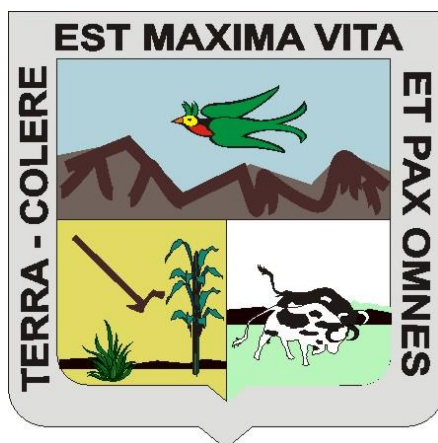


UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZÁN”

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



**EFFECTO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE
EL CRECIMIENTO, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN
VARIEDADES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)
BAJO COBERTOR, HUANCACHUPA - HUÁNUCO**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

TESISTAS

BERROSPI ALBORNOZ, Noemi Yuliana

RODRIGUEZ GÓMEZ, Ruth Mariela

HUÁNUCO – PERÚ

2018

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	3
2.1.1. El tomate cherry	3
2.1.1.1. Origen del tomate cherry	3
2.1.1.2. Historia de tomate cherry	3
2.1.1.3. Taxonomía	4
2.1.1.4. Descripción botánica	4
2.1.1.5. Variedades	5
2.1.1.6. Requerimientos edafoclimaticos.....	6
2.1.1.6.1. Temperatura ambiental	6
2.1.1.6.2. Radiación solar.....	7
2.1.1.6.3. Humedad relativa	7
2.1.1.6.4. Humedad del suelo.....	8
2.1.1.6.5. Importancia del cultivo.....	8
2.1.1.6.6. Producción del tomate en el Perú.....	9
2.1.1.6.7. Producción del tomate en Huánuco.....	9
2.1.2. Unidad hidropónica (cobertor)	10
2.1.2.1. Importancia de los cobertores	10
2.1.2.2. Tipos de cobertores.....	11
2.1.2.3. Estructuras	11
2.1.2.4. La cubierta.....	12

2.1.2.5. Dimensiones de un cobertor.....	13
2.1.2.6. Orientación	13
2.1.2.7. Limpieza y nivelación del terreno	13
2.1.2.8.Trazo del invernadero.....	13
2.1.3. Hidroponía.....	14
2.1.4. Sistemas utilizados en la hidroponía	14
2.1.5. Sustrato	15
2.1.5.1. Caracterización de sustratos	16
2.1.5.1.1. Propiedades de los sustratos	17
2.1.5.1.1.1.Propiedades físicas	17
2.1.5.1.1.2.Propiedades químicas	18
2.1.5.1.2. Clasificación de los materiales utilizados como sustrato	19
2.1.5.2. Criterios de elección de un sustrato	21
2.1.5.3. Manejo de los sustratos.....	22
2.1.5.3.1. Sustratos inorgánicos	22
2.1.5.3.2. Sustratos orgánicos.....	23
2.1.5.4. Valores óptimos recomendados para sustratos	23
2.1.5.5. Descripción de los sustratos.....	25
2.1.5.5.1. Cascarilla de arroz.....	25
2.1.5.5.2. Arena.....	25
2.1.5.5.3. Escoria de carbón.....	26
2.1.6. Soluciones nutritivas.....	26
2.1.6.1. Fuentes de nutrientes.....	27
2.1.6.1.1. Nitrógeno.....	27
2.1.6.1.2. Fosforo	29
2.1.6.1.3. Potasio	29
2.1.6.1.4. Calcio	30

2.1.6.1.5. Azufre	30
2.1.6.1.6. Magnesio	31
2.1.6.1.7. Fierro	31
2.1.6.1.8. Manganeso.....	31
2.1.6.1.9. Boro.....	32
2.1.6.1.10. Cobre.....	32
2.1.6.1.11. Zinc.....	32
2.1.6.1.12. Molibdeno	32
2.1.6.2. Cálculos.....	33
2.1.6.3. Métodos para preparar soluciones nutritivas	40
2.1.6.3.1. Método de la solución madre	40
2.1.6.3.2. Método normal.....	41
2.1.6.3.3. Método de la adición de los fertilizantes mezclados en seco ...	42
2.1.6.4. Control técnico de las soluciones nutritivas	43
2.1.6.4.1. Calidad del agua.....	43
2.1.6.4.2. pH de la solución nutritiva	44
2.1.6.4.3. Temperatura de la solución nutritiva.....	46
2.1.6.4.4. Volumen de la solución	46
2.1.6.4.5. Balance de los elementos nutritivo	48
2.1.6.5. Nutrición	50
2.1.6.5.1. Manejo de solución nutritiva por etapa fenológica.....	50
2.1.6.5.1.2. Etapa de desarrollo vegetativo	51
2.1.6.5.1.3. Etapa de floración.....	54
2.2. ANTECEDENTES	57
2.3. HIPÓTESIS	59
2.4. VARIABLES	60
III.MATERIALES Y METODOS	61

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION.....	61
3.2. LUGAR DE EJECUCION	61
3.3. POBLACION, MUESTRA Y UNIDAD DE ANALISIS.....	62
3.4. TRATAMIENTO DE ESTUDIO.....	65
3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	65
3.5.1. Diseño de la investigación.....	65
3.5.2. Datos a registrar	67
3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información.....	70
3.6. MATERIALES Y EQUIPOS.....	71
3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
3.7.1. Etapa de pre campo	73
3.7.2. Etapa de campo	73
3.7.2.1. Construcción de la unidad hidropónica (cobertor)	73
3.7.2.2. Desinfección del sustrato	74
3.7.2.3. Instalación de sistema de riego	75
3.7.2.4. Manejo del cultivo.....	76
3.7.3. Etapa de laboratorio y gabinete.....	79
3.7.2.1. Análisis de calidad externa.....	79
3.7.2.2. Análisis de calidad Interna.....	80
IV. RESULTADOS	82
4.1.CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD HIDROPÓNICA (COBERTOR)...	83
4.2. VARIABLE DE CRECIMIENTO.....	84
4.2.1. Altura de planta	84
4.2.2. Diámetro de tallo.....	90
4.3. VARIABLE DE RENDIMIENTO.....	96
4.3.1. Número de frutos por racimo.....	96

4.3.2. Número de racimos por planta.	101
4.3.3. Número de frutos por planta.....	106
4.3.4. Peso de frutos por racimos del 1 al 6.....	111
4.3.5. Peso de frutos por planta del racimo 1 al 6	116
4.4. VARIABLE CALIDAD EXTERNA.....	121
4.4.1. Longitud de fruto.....	121
4.4.2. Diámetro de fruto.....	126
4.5. VARIABLE CALIDAD INTERNA.....	131
4.5.1. Contenido de licopeno en el fruto.....	131
4.5.2. Acidez titulable del fruto.....	136
4.5.3. pH del fruto.....	141
4.5.4. Solidos Solubles Totales (°Brix) en el fruto.....	146
4.5.5. Color del fruto.....	151
4.6. DATOS ADICIONALES.....	152
4.6.1. Porcentaje de germinación.....	152
4.6.2. Crecimiento vegetativo (días)	152
4.6.3. Días a la madurez de racimo (1° al 6° racimo)	153
4.7. RENDIMIENTO DE TOMATE POR ÁREA NETA	154
4.8. RENDIMIENTO DE TOMATE POR HECTÁREA	159
4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	164
V. DISCUSIONES.....	165
5.1. Construcción de la unidad hidropónica (cobertor)	165
5.2. Altura de planta	165
5.3. Diámetro de tallo.....	166
5.4. Número de frutos por racimo.....	166
5.5. Número de racimos por planta.....	167
5.6. Número de frutos por planta.....	167

5.7. Peso de frutos por racimo.....	168
5.8. Peso de frutos por planta.....	168
5.9. Longitud de fruto.....	168
5.10. Diámetro de fruto.....	168
5.11. Contenido de licopeno en el fruto.....	169
5.12. Acidez titulable.....	169
5.13. Ph.....	169
5.14. Sólidos solubles (°Brix)	169
5.15. Rendimiento de tomate por área experimental.....	170
5.16. Rendimiento de tomate por hectárea.....	170
VI. CONCLUSIONES.....	171
VII. RECOMENDACIONES.....	172
VIII.LITERATURA CITADA.....	173
ANEXO.....	178

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector agropecuario tiene como objetivo fundamental aumentar el rendimiento por unidad de superficie y mejorar la calidad de los productos. Aun cuando se tiene escasos suelos con aptitud agrícola y las pocas áreas que existen, se encuentran erosionadas, y expuestas al cambio climático. En ese contexto los consumidores se ven afectados por factores como precios altos y mala calidad de los alimentos vegetales. Dentro de estas, el tomate es una hortaliza de gran importancia y demanda en el mercado a nivel mundial y nacional.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) representa la segunda hortaliza más cultivada a nivel mundial, con una producción aproximada de 150 millones de toneladas en 2009 (FAO 2011), lo cual es resultado de su alta demanda para la preparación de distintos tipos de alimentos en casi todos los países del mundo.

El tomate se ha visto muy afectado por las muchas plagas y enfermedades ocasionadas por el cambio climático y mal uso de pesticidas, por lo tanto la producción de tomates se hace cada vez más costoso, no siendo atractivo para los agricultores de esta hortaliza, sin embargo la variedad Cherry se ha empezado a cultivar bajo el sistema hidropónico tanto a nivel nacional como local y este producto es exhibido y ofrecido en los supermercados como tomate orgánico por tanto está desplazando al tomate tradicional y está adquiriendo mayor demanda por la población.

En Huánuco se observa que no hay producción solo existe tomate cherry para consumo, no para comercialización, lo que indica que la fuente productiva es bastante limitada obteniéndose estos productos solo de los productores limeños.

Por esta razón es necesario implementar cultivos hidropónicos a nivel comercial, una técnica de cultivo sin tierra que permite optimizar espacios y recursos, con la finalidad de producir alimentos de excelente calidad a un bajo costo y en el mismo lugar donde se van a consumir.

La producción de tomate cherry en invernadero y cobertor es un negocio de alta rentabilidad pero es sumamente especulativo; debido a la inversión inicial de su implementación, por ello es necesario combinar altos rendimientos con buenos precios para lograr el éxito de este sistema de producción, que comprende el manejo en invernaderos y la hidroponía que en su conjunto permiten un alto grado de control y manejo de los factores limitantes de la producción, generando tecnologías de producción que se adecuen a las condiciones actuales de Huánuco.

Así se logrará incentivar, aprovechar y aumentar el consumo de este producto novedoso, y así mismo aumentar la demanda y mejorar la calidad de vida de los productores de Huánuco.

1.1. Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de sustratos y soluciones nutritivas en el crecimiento, rendimiento y calidad del fruto de variedades de tomate bajo cobertor con fertirrigación, Huancachupa – Huánuco.

Objetivos específicos

- a) Construcción e implementación de una unidad hidropónica con sistema por goteo para la producción de dos variedades de tomate bajo cobertor.
- b) Medir el efecto de sustratos y soluciones nutritivas sobre el crecimiento en dos variedades de tomate bajo cobertor.
- c) Determinar el efecto de sustratos y soluciones nutritivas sobre el rendimiento en dos variedades de tomate bajo cobertor.
- d) Estimar el efecto de sustratos y soluciones nutritivas sobre la calidad del fruto de dos variedades de tomate bajo cobertor.

II. MARCO TEÓRICO

2.1.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. El tomate cherry

2.1.1.1. Origen del tomate cherry

El origen del género *Lycopersicon esculentum* Mill, es una planta originaria de la planicie costera occidental de América del Sur. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de las variedades para mesa y para industria (Monardes 2009).

Los tomates cherry son como las cerezas de sabor dulce. Se trata de la variedad más exclusiva del clásico tomate, la más gourmet y aquella que combina bien con los vegetales de la nueva generación como la rúcula o los canónigos.

Cuando hablamos de tomates cherry, comencemos por el principio: su nombre científico es *Lycopersicon* y pertenecen a la familia *Solanaceas*. Según se sabe, es la variedad más ancestral pues la planta crece de forma espontánea en regiones tropicales o subtropicales.

Si bien todos son pequeños, puedes encontrar tomates cherry que varían en forma y tamaño más grandes y más chicos, aunque también redondos o alargados (Mornardes 2009).

2.1.1.2. Historia de tomate cherry

Rodríguez *et al.* (2013) El tomate cherry es originario de América, se sabe que esta variedad es cultivada desde comienzos del 1800 en lugares como Ecuador, Perú y el Norte de Chile. A Europa llegó desde México, aunque recién en el siglo XX su cultivo se extendió por todo el mundo. Hoy día puedes encontrarlos en muchos huertos debido a que se han vuelto muy populares y solicitados, en especial en la cocina gourmet.

2.1.1.3. Taxonomía

Nuez (2001) menciona que la taxonomía generalmente aceptada es:

Reino: *Plantae*

División: *Traqueophytas*

Subdivisión: *Anthóphytas*

Clase: *Angiospermas*

Subclase: Dicotiledóneas

Orden: *Solanales (Personatae)*

Familia: *Solanaceae*

Subfamilia: *Solanoideae*

Tribu: *Solaneae*

Género: *Lycopersicon*

Especie: *Esculentum*

Variedad: Cerasiforme (Cherry LM y Sakura F1)

2.1.1.4. Descripción botánica

Según Monardes (2009) describe lo siguiente:

Planta

Se trata de una planta anual, uno de los aspectos más originales de la planta es que sus partes verdes están compuestas por pelos glandulares que al rozarse producen un líquido con un olor característico.

Sistema radical

El sistema radical alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrolla un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil.

Tallo principal

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un

grosor que oscila entre 2 - 4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales

Hojas

Las hojas son simples, pecioladas y de limbo hendido. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo.

Flor

La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bilocular o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias, la primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2 - 3 hojas en las axilas. En cuanto al número de flores siempre se dan en racimos.

Fruto

Los frutos son bayas de aspecto similar a las cerezas, de piel fina y sabor dulce, puede alcanzar un peso que oscila entre 10 y 15 g. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

2.1.1.5. Variedades

El cultivo de tomate actualmente se encuentra extendido alrededor del mundo, con miles de cultivares, una amplia variedad de especies, estas varían en tamaño desde el tomate cherry o cereza que tiene entre 1 y 2 cm, hasta los tomates beefsteak que alcanzan más de 10 cm de diámetro. La variedad más ampliamente comercializada tiende a estar entre los 5 y 6 cm de diámetro. La mayoría de los cultivares producen frutos rojos, pero también existen algunos con amarillo, naranja, rosado, púrpura, verde o blanco. También se pueden encontrar frutos multicoloridos y rayados.

2.1.1.6. Requerimientos edafoclimaticos

2.1.1.6.1. Temperatura ambiental

A la planta de tomate le favorece el clima caliente, pues a más alta temperatura mayor será la velocidad de crecimiento. Sin embargo, bajo condiciones de baja luminosidad las temperaturas diurnas y nocturnas se deben mantener bajas, de lo contrario tendremos plantas débiles con floración raquílica debido a que la energía proporcionada por la fotosíntesis será inadecuada para la velocidad de crecimiento (León, citado por Bastida 2012).

Los rangos para un desarrollo óptimo del cultivo oscilan entre los 28 - 30 °C durante el día y 15 - 18 °C durante la noche. Temperaturas de más de 40 °C y menos de 10 °C durante la floración provocan caída de flor y limitan el cuajado del fruto, aunque existen materiales genéticos que cuajan a altas temperaturas (Programa e diversificación hortícola 2008).

El crecimiento y desarrollo del tomate comprende de 3 a 5 etapas, las cuales tienen una duración diferente dependiendo del ambiente y las técnicas de producción, pero, sobre todo, dependiendo del hábito de crecimiento (determinado o indeterminado). En igualdad de condiciones lo normal es que la duración de cada etapa sea mayor en las variedades indeterminadas. Las etapas de germinación, crecimiento, floración y fructificación se dan mejor bajo un ritmo alternante de temperatura entre el día y la noche que a una temperatura constante (Maroto 1989).

Las temperaturas clave en el cultivo del tomate son: en la etapa de germinación la mínima es de 10 °C la máxima de 35 °C y la óptima varía entre 25 y 29 °C. En la etapa de desarrollo la temperatura diurna debe estar entre 18 y 23 °C, mientras que la nocturna entre 16 y 18 °C. La temperatura de las raíces debe mantenerse entre 22 a 25 °C (León, citado por Bastida 2012).

2.1.1.6.2. Radiación solar

La planta de tomate es exigente en cuanto a radiación solar, cuando se desarrolla en épocas o condiciones de baja irradiación, el ciclo vegetativo se prolonga significativamente, la planta se alarga y el tallo es delgado. Cuando se combinan baja irradiación con temperatura alta, la planta llega a presentar hasta 18 hojas antes del primer racimo (Castro, citado por Bastida 2012).

Las bajas intensidades de luz provocan menor crecimiento, plantas débiles y por lo tanto más susceptibles a patógenos y a los cambios bruscos del ambiente. Esta condición ambiental provoca también el aborto de flores y la malformación de frutos, causado por la disminución del crecimiento del tubo polínico. Cuando se tienen días cortos (menores de 12 horas) el ciclo vegetativo se alarga y el inicio de fructificación es tardío (Picken *et al*, citado por Bastida 2012).

Para lograr la maduración de buenos frutos y con maduración precoz, se requiere como mínimo 5 000 a 7 000 pies-bujía. Cuando la radiación solar es igual o superior al óptimo no afecta el desarrollo del tallo, pero para valores por debajo del óptimo se induce una elongación del tallo, siendo estos muy delgados y débiles con una mayor proporción de tejido parenquimático (Marrero 1986).

2.1.1.6.3. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el cultivo de tomate oscila entre 65 - 70 %; dentro de este rango se favorece el desarrollo normal de la polinización, garantizando así una buena producción (Programa e diversificación hortícola 2008).

El rango de humedad relativa ideal para el cultivo de tomate bajo invernadero es de 60 a 70 %; los excesos se pueden controlar con ventilación, aumentando la temperatura y controlando los riegos. La falta de humedad relativa se controla con la frecuencia de riegos o nebulización de agua (Rodríguez *et al.*, citado por Bastida 2012).

Cuando el ambiente dentro del invernadero es muy seco los órganos masculinos y femeninos de la flor se deshidratan y por ello no se produce la fecundación, por el contrario, un ambiente muy húmedo ocasiona el apelmamiento de polen lo que trae consigo fallas en la fecundación (Nuez 2001).

2.1.1.6.4. Humedad del suelo

Se considera que el tomate es una planta con exigencias relativamente bajas en cuanto a la humedad del suelo, lo cual es debido a la armonía estructural entre el sistema radical, que absorbe agua con facilidad, y el sistema foliar, que gasta agua con dificultad. Una deficiencia de humedad provoca reducción del crecimiento, reduce la etapa de crecimiento y el periodo funcional de las hojas (Resh, citado por Bastida 2012).

Durante la etapa de desarrollo reproductivo el jitomate requiere 70 a 80 % de humedad aprovechable. Los excesos de humedad causan amarillamiento en el follaje, aborto de flores y frutos, así como incidencia de enfermedades. Los cambios bruscos en la humedad causan principalmente agrietamiento de frutos y aborto de flores (Maroto, citado por Bastida 2012).

2.1.1.6.5. Importancia del cultivo

El cultivo del tomate ocupa un lugar importante entre las hortalizas en el mundo por las siguientes razones:

- a) Tiene una amplia variedad de usos para el consumo fresco.
- b) Es utilizado como ingrediente principal en jugos, pastas, bebidas y otros concentrados.
- c) Presenta un sabor universalmente apreciado en más de 120 recetas culinarias.
- d) Cuenta con un alto valor nutritivo, con altos contenidos de vitaminas A y C.
- e) Su alto valor comercial por unidad de superficie cultivada.

2.1.1.6.6. Producción del tomate en el Perú

SIEA (Sistema integrado de estadística agraria) (2015) La producción de tomate nacional está en alrededor de 160 mil t, en una superficie de 5 mil ha (respecto al año 2000, éstas se han reducido en aproximadamente 35 %). El rendimiento promedio nacional se mantiene en alrededor de 30 t/ha, pero varía mucho entre regiones: en Ica, por ejemplo, se alcanzan rendimientos de 80 t/ha (Ica y Lima concentran cerca del 70 % de la producción de tomate).

Zonas de producción: Lima (Rímac, Chillón, Lurín), La Libertad, Ica, Huaral-Chancay, Barranca, Huacho, Cañete, Arequipa, Lambayeque.

