, Grande y Carolina tienen valor promedio de 45 días, la variedad Cherry Amarillo tuvo un menor tiempo de días a la floración de 35 días desde el momento del trasplante.

El comportamiento de las variedades en días a la floración se atribuye al cambio de temperaturas en los meses de diciembre, enero y febrero, probablemente pudieron acelerar la floración, según Blanco, (2018) señala que las condiciones ambientales influyen en las funciones vitales de las plantas como la temperatura son determinantes durante el ciclo del cultivo y el hábito de crecimiento, a su vez Rodríguez (1988), menciona que la temperatura influye en las funciones vitales de la planta, en la transpiración, fotosíntesis, crecimiento de tejidos, floración, maduración de los frutos, temperaturas óptimas de 21 – 30°C, durante el día, ideal para la floración 21°C, detienen su desarrollo vegetativo 12°C.

Una vez la planta ha enraizado y asegurado el establecimiento, se acelera su desarrollo, es en este momento cuando aparecen el primer ramo de flores, por su parte Noale, (2015) señala que la temperatura afecta al cultivo en sus procesos de desarrollo en todo su ciclo, sin embargo, los cambios bruscos de temperatura ocasionan aborto, reduciendo el cuajado de las flores.

5.3.2. Días a la cosecha

Se consideró los días en el que las plantas llegaron el día de cosecha de los frutos.

Cuadro 25. Análisis de varianza para días de cosecha

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	1,51	3	0,50	10,76	0,0035	**
Error	0,37	8	0,05			
Total	1,88	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)				2%		

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el análisis de varianza que existe alta diferencia significativa entre variedades a un nivel de significancia del (5%) de probabilidad estadística en días a la cosecha, el coeficiente de variación fue de 2% este valor nos indica que hubo confiabilidad en los datos experimentales.

Aplicando la prueba de significancia Duncan al 5%, de la variable días a la cosecha se obtuvo dos rangos de significancia cuadro 26.

Cuadro 26. Comparación de medias para días a la cosecha

Variedades	Promedio (días)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Amarillo	108	b
Cherry Rojo	109	b
Cherry Carolina	120	a
Cherry Grande	127	a

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del cuadro 26, muestran significancia en los promedios obtenidos, según la prueba Duncan (5%), agrupándose en dos rangos esto indica que son estadísticamente iguales las variedades Cherry Grande y Carolina con un valor promedio de 123 días, la variedad Cherry Amarillo tuvo un menor tiempo de días a la cosecha de 108 días lo cual es favorable.

Las diferencias estadísticas obtenidas en días a la cosecha probablemente se deban al ambiente y al contenido de elementos nutritivos presentes en la solución, así como menciona Blanco, (2018) que el fósforo es un factor de precocidad, favorece el cuajado y maduración de los frutos, también favorece en la fructificación temprana, mejora la producción y la calidad del fruto.

El tiempo que transcurrió desde la plantación hasta la primera recolección de frutos de la variedad Cherry Grande fue de 127 días en este sentido Carchuna, (2003) indica que la recolección de frutos es aproximadamente 60-90 días (dependiendo de los factores climáticos, sobre todo la temperatura, en días largos acelera la maduración de los frutos), continuando hasta 160 días o más, aquí juega otras variables como el estado sanitario del cultivo y la decisión de continuarlo de acuerdo a los objetivos de la producción.

El ambiente y la variedad es otro factor importante para el desarrollo y fructificación de los frutos del tomate Cherry en tal sentido Maroto, (1994) señala que entre el trasplante y la maduración de los primeros frutos pueden pasar entre 80 a 150 días según la variedad del cultivo y al medio ambiente que son influenciados. Por lo tanto, los resultados obtenidos posiblemente fueron afectados por las condiciones de medio ambiente, como también puede tratarse de una variedad tardía.

Los días a la cosecha está determinado por las etapas fisiológicas del tomate, pero estas dependen de factores ambientales, varietales y de las características agroclimáticas internas de cada invernadero, y no tanto por el tipo de sistema de producción, en conclusión, el tiempo de cosecha de las variedades evaluadas fueron influenciadas por las condiciones climáticas (Caguana, 2003). Por otro lado, Zarate, (2007) considera la calidad del fruto depende de la época de cosecha, los frutos que maduran en la planta, presentan mayor contenido de vitamina C y azúcar presentando un mejor sabor del fruto.

5.4. Variables rendimiento

5.4.1. Peso de fruto

Para el diseño experimental aplicado en el presente trabajo de investigación, los resultados que muestra el análisis de varianza son los siguientes:

Cuadro 27. Análisis de varianza del peso total de frutos

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	14,18	3	4,73	32,98	0,0001	**
Error	1,15	8	0,14			
Total	15,33	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)					12,76%	

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 27, muestra que existió diferencias altamente significativas para las variedades en estudio, observando que la producción de tomate Cherry mostró diferentes resultados, el coeficiente de variación fue de 4,22% este valor nos indica que hubo confiabilidad en los datos experimentales.

Al aplicar la prueba de significación Duncan al 5% de la variable de peso de fruto se pudo hallar dos rangos de significación.

Cuadro 28. Comparación de medias para peso de fruto

Variedades	Promedio (gramos)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Amarillo	2,13	b
Cherry Carolina	2,37	b
Cherry Rojo	2,53	b
Cherry Grande	4,83	a

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del cuadro 28, muestran significancia en los promedios obtenidos, según la prueba Duncan (5%), agrupándose en dos rangos donde la variedad Cherry Grande tuvo mayor peso en fruto que fue de 4,83 gramos, y las demás variedades son estadísticamente iguales en la tuvieron un promedio de 2,3 gramos que corresponde a las variedades Cherry Rojo, Carolina y Amarillo.

Los resultados obtenidos en la presente investigación dieron a conocer y relevar que el tamaño y peso del tomate Cherry dependen de la variedad con la que se trabajó, siendo que estas pueden ser afectadas por las condiciones del ambiente es decir el micro clima que se genera dentro del invernadero, respuesta que coincide con Bernabe y Solis, (1999) donde señala que el tamaño y peso de fruto se encuentran determinados en su aspecto genético y estos caracteres son heredables.