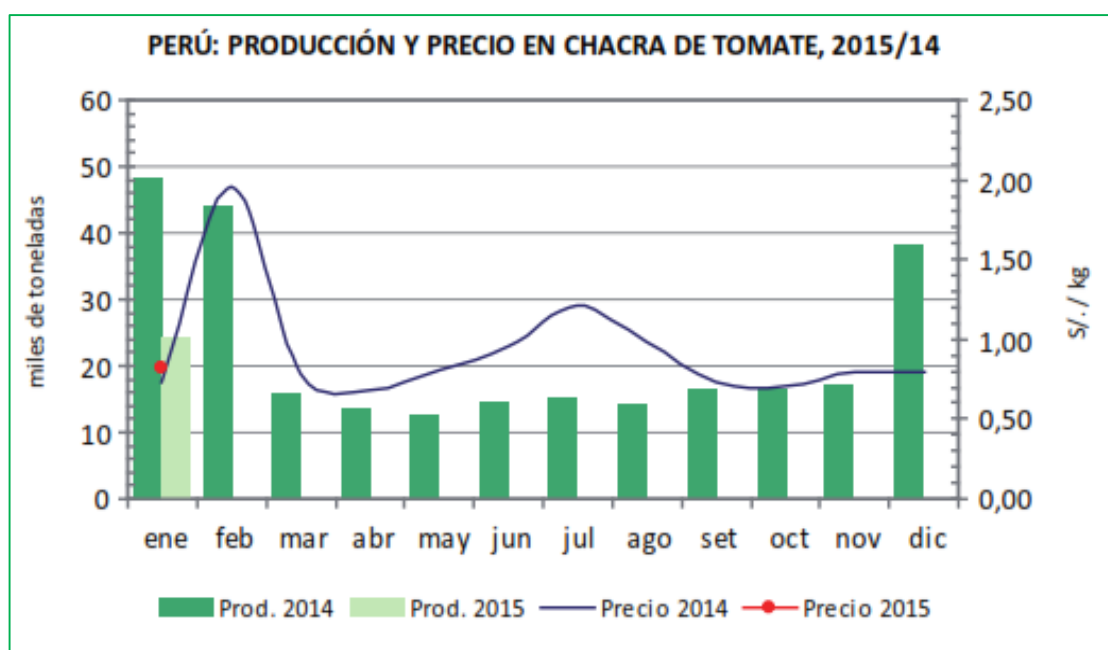


Figura N° 1. Producción y precio en chacra de tomate 2014 – 2015 (SIEA 2015).

2.1.1.6.7. Producción del tomate en Huánuco

En el departamento de Huánuco se tiene una producción de tomate de 1000 a 2000 kg/ha y una producción de 3000 a 4000 kg/ha de tomate híbrido (SIEA 2015). Sin embargo, la demanda comercial de consumidores a nivel local como regional (Cerro de Pasco, Tingo María y Pucallpa) mercados a donde abastece Huánuco es insuficiente, la mayoría de los productores de tomate pertenecen a las zonas de Kotosh, Colpa baja y Cayran productores locales de Huánuco.

2.1.2. Unidad hidropónica (cobertor)

Es una construcción cuya cubierta o techo es de una materia que deja pasar luz sol facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiéndolo lentamente durante la noche, cuando las temperaturas descienden drásticamente, de esta manera se evitan las pérdidas de los cultivos ocasionados por las heladas, así como por las bajas temperaturas (Estrada 2012).

El cobertor permite controlar ligeramente el ambiente interno, modificando el clima y creando las condiciones para el desarrollo de los cultivos en cualquier época de año (Gassó y Solomando 2011).

De esta manera, las temperaturas a interior del invernadero durante la noche siempre serán mayores que las de afuera. (Estrada 2012).

2.1.2.1. Importancia de los cobertores

Según Gassó y Solomando (2011):

- Permiten la producción de hortalizas durante todo el año en regiones que presentan condiciones extremas, facilitando la planificación de la producción.
- Al controlar la temperatura y humedad, aceleran el crecimiento de los cultivos permitiendo que la cosecha se realice en menos tiempo.
- Los rendimientos son mayores que a campo abierto. Se produce más en poco espacio de terreno.
- Facilitan el control de las plagas y enfermedades. Se puede controlar la temperatura y humedad.
- Conservan los suelos porque promueven el cultivo en el mismo suelo en varias oportunidades. Protege a las plantas de las heladas, granizadas, nevadas y bajas temperaturas en general.
- Utilizan el agua eficientemente y de forma controlada.
- Las plantas y los productos están menos expuestos a la contaminación del aire.

2.1.2.2. Tipos de cobertores

En general existen dos tipos básicos de invernaderos modulares que son; el de dos aguas y el de techumbre parabólica o de arco parabólico. Estos cobertores se deben instalar apoyados en una edificación, quedando al abrigo de ésta, de donde se obtiene luz eléctrica y agua para reducir los costos de operación (SARGARPA s.f).

2.1.2.3. Estructuras

Es uno de los factores más importante, ya que la resistencia que tenga ésta, va a estar relacionada con la economía del proyecto de construcción. La estructura está conformada por el conjunto de elementos verticales, horizontales y curvos, que son los que le otorgan la forma y resistencia al invernadero y su función es soportar la carga y esfuerzos que ocasionan los materiales de cubierta, los aparatos de climatización o de riego, el viento, el granizo, etc.; las plantas y los frutos, cuando se realiza el tutorado, pueden producir cargas de peso considerable (Gassó y Solomando 2011).

Los materiales más comunes que constituyen un invernadero son la madera y el hierro o acero, todos asentados en cuerpos de concreto o de ladrillo (SARGARPA s.f).

Madera

Es barata y fácil de conseguir y trabajar, a la que se le puede dar un tratamiento de protección basado en kerosene, diésel o creosota en la parte que se entierra; las partes expuestas al aire libre puede protegerse con pinturas plásticas para exteriores. También se pueden utilizar otate, bambú y morillos, entre otros (Estrada 2012).

Fierro y acero

El acero se instala o reubica fácilmente en el menor tiempo; en algunos casos no requiere de sostén central, su duración es mayor y puede resistir más carga que la madera; por lo general, para evitar su corrosión, se debe pintar periódicamente, aunque también se puede usar el tipo

galvanizado. El fierro es el material más empleado en la construcción de estructuras para invernaderos, por la diversidad de elementos y secciones que se localizan en el mercado, tales como: plancha, lámina, varilla corrugada, perfiles estructurales y tubería de conducción (Estrada 2012).

2.1.2.4. La cubierta

Permitirá conservar el clima en su interior para el buen crecimiento y desarrollo de los cultivos. El material de recubrimiento estará determinado en función del proyecto y deberá programarse de acuerdo a la economía o inversión posible y estar en relación directa con el tipo de estructura que se usará, tanto en lo que se refiere a diseño, como al material propuesto (SARGARPA s.f),

El material a utilizar deberá garantizar que proporcione el llamado "efecto de invernadero", retención de calor, rendimiento térmico, transparencia a la radiación solar, capacidad de retención a las radiaciones de onda larga emitidas por el suelo durante la noche y bajo costo. Los materiales que se pueden utilizar son fibra de vidrio y películas de plástico (Gassó y Solomando 2011).

Los plásticos más comunes son; el polietileno "norma" o sin tratar, que difunde los rayos infrarrojos, pero es destruido rápidamente por la radiación ultravioleta; es de bajo precio, aunque solamente dura de 4 a 6 meses y los polietilenos de larga duración como el PF-602 y el PF-603 que duran un año como mínimo (SARGARPA s.f).

El acrílico es una cubierta rígida, que tiene un gran poder para difusión de la luz, creando en el interior del invernadero una iluminación uniforme. Las láminas de acrílico disponibles cuentan con refuerzo de fibra de vidrio de alta calidad; según sea el grado de luminosidad de la región, se utilizan dos colores: el 200 cristal, con una transmisión de luz del 75 al 85%, utilizado en las áreas que tienen menos luminosidad; y el 202 blanco lechoso, con una transmisión de luz del 65 a 75%, empleado en zonas con alta luminosidad (SARGARPA s.f).

2.1.2.5. Dimensiones de un cobertor

En general, se recomienda un ancho de múltiplos de 3 metros, que no rebase los 9 metros, y una longitud no mayor de 30 metros. La altura debe ser aquella que permita el desarrollo de las plantas a cultivar y se recomienda una altura de 2 a 2.5 metros en los laterales y de 3 a 4 metros en el centro. Esto puede variar de acuerdo al material por utilizar y la región, ya que en zonas con fuertes vientos la altura debe ser menor de 3 metros. Este tipo de invernaderos es modular y se puede ampliar a partir de las necesidades del productor (Gassó y Solomando 2011).

2.1.2.6. Orientación

Esta depende de la luz y los vientos, por lo que se recomienda que se oriente de Norte a Sur para aprovechar con mayor eficiencia la luminosidad y la radiación solar que ayuda al desarrollo de las plantas por cultivar; también que la orientación se combine con la dirección de los vientos de tal manera que los invernaderos queden en el sentido de los vientos dominantes y laterales (Gassó y Solomando 2011).

2.1.2.7. Limpieza y nivelación del terreno

La limpieza del terreno se realizará para preparar el lugar donde se va a construir, quitando basura, escombros, hierbas, arbustos, etc. Asimismo, se debe nivelar el terreno en el caso de que existan montones de tierra o algún otro material. Si se encuentran raíces o restos de árboles deben quitarse completamente para que no interfieran con el proceso de construcción (SARGARPA s.f).

2.1.2.8. Trazo del invernadero

El trazado consiste en marcar sobre el terreno las medidas del Proyecto y que se encuentran en el plano o dibujo del invernadero por construir (Gassó y Solomando 2011).

2.1.3. Hidroponía

Se concibe a la hidroponía como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición. Podemos perfectamente cultivar en agua, pues si porque las plantas desarrollan unas raíces especiales que pueden “respirar” bajo el agua. No se asocia a cuando una planta es cultivada en tierra, el suelo se inunda y el agua se encharca. En ese caso las raíces no pueden respirar y la planta se muere (Gilsanz 2007).

En la hidroponía, las raíces están adaptadas para respirar bajo el agua, absorber nutrientes, crecer y desarrollarse. La hidroponía se engloba en algo más amplio: el cultivo sin tierra. Hay toda una tecnología que incluye métodos hidropónicos y no hidropónicos, pero que componen un paquete de cultivos sin tierra, y allí entramos también en lo que supone cultivar en sustratos sólidos que no son tierra (Gilsanz 2007).

2.1.4. Sistemas utilizados en la hidroponía

Según Gilsanz (2007) existen tres sistemas más utilizados en la hidroponía:

El sistema flotante

Es el más sencillo de realizar, de bajo costo y no demanda el uso de energía extra. Consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella flotando la plancha de espuma que soporta las plantas.

En este sistema es necesario realizar un cambio de solución semanalmente o al menos renovar parte de ella. Además, se requiere de la aireación del sistema por medio de agite de la solución diariamente.

Las desventajas de este sistema consisten en la necesidad de formulación frecuente de la solución nutritiva, la necesidad de aérea, el medio y prever la contaminación del soporte de espuma por algas que encuentran su fuente de alimento en la solución nutritiva, incentivadas por el acceso a la luz. Requiere además de un consumo importante de agua. En este sistema

los cultivos que mejor se adaptan son aquellos de hoja como lechuga, espinaca y el de plantas aromáticas.

Sistema NFT (Técnica de la película de nutriente)

Se basa en el flujo permanente de una pequeña cantidad de solución a través de caños de los que el cultivo toma para su nutrición. En general este sistema está catalogado como de elevado costo, requiere del suministro de un volumen de agua constante, y para ello se gasta energía en el proceso de bombeo.

El sistema consta de caños de distribución, un tanque de almacenamiento de la solución, tanques de formulación y una bomba que contemple las necesidades del sistema. En este sistema se instalan cultivos que por el largo de ciclo o por el consumo de solución no podrían realizarse de otra manera, ejemplo: tomate, morrón, melón etc. Las desventajas del mismo son el uso de energía, el costo, la necesidad de contemplar el efecto de la temperatura sobre el nivel de oxígeno en el sistema de distribución, para ello los caños son pintados frecuentemente de colores claros. Requiere de formulación y chequeo frecuente del pH y salinidad de la solución.

Cultivo con Sustrato

Se usan contenedores de plástico o madera los cuales se llenan de sustrato inerte u orgánico, esto quiere decir que no aporta ningún tipo de nutrientes al sistema o en bajas proporciones, se pueden usar muchos tipos de sustratos, a los cuales se agrega una solución nutritiva para el desarrollo de los vegetales.

2.1.5. Sustrato

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, ya sea natural o de síntesis, residual, mineral u orgánico que, colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desarrollando el papel de soporte para la planta, pudiendo intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta (Díaz 2004).

De un modo más sencillo, se puede definir como sustratos a aquellos materiales puros o en mezcla, que son empleados para reemplazar al suelo en el cultivo de plantas en contenedores el cual le proporciona a las plantas las condiciones adecuadas para su desarrollo, además de permitir que la “solución nutritiva” se encuentre disponible para la planta (Gallardo sf.).

El sustrato es un sistema de tres fracciones cada una con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y, por interacción con la fracción sólida, los nutrientes necesarios.

Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO₂ del entorno radicular (Lemaire, citado por Baldomero 2007). Esto hace que resulte necesario conocer las propiedades físico, físico – químicas, químicas y biológicas de los sustratos, pues condicionan en mayor medida los cultivos en contenedor y determinan posteriormente su manejo.

Debido a la estrecha relación que los sustratos guardan con la raíz, estos también deben contribuir a proporcionarle otras cuatro propiedades que normalmente se olvidan cuando se habla de los mismos:

- a) Oscuridad absoluta para el buen desarrollo del sistema radicular.
- b) Temperatura óptima para que la raíz pueda llevar a cabo todas las funciones que tiene encomendadas (absorción de nutrientes minerales, transpiración, etc).
- c) Un ambiente propicio para el establecimiento de una microflora favorable para el cultivo (rizosfera).
- d) Un ambiente desfavorable para el desarrollo de microorganismos u otros agentes que puedan actuar como transmisores o reservorio de plagas y enfermedades (Sánchez s.f.).

2.1.5.1. Caracterización de sustratos

Al igual que se han caracterizado y clasificado los suelos para su manejo, es necesario realizar lo mismo con los sustratos. En el caso de los suelos, la caracterización química viene a ser primordial y en general se les

asigna una menor importancia a sus propiedades físicas. Por el contrario, en el caso de los sustratos, la caracterización física viene a ser fundamental y la caracterización química viene a ser menos relevante, dado que los nutrientes se suministran en la solución nutritiva (Baldomero 2007).

2.1.5.1.1. Propiedades de los sustratos

Raviv *et al*, citado por Baldomero (2007). Las propiedades que en mayor medida caracterizan a un buen sustrato, en cuanto a su aptitud para la germinación, el enraizamiento y el desarrollo de plantas, son las siguientes.

2.1.5.1.1.1. Propiedades físicas

Según Gilsanz (2007) las propiedades físicas del sustrato son:

Espacio poroso total

Es el total de espacio que no está ocupado por el material sólido que se agrega en la maceta o contenedor y que puede estar ocupado por agua y aire, denominado también como capacidad de retención de agua y capacidad de aire, respectivamente. El espacio poroso total debe ser mayor a 85 %.

Capacidad de aire o porosidad de aire

Se refiere a la proporción de aire en el medio de crecimiento o sustrato y es importante conocerla, ya que las diferentes especies a cultivar tienen diferentes requerimientos o necesidades de aireación. Para algunos autores es la propiedad más importante a evaluar. Hasta el momento no existe consenso entre los autores de cuál es el valor óptimo; algunos autores aceptan que este debe estar comprendido entre 10 y 35 % para sustratos en maceta, mientras que otros señalan que debe situarse entre 20 y 30 %. Esta variable depende del tamaño de partícula utilizada en el medio de crecimiento, así como de la forma, naturaleza de los materiales y altura del contenedor. Por ejemplo, si el tamaño de partícula incrementa en el contenedor o maceta disminuye la cantidad de agua retenida e incrementa el espacio poroso total.

Capacidad de retención del agua

Es una propiedad importante a evaluar en los sustratos a utilizar y se refiere a la cantidad de agua retenida por el sustrato, y corresponde a la cantidad de agua en el sustrato después de haber drenado, después de que fue agregada al contenedor o maceta. Esta variable depende del tamaño de partícula utilizada en el medio de crecimiento, así como de la naturaleza de los materiales empleados. Ansorena, citado por Gilsanz (2007) señala que tamaño de partícula menor a 0,5 mm, presenta la máxima influencia en la porosidad de aire y en la retención de agua, dado que la disminuye e incrementa, respectivamente. Así, partículas mayores a 0,5 mm incrementan la porosidad total y disminuyen la retención de agua. Por tanto, el tamaño de partícula se tendrá que modificar o seleccionar adecuadamente para obtener propiedades físicas óptimas.

Densidad aparente

Se define como la masa seca contenida en un centímetro cúbico de medio de cultivo, depende del grado de compactación y del tamaño de partícula. Es importante determinarla, ya que a través de esta se pueden evaluar volúmenes y costos de transporte por volumen de material.

Densidad real

Se define como el cociente entre la masa de las partículas del medio de cultivo y el volumen que ocupan, sin considerar los poros y huecos, no depende del grado de compactación, ni del tamaño de partícula.

2.1.5.1.1.2. Propiedades químicas

En lo que se refiere a las propiedades químicas, los sustratos orgánicos son los que contribuyen en mayor grado a estas propiedades.

Capacidad de amortiguamiento del pH

Esta propiedad depende del tipo de sustrato (orgánico o inorgánico) en general, los materiales orgánicos con elevada CIC, la capacidad de amortiguamiento ante cambios de pH es mayor.

Nutrimentos

El contenido nutrimental entre sustratos es notoriamente variable, pero los materiales compostados, en su mayoría, son los que presentan elevado nivel de nutrientes asimilables en comparación a otros como la corteza de pino, o bien con los sustratos inorgánicos que por lo general son inertes.

Salinidad

Esta se refiere a la concentración de sales solubles en la solución del sustrato, la cual suele ser elevada en sustratos orgánicos. Además de que existen sustratos, principalmente los de tipo orgánico, con alguna concentración natural de sales como es el caso de la fibra de coco. Por tanto, en el cultivo en sustrato es mayor la probabilidad de acumulación de sales en comparación al suelo.

2.1.5.1.1.3. Propiedades biológicas

Las propiedades biológicas se evalúan en los sustratos orgánicos ya que son susceptibles de sufrir descomposición previa a ser empleados o durante su permanencia en la bolsa en vivero.

Por esta razón, es importante determinar las características biológicas de los mismos, tales como población microbiana y su relación con la presencia de sustancias reguladoras y evolución del CO₂ como un indicador de la velocidad de descomposición, las cuales aportarán mayor garantía de calidad al sustrato (Villasmil, citado por Crespo *et al*, 2013).

2.1.5.1.2. Clasificación de los materiales utilizados como sustrato

Los criterios para clasificar los sustratos, se basan en el origen de los materiales, su naturaleza, sus propiedades, su capacidad de degradación, etc. Sin embargo, la clasificación común es en materiales orgánicos e inorgánicos (Abad y Noguera, citado por Baldomero 2007).

2.1.5.1.2.1. Materiales orgánicos

Según su origen los sustratos pueden ser:

Naturales

Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica, por ejemplo, la turba, tierra de monte, etc. (Sánchez s.f.)

Sintéticos

Normalmente denominados plásticos, son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química como la espuma de poliuretano y polietileno, espuma de resinas fenólicas (Bunt, citado por Baldomero 2007).

Residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo

Los materiales de ese grupo requieren una previa maduración o estabilización de su materia orgánica para poder ser adecuados como sustratos, por ejemplo, las cortezas de árboles, aserrín, viruta de madera, residuos sólidos urbanos, lodos de plantas depuradoras de aguas negras, estiércoles, cascarilla de arroz, paja de cereales, polvo de coco, etc. (Bunt, citado por Baldomero 2007).

2.1.5.1.2.2. Materiales inorgánicos

Según Bunt, citado por Baldomero (2007), se describen tres tipos:

De origen natural

Son materiales obtenidos a partir de rocas o minerales de origen diverso (ígneas, metamórficas o sedimentarias), no son biodegradables. Por ejemplo, arena, grava, roca volcánica, zeolita, etc.

Transformados o frotados industrialmente

Son materiales provenientes de rocas o minerales, que han sufrido un proceso químico o físico, con el objetivo de obtener fibras y o

gránulos ligeros muy porosos, por lo que en este grupo tenemos a la perlita, lana de roca, vermiculita, arcillas expandidas, etc.

Residuos y subproductos industriales

Son materiales provenientes de diversas actividades industriales residuos de procesos de combustión, desechos de minería, escorias de los hornos, escorias de carbón, etc. (Burés, citado por Baldomero 2007).

2.1.5.2. Criterios de elección de un sustrato

Según Crespo *et al* (2013), para elegir un material como sustrato se deben considerar varios aspectos para que el crecimiento de las plantas sea el óptimo. Dentro de los criterios más importantes se encuentran:

- a) Que posea propiedades físicas, químicas y biológicas adecuadas para el crecimiento.
- b) Se debe considerar la relación beneficio/costo.
- c) Disponibilidad en la región o zona
- d) Facilidad de manejo o compatibilidad, en el caso de realizar mezclas de materiales.

Otros factores para la selección de sustratos mencionados por Abad y Noguera, citado por Baldomero (2007) son:

Suministro y homogeneidad

Los cambios en la calidad del sustrato pueden provocar pérdidas graves en la producción por lo que es indispensables que los productos a utilizar como sustratos sean abundante suministro con una elevada homogeneidad en cuanto a sus características.

Costo

Es un parámetro significativo, aunque, no debe de estar por encima de las características básicas, es decir, es preferible adquirir un sustrato de mayor costo que cumpla con las características mínimas ya que esto nos permite reducir riesgos.

Finalidad de la producción

Porque de la elección del sustrato dependerá el manejo y la calidad del producto.

Propiedades

Una vez reunidos los tres puntos anteriores, el siguiente paso es realizar un análisis detallado de las propiedades del material, estas propiedades son el factor limitante que determina el manejo del cultivo.

Impacto ambiental

En este se consideran dos grandes grupos de sustratos. Primero, los provenientes de recursos naturales difícilmente renovable como es el caso de la turba, de los cuales cada vez es más limitado su uso, a pesar de tener muy buenas propiedades. El segundo caso corresponde a los materiales transformados o tratados industrialmente (lana de roca), que constituye un problema su desecho. El reciclado y la reutilización de residuos son una buena alternativa.