Por su parte Pérez, (2015) destaca que el peso de fruto es una característica que presenta mucha variabilidad y que es altamente dependiente del material genético, las condiciones ambientales, la presencia de plagas y enfermedades y sobre todo el manejo de la densidad de siembra y podas realizadas.

Coincidiendo con Truffault et al., (2016) encontró en sus resultados pesos de fruto de tomate Cherry bajo invernadero cercanos a los 4 a 5 gramos, de acuerdo a esto es evidente la alta variabilidad que se puede presentar en el peso de fruto de diferentes genotipos evaluados.

Las funciones de los macro-micro elementos presentes en la solución inciden de gran manera en las funciones de la planta, en el periodo de fructificación los frutos requieren de nutrientes más específicos, al respecto Blanco, (2018) menciona que las funciones del potasio en la planta aumentan el peso de los frutos, haciendo a estos más azucarados y de mejor conservación, estimula la formación de flores y frutos, regula las funciones de la planta.

Son varios los factores que influyen el desarrollo del fruto de tomate como ser: ambiental, y fisiológicos es por esa razón que las variedades tolerantes a las altas temperaturas, presentan frutos más pequeños, aun cuando no se ha encontrado un ligamento entre la habilidad para fructificar a altas temperaturas y el tamaño del fruto (Rodríguez et al., 2010).

5.4.2. Rendimiento total

De acuerdo al diseño experimental aplicado en el presente trabajo de investigación, los resultados para el rendimiento de tomate Cherry, que muestra el análisis de varianza son los siguientes:

Cuadro 29. Análisis de varianza para Rendimiento

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significancia
Variedades	5612000,67	3	1870666,89	13,05	0,0019	**
Error	1146540,00	8	143317,50			
Total	1146540,00	11				
Coeficiente de variabilidad (CV)				14,19%		

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 29, muestra que existió diferencias altamente significativas para las variedades en estudio, observando que la producción de tomate Cherry mostró diferentes resultados, el coeficiente de variación fue de 14,19% este valor nos indica que hubo confiabilidad en los datos experimentales.

Al aplicar la prueba de significación Duncan al 5% para los tratamientos en la evaluación de peso de fruto se pudo hallar dos rangos de significación.

Cuadro 30. Comparación de medias para rendimiento

Variedades	Promedio (gramos)	Agrupamiento Duncan (5%)
Cherry Rojo	1740,00	c
Cherry Carolina	2589,67	b
Cherry Grande	2671,33	b
Cherry Amarillo	3669,67	a

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del cuadro 30, muestran significancia en los promedios obtenidos, según la prueba Duncan (5%), agrupándose en tres rangos esto indica que son estadísticamente diferentes, siendo que la mejor variedad es Cherry Amarillo un valor de 3669,7 gramos, seguido de las variedades Cherry Grande y Carolina con valores similares según la prueba Duncan y la variedad Cherry Rojo tuvo un rendimiento de 1740 gramos.

Se pudo observar que las variedades de tomate Cherry tuvieron una buena asimilación de los nutrientes aportados en cada etapa, la técnica que se empleó en la investigación nos permite una producción de tomate Cherry con los nutrientes necesarios y a su vez la utilización de un mínimo espacio ocupado, con esta forma de producción reducimos de gran manera el ataque de plagas y enfermedades que son factores negativos para el rendimiento del tomate Cherry.

A lo mencionado anteriormente Blanco, (2018) menciona que los nutrientes presentes en una solución nutritiva son de vital importancia como el nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, magnesio y boro, son importantes para el rendimiento del cultivo, siendo necesario en la nutrición y desarrollo del tomate Cherry, por su inmediata disponibilidad.

En la investigación pudimos apreciar que hubo cambios de temperaturas bruscas en algunos momentos en la etapa de producción los cuales tuvieron influencia en el rendimiento, además cabe resaltar que la producción posterior se vio limitada debido a la presencia de lluvias y presencia de marchitamiento, sin embargo, los resultados fueron óptimos. Según la investigación realizada por Ticona, (2020) en el Centro Experimental de Patacamaya ubicado a 3799 m.s.n.m. se alcanzó un rendimiento por m^2 de 3,7 Kg/ m^2 en el mencionado trabajo se utilizó la variedad tomate Cherry, estas cifras no se alejan de los resultados obtenidos de la investigación teniendo un valor de 3,9 Kg/ m^2 .

5.5. Variables económicas

5.5.1. Análisis económico de costos parciales por tratamientos

Los resultados obtenidos del experimento fueron sometidos a un análisis económico, con el propósito de determinar la rentabilidad de las variedades y determinar que variedad fue con mayor retorno económico. Siendo que toda variedad recomendada en la producción debe ajustarse a los objetivos y circunstancias de los productores para ello se observa los rendimientos medio ingreso bruto y neto y costos que varían, en este caso el cultivo de tomate Cherry.

5.5.2. Beneficio bruto

Para el cálculo se toma en cuenta el rendimiento ajustado, que es 10 % que implica el manipuleo del cultivo en la cosecha y transporte.

Cuadro 31. Beneficio bruto bs/m²

Variedades	Rendimiento promedio kg/m²	Rendimiento ajustado (-10%)	Precio (bs/kg)	Beneficio bruto (bs/m²)
Cherry Amarillo	3,67	3,303	24	79,3
Cherry Grande	2,67	2,403	24	57,7
Cherry Rojo	1,74	1,566	24	37,6
Cherry Carolina	2,59	2,331	24	55,9

Fuente: Elaboración propia

El precio de tomate Cherry de 250 gramos es 6 Bs, según BIOMARKET Facultad de Agronomía 2021. Por tanto, el cuadro 31 muestra que la variedad Cherry Amarillo obtuvo un beneficio bruto de 79,3 Bs/m² siendo el mejor resultado, seguido de la variedad Cherry Rojo que obtuvo un valor inferior de 37,6 Bs/m², estos resultados se deben principalmente al rendimiento y al precio de cultivo.