Otro factor considerado para elegir un determinado material como sustrato, es la ausencia de sustancias que sean tóxicas para las plantas. Por lo tanto, todas las características mencionadas anteriormente están interrelacionada y estas contribuirán al éxito del cultivo.

2.1.5.3. Manejo de los sustratos

2.1.5.3.1. Sustratos inorgánicos

Rodríguez *et al*, citado por Reyes (2009) argumenta que se recomienda lavar dos o tres veces con agua antes de sembrar las semillas o trasplantar un nuevo cultivo. En caso de sustratos contaminados, desinfectar con hipoclorito de sodio al 4 por ciento (10 ml de lejía o blanqueador en 1 litro de agua) por 24 horas. El lavado puede realizarse directamente en el contenedor, tratando de eliminar los residuos del cultivo anterior.

2.1.5.3.2. Sustratos orgánicos

Rodríguez *et al*, citado por Reyes (2009) mencionan que estos sustratos requieren un tratamiento previo antes de su uso. La cascarilla de arroz requiere humedecerse con anticipación a la siembra o trasplante, porque inicialmente tiene una baja capacidad de retención de agua. El proceso de fermentación aeróbica, que se lleva a cabo durante períodos de 2 a 3 semanas, mejora sus propiedades. El humedecimiento total y continuas remociones del material son necesarios para llevar a cabo el proceso de fermentación. Luego, realizar una desinfección con hipoclorito de sodio al 4 por ciento enjuagar con agua y luego de 24 horas y está lista para usar.

Calderón, citado por Reyes (2009) indica entre las principales propiedades físico-químicas de la cascarilla de arroz, la baja tasa de descomposición, además es liviana, tiene buen drenaje, y aireación.

2.1.5.4. Valores óptimos recomendados para sustratos

A nivel mundial se han generado una serie de valores óptimos de algunas de las características de los sustratos; sin embargo, Abad *et al*, citado por Baldomero (2007) son los que han dado un mayor número de parámetros óptimos. En el Cuadro N°1 y N°2 se presentan los valores óptimos para sustratos de cultivo recomendados por algunos autores.

Cuadro N°1. Niveles óptimos para las características físicas de sustratos de cultivo.

PARÁMETRO	De Boodt y Verdonck (1972)	Bunt (1988)	Handreck y Black (1991)	Abad <i>et al.</i> (1993)
Tamaño de partícula (mm)				0,25 - 2,5
Densidad aparente (g/cm)			0,3 - 0,6	< 0,4
Densidad real (g/cm-3)				1,45 - 2,65
Espacio poroso total (% vol)	85	75 - 85	60 - 80	> 85
Capacidad de aireación (% vol)	20 - 30	10 - 20	7 - 50	10 - 30
Agua fácilmente disponible (% vol)	20 - 30		> 20	20 - 30
Agua de reserva (% vol)	4 - 10			4-10
Agua total disponible (% vol)		> 30		24 - 40
Capacidad de retención de Agua, ml L-1				550 - 770

Fuente: elaborado por Baldomero (2007).

Cuadro N°2. Niveles óptimos para las características químicas y fisicoquímicas de sustratos de cultivo.

PARÁMETRO	Warncke 1990	Abad <i>et al.</i> (1993)	NCSU
Método Extracto de saturación			
PH		5,2 - 6,3	5,5 -7,0
CE, dS m ⁻¹		0,75-3,49	1,0- 5,5
N-NHU, mg L ⁻¹		0 - 20	
N-NH ₄ , mg L ⁻¹	440-818	100 - 199	2,3 - 45,2
P, mg L ⁻¹	7-13	6 - 10	≥ 1.3
K, mg L ⁻¹	156 - 235	150 - 249	≥ 21
Ca, mg L ⁻¹	50 - 100	> 200	≥ 30
Mg, mg L ⁻¹	18 - 37	> 70	≥ 10
Na, mg L ⁻¹	< 69		
Cl, mg L ⁻¹	< 89		
Fe, mg L ⁻¹		0,3 - 3,0	
Mn, mg L ⁻¹		0,02 - 3,0	
Mo, mg L ⁻¹		0,01- 0,1	
Zn, mg L ⁻¹		0,3 - 3,0	
Cu, mg L ⁻¹		0,001 - 0,5	
B, mg L ⁻¹		0,005 - 0,5	

Otras determinaciones	
Cenizas %	< 20
Materia Orgánica%	> 80
Relación carbono/nitrógeno	20 - 40
Capacidad de intercambio Cationico , meq/100g	>20

Fuente: North Carolina State University, citado por Baldomero (2007).

2.1.5.5. Descripción de los sustratos

2.1.5.5.1. Cascarilla de arroz

Puede ser usada como sustrato directamente o después de sufrir un proceso de compostaje. Es un material rico en K y P, pero pobre en N. Además, posee grandes cantidades de Mn y B, es una fuente importante de Si. Material ligero, porosidad, permeabilidad y aireación elevadas, pH neutro, CE y CIC bajas, puede presentar toxicidad de manganeso y boro en las plantas (Patrón y Pineda 2010).

Uniforme en calidad, resistencia media a alta a la descomposición (potencial de reutilización) son ventajas que presenta la cascarilla de arroz. Puede ser usada sola o en mezclas. A cascarilla de arroz puede presentar desventajas como ocasionar inmovilización de nitrógeno. Poca agua fácilmente disponible (en mezcla de sustratos no debe superar el 50 %).

2.1.5.5.2. Arena

De la gran variedad de arenas existentes, la de río ofrece las mejores características para ser empleados en cultivos sin suelos el tamaño de las partículas está comprendido entre 0,5 y 2 mm. La procedencia de estas arenas debe ser de ríos no contaminados ni mezcladas con materiales arcillosos. Un aspecto a tener en cuenta es que la arena de río no debe tener niveles altos de carbonato de calcio, pues alterarían la solución nutritiva (Mora 1999).

2.1.5.5.3. Escoria de carbón

Este material, tanto sus partículas finas como gruesas poseen características ventajosas para ser utilizadas como sustrato, para cultivos sin suelos, poseen una retención de humedad similar a la pómez, una buena estabilidad y excelente oxigenación, pero bajo capilaridad (Mora 1999).

2.1.6. Soluciones nutritivas

Sánchez y Escalante (2001) La solución nutritiva se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas, disueltos en agua. Bajo un sistema de cultivo hidropónico, con excepción del carbono, oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados a través de una solución nutritiva y en forma asimilable por las raíces de las plantas, por lo tanto, es considerada un pre requisito la solubilidad de los iones esenciales en el agua.

El nitrógeno, el potasio, el fósforo, el calcio, el azufre y el magnesio, denominados comúnmente como macro elementos se añaden al agua usando, casi siempre como fuente, fertilizantes comerciales.

Los otros elementos: hierro manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno (denominados microelementos) van e menudo incluidos como impureza en el agua y en los fertilizantes que proporcionan los macro elementos, a excepción del hierro (que deben añadirse casi siempre regularmente a la solución), solo se añaden a la solución cuando existe necesidad (Sánchez y Escalante 2001:119).

Después de varios años de investigación, se ha llegado a concluir que no existe una solución teórica ideal para un cultivo en particular y que la concentración óptima de elementos nutritivos para una especie vegetal en particular depende de un conjunto de factores en los que destacan: la parte de la planta que se va a cosechar (raíz, tallo, hoja, flor, fruto o semilla), la estación del año, el clima, la calidad del agua y el estado de desarrollo de la planta (Sánchez y Escalante 2001:119).

La cantidad de sales disueltas en la solución nutritiva, para logra un crecimiento vegetal satisfactorio expresada en forma de presión osmótica, es del orden de 0,5 a 2,0 atmosferas. Las cantidades de cada elemento y las proporciones entre estas deben regularse adecuadamente, pero en la práctica existe un rango considerable de variación. El pH de la solución deberá ajustarse de acuerdo a las necesidades de la especie a cultivar; la mayoría de las plantas se desarrollan con un pH de 5,0 a 6,5.

Al hacer los cálculos para elaborar la solución nutritiva debe tomarse muy en cuenta la cantidad y el tipo de iones que el agua tiene ya disueltos de acuerdo a su origen. Por ejemplo, si se usa agua de río para hacer la solución, es probable que contenga considerables cantidades de calcio y/o magnesio, mismo que deben descartarse de los fertilizantes que se están usando como fuente estos elementos (Sánchez y Escalante 2001: 119,120).

2.1.6.1. Fuentes de nutrientes

Las fuentes más comunes y baratas de los elementos esenciales son los fertilizantes comerciales. Solo cuando se hacen trabajos de nutrición vegetal o como fuente de alguno micronutrientes es que se justifica el uso de los reactivos analíticos que, por su elevado precio, no se recomiendan en la hidroponía comercial o a nivel de huerto familiar. Algunos fertilizantes proporcionan dos o inclusive más nutrientes, lo cual facilita la elaboración de la solución y reduce su precio (Sánchez y Escalante 2001:120).

2.1.6.1.1. Nitrógeno

Sánchez y Escalante (2001) mencionan que el nitrógeno es absorbido por las plantas casi exclusivamente en forma de nitrato (NO_3^-) y en forma de amonio (NH_4^+), soluble en agua. En hidroponía la mayoría del nitrógeno se proporciona con base en nitratos. El amonio, en la mayoría de los casos, solo se usa como fuente suplementaria, ya que elevadas concentraciones de este ion pueden causar daños fisiológicos a la planta.

Las principales fuentes de nitrógeno son:

Nitrato de potasio

Aunque es una fuente muy satisfactoria de nitrógeno, en Perú es difícil y caro conseguirlo en pequeñas cantidades. Conseguido por tonelada es lo más recomendable en instalaciones grandes, ya que además de proporcionar una buena parte del nitrógeno en forma de nitrato puede proporcionar la totalidad del potasio requerido.

Nitrato de calcio

En Perú solo puede conseguirse como reactivo analítico, lo cual hace posible su uso a escala comercial. Es una fuente satisfactoria de nitrógeno y calcio soluble. Debe almacenarse en un lugar seco ya que es muy higroscópico.

Nitrato de sodio

También conocido como nitrato de Chile. Es una buena fuente de nitrógeno, pero se debe tomar en cuenta que el sodio que entra en la solución solo va a incrementar el contenido de sales sin contribuir a la alimentación vegetal.

Nitrato de amonio

Contiene iones tanto de nitrato como de amonio, como la proporción de este último es elevada, no se recomienda su uso como fuente exclusiva de nitrógeno.

Sulfato de amonio

Es muy barato y fácil de conseguir. Puede proporcionar la cantidad necesaria de amonio en la solución. Contribuye a acidificar la solución y proporciona también parte del azufre necesario.

Fosfato mono amónico (11-48-0) y fosfato di amónico (18 - 46 - 0)

Aunque se utilizan como fuente de fósforo son un buen complemento de nitrógeno en forma amoniacal.

Urea

Se utiliza como fuente de nitrógeno principalmente en la producción intensiva de forraje en hidroponía.

2.1.6.1.2. Fosforo

Sánchez y Escalante (2001) La forma en que el fósforo es asimilable por las plantas es como ion fosfato (PO_4)[≡]. Dentro de las principales fuentes de fosfato soluble se tienen:

Superfosfato de calcio simple

Es de las fuentes más usadas de fósforo, ya que además de ser barato y fácil de conseguir contiene calcio, azufre y varios microelementos como impurezas. Es difícil de disolver.

Superfosfato de calcio triple

Contiene menos calcio e impurezas, pero más fósforo que el superfosfato simple; su precio es un poco más elevado, pero también es difícil de disolver.

Fosfato de amonio y fósforo diamónico

Son más fáciles de disolver que los anteriores, proporcionan también nitrógeno amoniacal.

Ácido fosfórico

Se utiliza con relativa frecuencia, en forma de solución débil, añadiendo a su vez una pequeña cantidad de hidróxido de sodio para corregir la excesiva acidez. Normalmente es una fuente suplementaria de fósforo, utilizada para regular el PH, en vez del ácido sulfúrico.

2.1.6.1.3. Potasio

Sus principales fuentes son:

Nitrato de potasio

Como ya se mencionó, además de proporcionar el potasio necesario es fuente también de una buena parte del nitrógeno.

Sulfato de potasio

Es más barato y fácil de conseguir en Perú que el anterior; proporciona también azufre.

Cloruro de potasio

Se puede usar, pero hay que tener muy en cuenta que eleva el contenido del cloro en la solución pudiendo incluso ocasionar toxicidad en las plantas (Sánchez y Escalante 2001).

2.1.6.1.4. Calcio

Las principales fuentes son:

Nitrato de calcio

Muy soluble, pero no se consigue en Perú como fertilizante comercial.

Superfosfato (simple y triple)

Proporciona una buena cantidad del calcio necesario, pero es difícil de diluir.

Sulfato de calcio (yeso)

Aunque es difícil de diluir, es barato y fácil de conseguir.

Cloruro de calcio

Aunque es muy soluble, debe tomarse en cuenta que eleva el contenido de cloro en la solución, el cual en altas concentraciones puede ocasionar toxicidad en las plantas, por ello se recomienda su uso, pero con precaución. (Sánchez y Escalante 2001:122).

2.1.6.1.5. Azufre

(Sánchez y Escalante 2001:123) indican que normalmente el azufre es utilizado por las plantas en forma de sulfatos (SO_4)⁻ como las plantas tienen límites de tolerancia para el azufre este casi nunca se contabiliza al hacer la solución nutritiva, pues se considera que siempre queda dentro de los límites adecuados sus principales fuentes son:

- Sulfato de amonio
- Sulfato de potasio
- Superfosfato

- Sulfato de magnesio (sal de Epsom). Además de azufre proporciona magnesio.
- Sulfato de calcio (yeso)

2.1.6.1.6. Magnesio

Son dos las principales fuentes de este elemento:

Sulfato de magnesio (sal de Epsom)

Este fertilizante es el que se usa casi exclusivamente como fuente de magnesio en hidroponía, debido a su solubilidad, bajo costo y accesibilidad.

Sulfato de magnesio (anhidro)

Es más caro y difícil de conseguir en el mercado que en el anterior (Sánchez y Escalante 2001:123).

2.1.6.1.7. Hierro

Sulfato ferroso

Para disolver bien el pH de la solución deberá ser menor de seis. Es la fuente más barata de hierro.

Cloruro férrico

Es más caro y difícil de conseguir que el primero.

Quelatos

Proporciona hierro asimilable por periodo de tiempos más largo que el sulfato ferroso y previenen la precipitación del fósforo (Sánchez y Escalante 2001:124).

Otras fuentes de hierro son las sales orgánicas solubles como el citrato ferroso y el tartrato ferroso.

2.1.6.1.8. Manganeso

El manganeso en la solución nutritiva es proporcionado como sulfato, cloruro o quelatos de manganeso.

2.1.6.1.9. Boro

Se asimila como borato (BO_3)⁻ y sus principales fuentes son el ácido bórico y el bórax (tetraborato de sodio)

2.1.6.1.10. Cobre

Sus principales fuentes son el sulfato y el cloruro de cobre.

2.1.6.1.11. Zinc

Se aporta a la solución como sulfato o cloruro de zinc.

2.1.6.1.12. Molibdeno

Este elemento es requerido en tan pequeña cantidad que se encuentra como impureza en otros fertilizantes, por tanto, no requiere de ninguna fuente adicional (Sánchez y Escalante 2001:124).

Cuadro N°3. Fertilizantes de uso común en la preparación de soluciones nutritivas.

Fertilizante	Fórmula	Riqueza (%)	Peso molecular	Peso Equiva-lente	Efecto sobre la acidez	Solubilidad (g)
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	15.5N, 19 Ca	236	118	Básico	1020
Nitrato de potasio	KNO ₃	13 N, 38 K	101	101	Básico	130
Nitrato de amonio	NH ₄ NO ₃	35 N	80,0	80	Ácido	1180
Nitrato de magnesio	Mg(NO ₃) ₂ .6H ₂ O	11N, 9 Mg	256,3	128,2	Neutro	420
Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	23 P, 28 K	136,1	136,1	Básico	330
Fosfato monoamónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	27 P, 12 N	115,0	115	Acido	230
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	45 K, 18 S	174,3	87,2	Neutro	70
Cloruro de potasio	KCl	52 k, 48 Cl	74,6	74,6	Neutro	35
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O	10 Mg, 13 S	246,3	123,2	Neutro	710
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	20 N, 24 S	132,0	66	Muy ácido	710
Sulfato de manganeso	MnSO ₄ .H ₂ O	32 Mn	169,0			
Sulfato de zinc	ZnSO ₄ .7H ₂ O	23 Zn	287,5			
Bórax	Na ₂ B ₄ O ₇ .10 H ₂ O	11 B	381,2			
Sulfato de cobre	CuSO ₄ ..5 H ₂ O	25 Cu	249,7			

Molibdato amónico	$(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24}$	58 Mo	1163,3			
Molibdato sódico	$\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	40 Mo	241,9			
Quelato de hierro	Fe-EDTA	13 Fe	(430)			
Quelato de hierro	Fe-DTPA	9 Fe	(621)			
Quelato de hierro	Fe-DTPA	7 Fe	(799)			
Quelato de hierro	Fe-DTPA	6 Fe	(932)			
Quelato de hierro	Fe-EDDHA	5 Fe	(118)			
Quelato de hierro	Fe-EDDHA	6 Fe	(932)			
Bicarbonato potásico	KHCO_3	39 K	100,1			
Hidróxido de calcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	54 Ca	74,1		Básico	

Fuente: Cadahia, citado por Favela (2006).

2.1.6.2. Cálculos

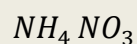
Sánchez y Escalante (2001) indican que la concentración de cada uno de los elementos en la solución se puede expresar en varias maneras, pero son 3 las más usadas:

Solución molar

Es la que resulta de disolver el peso molecular, expresado en gramos (mol) de una sustancia en agua hasta completar un litro de solución. El peso molecular se obtiene sumando los pesos atómicos de cada uno de los átomos que interviene en una molécula de la sustancia considerada.

Por ejemplo, para preparar una solución molar de nitrato de amonio procede hacer los siguientes cálculos:

Formula:



Suma de pesos atómicos:

$$\text{Nitrógeno (2 átomos)} = 14 \times 2 = 28$$

$$\text{Hidrogeno (4 átomos)} = 1 \times 4 = 4$$

$$\text{Oxígeno (3 átomos)} = 16 \times 3 = 48$$

$$\text{Peso molecular} = 80$$

El peso molecular es 80, por lo tanto, una solución molar de nitrato de amonio será aquella que contenga 80 gramos de esta sal, disueltos en un litro de solución. En hidroponía las concentraciones generalmente no son tan fuertes y se expresan siempre en mili moles.

Solución normal

Se obtiene disolviendo el peso equivalente de una sustancia en agua hasta completar un litro de la solución. El peso equivalente se calcula dividiendo el peso molecular de la sustancia entre las valencias de su catión. En hidroponía las concentraciones son, por regla mucho más débiles y se expresan en mili-equivalentes (me) que representan la milésima parte del peso equivalente.

Partes por millón (ppm)

Si un gramo de una sustancia está presente en un millón de gramos de la solución, se tiene una concentración de una parte por millón de dicha sustancia. Términos equivalentes son gramos por mil litros y miligramos por litro; si se disuelve 100 gramos de nitrato de potasio en 1000 litros de solución, resulta una solución de 100 ppm de nitrato de potasio.

En hidroponía generalmente se expresan los elementos radicales disueltos en la solución por partes por millón. Por ejemplo, en vez de mencionar que una solución tiene una concentración de 100 ppm de KNO_3 se puede decir que tiene 56ppm de NO_3 o 12,7 ppm de nitrógeno.

Se requiere calcular la cantidad de cada fertilizante para preparar 200 litros de solución nutritiva de acuerdo a las concentraciones siguientes:

1° Se escribe la formula

En este caso



2° Se obtiene su peso molecular. 101

3° En el caso de que el fertilizante aporte dos nutrimentos diferentes, el cálculo se hace sobre el elemento que primero limite la cantidad de fertilizante. Generalmente es el elemento que más ppm aporta

por gramo de fertilizante. En este caso particular el elemento que primero limita la cantidad de KNO_3 es el potasio que tiene un peso atómico de 39 contra solo 14 de nitrógeno, o sea que cada 101 gramos de KNO_3 disueltos en 1000 litros de agua se están aportando 39 ppm de potasio y 14 de nitrógeno, es decir la relación N: K es de 1:2:3. Por esta razón se calcula primero el potasio en vez del nitrógeno.

4° Se determina que porcentaje del elemento a calcular existe en relación al peso molecular del fertilizante.

$$\% \text{ del elemento} = \frac{\text{peso atómico}}{\text{peso molecular}} (100)$$

$$\% \text{ de K} = \frac{39}{101} (100)$$

$$\% \text{ de K} = 38.6$$

5° De este porcentaje, por medio de una proporción, se calcula la cantidad de fertilizante requerido para dar la concentración dada del elemento. En este caso se busca la cantidad de KNO_3 de necesaria para hacer una solución de 300 ppm de potasio en 200 litros de agua.

Concentración de fertilizante

$$= \frac{\text{concentración deseada del elemento}}{\text{Porcentaje del elemento}} (100)$$

$$\text{Concentración de } KNO_3 = \frac{300}{38.6} (100)$$

$$\text{Concentración de } KNO_3 = 777 \text{ ppm}$$

777 ppm equivalen a una cantidad de 777 g en 1000 litros de agua, por tanto, para 200 litros será:

$$777: 1\ 000 \times 200$$

$$X = \frac{(777)(200)}{1000}$$

$$X = 155 \text{ g}$$

Es decir, se necesitan 155 g de KNO_3 para proporcionar las 300 ppm de potasio en 200 litros de agua.