5.5.3. Costos variables

Los costos variables están relacionados con los insumos que se utiliza, como en este caso cuenta la semilla empleada los macros y micro nutrientes, que fueron los factores que variaron en el estudio.

Cuadro 32. Costos variables bs/m²

variedades	Costos variables (bs/m²)
Cherry Amarillo	7,72
Cherry Grande	8,63
Cherry Rojo	10,44
Cherry Carolina	6,81

Fuente: Elaboración propia

El precio de macro y micronutrientes, para todo el ciclo productivo se tiene 1,41 Bs para un metro cuadrado. Precio de semilla depende de cada variedad de tomate Cherry. En el cuadro 33, nos muestra que la variedad Cherry Rojo tiene el mayor costo variable, por otra parte, se tiene a la variedad Cherry Carolina obtuvo un costo variable bajo.

5.5.4. Beneficio neto

Es el ingreso que se obtiene al restar el beneficio bruto menos los costos variables.

Cuadro 33. Beneficio Neto bs/m²

Variedades	Beneficio bruto (bs/m²)	Costos variables (bs/m²)	Beneficio Neto (bs/m²)
Cherry Amarillo	79,3	7,72	71,6
Cherry Grande	57,7	8,63	49,0
Cherry Rojo	37,6	10,44	27,1
Cherry Carolina	55,9	6,81	49,1

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 33, el mayor beneficio neto es de la variedad Cherry Amarillo con 71,6 bs/m², y el menor beneficio neto fue la variedad Cherry Rojo con 27,1 bs/m², esto se debe a los rendimientos (número y peso) y bajos costos variables.

5.5.5. Beneficio costo

Valor de que se tiene al dividir los beneficios brutos de la producción con el costo total de la producción en todo el ciclo productivo que es por metro cuadra.

Cuadro 34. Beneficio Costo bs/m²

Variedades	Beneficio bruto (bs/m²)	Costo total de producción (bs/m²)	Beneficio costo (bs/m²)
Cherry Amarillo	79,3	64	1,2
Cherry Grande	57,7	50	1,1
Cherry Rojo	37,6	48	0,8
Cherry Carolina	55,9	52	1,1

De acuerdo a el cuadro 34, presentan rentabilidad de tres variedades como Cherry Amarillo con un valor de 1,2, seguido de las variedades Cherry Grande y Carolina con un valor de 1,1 y estos resultados son mayor a 1 que indica la rentabilidad de la variedad a este sistema de producción, así mismo el precio del cultivo en el mercado, por otro lado se tiene a la variedad Cherry Rojo que obtuvo un valor menor a la unidad de 0,8 que indica que la variedad no es rentable a este sistema de producción.

Estos datos nos reflejan que económicamente las tres variedades de tomate Cherry Amarillo, Grande y Carolina son rentables en ambiente atemperado ubicado en el altiplano de la ciudad de El Alto.

5.6. Caracterización del cultivo de tomate Cherry

Cuadro 35. Caracterización de variedad Cherry Amarillo

Descripción de la variedad	
Variedad	
	Cherry Amarillo
Características organolépticas	Color: amarillo anaranjado en su punto óptimo de recolección, pasando a amarillo intenso en la maduración. Apariencia: fruto con forma redonda de unos 26 a 28 mm de diámetro, con piel fina de superficie lisa. Aroma: intenso, característico a la variedad.
Características	La variedad Cherry Amarillo tuvo un crecimiento indeterminado, la variedad tuvo un alto porcentaje de germinación, siendo una planta con bastantes racimos de fruto y poco follaje, también teniendo un alto porcentaje al momento del cuajado del fruto.

Cuadro 36. Caracterización de variedad Cherry Grande

Descripción de la variedad

Variedad



Cherry Grande

Características organolépticas **Color:** Rojo anaranjado en su punto óptimo de recolección, pasando a Rojo anaranjado intenso en la maduración.

Apariencia: fruto con forma redonda de unos 37 a 65 mm de diámetro, con piel fina de superficie lisa.

Aroma: intenso, característico a la variedad.

Características La variedad Cherry Rojo tuvo un crecimiento indeterminado. Según lo observado se apreció el desarrollo de la variedad tuvo un buen porcentaje de germinación, una mayor altura en tallo, por su condición genética de la variedad que no se adecuo las condiciones del invernadero ya que tuvo porcentajes menore al momento de cuajo de fruto.

Cuadro 37. Caracterización de variedad Cherry Rojo

Descripción de la variedad

Variedad



Cherry Rojo

Características organolépticas **Color:** Rojo anaranjado en su punto óptimo de recolección, pasando a Rojo intenso en la maduración.

Apariencia: fruto con forma redonda de unos 23 a 24 mm de diámetro, con piel fina de superficie lisa.

Aroma: intenso, característico a la variedad.

Características La variedad Cherry Rojo tuvo un crecimiento indeterminado. Según lo observado a lo largo del desarrollo de la variedad buenos porcentajes de germinación y la cual se pudo adaptar bien al ambiente y sustrato, en el transcurso de toda su etapa de floración y fructificación sufrió estrés hídrico la cual tuvo mayor un enfoque vegetativo.

Cuadro 38. Caracterización de variedad Cherry Carolina

Descripción de la variedad

Variedad



Cherry Carolina

Características organolépticas **Color:** Rojo anaranjado en su punto óptimo de recolección, pasando a Rojo en la maduración.

Apariencia: fruto con forma alargada de unos 34 a 38 mm de diámetro longitudinal, con piel fina de superficie lisa.

Aroma: intenso.

Características La variedad Cherry Carolina tuvo un crecimiento indeterminado. Según lo observado el desarrollo de la variedad tuvo problemas para germinar no pudo adaptarse al sustrato, por otro lado, se observó que fue afectada por la marchitez bacteriana, asimismo tuvo frutos en menor cantidad y a largos periodos a la cosecha.

6. CONCLUSIONES

Según a los objetivos señalados, resultados obtenidos y luego de haber realizado el respectivo análisis e interpretación de los datos se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Según los resultados logrados la variedad Cherry Amarillo tuvo una adaptación óptima a las condiciones dadas en el sistema hidropónico en sustrato, a diferencia de las variedades Cherry Rojo y Cherry Grande presentaron menor adaptabilidad por sus características genotípicas y fenotípicas, a pesar de esos datos obtenidos las variedades de tomate fueron resistentes y en conclusión son aptas para una producción hidropónica en estas condiciones ambientales.
- Para la variable rendimiento la variedad Cherry Amarillo presento resultados óptimos con un valor de 3669,67 gramos por metro cuadrado tomando en cuenta que cada metro cuadrado está conformado por 9 plantas por tres cosechas en todo el ciclo de la investigación, esto atribuye a que se adaptó mejor las condiciones del invernadero ya que no tuvo abortos de flores y mejor cuajado de fruto. Así mismo con menor rendimiento fue la variedad Cherry Rojo con 1740 gramos por metro cuadrado, por motivos de una mala adaptación al ambiente que provoco un gran porcentaje de pérdida de flores y baja fructificación, entre tanto se pudo observar que esta variedad tuvo un enfoque más vegetativo en sus tres etapas de crecimiento.
- Para el análisis del B/C para las tres variedades se tuvieron valores mayores a 1, indicando que son rentables, así mismo el mayor valor se obtuvo con la variedad Cherry Amarillo con un B/C de 1,2 de que en el sistema de producción hidropónico en sustrato el cultivo es rentable generando ingresos de 0,2 centavos de ganancia por metro cuadrado, esto se debe a que el tomate Cherry es un fruto muy demandado por la población, y por tal motivo los precios de comercialización son altos siendo un producto rentable. Pero a su vez la variedad Cherry Rojo obtuvo un B/C de 0,8 lo cual indica que esta variedad no es rentable por presentar bajos rendimientos.

7. RECOMENDACIONES

- 🍅 Tomando en cuenta las características climáticas de la zona se deben realizar análisis en relación con las necesidades de las plantas. Se recomienda seguir evaluando el comportamiento del cultivo con otras formulaciones en base a los resultados obtenidos ya que no se cuenta con suficiente información acerca de esta técnica con este tipo de hortaliza.
- 🍅 Es indispensable controlar por lo menos 2 veces a la semana los parámetros que afectan a la solución nutritiva, ya que si superan los rangos requeridos por el cultivo pueden causar daños a la fisiología de la planta y con ello afectar el rendimiento.
- 🍅 Se debe tomar en cuenta que para este método de producción al momento de riego debe ser equilibrado y no provocar saturación en el sustrato ya que puede ocasionar estrés hídrico lo cual se aconseja realizar orificios a las bolsas Hydro Environment.
- 🍅 Se recomienda investigar el efecto de la temperatura en la producción hidropónica con diferentes porcentajes de sustrato y con distintas variedades de tomate Cherry ya que es un factor determinante para la producción, siendo que el cultivo de tomate Cherry tiene una alta demanda y precio favorable en el mercado.
- 🍅 Se recomienda realizar investigaciones de características organolépticas, calidad del fruto composición nutritiva de cada variedad de tomate Cherry ya que cada variedad presenta un sabor diferente al otro.

8. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- AAIC (Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar). (2003). Cultivo de tomate riñón en invernadero (*Lycopersicon esculentum*). Obtenido de: [https://digitalrepository.unm\(Becker et al., 2015\).edu/abya_yala/367/](https://digitalrepository.unm(Becker et al., 2015).edu/abya_yala/367/)
- Allende, M., Salinas, L., Rodríguez, F., Olivares, N., & Riquelme, J. (2017). Manual de cultivo del tomate bajo invernadero.
- Andika, D. O. y Ngamau, K. (2009). Chemical properties of some organic materials available in Kenya as components of potting substrate. *World Applied Sciences Journal*, 7(8), 1016- 1022. Obtenido de: [http://www.idosi.org/wasj/wasj7\(8\)/12.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj7(8)/12.pdf)
- Andrade, D. (2013). Hidroponía la huerta sin tierra. Obtenido de: Opinión. <https://www.opinion.com.bo/articulo/tendencias/hidroponia>
- Argerich, M., Vidales, I., Muñoz, J., Toledo, R., y Hernández, M. (2010). Cultivo de tomate necesidades climáticas. Obtenido de: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/Cultivodeltomateynecesidad esclimaticas.pdf>
- Aspi, J. (2020). Efecto de la frecuencia de aplicación de caldo de humus de lombriz en el cultivo de orégano (*Origanum vulgare* L.) en el municipio de El Alto. Tesis de grado, UMSA. Facultad de agronomía. La Paz Bolivia. p 79 – 87.
- Baixauli, C.; Aguilar, J. (2002). Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos prácticos y experiencias. Generalitat Valenciana, Consejería de agricultura pesca y alimentación. Valencia, España: pp. 110.
- Baixauli, S. y Aguilar, O. (2002). Cultivo sin suelo de hortalizas. Generalitat Valenciana. Valencia, España. Serie de Divulgación Técnica Núm. 53. 110 p.
- Barraza, C. (2000). El riego y la fertilización del cultivo del tomate: Guía técnica de campo. (1 ed.). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 64p.