6° Si el fertilizante incluye otro elemento esencial para la nutrición vegetal, se calcular la cantidad ya añadida de dicho elemento. En el elemento, el KNO_3 además de proporcionar las 300 ppm de potasio, proporciona una cantidad importante de nitrógeno que es necesario contabilizar. Este cálculo se realiza mediante una sencilla proporción de acuerdo a la relación N: K es de 1:2.8 entonces.

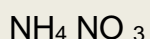
$$1:2,8 \times 300$$

$$X = \frac{300}{2,8}$$

$$X = 107 \text{ ppm}$$

Es decir que 155 g de KNO_3 disueltos en 200 litros de agua, además de proporcionar 300 ppm de potasio, suministran 107 ppm de nitrógeno.

1° formula



2° Peso molecular: 80

3° Elemento que limita la cantidad de fertilizantes en este caso solo. Existe nitrógeno, es decir, no existe otro elemento a contabilizar en la solución.

4° Porcentaje del elemento en relación al peso molecular.

$$\% \text{ de N} = 28/80 (100)$$

$$\% \text{ de N} = 35\%$$

Como la molécula de nitrato de amonio posee dos átomos de nitrógeno se tomó como numerador a la suma de los pesos atómicos de esos dos átomos ($14 + 14 = 28$)

5° Cantidad de fertilizante requerido.

Concentración de $\text{NH}_4 \text{NO}_3 = 28/80 (100)$

Concentración de $\text{NH}_4 \text{NO}_3 = 266 \text{ ppm}$

O sea, se requiere disolver 266 g de $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ en 1000 litros de agua para obtener 93 ppm de nitrógeno. Como en el ejemplo se necesitan 200 litros de solución, entonces:

266: 1000: X: 200

$X = ((266) (200)) / 1000$

$X = 53 \text{ g}$

Es decir, basta añadir 53 g de $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ a los 200 litros de la solución que se está elaborando para obtener las 93 ppm de nitrógeno faltante.

6° Dado que este fertilizante no aporta otro elemento no se realiza este paso.

El siguiente elemento a calcular será el fósforo, cuya fuente podría ser, por ejemplo, el superfosfato simple. Tiene el siguiente procedimiento.

1° Fórmula:



(Esta fórmula no incluye el sulfato de calcio y además material usado como inerte por lo que el peso molecular no concuerda).

2° Peso molecular 750 (aproximadamente).

3° Elemento que limita la cantidad de fertilizante. En este caso es el fósforo ya que, aunque la relación P: Ca es de 1:3,8 en el ejemplo solo se requiere 60 ppm de fósforo con las 300 ppm de Ca.

4° Porcentaje del elemento en relación al peso molecular (7% de fósforo).

5° Cantidad de fertilizante requerido.

Concentración de superfosfato = $60/7 (100)$

Concentración de superfosfato = 857 ppm

Es decir, se requieren 857 g de superfosfato simple en 1000 litros de agua para hacer una solución de 60 ppm de fósforo. Como la solución que se está elaborando tiene un volumen de 200 litros, entonces:

$$857: 1000: X: 200$$

$$X = ((857) (200)) / 1000$$

$$X = 171,4 \text{ g}$$

Por lo tanto, se requieren 171,4 g de superfosfato simple en la solución de 200 litros para aportar 60 ppm de fósforo.

6° Cálculo para el otro elemento aportado por el fertilizante. En este caso se debe calcular cuánto de calcio se suministró a la solución al añadir a la misma las 60 ppm de fósforo. Como la relación P: Ca es de 1:3,8 se tiene:

$$1: 3,8: 60: X$$

$$X = (3,8) (60)$$

$$X = 228 \text{ ppm}$$

O sea, que 171,4 g de superfosfato simple aportan las 60 ppm de fósforo y además 228 ppm de calcio requerido. Dado que se requieren 300 ppm de calcio es necesario suministrar otras 72 ppm de alguna otra fuente, por ejemplo, el sulfato de calcio (yeso).

1° Fórmula $\text{Ca} (\text{SO}_4) 2\text{H}_2\text{O}$

2° Peso molecular 172

3° Elemento que limita la cantidad de fertilizante. En este caso, como ya se mencionó el azufre no se contabiliza, por lo que se toma en cuenta solo al calcio.

4° Porcentaje del elemento en relación al peso molecular.

Concentración de $\text{Ca} (\text{SO}_4) 2\text{H}_2\text{O} = 72/23 (100)$

Concentración de $\text{Ca} (\text{SO}_4) 2\text{H}_2\text{O} = 313 \text{ ppm}$

Entonces 313 g de sulfato de calcio en 1000 litros de agua proporcionan 72 ppm de calcio. Para obtener la misma concentración en los 200 litros de solución se tiene que:

$$313:1000: X: 200$$

$$X = ((313) (200)) / 1000$$

$$X = 62,6 \text{ g}$$

Se requieren 62,6 g de yeso en los 200 litros de la solución para obtener las 72 ppm de calcio faltante.

Se debe mencionar, por último, que, para el cálculo de la cantidad de fertilizantes requerida para preparar una solución dada, se ha procedido considerando que estos son 100% puros. Sin embargo, para lo casos en que no los sean, habrá que considerar su índice de pureza para ajustar los cálculos. Por ejemplo, se había calculado que para preparar 200 litros de solución con 300 ppm de potasio se requerían 155 g del fertilizante nitrato de potasio; pero supóngase que su índice de pureza no fuera de 100% sino 90%, entonces habría que hacer la siguiente corrección.

$$155/0,90 = 172 \text{ g}$$

Es decir, considerando el 90 % de pureza, se requerían 172 gramos de nitrato de potasio en vez de los 155 g considerados para un 100 % de pureza.

Cuadro N° 4. Rangos mínimo, óptimo y máximo de elementos presentes en soluciones hidropónicas.

Elemento	Mínimo	Óptimo	Máximo
Nitrógeno	150	300	1000
Calcio	300	400	500
Magnesio	50	75	100
Fosforo	50	80	100
Potasio	100	250	400
Azufre	200	400	1000
Cobre	0,1	0,5	0,5

Boro	0,5	1	5
Fierro	2	5	10
Manganeso	0,5	2	5
Molibdeno	0,001	0,001	0,002
Zinc	0,5	0,5	1

Fuente: elaborado por Douglas, citado por Sánchez y Escalante (2000).

Si se utiliza como fuente de nitrógeno el nitrato de potasio se puede proceder como sigue:

N = 200 ppm
 K = 300 ppm
 P = 60 ppm
 Ca = 300 ppm
 Mg = 50 ppm
 Fe = 2 ppm
 Mn = 0,5 ppm
 B = 0,5 ppm
 Cu = 0,25 ppm
 Zn = 0,25 ppm

Nota: el azufre no se contabiliza ya que es para el que más amplios rangos de tolerancia presenta plantas. Esta situación facilita mucho los cálculos de las soluciones (Douglas, citado por Sánchez y Escalante 2000).

2.1.6.3. Métodos para preparar soluciones nutritivas

2.1.6.3.1. Método de la solución madre

Se utiliza en trabajos experimentales donde se labora con distintas concentraciones y /o varios cultivos a la vez. También se usa el preparar soluciones madre de microelementos ya que esos son requeridos en muy pequeñas cantidades, su pesado y preparación presentan ciertos problemas prácticos. Generalmente se elaboran dos soluciones madre de microelementos, una de hierro y otra que contenga del resto de los microelementos. En ciertos casos especiales, como en los ensayos de nutrición vegetal, se utiliza una solución madre de cada micronutriente por separado (Sánchez y Escalante 2001).

Para la mayoría de los macro elementos se pueden hacer soluciones madre hasta 0,5 molares; sin embargo, con sustancias poco solubles como los superfosfatos o el sulfato de calcio solo pueden prepararse soluciones con concentraciones 0,1 molar como máximo (Chávez et al. 2006).

Antes de añadir las soluciones madre al agua en que se va a elaborar la solución final, se debe calcular la cantidad requerida de cada una de ellas para lograr la concentración deseada de cada uno de los nutrimentos. También hay que asegurarse de que al menos el 80% del agua se encuentre en el depósito donde se va elaborar la solución final. Después se va añadiendo las cantidades necesarias de cada una de las soluciones madre agitando regularmente junto con cada adición y antes de añadir el siguiente (Chávez et al. 2006).

2.1.6.3.2. Método normal

(Chávez et al. 2006) Este método es menos elaborado que el anterior, los fertilizantes en seco se van añadiendo uno a uno al agua y en las cantidades adecuadas para formar la solución nutritiva. Este método es más usado para hacer soluciones de macronutrimentos; sin embargo, en instalaciones comerciales grandes se usa también este método para añadir los elementos menores a la solución.

Después de haber determinado la cantidad de cada fertilizante para proporcionar las concentraciones deseadas de cada uno de los elementos nutritivos, se va añadiendo separadamente y agitando el agua constantemente el agua del depósito para asegurar una completa disolución. La técnica exacta de disolución depende del tamaño y características físicas de la unidad de producción.

Si se requiere preparar un volumen de solución muy grande se debe contar con agitador mecánico, o bien hacer que la bomba misma agite la solución. Cuanto menos, el 50% del volumen total de agua deberá estar presente al elaborar la solución; el resto del agua se añadirá después de haber diluido los fertilizantes.

Schawarz, citado por Sánchez y Escalante (2001:139) indica los siguientes pasos para elaborar una solución nutritiva de este tipo:

- 1) Pesar los fertilizantes.
- 2) Llenar el depósito de la solución.
- 3) Se ajusta el pH del agua (ya sea con ácido sulfúrico o hidróxido de potasio).
- 4) Se espolvorea el superfosfato y/o yeso en la superficie del agua
- 5) Se agita la solución por un minuto.
- 6) Se añaden los otros macroelementos.
- 7) Se repite la agitación de la solución de cada adición.
- 8) Se ajusta el pH.
- 9) Se añaden los microelementos (previamente disueltos en solución madre).
- 10) Se agita la solución por última vez.

2.1.6.3.3. Método de la adición de los fertilizantes mezclados en seco

En este método, todos los fertilizantes que intervienen en la solución (o más comúnmente los macroelementos) se revuelven en seco hasta lograr una mezcla homogénea y posteriormente se disuelve en el volumen total del agua necesaria para preparar la solución. El peligro de disolver la mezcla con poca agua es que al producirse una alta concentración de sales se puede ocasionar la precipitación de los iones fosfato en compuestos insolubles. Es conveniente preparar varias veces la cantidad necesaria de fertilizantes para hacer solución de este tipo (Chávez et al. 2006).

Por ejemplo, supóngase que la solución a preparar es de 1000 litros; una vez calculada la cantidad necesaria de cada fertilizante para proveer la cantidad deseada de cada elemento nutritivo, se pesa diez veces esa cantidad de cada fertilizante, se mezclan uniformemente en seco y se puede preparar 10 veces una solución nutritiva de 1000 litros (Schawarz, citado por Sánchez y Escalante 2001).

2.1.6.4. Control técnico de las soluciones nutritivas

2.1.6.4.1. Calidad del agua

El agua para el cultivo hidropónico puede obtenerse de varias fuentes: lluvias, ríos, corrientes subterráneas, lagos, pozos, agua de mar destilada, etc. Aparte del agua de lluvia, o del agua destilada, todas las fuentes naturales contienen cantidades variables de sales en solución, y si se van a usar en hidroponía deben ser sometidas a un análisis químico con el objetivo de detectar y evitar posibles problemas nutricionales (Sánchez y Escalante 2001).

Si los sólidos totales presentes en el agua sobrepasan las 3000 ppm, esta no se debe usar en hidroponía a menos que un experimento demuestre lo contrario, con menos de 3000 ppm de sólidos totales, el agua puede usar si se toman en cuenta los siguientes detalles:

- Agua con un contenido superior a 500 ppm (de preferencia que no sobrepase los 250 ppm).
- El agua puede resultar “dura”, es decir, con altos contenidos de sales de calcio y/o magnesio y se debe corregir la solución en consecuencia. Por ejemplo, si el análisis químico indica que el agua posee 100 ppm, de calcio y 50 ppm de magnesio y la solución nutriente demanda respectivamente 300 y 50 ppm, solo será necesario añadirle, mediante algún fertilizante, 200 ppm de calcio ya que el agua está aportando todo el magnesio necesario.
Al restituir el agua perdida por evapotranspiración también se está agregando esta sal, por lo que su concentración tiende a elevarse.
- En casos excepcionales, se pueden presentar metales pesados, sulfuro, o cloro libre en cantidades tóxicas para las plantas (Sánchez y Escalante 2001).

En resumen, cuando se pretende iniciar una instalación hidropónica comercial (periódicamente) se debe hacer un análisis químico del agua que se vaya usar como fuente, que contemple cuando menos:

- Sólidos totales
- Cloruros, si los sólidos totales exceden a 500 ppm
- Dureza, si es alta debe analizarse para calcio y magnesio.
- Metales pesados, sulfuros y cloro libre solo cuando se sospeche.

2.1.6.4.2. pH de la solución nutritiva

(Sánchez y Escalante 2001) El pH de la solución que rodea a las raíces es de extrema importancia para un adecuado crecimiento de las plantas, es muy a menudo manejado inadecuadamente en hidroponía, situación que ocasiona como respuesta un debilitamiento general y un rendimiento bajo en las plantas.

Un concepto, que a veces no se entiende muy bien en relación al pH, es que el cambio del mismo en una unidad significa un aumento o decremento de 10 veces en alcalinidad o acidez. Esto significa que un pH de 4 no es una vez más ácido, ni el doble de ácido que un pH de 5, sino 10 veces más ácido y 100 veces más que un pH de 6. La mayoría de las plantas crecen muy bien con una solución nutritiva que tenga un pH de 5 a 6,5. Se considera, en términos generales que el mantener la solución en un pH de 6 a 6,5 favorece un crecimiento vegetal satisfactorio (Sánchez y Escalante 2001).

Cuadro N° 5. Rango de pH recomendado para algunos cultivos.

CULTIVO	pH
Espinaca	6,0 – 6,5
Fresa	5,5 – 6,5
Tomate	6,0 – 7,0
Papa	5,5 – 6,0
Pepino	5,5 – 6,5
Rábano	5,5 – 6,5

Fuente: elaborado por Schwartz (1975).

Para medir el pH del agua o de la solución nutritiva se pueden usar los siguientes métodos:

Papel indicador

El pH se determina mediante la comparación del color que toma el papel al introducirlo a la solución, con un catálogo cromático testigo. Este método es el más sencillo, más barato y por lo tanto más usado en hidroponía.

Soluciones indicadoras

En casas donde se venden productos químicos se pueden adquirir sustancias que, añadidas a una muestra de solución, indican su pH en función al color que toman comparando también con un catálogo cromático testigo.

Determinación electrométrica

Se efectúa mediante aparatos especiales con electrodos, sobre todo cuando se requiere mucha precisión en la medición. Se utiliza también distintos procedimientos para estabilizar el pH de una solución nutritiva:

- a) Adición de ácidos o álcalis, se usa ácido sulfúrico o fosfórico, en pequeñas cantidades, para acidificarla e hidróxido de potasio o de sodio para alcalinizarla
- b) Ajuste del nivel de fosfatos, ya se ha discutido el papel estabilizador del pH que juega un nivel relativamente alto de fosfatos en la solución (2 a 4 mili moles). Un exceso de fosfatos puede ocasionar precipitaciones de fiero, magnesio, calcio y manganeso.
- c) Al usar sulfato de amonio, las plantas absorben más rápidamente el radical amonio que el sulfato, el cual es un ion que favorece la acidez contrarrestando, la tendencia de la solución a la alcalinidad provocada por la rápida absorción de nitratos (principalmente), que dejan una acumulación residual de iones alcalinizaste. Sin embargo, esta técnica no siempre da resultados muy satisfactorios debido a que altas concentraciones de amonio en la solución pueden ocasionar problemas de intoxicación en las plantas bajo ciertas condiciones ambientales.

- d) Es conveniente ajustar el pH del agua antes de preparar la solución, o inclusive durante el proceso de preparación, para favorecer una mejor disolución de las sales. De igual manera se sugiere determinar el pH periódicamente y corregirlo en consecuencia (Sánchez y Escalante 2001).

2.1.6.4.3. Temperatura de la solución nutritiva

La temperatura de la SN influye en la absorción de agua y nutrientes. La temperatura óptima para la mayoría de las plantas es de aproximadamente 22 °C; en la medida que la temperatura disminuye, la absorción y asimilación de los nutrimentos también lo hace (Cornillon, citado por Favela 2006). La baja temperatura de la SN tiene mayor efecto en la absorción de fósforo que en la de nitrógeno y agua (Adams, citado por Favela 2006).

Con temperaturas menores a 15°C se presentan deficiencias principalmente de calcio, fósforo y la incidencia de pudrición apical de los frutos. Una de las causas de menor absorción de algunos nutrimentos es cuando la temperatura de la solución nutritiva es baja, en esas condiciones la endodermis de la raíz se suberiza y reduce la permeabilidad, la absorción de agua y nutrimentos (Graves, citado por Favela 2006).

El control de la temperatura de la solución nutritiva tiene poca importancia en los lugares de clima templado. En las zonas o temporadas frías, es conveniente tener un sistema de calefacción para evitar temperaturas menores a 15 °C. La SN también debe protegerse con la radiación directa de los rayos solares para evitar su calentamiento, y alteración química y microbiológica. La temperatura de la solución nutritiva debe mantenerse lo más cercana posible a los 22 °C (Hothem, citado por Favela 2006).

2.1.6.4.4. Volumen de la solución

Sánchez y Escalante (2001), el fenómeno de evapotranspiración ocasiona que las plantas tomen, proporcionalmente, mucha más agua que elementos nutritivos, de tal manera que cuando se recircula la solución

nutritiva después de cada irrigación, al ir descendiendo el volumen de la solución, esta se va haciendo cada vez más concentrada. De esta situación resulta un incremento progresivo en la presión osmótica de la solución también del pH.

A medida que la presión osmótica de la solución aumenta, la absorción de agua por las raíces disminuye (la osmosis del agua través de las membranas de los pelos radicales se retarda). Si la concentración de las sales llega a ser muy elevada se puede parar por completo el crecimiento de las plantas e incluso ésta puede morir por desecación al salir agua de la raíz (producto de una mayor presión osmótica alrededor de ella) (Sánchez y Escalante 2001).

Generalmente las soluciones nutritivas se laboran en un rango de 0,5 a 2 atmósferas. En términos generales, una atmósfera en la práctica produce un crecimiento vegetal más intenso, aunque en invierno la concentración optima tienda a ser mayor (1,5 atmosferas) y en verano o en el trópico sea menores (0,5 atmósferas). Para mantenerla presión osmótica adecuada y los niveles de nutrientes en la solución, basta restituírle periódicamente el agua perdida por evapotranspiración. Esto puede hacerse todos los días o en periodos relativamente largos (una semana, por ejemplo). Si después de irrigar una unidad hidropónica con 1000 litros de solución regresan al depósito 900 litros, habría que añadir 100 litros de agua (no de solución) para restituír el volumen y la presión osmótica originales (Sánchez y Escalante 2001).

En instalaciones muy grandes y con el objetivo de reducir la cantidad de labor requerida, se restituye el agua semanal e inclusive quincenal, añadiendo agua en exceso al volumen normal de la solución; de esta manera, la solución inicialmente diluida se va concentrando paulatinamente después de cada riego.

En este método, generalmente la cantidad de agua deja fluctuar igual en ambos lados del volumen normal, por ejemplo, si el volumen original es de 1000 litros, se pueden añadir 200 litros extras de agua y cuando el

volumen de la solución llegue a 800 litros se repite el proceso, siempre procurando que la concentración de sales no se salga del rango de 0,5 a 1,5 atmósferas (Sánchez y Escalante 2001).

2.1.6.4.5. Balance de los elementos nutritivo

Según Sánchez y Escalante (2001) la solución nutritiva presenta un balance con relación a lo siguiente:

Concentración de los elementos esenciales

La solución conduce a un incremento de la presión osmótica que retarda o anula el crecimiento vegetal; aun la alta concentración de un solo ion sin llegar a niveles de toxicidad eleva significativamente la presión osmótica total. Además de las altas concentraciones de uno o más elementos nutritivos pueden ocasionar problemas de toxicidad en las plantas. Por otro lado, una solución muy diluida o a la baja concentración de un elemento puede provocar deficiencias nutricionales en las plantas.

La concentración de microelementos (excepto el hierro) en la solución debe ser tan baja, que varios autores consideran que los fertilizantes comerciales (sobre todo el superfosfato simple), fuentes de los macroelementos y el agua, contienen impurezas las cantidades adecuadas de manganeso, boro, zinc, cobre, y molibdeno para satisfacer las necesidades de las plantas. Si se sospecha de alguna deficiencia, se puede añadir una equivalente a la mitad de lo considerado como óptimo para la planta y si aún sigue manifestando dicha carencia, completarla concentración al óptimo requerido.

Relaciones entre elementos nutritivos

El nitrógeno para las plantas se suministra como nitrato (NO_3^-) o bien como amonio (NH_4^+). Debido al hecho de que el radical amonio es fácilmente asimilable, varios autores coinciden en que solo se puede usar como fuente suplementaria y que la mayoría del nitrógeno debe suministrarse como nitrato. Una concentración elevada de amonio de la

solución en relación a nitrato conduce generalmente a un crecimiento vegetal muy suculento, producto de una absorción muy rápida de amonio en relación a la producción de carbohidratos. Dependiendo principalmente de la edad de la planta y tipo de la planta, duración e intensidad de luz, tipo de sustrato y la reacción de la solución en relación de pH, es que se debe balancear la proporción de amonio con respecto a nitrato. En términos generales y para fines prácticos se recomienda que cuando menos el 75 % del nitrógeno total sea proporcionado en forma de nitrato.

Otra relación de importa en hidroponía es la del nitrógeno con el potasio. Una concentración de 200 ppm, tanto de nitrógeno como de potasio en la solución nutritiva, se considera adecuada para la mayoría de las plantas; sin embargo, en un clima de verano, soleado y cálido, varias especies de plantas desarrollan mejor si se incrementa la concentración de nitrógeno de 250 a 300 ppm y a veces se reduce la concentración de potasio de 150 o 100 ppm. Por el contrario, en invierno con poca luz y relativamente baja temperatura, o bien cuando se presentan muchos días nublados consecutivos, el nitrógeno debe reducirse entre 100 a 150 ppm mientras el potasio se eleva proporcionalmente a 250 o 300 (a mas). En primavera y otoño, en altitudes intermedias, el ajuste es de unas 200 ppm tanto para el nitrógeno como para el potasio. El cambio estacional de las concentraciones debe hacerse gradualmente y no de golpe.

Otra situación que se da cuando las soluciones se hacen muy concentradas es que el calcio se reacciona con los sulfatos formado sulfato de calcio insoluble, lo que a la hora de hacer la dilución final ocasiona pérdidas que pueden dar a una deficiencia.

Las soluciones concentradas ahorran una considerable cantidad de trabajo y tiempo, que sobre todo a escala comercial, pero se debe tener cuidado de no mezclar sales que contengan sulfatos con sales que contengan calcio. Es conveniente entonces, preparar por separado, y una vez diluida una de ellas, agregar la proporción correspondiente de la otra.

Presencia de iones extraños en la solución

La solución se tiene que renovar periódicamente ya que con el tiempo estos van concentrando ciertos iones no esenciales que ocasionan problemas de toxicidad o excesiva presión osmótica.

Una de las principales razones que ocasiona la acumulación de iones es la absorción diferencial de las plantas. Algunos iones se usan en pequeñas cantidades y la constante adición de agua y nutrientes a la misma puede ocasionar acumulación de ellos.

Otros factores que contribuyen a esta situación son el origen o fuente de agua, el tipo de sustrato y el tipo de sales usadas. Normalmente son los sulfatos y los cloruros los que hay que vigilar continuamente junto con el sodio, ya que justamente se forman sulfatos y cloruros de sodio. También ciertos elementos menores y /o elementos pesados no esenciales se pueden ir acumulando hasta ocasionar problemas de toxicidad.

2.1.6.5. Nutrición

2.1.6.5.1. Manejo de solución nutritiva por etapa fenológica

Consta de 4 etapas fenológicas: plántula, crecimiento vegetativo, floración y fructificación. En cada una de ellas se abordan las actividades de manejo cultural, nutrición, procedimientos para elaborar la solución nutritiva y la concentración de ésta para cada etapa.

2.1.6.5.1.1. Etapa de plántula

El periodo que transcurre entre la siembra y la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla y el período de diferenciación del tallo y las hojas falsas, 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 termina en el momento que la plántula está lista para ser trasplantada. Esta etapa dura aproximadamente 30 días (Pérez y Hurtado, citado por Mercado 2007).

Los cultivos tienen necesidades diferentes según la especie, variedad y el estado de desarrollo. Cuando las plántulas desarrollen las hojas verdaderas a los 10 o 12 días después de la germinación se inicia el abonado mediante la fertirrigación. Esta varía de acuerdo a la especie y etapa de desarrollo de la plántula. Existen dos vías para proporcionar la nutrición a las plántulas vía fertirriego y foliar (Mercado 2007).

En esta fórmula para plántula están contempladas las cantidades de algunos elementos que aporta el agua, basados en un análisis químico de agua. En los primeros diez días después de emergida utilizar la concentración del 30% ya que la planta inicia su proceso de fotosíntesis y las reservas de los cotiledones no son suficiente, y en los últimos 15 días aplicar al 50% por que la plántula inicia una mayor demanda de nutrientes además de prepararla para la siguiente actividad (trasplante) (Baldomero 2007).

2.1.6.5.1.2. Etapa de desarrollo vegetativo

Esta etapa se inicia a partir que la plántula ha sido trasplantada en el lugar definitivo donde va a desarrollarse, dura aproximadamente 50 días y termina poco antes de la floración, requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas, ramas en crecimiento y expansión (Pérez y Hurtado, citado por Mercado 2007).

Riego pre –trasplanté

(Castellanos y Muñoz, citado por Mercado 2007:23) menciona que las plántulas deberán regarse dos horas antes para que al momento de la extracción no sean dañadas las raíces al momento del trasplante el sustrato deberá tener la humedad necesaria para que la planta no se deshidrate y pueda recuperarse más fácilmente por lo cual es necesario aplicar un riego un día antes del trasplante a capacidad de campo, es decir, hasta que este húmedo sin drenar. Es recomendable la aplicación de algún enraízate, para favorecer la recuperación y brotación de nuevas raíces.

Trasplante

En general, las plantas cultivadas en charolas son llevadas al sistema definitivo de establecimiento cuando estas poseen 5 hojas verdaderas sin considerar el primer par de hojas embrionarias llamadas cotiledones. En este estado de desarrollo, las plantas cuentan con raíces lo suficientemente largas para estar en contacto con su nuevo medio de crecimiento y desarrollo (Carrasco, citado por Mercado 2007).

Cuando las plantas alcanzan en el semillero una altura de 10 a 12 cm y su tallo tiene más de 0,5 cm de diámetro se considera que ya están listas para el trasplante, esto ocurre aproximadamente entre los 26-30 días después de la siembra (Terán, citado por Mercado 2007).

Consideraciones antes del trasplante

Las plántulas deberán mantenerse húmedas y bajo sombra para minimizar la deshidratación. Las horas más adecuadas para el trasplante, las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde después de las cinco de la tarde. Al depositar la planta en el orificio del sustrato esta debe ser introducida hasta el nivel de los cotiledones como requisito mínimo y luego debe prensarse ligeramente con la mano para asegurar un buen contacto de las raíces con el sustrato (Mercado 2007).

Las cantidades de elementos, que contenga el agua (esto lo sabremos a través de un análisis químico de agua), se deben de restar a las cantidades que indica la fórmula, si esto no se realiza alterará nuestra solución nutritiva.

Baldomero (2007) El pH se debe de ajustar a 5,5 con ácido sulfúrico vertiéndolo en pequeñas cantidades y revisándolo hasta alcanzar el parámetro indicado, la conductividad eléctrica aproximadamente debe de estar en 1,5 ms en esta fórmula se ha restado la cantidad que aporta las sales del agua, basados en un análisis de agua. Se recomienda aplicar la concentración del 50 % en esta etapa de desarrollo de la planta.

Poda

Es otra práctica para controlar el desarrollo de la planta a conveniencia del cultivador, por ejemplo, al podar, se limita el número de tallos productivos y por lo tanto la cantidad de frutos por planta, pero a cambio se obtiene una mayor precocidad, frutos más grandes con un mejor cuajado y mayor calidad (Samperio, citado por Mercado 2007).

Poda en formación

Si se requiere conducir la planta a dos tallos es aconsejable dejar el tallo lateral que crece a la par del primer racimo, ya que manifestó mayor uniformidad y vigor con respecto al tallo principal, a partir de ahí se realizara la bifurcación.

Poda de brotes axilares

Consiste en la eliminación de brotes axilares para mejorar el desarrollo del tallo principal. Debe realizarse con la mayor frecuencia posible (semanalmente en verano-otoño y cada 10-15 días en invierno). Los cortes deben ser limpios para evitar la posible entrada de enfermedades. En épocas de riesgo (lluvias), es aconsejable realizar un tratamiento fitosanitario con algún fungicida que ayude proteger las heridas de las plantas para ver la solución desinfectante (Rosales, citado por Mercado 2007).

Baldomero (2007) Cuando la planta ha alcanzado una altura considerable de 2 m, es necesario bajar la planta descolgando el hilo acostando la planta en un solo sentido, lo cual con lleva un costo adicional en mano de obra, de esta forma la planta siempre se desarrolla hacia arriba recibiendo el máximo de luminosidad, por lo que incide en una mejora de calidad del fruto y un incremento de producción.

Tutoreo

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida, evita que las hojas y los frutos toquen el suelo mejorando así la aireación

general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores. Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades (Pérez y Hurtado 2001), esta técnica permite la conducción de la planta en vertical o ramificada de tal forma que las plantas dispongan de suficiente luz, ventilación y espacio, para el normal y sano desarrollo, tanto de los órganos aéreos como de los frutos (López, citado por Mercado 2007).

2.1.6.5.1.3. Etapa de floración

Inicia con la aparición de los primeros primordios florales, hasta que la flor es diferenciada completamente esta etapa transcurre aproximadamente en 30 - 40 días (Pérez y Hurtado, citado por Mercado 2007).

Para esta etapa se recomienda la concentración de la solución al 75% la conductividad eléctrica debe estar aproximadamente a 2,1 ms y el pH será ajustado a 5,5 y 6.

Polinización

El proceso de la polinización es una etapa del fenómeno de la fecundación. La producción y viabilidad del grano de polen puede disminuir considerablemente por deficiencia en la nutrición y por temperaturas extremas, las condiciones en verano que se dan dentro de un invernadero pueden secar el estigma y perder su receptibilidad por lo que las flores abortan por falta de fecundación. Las flores del tomate son hermafroditas y se auto polinizan cuando las condiciones de luz, temperatura, humedad relativa son adecuadas. Una buena polinización y fecundación es esencial para el cuajado de los frutos y tamaño final que alcancen los mismos. En general las flores de las plantas requieren del movimiento del viento o mecánico para soltar su polen sobre el estigma y fertilizar los óvulos. La polinización por aire prácticamente no se efectúa, pero los insectos pueden favorecer esta al interior del invernadero para esto se utilizan dos medios de polinización, por insectos y medios mecánicos (Samperio 2005).

Las condiciones ambientales más propicias para la polinización deben estar entre 18 y 28 °C, las temperaturas elevadas pueden provocar una excesiva excreción de estigmas, ocasionando que el polen no madure por lo tanto no hay fecundación observándose aborto floral o caída de flor. La humedad relativa debe oscilar entre 60 – 70 %, valores inferiores el estigma se seca, valores superiores, el grano de polen se aglomera. En cuanto al foto período, por ser una planta de día neutro, es decir florecen en días largos y días cortos indistintamente, es posible hacerlo producir en diversas latitudes y a lo largo de todo el año, se debe contar como mínimo con 12 a 16 horas de radiación solar, pues a está siempre está ligada la producción, de modo que, a menor radiación, menor producción (Samperio 2005).

Aclareo de inflorescencia

Núñez, citado por Mercado (2007) menciona que esta práctica está adquiriendo cierta importancia desde hace unos años con la introducción del tomate en racimo y se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad. En caso de inflorescencias muy grandes es usual suprimir algunas flores despuntando la inflorescencia, para eliminar el número de frutos lo que inducirá positivamente en su tamaño y calidad. El aclareo de flores requiere de una fina precisión y conocimiento, sin embargo, se corre el riesgo algunas flores seleccionadas no amarren y se pierdan los frutos. Otra ventaja es que las cosechas se pueden programar en tiempos estratégicos, además facilita las tareas de cosecha ya que de una sola pasada se cortará todo el racimo ya que esté madurará homogéneamente.

2.1.6.5.1.4. Etapa de fructificación

Se inicia a partir del cuajado de las primeras flores y formación de los primeros frutos, aproximadamente de los 80 días en adelante, se caracteriza por la reducción del crecimiento de la planta ya que los frutos extraen más nutrientes, necesarios para su crecimiento y maduración (Pérez y Hurtado, citado por mercado 2007).

Poda, deshojado

Es recomendable realizarlo en las hojas viejas o senescentes con objeto de facilitar la ventilación y mejorar el color de los frutos, por ejemplo: las hojas enfermas deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de enfermedad. También se recomienda no quitar más de tres hojas al mismo tiempo ya que la planta se estará sometiendo a estrés (Castellanos y Muñoz 2004).

Aclareo de frutos

Es una intervención que tiene lugar sobre los racimos que tiene más de seis frutos, dejando un número de frutos fijo, y eliminando los frutos mal posicionados, deformes, dañados, calibre reducido. La práctica de aclareo de frutos en variedades de crecimiento indeterminado, se recomienda dejar de cinco a seis frutos por racimo, cuando estos presentan un tamaño canica (Valadez 1994).

Poda apical

Consiste en eliminar la parte apical del tallo con el objetivo de detener el crecimiento vertical en las variedades indeterminadas, con ello se logra mayor precocidad en la producción de frutos. Esta poda varía según las características del cultivar, pero generalmente se realiza entre el sexto y octavo racimo floral. Según el objetivo del mercado y otros factores como las temperaturas bajas si no se cuenta con calefacción (Pérez y Hurtado, citado por Mercado 2007)

En esta etapa se recomienda la concentración al 100 % de solución fertirriego, el pH se ajusta a 5,5 la conductividad eléctrica estará entre 2,4 ms aproximadamente. Cabe mencionar que estas concentraciones de las soluciones nutritivas que se presentan en estas etapas fenológicas van de la mano con el programa de aplicaciones foliares según el desarrollo de la planta.

2.2. ANTECEDENTES

Feltrin *et al.* (2013) señala en su trabajo de investigación (Influencia de la concentración iónica de la solución nutritiva sobre las características fisicoquímicas y productividad de dos cultivares de tomate Cherry cultivados en sistema NFT). Los experimentos fueron llevados a cabo en el invernadero del Laboratorio de Hidroponía del Departamento de Ciencias Agrarias, Centro de Ciencias Agrarias, Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, Brasil.

Las semillas de los cultivares 'Cascade' y 'Sweet Million' fueron sembradas en espuma fenólica previamente lavada y colocada en bandejas plásticas y después fueron colocadas en el invernadero en contenedores iniciales de cultivo (almacigueras). Las plántulas con dos o tres hojas fueron trasplantadas a un contenedor intermedio de acuerdo al sistema NFT. Las soluciones nutritivas de Furlani y Pires, fueron usadas para el crecimiento inicial, intermedio y final.

Las plantas de tomate fueron cultivadas en una solución nutritiva con cinco concentraciones salinas (cinco tratamientos experimentales): soluciones salinas con CE de 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 y 3.5 dS/m. Las correcciones fueron hechas durante todo el periodo de cultivo.

El rendimiento de la planta de tomate cherry cultivada en la solución nutritiva con 1.5, 3.0 y 3.5 dS/m de CE se redujo en un 10, 14 y 31% respectivamente, con respecto a la productividad calculada en los tratamientos de CE de 2,0 y 2,5. El rendimiento de los dos híbridos probados no presentó diferencias significativas.

Hoy en día los sistemas hidropónicos como el NFT, raíz flotante y cultivo en sustrato vienen siendo practicados en el Perú y también en Huánuco siendo este último el más económico y fácil de manejar, ofreciendo varias ventajas en la producción ya que poseen una mejora en el rendimiento, mayor eficiencia en el uso de agua y al usar una solución nutritiva se logra aprovechar al máximo los nutrientes.

Peña (2013) menciona a en su trabajo de investigación (Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos) La existencia de factores limitantes del suelo, como salinización, agotamiento de la fertilidad natural y deterioro físico, conlleva a una búsqueda del mejoramiento de las tecnologías utilizadas para el desarrollo y la producción del tomate.

Se llevó a cabo un ensayo en Chía (Colombia), en las instalaciones del Centro de Bio-Sistemas de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano donde se determinó el efecto de diferentes sustratos acondicionados a partir de materiales orgánicos e inertes sobre la producción y calidad del fruto en tomate bajo condiciones de invernadero. Se utilizó el híbrido Vitoria del que se seleccionaron frutos de acuerdo a su categoría comercial (primera, segunda, tercera e industrial).

Los materiales utilizados para la preparación de los sustratos fueron: cascarilla cruda, cascarilla quemada, cascarilla cielo abierto, escoria de carbón, fibra de coco y zeolita, evaluados física y químicamente. Como parámetros de respuesta se tomaron: sólidos solubles totales, acidez titulable, pH y pérdida de peso.

La acidez total titulable y los sólidos solubles totales aumentaron dependiendo del sustrato en el cual fueron sembrados donde la zeolita en mezcla con la cascarilla quemada incrementó los sólidos solubles totales y en mezcla con cascarilla cielo abierto incrementó la acidez titulable. Los valores de pH no presentaron diferencias respecto a los sustratos. La mayor producción de calidad primera se obtuvo con las plantas sembradas en zeolita en mezcla con cascarilla quemada seguida de este mismo material en mezcla con cascarilla cielo abierto.

Baldomero (2007) señala en su investigación “Producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Hidropónico Con Sustratos, Bajo Invernadero” que los cultivos hidropónicos requieren de sustratos adecuados y soluciones nutritivas específicas para cada tipo de cultivo.

En este trabajo se evaluó el efecto de dos sustratos arena y fibra de coco en el crecimiento, desarrollo, producción y calidad de fruto de dos variedades de tomate (Loreto y SUN 7705) bajo condiciones hidropónicas e invernadero. Para ambas variedades, el sustrato fibra de coco en comparación a la arena, provocó mayor respuesta para las variables: altura y grosor de la planta, número de racimos por planta, número de frutos por racimo, peso total de fruto, materia seca (raíz, hojas, tallos y frutos) y materia seca total. Sin embargo, para las variables de calidad de fruto (diámetro polar y ecuatorial, color, pH, grados Brix, acidez titulable y azúcares totales directos), no hubo diferencias significativas. El tratamiento más sobresaliente fue fibra de coco con la variedad SUN 7705.

2.3. HIPÓTESIS

Hipótesis general

Si aplicamos sustratos y soluciones nutritivas en variedades de tomate entonces se tiene efectos significativos en el crecimiento, rendimiento y calidad, bajo cobertor con fertirrigación Huancachupa- Huánuco.

Hipótesis específicas

- a) La construcción e implementación de una unidad hidropónica con sistema por goteo tiene efectos significativos en la producción de tomate cherry.
- b) Si aplicamos sustratos y soluciones nutritivas en variedades de tomate entonces se tiene efectos significativos en el crecimiento.
- c) Si aplicamos sustratos y soluciones nutritivas en variedades de tomate entonces se tiene efectos significativos en el rendimiento.
- d) Si aplicamos sustratos y soluciones nutritivas en variedades de tomate entonces se tiene efectos significativos en la calidad del fruto.

2.4. VARIABLES

Cuadro N° 6. Variable y operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente Sustratos Soluciones nutritivas	Cascarilla de arroz Arena Carbón Solución 1 Solución 2	Grado de descomposición Solución la molina Solución alternativa
Variable dependiente Variedades de tomate a. Sakura F1 b. Cherry LM	Crecimiento Rendimiento Calidad	Altura de planta Grosor del tallo Número de frutos por racimo Número de racimos por planta Numero de frutos por planta Peso total de frutos por racimo Peso total de frutos por planta Calidad externa Longitud del fruto Diámetro ecuatorial Color del fruto Calidad interna Contenido de licopeno pH acidez titulable (AT) Sólidos Solubles Totales (SST)
Variable interviniente Cobertor	Condición de cobertor	Temperatura Aireación Humedad Luminosidad Características del cobertor Agrofil (10 micras, transparente) Malla Rashell (80% de sombra)

Fuente: elaboración propia.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

Tipo de investigación

Es aplicada porque se empleó los conocimientos científicos de hidroponía, fertilización y producción para generar tecnologías dirigidos a solucionar problemas de producción del cultivo de tomate de los productores del valle de Huánuco.

Nivel de investigación

El nivel de investigación es experimental porque se manipulo la variable independiente (sustrato y solución nutritiva) y se midió la variable dependiente (crecimiento, rendimiento, calidad) y se comparó entre tratamientos.

3.2. LUGAR DE EJECUCION

Se llevó a cabo en el Centro Poblado Huancachupa distrito de San Francisco de Cayran, provincia de Huánuco.

Ubicación Política

Región : Huánuco

Provincia : Huánuco

Distrito : San Francisco De Cayran

Lugar : Huancachupa

Ubicación Geográfica

Latitud Sur : 09° 59' 12,8"

Longitud Oeste : 76° 15' 35,2"

Altitud : 2155 m.s.n.m.

3.3. POBLACION, MUESTRA Y UNIDAD DE ANALISIS

Población

La investigación estuvo conformada por 192 plantas de tomate.

Muestra

La muestra fue de 8 plantas por tratamiento asiendo un total de 96 plantas en toda el área experimental.

Tipo de muestreo

Probabilístico, se llevó a cabo un muestreo estratificado, porque se seleccionará solo la parte central de los tratamientos, estas plantas de tomate formar parte de la muestra.

Unidad de análisis

La unidad de análisis estuvo constituida por planta de tomate.

Descripción del campo experimental

Características del cobertor

Altura máxima	: 3,50 m
Altura mínima	: 2.50 m
Luminosidad	: media - alta
Pendiente	: 9,25 %

Campo experimental

Longitud del campo experimental	: 17 m
Ancho del campo experimental	: 10,80 m
Distancia entre calles o camino	: 1 m
Numero de tratamientos	: 12
Área total del campo experimental (17,00 X 10,80)	: 183,6 m ²

Características de la planta

Número total de plantas	: 192
Tamaño de bolsas	: 25 x 35
Distancia entre plantas	: 20 cm

Figura N° 2. Croquis del campo experimental (elaboración propia).