- Barros, MM; Lim, C; Evans, JJ; Klesius, PH, (2000). Efecto de la suplementación con hierro en las dietas de harina de semilla de algodón sobre el crecimiento del bagre de canal, *Ictalurus punctatus* . Aplicación J. Acuicultura, 10 (1): 65–86
- Bautista, A. (2000). Evaluación del rendimiento, calidad y precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero en Chapingo. Tesis de licenciatura. México. 85p.
- Beltrano & Gimenez. (2015). Cultivo en Hidroponía, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Edit. Universidad de la Plata. Buenos Aires, Argentina. 85-90 p.
- Beltrano, J. (2015). Cultivo en hidroponía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 145p.
- Bernabé, A. y Solís, V. (2010). Evaluación del rendimiento, calidad y precocidad y vida de anaquel de 21 genotipos de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en invernadero en Chapingo. Tesis de licenciatura. México. 80-90p.
- Blanco, CH. (2007). “Aplicación de abono líquido en el cultivo ecológico del tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), variedad Cherry en condiciones de campo”. Tesis de Grado. UMSA. Facultad de agronomía. La Paz – Bolivia. p. 50 - 100.
- Blanco, P. (2018). Aplicación de diferentes Dosis de Humus de Lombriz En el cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum* Miller) Variedad Cherry en Ambientes Atemperados en el Municipio de El Alto. Tesis de grado, UMSA. Facultad de agronomía. La Paz Bolivia. p 79 – 87.
- Cabezas, R. (2018). Hidroponía Manual Práctico Una guía para aprender de forma rápida (2 ed.). Cochabamba, Bolivia. 102 p.
- Cala, C. (2004). Efecto de la materia orgánica líquida en sistemas de policultivo con tomate. Tesis de grado, UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz Bolivia. p 79 – 87.
- Caldari Katia. (2007). Alfred Marshall's critical analysis of scientific management, *The European Journal of the History of Economic Thought*, Taylor & Francis Journals, vol. 14(1), p 55-78.

- Caldero, J. (2001). Incremento de la productividad del cultivo de tomate bajo invernadero mejorando la polinización. *Agronomía Colombiana*.18 (1-2),7-13. Obtenido de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21695/22681>
- Calzada, J. B. (1982). *Métodos estadísticos para la investigación*. 4ta Edición. Editorial JURIDICA. Lima, Perú.
- CCB (Cámara de Comercio de Bogotá). (2015). *Manual tomate*. Obtenido de: [file:///C:/Users/hp/Downloads/Tomate%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/hp/Downloads/Tomate%20(2).pdf)
- Carchuna. (2003). *Tomate Cherry*. Consultado 20 de septiembre 2021. Obtenido de: <http://www.Carchuna-spa.com/comercio.htm>
- Castañares. (2012). *Hidroponía de hortalizas*, Primera edición. Argentina, Buenos Aires. P 23-24.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología y Forestal, CA). (2000). *Guía técnica del cultivo del tomate*, Santa Ana, Ciudad Arce, p 50
- Chang, Falcon, Hoyos y Rodriguez. (2000). *Producción de Forraje Verde Hidropónico*. Ed. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Lima. Perú. pp. 235.
- Claros, R. R. (2000). *Evaluación del comportamiento agronómico de ocho variedades de pepino bajo condiciones de invernadero para la obtención de semilla*. Tesis de grado, UMSA. Facultad de agronomía. La Paz Bolivia. p 79 – 87.
- Colomer. (2020). Incremento de la productividad del cultivo de tomate bajo invernadero mejorando la polinización. *Agronomía 103 colombiana*.18 (1-2),7-13. Obtenido de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21695/22681>
- Condori, F. (2009). *Adaptabilidad de cuatro variedades de tomate riñón (Lycopersicum esculentum Mill)*. sitio Cango, cantón Puyango. Tesis de grado. Obtenido de: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5573/1/Rengel%20Bustamante%20Nelson.pdf>.

- Cordoba, N. Gomez, S. Nústez, C. (2005). Evaluación del rendimiento y fenología de tres genotipos de tomate Cherry (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de invernadero. vol.12 no.1 Bogotá, p 45-50.
- CORPOICA (Corporación Colombiana de Investigación Agrícola, CO). (2013). Revista Semanal de la Corporación Hortícola Nacional. Volumen 25. N.º 52. 1ra. Ed. San José, Costa Rica. 150 p.
- Crespo, M. (2010). Manejo del cultivo de tomate bajo ambiente atemperado. Cochabamba: PROINPA.
- Crespo, M., Luján, R., Plata, G., Barea, O., Crespo, L. y Lino, V. (2010). Guía para el manejo del cultivo de tomate en invernadero. (1 ed.). Cochabamba, Bolivia. PROINPA.
- Crespo, M., Lujan, R., Plata, G., Barea, O., Crespo, L., & Lino, V. (2010). Guía para el manejo del cultivo de tomate bajo invernadero. Cochabamba: PROINPA.
- Cuesta, R. (2007). Cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*). Salvador.CENTA. Obtenido de http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Centa_Tomate%202019.pdf.
- Educa. (2020). Distritos municipales de El alto consultado 10 de mayo 2022 Obtenido de: <https://www.educa.com.bo/geografia-municipios/distritos-municipales-municipiode-el-alto>.
- Escobar, H. (2001). Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. Cuadernos de centros de investigación de asesorías agroindustriales (CIAA). 127 p.
- Escobar, H; Lee, R. (2009). Manual de producción de tomate bajo invernadero (en línea). v.2. 2 ed. Bogotá, Colombia. 180 p. Consultado 22 de mayo. 2022. Obtenido de: pdf-manual_produccion_de_tomate_-_pag.-_web-11-15.pdf
- Fabela, E., Preciado, P., y Benavides, A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México

- FAO (Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo. Roma.
- FAO (Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2003). Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción del Tomate Bajo Condiciones Protegidas. Roma.
- FAO (Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana.
- Figuroa, M. (2019). Tipos de tomate: ¿Cuál es el mejor tomate del mundo? Obtenido de: <https://www.pisos.com/aldia/tipos-de-tomate/79210/>
- Flores, J., Murillo, Y., Oporta, R., Flores, C., y alemán, Y. (2016). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chiltoma (*Capsicum annuum*) con sustratos inertes. FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano, 20, 73-81.
- Fornaris Guillermo J. (2007). Características de la Planta. Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate, Colegio de Ciencias Agrícola, Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico p. 5.
- Galeas, E. (2014). Manual de cultivos para la huerta orgánica Familiar (1 ed.). Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria- INTA. 136p.
- Gilsanz, J. C. (2007). Hidroponía. Consultado en 12 de diciembre 2021 Obtenido de: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf>
- Haifa Chemicals, Ltda. (s.f.). Recomendaciones Nutricionales para Tomate - en campo abierto, acolchado o túnel, e invernadero.
- Hoyos, M., Rodríguez, A., Chang, M. (2004). Manual de Hidroponía. La Molina, Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y nutrición mineral. Lima - Perú. 25 p.
- IGM (Instituto Geográfico Militar). (2008). Instituto Geográfico Militar. Datos Latitud, Longitud. Ciudad de El Alto. 2008. La Paz, Bolivia.

- INE (Instituto Nacional de Estadística). (2015). Tomate en invernadero. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle La Paz Bolivia.
- INE (Instituto Nacional de Estadística). (2017). Producción de Papa, Tomate y Cebolla en Bolivia.
- INIA – INDAP (Institutos de investigaciones agropecuarias y de desarrollo agropecuario). (2017). Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo. Serie Horticultura Protegida. Núm. 27. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. Obtenido de: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-sumonitoreo-mediante-analisis-quimico-completo>.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2013). Tipos de sustratos de cultivo. Obtenido de: <https://mexico.infoagro.com/tipos-de-sustratos-de-cultivo/>
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2015). Tomate en invernadero. Estación Experimental Agropecuaria Alto Valle
- INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura). (2017). Tipos y Especialidades de Tomate. 4. Obtenido de: <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/tipos-y-especialidades-de-tomate>
- Iturry, L. (2002). Manual de construcción y manejo del Walipini y panqar huyu. Benson Agriculture and food institute Brigham Young University. Provo, UT USA. 60 p.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Gil, L., García, M., Clímaco, J., Quevedo, D., Sánchez, G., Aguilar, P., Pinzón, L., Zapata, M., Restrepo, J. y Guzmán, M. (2017). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria: Corpoica. 482 p.
- Layme, V. (2005). Aplicación de abono diluido de gallinaza en el cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum*), bajo ambientes protegidos en Achocalla. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, La Paz - Bolivia.

- Libelula, (2011). Partes de la planta. Consultado 20 de septiembre 2021, Obtenido de:
<https://www.guiadejardineria.com/las-partes-de-la-planta-para-ver-con-pequenos/>
- Lopez, A. (2015). Atlas Geográfico del Municipio de El Alto. Murillo, Bolivia: Gobierno Autónomo Municipal del Alto.
- Maroto, V. (1994). Horticultura. Herbácea Especial. 4a ed. Editorial Mundi. Madrid España. p 351, 360 – 367 – 371 – 380.
- Marulanda, C. (2003). Hidroponía familiar en Colombia desde el eje cafetalero. Tercera Edición. Editorial PNUD. Armenia, Colombia. 55 p
- Maucieri C, Nicoletto C, Junge R, Schmautz Z, Sambo P, Borin M. (2019). Hydroponic systems and water management in aquaponics: a review. Ital J Agron 13:1–1
- Mayorga, A. (2004). Evaluación agronómica de ocho híbridos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) en dos localidades de Zacapa. Obtenido de:
http://cunori.edu.gt/descargas/evaluacin_agronomica_de_ocho_hibridos_de_tomate_en_dos_localidades_de_zacapa.pdf
- MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras). (2017). Cuánto tarda una tomatara en dar tomates. Obtenido de:
<https://www.mundohuerto.com/cultivos/tomate/cuanto-tarda-en-dar-tomates>
- Mena, L. (2011). Análisis Socioeconómico de la Producción Hortícola Periurbana en seis distritos de la ciudad de El Alto departamento de La Paz. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía, La Paz-Bolivia.
- Monge, J. (2014). Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica.
- Moreno, N. (2005). Evaluación del efecto de la edad de trasplante sobre el rendimiento en tres selecciones de ají dulce *Capsicum chinense* jacq. en Jusepín, estado Monagas. Revista de la Facultad de Agronomía. 20 (2), 144- 155.
- Mundo huerto. (s.f.). Cuánto tarda una tomatara en dar tomates. Obtenido de:
<https://www.mundohuerto.com/cultivos/tomate/cuanto-tarda-en-dar-tomates>

- Navarro, J. (2000). Cultivo de tomate y la propagación en invernadero. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. San José – Costa Rica. 18 p.
- Noale, M. (2015). Experiencias de agricultura urbana y periurbana en El alto Y La Paz. HIVOS
- Nuez, F. (2001). El Cultivo de Tomate. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 793 p.
- Obregón, V. (2014). Guía para la Identificación de las Enfermedades de Tomate en Invernadero (1 ed.). Bella Vista, Corrientes: INTA. 44 p.
- Ochoa, R. (2009). Diseños Experimentales. (1 ed.). La Paz Bolivia. 43-53 p
- Peña, P. (2013). Evaluación de dos sistemas de producción del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill h. Gabriela) bajo condiciones de invernadero. Tesis de grado. Bella Vista, Saltillo Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Pérez, J. (2015). Guía técnica: Cultivo de tomate. El Salvador. CENTA. Obtenido de: <http://www.centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia%20Tomate.pdf>
- Pérez, J. (2017). Cultivo de tomate riñón. El Salvador: CENTA.
- Perrin, R. (1998). Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos; un manual metodológico de evaluación económica. CIMMYT. México. pág. 79.
- Quiroz, C. (2016). Proyecto de factibilidad de cultivo semi - hidropónico de tomate riñón. Tesis de pregrado. Quito: Universidad de las Américas. Obtenido de <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/1417>
- Resh, O. (2006). Valoración de las características morfológicas y anatómicas de 10 cultivares de jitomate en hidroponía bajo invernadero. Chapingo, México: Universidad de Chapingo.
- Rincón, S. (2002). Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada, 135: 34-46. In: Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. 12º Simposium Internacional. PYTOMA (España).