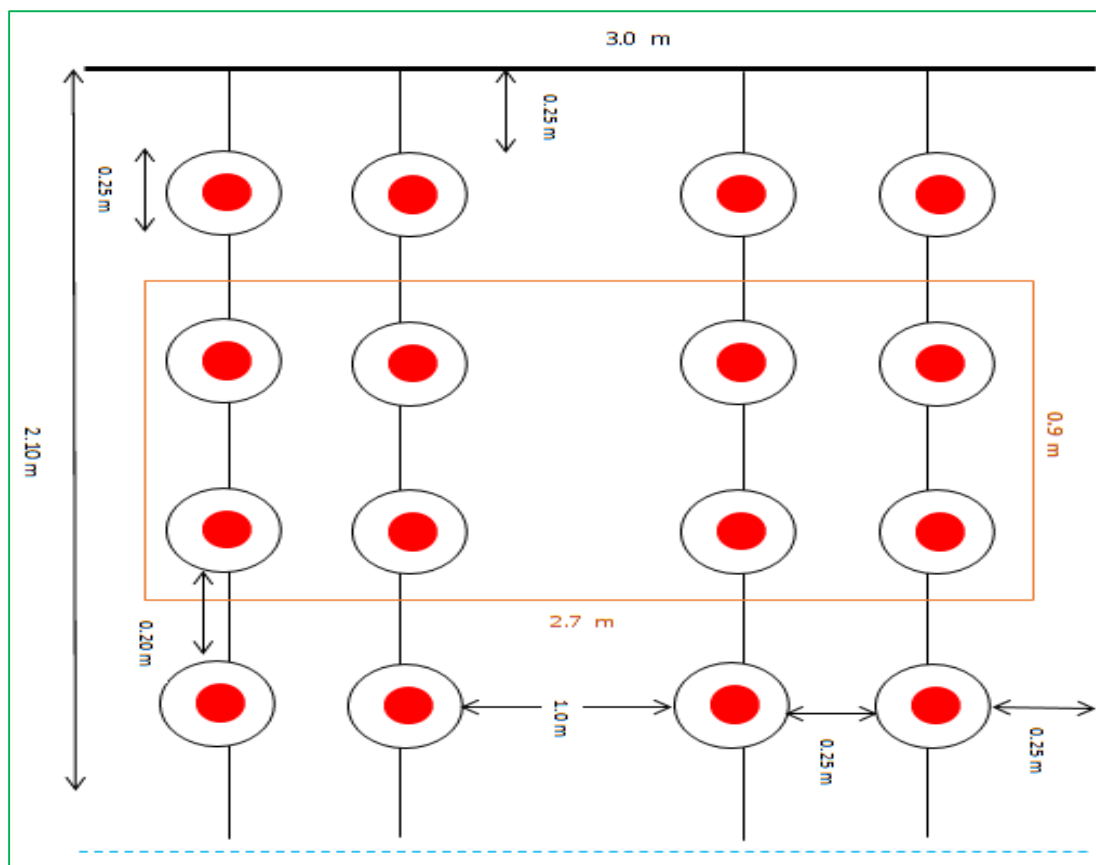


Figura N° 3. Croquis del tratamiento (elaboración propia).

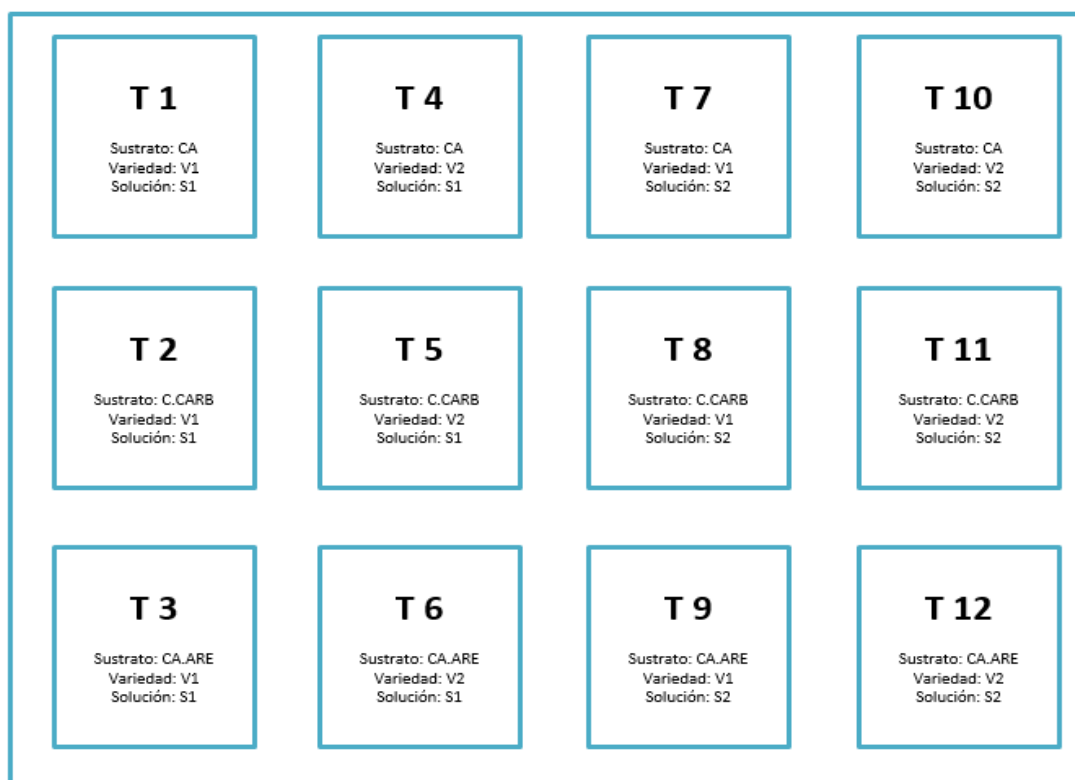


Figura N° 4. Distribución de los tratamientos (elaboración propia).

3.4. TRATAMIENTO DE ESTUDIO

Los tratamientos en estudio de la investigación son los siguientes:

Cuadro N° 7. Tratamientos.

TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustratos
T1	V1 (Cherry LM)	S1 (La molina)	100 % Cascarilla de arroz
T2			70 % Cascarilla de arroz + 30 % escoria de carbón
T3			70 % Cascarilla de arroz + 30 % arena
T4	V2 (Sakura F1)		100 % Cascarilla de arroz
T5			70 % Cascarilla de arroz + 30 % escoria de carbón
T6			70 % Cascarilla de arroz + 30 % arena
T7	V1 (Cherry LM)	S2 (Alternativa)	100 % Cascarilla de arroz
T8			70 % Cascarilla de arroz + 30 % escoria de carbón
T9			70 % Cascarilla de arroz + 30 % arena
T10	V2 (Sakura F1)		100 % Cascarilla de arroz
T11			70 % Cascarilla de arroz + 30 % escoria de carbón
T12			70 % Cascarilla de arroz + 30 % arena

Fuente: elaboración propia.

3.5. PRUEBA DE HIPÓTESIS

3.5.1. Diseño de la investigación

La unidad experimental consistió en 16 plantas, la muestra 8 plantas por tratamiento; cada planta representa una repetición, dando un total de 96 plantas muestreadas.

El diseño experimental es un modelo de medias de celdas para un experimento con tres factores y r réplicas de una de las abc combinaciones de tratamientos en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial (2A X 2B X 3C), donde A=Variedades; B=Soluciones Nutritivas; C=Sustratos.

Se usó la siguiente ecuación lineal:

$$y_{ijkl} = \mu_{ijkl} + e_{ijkl}$$

Para:

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, c$$

$$l = 1, 2, \dots, r$$

La media de las celdas μ_{ijkl} expresada como una función de la factorial de los efectos principales y las interacciones es:

$$\mu_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{jk} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk}$$

Donde $\mu = \bar{\mu}$ es la media general y α_i , β_j y γ_k son los efectos principales de A, B y C. Los efectos de la interacción respectivos de dos factores son $(\alpha\beta)_{ij}$, $(\alpha\gamma)_{jk}$ y $(\beta\gamma)_{jk}$, y el efecto de las interacción de tres factores es $(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$. Las definiciones de las interacciones de efectos principales y de dos factores se obtienen de los desarrollos dados en las ecuaciones para el experimento con dos factores. Los efectos principales son:

$$\alpha_i = (\bar{\mu}_i - \bar{\mu}), \beta_j = (\bar{\mu}_j - \bar{\mu}), \gamma_k = (\bar{\mu}_k - \bar{\mu})$$

Y una interacción de los factores típica es:

$$\begin{aligned} (\beta\gamma)_{jk} &= (\bar{\mu}_{jk} - \bar{\mu}_{.j}) - \beta_j - \gamma_k \\ &= \bar{\mu}_{jk} - \bar{\mu}_j - \bar{\mu}_{.k} + \bar{\mu}_{..} \end{aligned}$$

Análisis de tres factores:

Se hace una partición de las sumas de cuadrados para los tratamientos en la suma de cuadrados de los efectos principales y de la interacción, como sigue:

$$\begin{aligned} SC \text{ tratamiento} &= SCA + SCB + SCC + SC(AB) \\ &\quad + SC(AC) + SC(BC) + SC(ABC) \end{aligned}$$

Recuerde que los grados de libertad para las sumas de cuadrados de los efectos principales son (a-1), (b-1), (c-1) para los efectos A, B y C, respectivamente, y que los grados de libertad de las interacciones de dos factores son el producto de los grados de libertad del efecto principal para los factores incluidos. De la misma manera, los grados de libertad la interacción

de tres factores a más son el producto de los grados de libertad del efecto principal de los factores incluidos, por lo que SC (ABC) tiene $(a-1)(b-1)(c-1)$ grados de libertad.

Cuadro N° 8. Esquema de Análisis de Variancia para el diseño (DCA).

Fuentes de variación	Grados de Libertad (G.L)	Suma de Cuadrados (S.C)	Cuadrado Medio (CME)	F. calculado (Fcal)	F de tabla (Ftab)	
					0.05	0.01
Tratamiento A	$a - 1$	SCA	$CMA = SCA/a-1$	CMA/CME		
Tratamiento B	$b - 1$	SCB	$CMB = SCB/b-1$	CMB/CME		
Tratamiento C	$c - 1$	SCC	$CMC = SCC/c-1$	CMC/CME		
Interacción AB	$(a-1)(b-1)$	SCAB	$CMAB=SCAB/(a-1)(b-1)$	$CMAB/CME$		
Interacción AC	$(a-1)(c-1)$	SCAC	$CMAC=SCAC/(a-1)(c-1)$	$CMAC/CME$		
Interacción BC	$(b-1)(c-1)$	SCBC	$CMBC=SCBC/(b-1)(c-1)$	$CMBC/CME$		
Interacción ABC	$(a-1)(b-1)(c-1)$	SCABC	$CMABC=SCABC/(a-1)(b-1)(c-1)$	$CMABC/CME$		
Error	$abc(n-1)$	SCE				
Total	$abc n-1$	SCT				

Fuente: elaborado por Robert (2001).

3.5.2. Datos a registrar

a) Variables de crecimiento

Altura de la planta (AP)

Se tomó la medida desde la base inferior de la planta (cuello) hasta la parte superior del ápice caulinar (guía) de la planta de tomate, empleando una wincha se registraron los datos en centímetros por cada planta de tomate 8 muestras por tratamiento.

Diámetro de tallo (DT)

Para medir este parámetro se utilizó un vernier digital, 8 muestras por tratamiento. Se tomó el primer entrenudo de la planta que se ubica debajo de la primera inflorescencia.

b) Variables de rendimiento

Número de frutos por racimo

De las 8 muestras, se contó todos los frutos por cada racimo de la planta, según cada tratamiento.

Número de racimos por planta

Se contó los racimos existentes en cada planta, según cada tratamiento.

Peso total de frutos por racimo

Se colectaron todos los frutos existentes en cada racimo por planta, para ser pesadas con una balanza digital individualmente cada muestra por tratamiento.

Peso total de frutos por planta

Se cosecharon todos los frutos existentes en cada planta, para ser pesadas con una balanza digital cada muestra por tratamiento.

c) Calidad

Calidad externa

Longitud del fruto

Con la ayuda de un vernier digital se procedió a medir los frutos desde la parte apical hasta la parte basal; por cada tratamiento se tomó 10 frutos por planta. Para este parámetro se utilizó el vernier digital, midiendo el fruto de la parte media de cada muestra, por cada tratamiento se tomó 10 frutos por planta.

Color del fruto

Para determinar el color se utilizó el método del colorímetro marca Lovi Bond LC 100 usando el espacio de color CIEL*a*b; se tomó 10 muestras por cada tratamiento.

Calidad Interna

pH

La determinación de pH se realizó con el pHmetro, se tomó 4 tomates como muestras por cada tratamiento.

Acidez titulable (AT)

Para determinar la acidez del zumo de tomate, se tomó 10 tomates como muestras por cada tratamiento. El contenido de acidez se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\% A = \frac{V \times N \times m_{equiv\ Ac} \times FD}{V\ muestra} \times 100$$

V = Gasto del Volumen de NaOH en (ml)

N = Normalidad NaOH (0.1N)

FD =Factor de dilución

M_{equiv} Ácido = Miliequivalente de ácido predominante

Vmuestra=volumen de muestra

Sólidos Solubles Totales (SST)

Para la concentración de solidos solubles totales del jugo de tomate, se tomó 4 tomates como muestras por cada tratamiento los grados se expresaron en grados Brix.

Análisis de licopeno

Para determinar el contenido de licopeno se tomó 10 tomate como muestras por cada tratamiento realizó los siguientes procedimientos tres repeticiones por cada tratamiento.

d) Datos adicionales

Porcentaje de germinación

Se realizó el análisis de germinación a las dos variedades de tomate.

Crecimiento vegetativo (días)

Se tomó la fecha de inicio y final de cada etapa fenológica del tomate y se contó los días transcurridos.

Días a la madurez de racimo

Se tomó la fecha en el que se inició y finalizó la maduración de cada racimo (1° al 6° racimo) y se contó los días transcurridos.

3.5.3. Técnicas e instrumentos de recolección y procesamiento de la información

Técnicas de investigación documental o bibliográfica:

- **Fichaje:** Se utilizó para construir el marco teórico y la bibliografía de dicha tesis.

Técnicas de campo:

- **Observación:** Permitió observar los cambios en el crecimiento de la planta.
- **Fichas de evaluación:** Permitió recolectar los datos directamente del campo.

Fichas de investigación o documentación

- Comentario
- Resumen

Fichas de registro o localización

- Bibliográficas
- Hemerográficas
- Internet

Instrumento de recolección de información en laboratorio

- Libreta de apuntes (laboratorio)

Procesamiento y presentación de los resultados

Los datos obtenidos fueron ordenados y procesados por una computadora utilizando el programa SAS, SPS y Excel de acuerdo al diseño de investigación propuesto.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

Material genético: semillas de tomate variedad CherryLM y SakuraF1.

Materiales, instrumentos y equipos para la construcción

- Listones de madera
- Malla Rashell
- Agrofilm
- Clavos
- Perno
- Alambre galvanizado
- Tornillos spack
- Cemento
- Arena
- Hormigón grueso
- Piedras chancadas
- Ladrillos
- Fierros
- Taladros
- Cortadora
- Martillo
- Picos
- Palas
- Barretas
- Alicates
- Otros

Materiales para el sistema de riego por goteo

- Tanques de agua
- Tubos
- Microtubos
- Goteros
- Llaves de paso
- Universales
- Pegamento para tubos
- Adaptadores
- T", uniones, mariposas, etc.
- Motor de ½ hp

Materiales para el acondicionamiento del sustrato

- Recipientes medidores
- Bolsas 25 X 35
- Cascarilla de arroz
- Arena
- Escoria de carbón
- Legía
- Guantes
- Piscina artesanal o bateas grandes.
- Balanza

Materiales e insumos para la solución nutritiva

- Solución (Solución la molina)
Formula cuadro N°10
- Reactivos para la solución (Solución alternativa)
Formula cuadro N°11
- Balanza digital
- pH metro y conductímetro

Equipos & Instrumento adicionales

- Cámara fotográfica
- Laptop
- Lápiz
- Regla
- Sustrato
- Papel bond
- Cuaderno de apunte
- Libreta de campo

3.7. CONDUCCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.7.1. Etapa de pre campo

En esta etapa inicial de investigación, se realizaron dos actividades importantes que fueron:

- A. Se realizó los planos de la construcción de la unidad hidropónica (cobertor) con la ayuda de un maestro de estructuras y un maestro de construcción.
- B. Se coordinó los materiales para usar y la cantidad de personal que realizarían la construcción.

3.7.2. Etapa de campo

3.7.2.1. Construcción de la unidad hidropónica (cobertor)

Proceso de construcción

Ubicación

El invernadero se ubicó teniendo en cuentas las siguientes características: 5 horas diarias de luz solar, disponibilidad de agua en forma permanente y de buena calidad, protección de vientos e ingreso de animales, zona no susceptible a inundaciones, suelo no contaminado, terreno de superficie aplanada.

Orientación

El invernadero tiene una orientación de Este a Oeste en su parte longitudinal para tener mayor tiempo de exposición al sol. El techo tiene la caída al norte.

Limpieza y nivelado

Se realizó la limpieza y la nivelación, principalmente en sitios donde existía basura, hierbas y otros materiales.

Excavación y construcción de los cimientos

La excavación de cimientos se realizó a una profundidad entre 30 a 40 cm y de ancho 20 cm.

Construcción del cimient

Para el llenado del cimient se utilizó una proporción de 3 carretillas por 1 bolsa de cemento y la incorporación de piedra. Se realizó la colocación de postes (madera de 3 x 3 x 13).

Colocado del sobre cimient

Para el armado del sobre cimient, se utilizó una proporción de 4 carretillas por 1 bolsa de cemento a una altura de 20 cm.

Construcción de la estructura principal

Se utilizó madera roja (copaiba) de diferentes medidas.

Colocado de la malla rashell

La malla rashell es de 80% de sombra, esta fue colocada con listoncillo de 2 pulgadas de ancho por 1 pulgada de espesor, utilizando clavos, rodeando todo el perímetro del invernadero.

Techado del invernadero (Colocado del agofilm)

Se realizó el empalme o unión de maderas con pernos siguiendo un esquema, adicionalmente se colocó alambres galvanizados para evitar la acumulación de agua ocasionada por las lluvias. La colocación del agofilm (10 micras) se realizó con pernos de 1 pulgadas y media, a éstos se les colocó una arandela de goma de llanta que evitara el quemado y el contacto directo con el techo, también se sujetó el agofilm con un listoncillo de 2 pulgadas de ancho por 1 pulgada de espesor, utilizando pernos.

3.7.2.2. Desinfección del sustrato

Una semana antes del trasplante definitivo se realizó la desinfección del sustrato siguiendo un protocolo (cuadro N°9). Los sustratos fueron acondicionados en una piscina artesanal para la desinfección (figura 69).

Cuadro N° 9. Protocolo de desinfección de sustrato.

Sustratos	Protocolo
Cascarilla de arroz	Desinfectar con hipoclorito de sodio al 4 % por ciento (10 ml de lejía o blanqueador en 1 litro de agua) por 48 horas. Enjuagar dos veces con agua.
Escoria de carbón	Desinfectar con hipoclorito de sodio al 4 % por ciento (10 ml de lejía o blanqueador en 1 litro de agua) por 24 horas. Enjuagar con agua por 24 horas (3-4 enjuagues).
Arena	Desinfectar con hipoclorito de sodio al 4 % por ciento (10 ml de lejía o blanqueador en 1 litro de agua) por 24 horas. Enjuagar con agua por 24 horas (3-4 enjuagues).

Fuente: elaborado por Robert (2001).

Después de la desinfección, se realizó el secado del sustrato para lo cual se acondicionaron en costales y expuestos a luz solar. Una vez secos los sustratos estos están listos para ser embolsados.

3.7.2.3. Instalación de sistema de riego

Red de tuberías

Para las tuberías del sistema de riego se utilizó polietileno PE 40 (Polietileno de baja densidad). Se ha sectorizado en 2 parcelas de la misma superficie, cada parcela contiene el mismo número de tuberías y de goteros, siendo 2 ramas de 4 filas de 24 goteros cada fila. Las parcelas estarán alimentadas por dos tanques de agua de 240 Lt respectivamente.

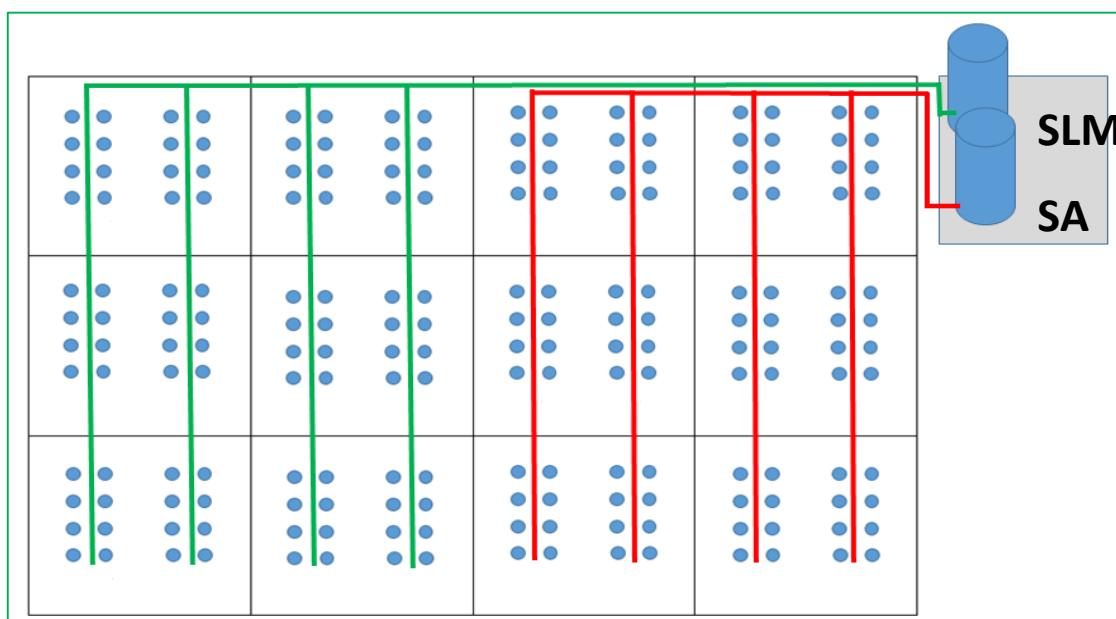


Figura N° 5. Red del sistema de riego.