- Rios, G., Santos, L. (2016). Efectos de heterosis para el contenido de sólidos solubles y el tamaño del fruto en el tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) y su adaptación para los sistemas de cultivo protegido. Actaf.co.cu. Obtenido de http://www.actaf.co.cu/revistas/agrotecnia_05_2008/agrot2010-1/8.pdf
- Robledo-Torres, J., Murillo, Y., Oporta, R., Flores, C., y alemán, Y. (2002). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chiltoma (*Capsicum annuum*) con sustratos inertes. FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano, 20, 73-81.
- Rodríguez, A., Hoyos, M. (2005). Manual de Hidroponía. La Molina, Universidad Nacional Agraria La Molina. Centro de Investigación de Hidroponía y nutrición mineral. Lima - Perú. 25 P.
- Rodríguez, G., Cárdenas, Y. y Sánchez, L. (2010). Efectos de heterosis para el contenido de sólidos solubles y el tamaño del fruto en el tomate (*Solanum lycopersicum*, L.) y su adaptación para los sistemas de cultivo protegido. Actaf.co.cu. Obtenido de: http://www.actaf.co.cu/revistas/agrotecnia_05_2008/agrot2010-1/8.pdf
- Rodriguez, H. Muños, S. Alcorta, S. (1998). El tomate Rojo. 1ra Edición. Editorial Trillas. Mexico D.F. 43-44-45-46-73-74-74 p.
- Rosales, M.A.; Cervilla, L.M.; Rios, J.J.; Blasco, B.; Sanchez-Rodrigues, E.; Romero, L.; Ruis, J.M. (2009). Environmental conditions affect pectin solubilization in Cherry tomato fruits grown in two experimental Mediterranean greenhouses. Environ. Exp. Bot. 67, 320-327.
- Sánchez, C. (2013). Cultivo y Comercialización de Hortalizas. Ripalme. Lima, Perú. pp. 60-61, 128-130.
- Sánchez, G. (2005). Comportamiento de las principales variedades comerciales de tomate de mesa (*Lycopersicum esculentum* Mill.) al parasitismo de los nematodos “nudo de la raíz” (*Meloidogyne incógnita*) y “rosario de la tülz” (*Nacobbus aberrans*) en Ibarra Imbabura. Tesis de ingeniería. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y

Ambientales, Ibarra, Ecuador. Obtenido de
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1377>

Sánchez, G. y Escalante, H. (2007). Comportamiento de las principales variedades comerciales de tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) al parasitismo de los nematodos “nudo de la raíz” (*Meloidogyne incógnita*) y “rosario de la tûálz” (*Nacobbus aberrans*) en Ibarra Imbabura. Tesis de ingeniería. Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Ibarra, Ecuador. Obtenido de
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1377>

Semillería San Alfonso. (2015). Tomate Cherry reg. Consultado 15 de enero 2022
Disponible en:
http://www.semilleriasanalfonso.cl/index.php?route=product/product&product_id=297uhyn

Silva, M. (2017). El cultivo de las hortalizas. (1 ed.). Proyecto Manejo Integral de los Recursos Naturales en el Trópico de Cochabamba y los Yungas de La Paz Bolivia.

Sobrino, J. (1989). Hidroponía y Acuarística del Caribe 6° curso de hidroponía básica para principiantes. Obtenido de
https://www.academia.edu/9685856/HIDROPON%C3%8DA_Y_ACUARISTICA_DEL_CARIBE_6_CURSO_DE_HIDROPON%C3%8DA_BASICA_PARA_PRINCIPIANTES

Somocurcio, D. (2018). Efecto De 7 Diferentes Sustratos En La Producción De Tomate Cherry Var. 6122 (*Solanum lycopersicum* Var. Cerasiforme) Bajo Condiciones Semi Controladas En La Zona De Villa El Salvador. Tesis de ingeniería forestal. Universidad científica del sur, Facultad de Ciencias Ambientales Ingeniería Agroforestal, Lima – Perú. Obtenido de
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1377>.

Soto, F. (2015). Hidroponía familiar en sustrato: hágalo fácil sembrando hortalizas, cosechando salud. Manual práctico. Universidad de Costa Rica

- Telma, H. (2013). Cropkit. Guía de manejo nutrición vegetal de especialidad tomate. Perú. 84 pp.
- Ticona, E. (2020). Evaluación Del Comportamiento Agronómico De Cuatro Especies De Hortalizas De Fruto En Ambiente Atemperado En La Estación Experimental De Patacamaya. Tesis de grado, UMSA. Facultad de agronomía. La Paz Bolivia. p 79 – 87.
- Torrez, V. (2014). Productividad de 63 Híbridos De Tomate (*Solanum lycopersicon* Miller) Introducidos en La Estación Experimental de Cota Cota. Tesis de grado, UMSA. Facultad de agronomía. La Paz Bolivia. p 79 – 87.
- Truffault, V. Blasco, B.; Sanchez-Rodrigues, E.; Romero, L.; Ruis, J.M. (2014). Productividad de 63 híbridos de Tomate (*Solanum lycopersicum* Miller) introducidos en la estación experimental de Cota Cota. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz, Bolivia. 3-22-25 p.
- Vargas, E. (2021). Efecto Del Caldo De Humus De Lombriz En El Cultivo Hidropónico De Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) Variedad Cherry En La Estación Experimental De Patacamaya. Tesis de grado, UMSA. Facultad de agronomía. La Paz Bolivia. p 79 – 87.
- Velasquez, M. (2008). Cultivo de tomate necesidades climáticas. Obtenido de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Foros/Cultivodeltomateynecesidadesclimaticas.pdf>
- Yara Bolivia. (2021). Nutrición Vegetal Tomate. Consultado 22 de marzo 2022. Disponible en: <https://www.yara.bo/acerca-de-yara/>
- Zarate, B. (2007). Producción de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero. Tesis para la obtención de maestría. Instituto Politécnico Nacional. Oaxaca, México. Obtenido de: file:///C:/Users/HP_1040/Downloads/TESIS_MAESTRIA_BALDOMERO%20%20Cherry.pdf

Zárate, M. (2014). Manual de hidroponía. México: Universidad Nacional Autónoma de México.https://www.simplyhydro.com/home_grow_tomatoes/

9. ANEXO

Anexo 1. Memoria fotográfica

Memoria fotográfica

Fotografías durante el desarrollo del trabajo de investigación.

Preparación de sustrato arena y cascarilla de arroz para realizar la siembra.



Semillas de cada variedad.



Cherry Amarillo



Cherry Rojo



Cherry Carolina



Cherry Grande

Preparación del sustrato.



Trasplante de plantines.



Extracción de brotes laterales.