El sistema de unión de los accesorios con las tuberías se realizó la gran mayoría mediante encolado y algunos mediante la rosca macho-hembra.

Para los diversos giros que tiene el sistema de tuberías se utilizó codos de 90° de los diámetros necesarios y para la conexión de las ramas con la tubería principal se utilizó crucetas o “tés”, algunas con reductores de diámetro y otras del mismo diámetro en todas sus salidas. También se dispondrá de manguitos y conos de reducción en muchas de las ramas para facilitar las uniones. Para la transición de las tuberías a las que suministran los goteros se utilizaron collarines para elevar la tubería del suelo.

3.7.2.4. Manejo del cultivo

Semillero

Se realizó la siembra de semillas de tomate, variedad Cherry LM y Sakura F1, en bandejas de 200 plantines con sustrato. Una vez emergidas las plantas fueron trasplantadas en vasos de tecnopor para mejorar el enraizamiento lateral. (Fichas técnicas anexo N°6)

Preparación de solución nutritiva

Las soluciones nutritivas fueron preparadas en un ambiente cerrado.

Cuadro N°10. Fórmula para la solución nutritiva la Molina.

Solución Nutritiva “La molina”	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación
Solución Concentrada A:			
Nitrato de potasio	410 g	416 g	416 g
Nitrato de amonio	280 g	160 g	160 g
Fosfato Monopotásico	155 g	230 g	230 g
Sulfato de Potasio			180 g
Solución Concentrada B:			
Sulfato de magnesio	220 g	220 g	250 g
Quelato de hierro 6%	17 g	17 g	27 g
Micronutrientes	9.5 g	9.5 g	9.5 g
Solución Concentrada C:			
Nitrato de calcio	262 g	262 g	262 g

Fuente: elaboración propia.

Cuadro N°11. Fórmula para la solución nutritiva Alternativa.

Solución Alternativa	Crecimiento vegetativo	Floración	Fructificación
Solución Concentrada A:			
Nitrato de amonio	660 g	550 g	550 g
Fosfato Mono potásico	702 g	181 g	181 g
Nitrato de potasio	1292 g		
Sulfato de calcio	1020 g		
Solución Concentrada B:			
Sulfato de magnesio	512 g	252 g	252 g
Quelato de hierro 6%	13,96 g	15 g	15 g
Micronutrientes	8 g	7 g	7 g
Ácido bórico	2,8 g	3 g	3 g
Solución Concentrada C:			
Sulfato de potasio		110 g	122 g
Solución Concentrada D:			
Nitrato de calcio		802 g	802 g

Fuente: elaboración propia.

Trasplante

Se realizó en bolsas de polietileno negro con dimensiones 25 x 35 cm las bolsas fueron llenados sustratos (cascarilla de arroz, cascarilla de arroz 70 % + arena 30%, cascarilla de arroz 70 % + carbón 30 %).

Dos días antes del trasplante se aplicaron tres riegos pesados a los sustratos (cascarilla de arroz y cascarilla de arroz 70 % + carbón 30 %) para minimizar el contenido de sales que presenta y dos riegos ligeros para el sustrato (cascarilla de arroz 70 % + arena 30 %), manteniendo la humedad hasta el trasplante. Las características de las plántulas a trasplantar fueron: altura aproximada de 15 cm con cuatro a cinco hojas verdaderas, cepellón y apariencia sana. Los surcos están conformados por hileras gemelas de bolsas, separadas entre sí a 0.2 m y caminos de 1.0 m, una planta por bolsa.

Riego

La primera semana se aplicó una solución nutritiva al 75 %, posteriormente se incrementó al 100 %. En el primer mes se aplica tres riegos a la semana con solución por 10 minutos y un riego sin solución por 10 minutos para conservar la humedad del sustrato.

Tutoreo

El tutoreo consistió en colocar en la parte superior a una altura de 2 m, dos hileras de alambres galvanizados sujetas sobre la base de un marco de madera.

Podas

Las podas se realizaron formando un solo tallo, para esto se eliminaron los brotes axilares del tallo principal durante todo el ciclo de cultivo, ésta práctica se realizó de forma manual, iniciado a los 40 días después del trasplante. Al mismo tiempo se realizaron podas de limpieza, eliminando hojas y ramas afectadas por algunas plagas y enfermedades, también frutos afectados en el momento de fructificación.

Polinización

Para favorecer la polinización y cuajado de frutos, se realizó a horas de la mañana la polinización de las plantas mediante movimientos diarios a las plantas, golpeando los tutores manualmente para remover el polen de las flores.

Control de malezas

Se realizó la limpieza del cobertor 1 vez a la semana eliminándose malezas como: verdolaga, coquito, pata de gallina, chamico, algunas especies de amarantáceas y solanáceas.

Plagas y enfermedades

Se realizaron aplicaciones para el control de mosca blanca utilizando CONFIDOR (imidapropil) una sola aplicación. Esto también se implementó trampas amarillas colocadas estratégicamente.

Para el control de tuta absoluta se utilizó el control manual y podas al igual que para *Heliothis* se presentaron en bajas poblaciones, manduca que se presentó como una plaga ocasional.

Respecto a enfermedades se presentó oídium y aplicamos sulfato de cobre en tres tiempos.

Cuadro N°12. Plagas y enfermedades presentes en tomate Cherry.

Nombre común	Especies	Tipo de daño	Órgano atacado	categoría
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Picadores chupadores	hojas	clave
Polilla del tomate	<i>Tuta absoluta</i>	Minas y masticadores	Hojas , tallos y frutos	Secundaria
Gusano del tomate	<i>Heliothis sp.</i>	Masticador	frutos	secundaria
Gusano cornudo	<i>Manduca sp.</i>	Masticador	Hojas y tallos	ocasional
oidium	<i>Oídium lycopersici</i>	causante hongo	Hojas , ramas	principal

Fuente: elaboración propia.

Cosecha

Se realizó manualmente de manera progresiva conforme se dé la maduración de los frutos y al mismo tiempo se tomaron los datos de las diversas variables. Los frutos se cosecharán en el término rayado (40 % o más de su superficie cubierta por color rosa-rojo) hacia maduro (rojo 100 %).

3.7.3. Etapa de laboratorio y gabinete

- Análisis de agua (Anexo N°3), realizado por la Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Análisis para determinación de calidad

3.7.2.1. Análisis de calidad externa

Determinación de color

Para determinar el color se utilizó el método del colorímetro marca Lovi Bond, modelo LC 100 usando el espacio de color CIEL*a*b; se tomó el fruto y se midieron tres puntos diferentes (extremos y base del fruto). El mismo equipo nos dio las medidas de las tres mediciones por cada tomate, 10 muestras por cada tratamiento.

3.7.2.2. Análisis de calidad Interna

pH

La determinación de pH se realizó con el pHmetro, se tomó una muestra de fruto y se trituro hasta homogenizarlo, se trasvaso en un vaso precipitado y se realizó la lectura; y así de 3 repeticiones por tratamiento.

Acidez titulable (AT)

Para determinar la acidez del zumo se realizó los siguientes procedimientos:

- Pesar 25 g de tomate para cada repetición (3 repeticiones) por tratamiento.
- Licuar los 25 g de tomate con 100ml de agua destilada
- Trasvasar a un matraz previo cernido, de la muestra separa 25 ml en un matraz pequeño
- Realizar la lectura de pH inicial, luego añadir de fenolftaleina 0.25 % agitar bien y empezar a titular con NaOH 0,1 N.
- Anotar el gasto y la lectura de pH hasta llegar a pH 8.00.

Determinado mediante la siguiente formula:

$$\% A = \frac{V \times N \times m_{equiv\ Ac} \times FD}{V\ muestra} \times 100$$

V = Gasto del Volumen de NaOH en (ml)

N = Normalidad NaOH (0.1N)

FD =Factor de dilución

M_{equiv} Ácido = Miliequivalente de ácido predominante

Vmuestra=volumen de muestra

En este procedimiento se realizó 3 repeticiones por cada tratamiento.

Sólidos Solubles Totales (SST)

La concentración de sólidos solubles totales de los jugos se expresó en grados Brix. Se realizó los siguientes procedimientos:

- Se calibra el refractómetro
- Posteriormente se coloca 1 ml de la muestra del jugo de tomate que se obtiene triturando en el mortero, para realizar la lectura correspondiente.

Esta determinación se realizó por cada tratamiento.

Análisis de licopeno

Para determinar el contenido de licopeno se realizó los siguientes procedimientos tres repeticiones por cada tratamiento:

- Licuar el en relación 1:1, trasvasar a un matraz previo cernido agitar.
- Separar en un tubo de ensayo para realizar desgacificado (1 min/40 khz)
- Tomar de la muestra 100 µl, agregar 8 ml del solvente (Hexano: Etanol: Acetona en relación 2:1:1 V/V/V)
- Agitar con el Vortex por 1 min. Dejar reposar la muestra por 10 minutos protegido de la luz, luego agregar 1 ml agua destilada.
- Dejar reposar por 10 min protegido de la luz, tomar de la muestra 2000 µl, se lectura en el espectrofotómetro a 503 nm. El contenido del licopeno se determinará con la siguiente formula:

$$\text{Licopeno (mg/kg)} = \text{Abs}_{503 \text{ nm}} \times 537 \times 8 \left(\frac{0,55}{0.1 \times 172} \right)$$

IV. RESULTADOS

Los resultados muestran 2 indicadores para las variables de crecimiento; 5 indicadores para la variable rendimiento; 2 indicadores para la variable calidad externa y 4 indicadores para la variable calidad interna.

Los promedios obtenidos en las evaluaciones se presentan en los cuadros del anexo; los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de variancia (ANVA) y otros para determinar los efectos de los factores e interacciones, indicando como (*) significativo, (**) altamente significativo y (ns) no significativo.

Para la comparación de promedios se aplicó la prueba de significación estadística Duncan; donde se indica que los tratamientos unidos por una misma letra no existe diferencias estadísticas significativas, mientras que los tratamientos que no están unidos por una misma letra denotan diferencias a los niveles de 5 y 1 % de probabilidad.

Los datos adicionales se presentan en cuadro descriptivos para complementar a las variables de crecimiento.

4.1. CONSTRUCCIÓN DE LA UNIDAD HIDROPÓNICA (COBERTOR)

Se obtuvo una unidad hidropónica (cobertor) de 226,80 m² con un sistema de riego por goteos, con 3 ambientes; almacén, área de germinación, área de limpieza y campo experimental. El cobertor presento una temperatura promedio del mes de agosto a diciembre:

Cuadro N°12. Temperatura interna del cobertor.

HORARIO	HORA	AGOSTO		SETIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		T	H°	T	H°	T	H°	T	H°	T	H°
Mañana	7:00 - 9:00 am	17	58%	20	53%	23	42%	20	56%	19	56%
Medio día	12:00 - 2:00 pm	29	28%	31	26%	30	27%	30	24%	34	21%
Tarde	6:00 pm - 8:00 pm	24	27%	20	39%	22	33%	23	35%	21	32%

Fuente: Elaboración propia.



Figura 6. (a) Antes de la construcción, (b) Después de la construcción, (c) Producción de tomate.

La construcción demoro aproximadamente 2 semanas con 3 trabajadores más los maestros de apoyo que estuvieron presente durante la ejecución. El costo de la inversión de la construcción es aproximadamente de 4 780 nuevos soles. (Planos de la construcción Anexo N°5) (Datos meteorológicos Anexo N°4)

4.2. VARIABLE DE CRECIMIENTO

4.2.1. Altura de planta

Cuadro N° 13. ANVA para altura de planta.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	15225,844	15225,8438	9,82	0,0024	**
SOLUCION	1	12262,760	12262,7604	7,91	0,0061	**
SUSTRATO	2	6499,187	3249,5937	2,10	0,1294	ns
VAR*SOL	1	635,510	635,5104	0,41	0,5238	ns
VAR*SUST	2	2935,937	1467,9687	0,95	0,3921	ns
SOL*SUST	2	1512,520	756,2604	0,49	0,6157	ns
VAR*SOL*SUST	2	6761,021	3380,5104	2,18	0,1194	ns
Error	84	130242,63	1550,5074			
Total corregido	95	176075,41				

$$CV = 27,78 \% \quad \bar{X} = 141,71$$

Como se observa en el Cuadro N°13 del ANVA para altura de planta, el p-valor denota que para el factor sustrato, no existe significación estadística al igual que en la interacción var*sol, var*sust, sol*sust y var*sol*sust, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios, Sin embargo, para los factores variedad y solución existe doble significación estadística, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente.

El coeficiente de variabilidad es 27,78 %, valor ligeramente alto pero permisible para este tipo de trabajos.

Cuadro N°14. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en altura de planta.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Altura de planta (m)	0,01	0,05
1	T3	CherryLM	SLM	CAARE	1,78	A	A
2	T2	CherryLM	SLM	CCARB	1,62	A B	A B
3	T9	CherryLM	SA	CAARE	1,61	A B	A B
4	T6	SAKURA	SLM	CAARE	1,60	A B	A B
5	T1	CherryLM	SLM	CA	1,49	A B C	A B C
6	T7	CherryLM	SA	CA	1,48	A B C	A B C
7	T11	SAKURA	SA	CCARB	1,37	A B C	A B C D
8	T4	SAKURA	SLM	CA	1,35	A B C	A B C D
9	T5	SAKURA	SLM	CCARB	1,34	A B C	A B C D
10	T8	CherryLM	SA	CCARB	1,28	A B C	B C D
11	T12	SAKURA	SA	CAARE	1,11	B C	C D
12	T10	SAKURA	SA	CA	0,98	C	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para altura de planta de los tratamientos T2, T9, T6, T1, T7, T11, T4 y T5 estadísticamente son iguales, pero difieren del tratamiento T3 al nivel de significación del 0,01 y 0,05. El tratamiento T3 alcanzó una altura de 1,78 m hasta la semana 13.

En la Figura 7 se observa la dinámica de crecimiento de la planta durante su cultivo. Es notable la diferencia desde la 6° hasta la 13° semana entre las plantas cultivadas, obteniendo el T3 mejor dinámica de crecimiento que los otros tratamientos cultivados. Los análisis de varianza para la variable altura de planta mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, siendo contrastante esa diferencia entre el T3 con el T10.

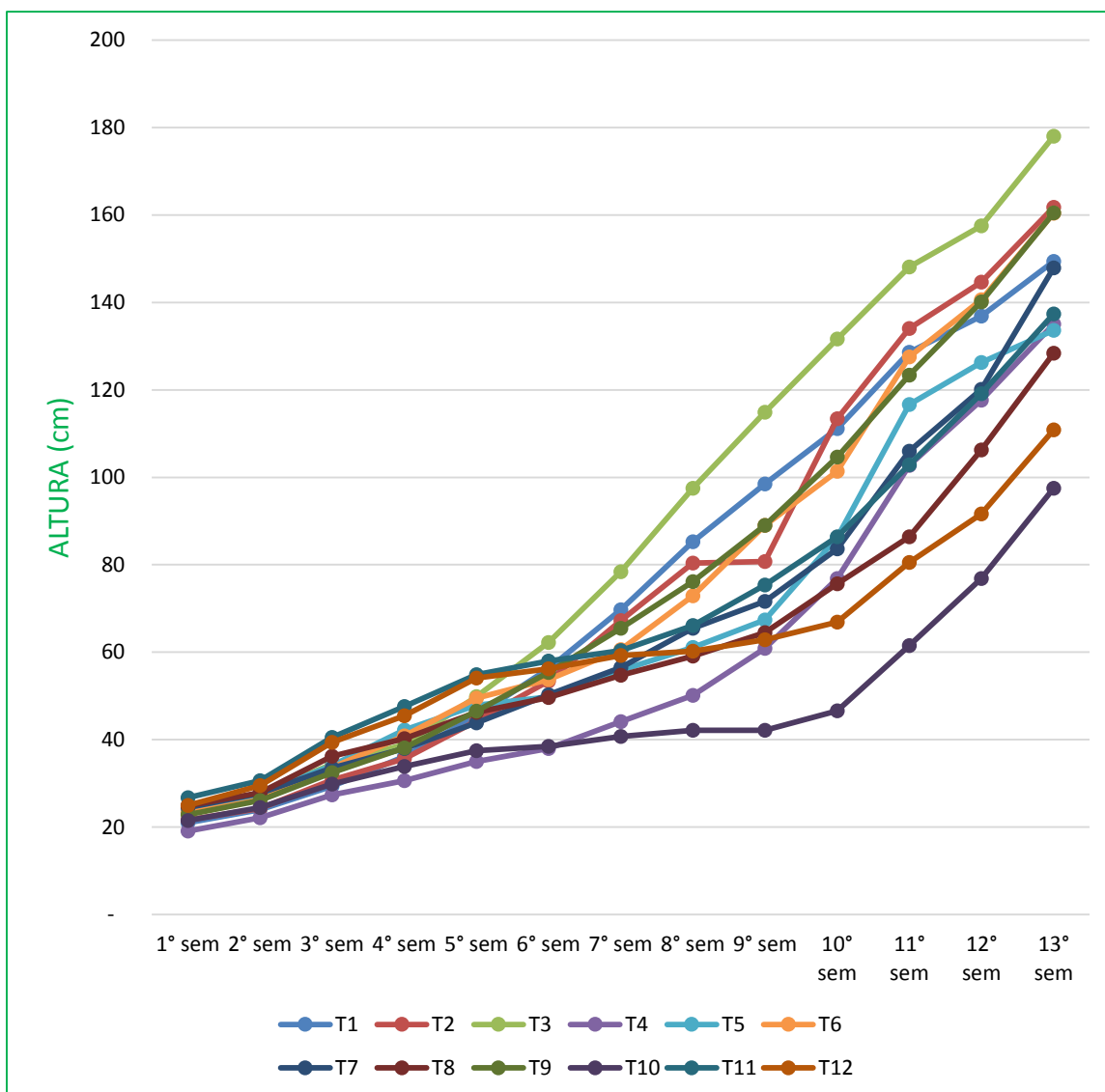


Figura 7. Dinámica de crecimiento de la planta de tomate de la 1° hasta la 13° semana.

Para el T3 y T1 la curva de crecimiento fue más del tipo sigmoideal, dándose ese punto de inflexión en la 7ª semana, lo cual es menos apreciable para T10. Ese cambio notorio en la dinámica de crecimiento puede ser debida a que entre la 7ª y 8ª semana se empezaban a formar los primeros racimos, es decir, hubo una mayor demanda de asimilados para la formación de frutos.

A la 8ª semana la altura de planta para el T3 fue de 0,98 m mientras que las plantas del T2 fueron de 0,80 m y T6 con 0,73. Al llegar la 9ª semana esa diferencia fue mayor. Las plantas del T2 continuaron con una altura de 0,80 m en relación al T3 y T6 con una altura promedio de 1,02 m, es decir hubo una diferencia entre tratamientos del 22%.

Cuadro N°15. Prueba de Duncan para efecto de variedad en altura de planta.

OM	VARIEDAD	Altura de planta (m)	0,01	0,05
1	Cherry LM	1,54	A	A
2	SAKURA	1,29	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°15, el promedio para la variedad Cherry LM en altura de planta de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Sakura al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cherry LM alcanzó una altura de 1,54 m.