Aplicación de cal sulfocalcico.



Registro de datos de la variable
diámetro de tallo.



Vista frontal de la repetición 2.



Medición de conductividad eléctrica de la solución nutritiva.



Cultivo de tomate en etapa de fructificación.



Registro de datos de la variable diámetro ecuatorial de fruto.



Frutos de la variedad Cherry
Amarillo.



Peso de frutos de las tres
variedades.



Embolsado y comercialización.



Anexo 2. Registros de variables

Variable	Altura de planta		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	72,5	68	70
Cherry Grande	97,5	110,5	87,5
Cherry Rojo	127,2	131,5	129,75
Cherry Carolina	97,5	81,75	78,5

Variable	Diámetro de tallo		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	10,0	8,3	8,6
Cherry Grande	10,3	10,6	10,2
Cherry Rojo	9,3	8,0	8,6
Cherry Carolina	10,5	10,0	8,9

Variable	Diámetro de fruto longitudinal		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	27,48	28,38	26,31
Cherry Grande	61,5	67,04	65,26
Cherry Rojo	26	20,91	23,32
Cherry Carolina	38,97	34,55	38,75

Variable	Diámetro de fruto ecuatorial		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	49,84	37,47	40,17
Cherry Grande	58,89	56,87	55,22
Cherry Rojo	32,72	34,22	34,6
Cherry Carolina	54,29	51,25	49,25

Variable	Número de fruto		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	17	14	18
Cherry Grande	13	12	13
Cherry Rojo	11	11	10
Cherry Carolina	13	13	13

Variable	Día a la floración		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	34	37	33
Cherry Grande	42	39	51
Cherry Rojo	47	49	52
Cherry Carolina	45	42	40

Variable	Días a la cosecha		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	101	107	116
Cherry Grande	123	128	130
Cherry Rojo	111	108	110
Cherry Carolina	121	116	122

Variable	Peso de fruto		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	2	2,3	2,1
Cherry Grande	4,2	5,1	5,2
Cherry Rojo	2,1	3	2,5
Cherry Carolina	2,2	2,3	2,6

Variable	Rendimiento		
Tratamientos variedades	Repeticiones		
	R1	R2	R3
Cherry Amarillo	4400	3277	3332
Cherry Grande	2775	2283	2956
Cherry Rojo	1584	1855	1781
Cherry Carolina	2736	2392	2641

Anexo 3. Costos variables y fijos

COSTOS VARIABLES				
Descripción	T1	T2	T3	T4
1.- MATERIAL VEGETAL				
- Semilla	0,22	0,31	0,50	0,47
2.- MANO DE OBRA				
- Labores Culturales	4,53	5,06	5,63	3,69
- Cosecha	1,56	1,84	2,84	1,25
3.- GASTOS GENERALES				
- Nutrientes	1,41	1,41	1,47	1,41
TOTAL	7,72	8,63	10,44	6,81
COSTOS FIJOS				
Descripción	T1	T2	T3	T4
1.- MATERIAL DE CAMPO				
Arena	0,63	0,63	0,63	0,63
Cascarilla de arroz	0,31	0,31	0,31	0,31
Bolsa plástica	0,78	0,78	0,78	0,78
Peachimetro	9,38	9,38	9,38	9,38
Conductímetro	6,09	6,09	6,09	6,09
Balanza	1,72	1,72	1,72	1,72
Otros				
Alquiler de invernadero	14,00	14,00	14,00	14,00
Herramientas	2,13	2,13	2,13	2,13
TOTAL	35,03	35,03	35,03	35,03
Costo variable por campaña	7,72	8,63	10,44	6,81
Costo fijo por campaña	35,03	35,03	35,03	35,03
Improvistos (+10%)	4,28	4,37	4,55	4,18
Costo total por campaña	64	51	48	52

Anexo 4. Análisis físico químico del agua (IBTEN)



MINISTERIO DE ENERGÍAS

INSTITUTO BOLIVIANO DE TECNOLOGÍA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y FALACIAS NUCLEARES
INSTITUTO BOLIVIANO DE CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS

INTERESADO: GILERY MILENEA AGUILAR PAREDES
PROCEDENCIA: Departamento: LA PAZ,
Provincia: MURILLO
EL ALTO - VENTILLA I

Nº SOLICITUD: 171 / 2018
FECHA DE RECEPCIÓN: 16 / Octubre / 2018
FECHA DE ENTREGA: 18 / Noviembre / 2018

DESCRIPCIÓN: MUESTRA DE AGUA / Ventilla I

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
512-01 /2018	PH	7,51	-	Potenciometría
512-02 /2018	Conductividad Eléctrica	295,00	uS/cm	Conductancia
512-03 /2018	Cobre	10,51	mg / L	Absorción atómica
512-04 /2018	Magnesio	6,47	mg / L	Absorción atómica
512-05 /2018	Sodio	1,89	mg / L	Emisión atómica
512-06 /2018	Potasio	2,82	mg / L	Emisión atómica
512-07 /2018	Cloruro	14,75	mg / L	Método argentométrico
512-08 /2018	Sulfato	18,56	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
512-09 /2018	Carbonato	0,00	mg / L	Volumétrica
512-10 /2018	Bicarbonato	31,74	mg / L	Volumétrica
512-11 /2018	Nitrato	5,79	mg / L NO ₃	Espectrofotometría UV-Visible
512-12 /2018	Fosfato	0,48	mg / L PO ₄ ³⁻	Espectrofotometría UV-Visible
512-13 /2018	Amonio	0,02	mg / L NH ₄ ⁺	Espectrofotometría UV-Visible
512-14 /2018	Boro	0,47	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
512-15 /2018	Manganeso	0,57	mg / L	Absorción atómica
512-16 /2018	Hierro	1,26	mg / L	Absorción atómica
512-17 /2018	Cadmio	0,05	mg / L	Comparación visual
512-18 /2018	Zinc	0,12	mg / L	Absorción atómica
512-19 /2018	Asbato	5,08	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
512-20 /2018	Molibdeno	0,02	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES:



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JOSÉ ORIBEL