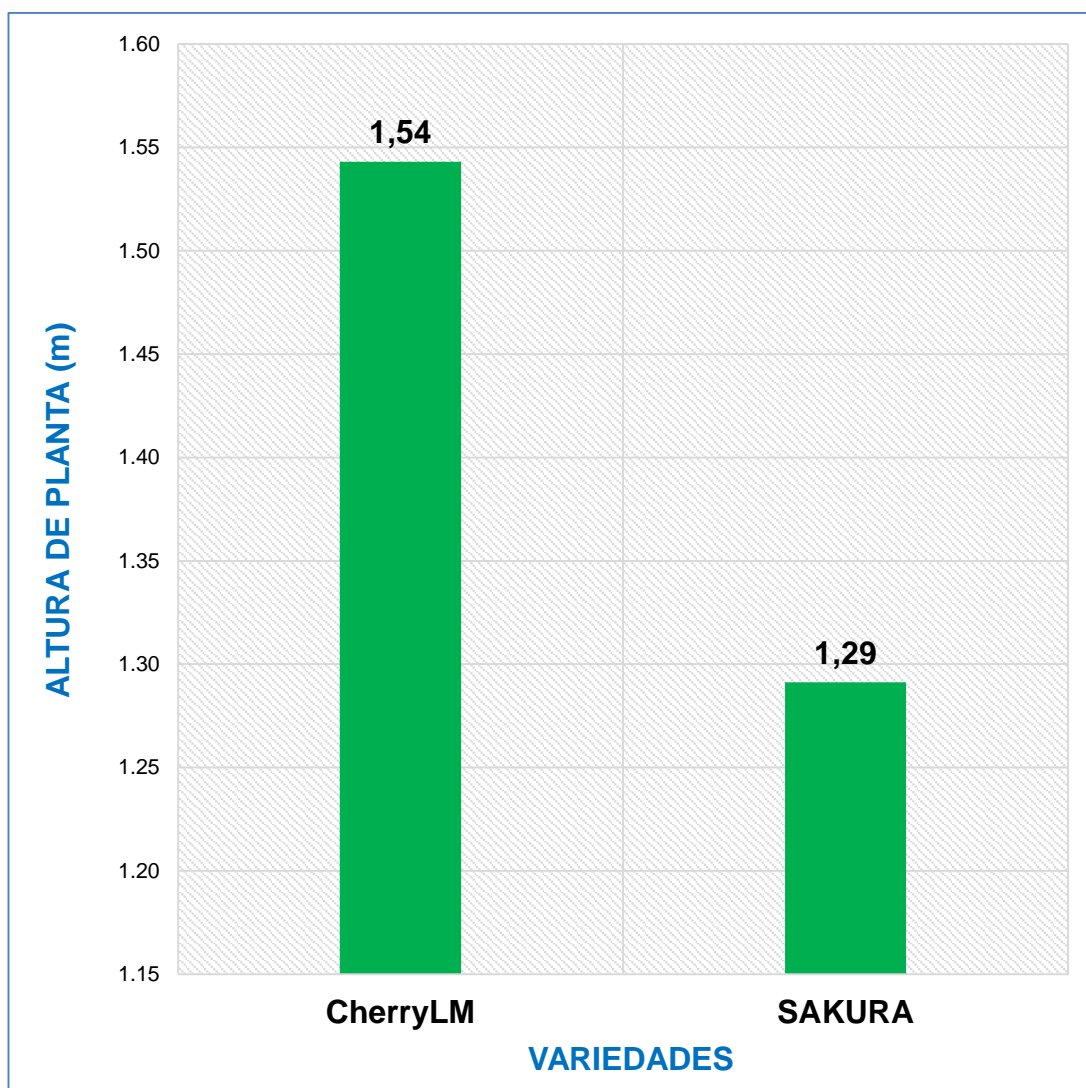


Figura 8. Efecto de la variable variedad en la altura de planta.

Cuadro N°16. Prueba de Duncan para efecto de solución en altura de planta.

OM	Solución Nutritiva	Altura de planta (m)	0,01	0,05
1	SLM	1,53	A	A
2	SA	1,30	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°16, el promedio para la solución nutritiva La Molina (SLM) en altura de planta de tomate difiere y supera estadísticamente a la solución alternativa al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SLM alcanzó una altura de 1,53 m.

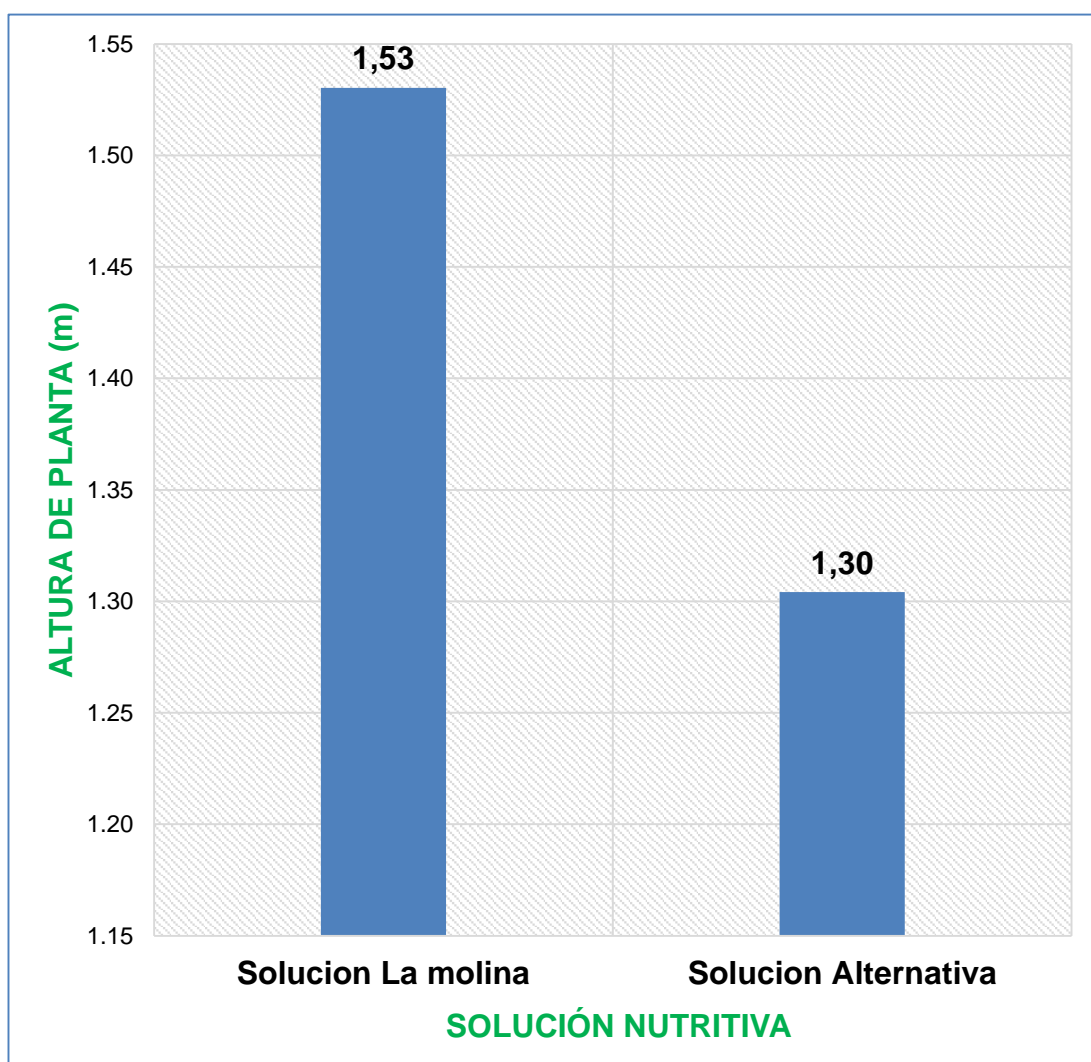


Figura 9. Efecto de la variable solución nutritiva en la altura de planta.

Cuadro N°17. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en altura de planta.

OM	SUSTRATO	Altura de planta (m)	0,01	0,05
1	CAARE	1,52	A	A
2	CCARB	1,40	A	A
3	CA	1,32	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°17, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en altura de planta de tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una altura de 1,52 m.

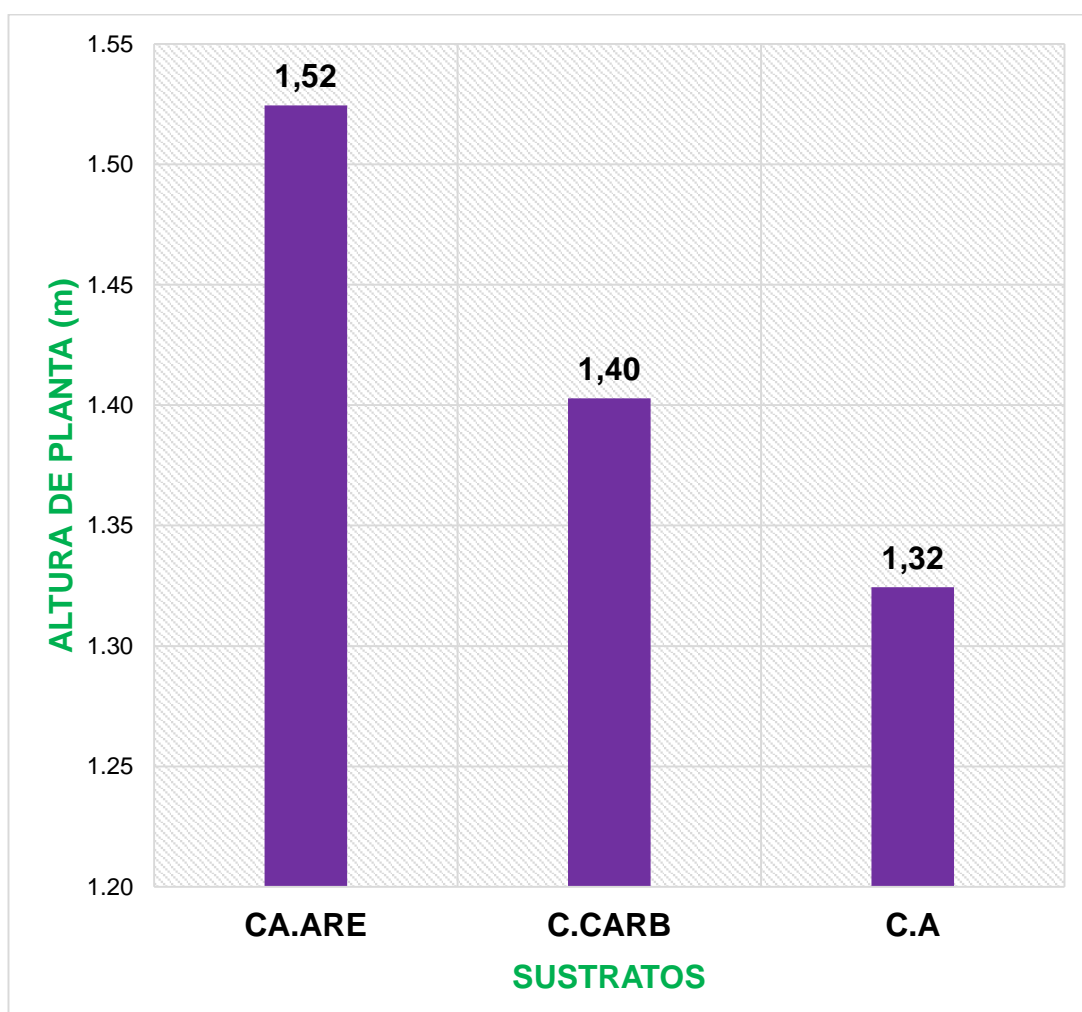


Figura 9. Efecto la variable sustrato en la altura de planta.

4.2.2. Diámetro de tallo

Cuadro N°18. ANVA para diámetro de tallo.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	74,13135	74,13135	36,61	<.0001	**
SOLUCIÓN	1	19,53010	19,53010	9,65	0,0026	**
SUSTRATO	2	7,67576	3,83788	1,90	0,1566	ns
VAR*SOL	1	1,06681	1,06681	0,53	0,4699	ns
VAR*SUST	2	13,59361	6,79680	3,36	0,0396	*
SOL*SUST	2	3,96113	1,98056	0,98	0,3802	ns
VAR*SOL*SUST	2	7,03588	3,51794	1,74	0,1822	ns
Error	84	170,08248	2,02479			
Total corregido	95	297,07716				

CV=18,62 % \bar{X} = 7,63

De acuerdo con el análisis de varianza, para los factores variedad y solución nutritiva, se encontraron diferencias altamente significativas entre tratamientos y diferencias significativas para la interacción var*sust, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Los otros factores e interacciones evaluados no presentan significación estadística.

El coeficiente de variabilidad es 18,62 %, valor ligeramente alto pero permisible para este tipo de trabajos.

Cuadro N°19. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en diámetro de tallo.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Diámetro de tallo (mm)	0,01	0,05
1	T3	CherryLM	SLM	CAARE	9,9575	A	A
2	T9	CherryLM	SA	CAARE	8,8063	A B	A B
3	T2	CherryLM	SLM	CCARB	8,5088	A B	A B C
4	T7	CherryLM	SA	CA	8,2188	A B	B C
5	T1	CherryLM	SLM	CA	8,125	A B	B C
6	T6	SAKURA	SLM	CAARE	7,5463	B C	B C
7	T8	CherryLM	SA	CCARB	7,4925	B C	B C
8	T4	SAKURA	SLM	CA	7,2825	B C	B C D
9	T5	SAKURA	SLM	CCARB	7,1225	B C	C D
10	T11	SAKURA	SA	CCARB	7,1013	B C	C D
11	T12	SAKURA	SA	CAARE	5,7688	C	D
12	T10	SAKURA	SA	CA	5,7425	C	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para diámetro de tallo de los tratamientos T9, T2, T7 y T1 estadísticamente son iguales, pero difieren de los tratamientos T3, T12 y T10 al nivel de significación del 0,01. Sin embargo, al nivel de significación del 0,05 los tratamientos T9 y T2 son iguales, pero también difieren de los tratamientos T3, T12 y T10. El tratamiento T3 presenta una media de 9,95 mm en diámetro de tallo el más alto y T10 con 5,74 mm la media más baja.

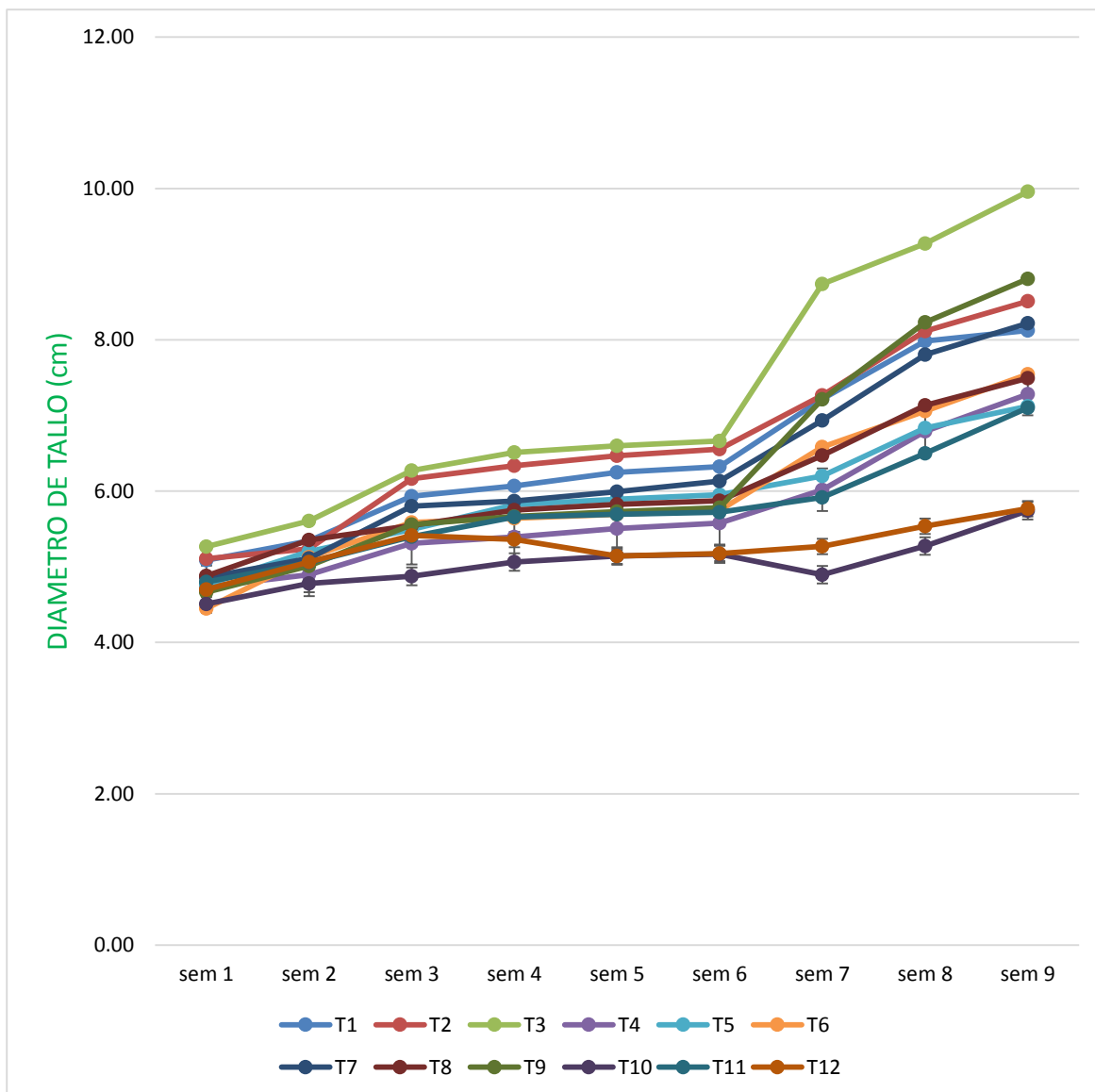


Figura 10. Efecto de los tratamientos en el diámetro de tallo.

Desde la 1ª semana hasta la 9ª semana para la variable diámetro de tallo (Figura 10), presenta al igual que en la variable altura de planta, la diferencia fue más significativa entre T3 y T10. En la 6ª semana las plantas del T3, T9 y T2 presentaron mayor diámetro de tallo, mientras que T12 y T10 obtuvieron menores resultados. Para la 8ª semana esa diferencia fue mayor. En T3 el diámetro de tallo fue de 9,27 mm mientras que en T9 fue de 8,23 mm quedando atrás T2 con 8,12 mm. En la 9ª semana los tratamientos T3 y T9 obtuvieron mayor diámetro de tallo mientras los tratamientos T12 y T10 los menores.

Cuadro N°20. Prueba de Duncan para efecto de variedad en diámetro de tallo.

OM	VARIEDAD	Diámetro de tallo (mm)	0,01	0,05
1	Cherry LM	8,52	A	A
2	SAKURA	6,76	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°20, el promedio para la variedad Cherry LM en diámetro de tallo de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Sakura al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cherry LM alcanzó un diámetro de tallo de 8,52 mm.

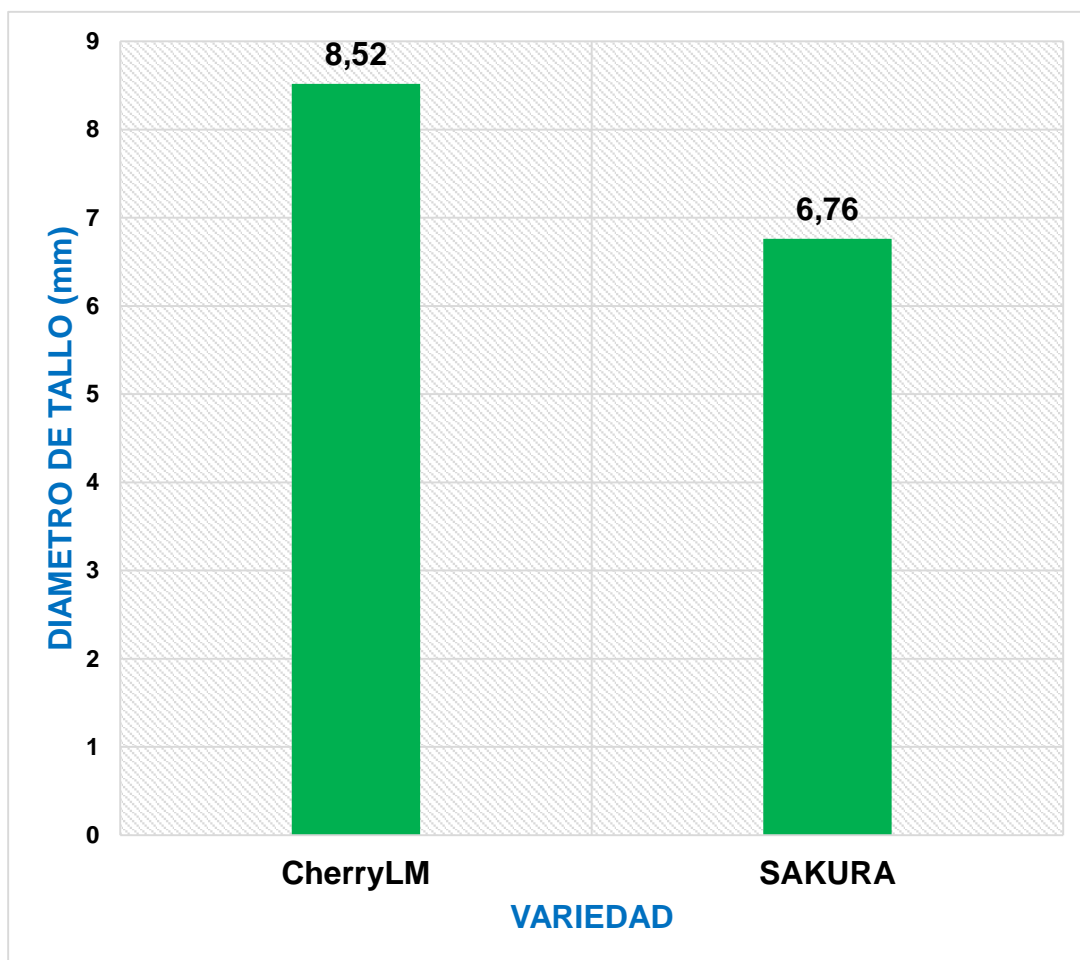


Figura 11. Efecto de la variable variedad en el diámetro de tallo.

Cuadro N°21. Prueba de Duncan para efecto solución en diámetro de tallo.

OM	Solución Nutritiva	Diámetro de tallo (mm)	0,01	0,05
1	SLM	8,0904	A	A
2	SA	7,1883		B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°21, el promedio para la solución nutritiva La Molina (SLM) en diámetro de tallo en tomate difiere y supera estadísticamente a la solución alternativa al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SLM alcanzó un diámetro de tallo de 8,09 mm.

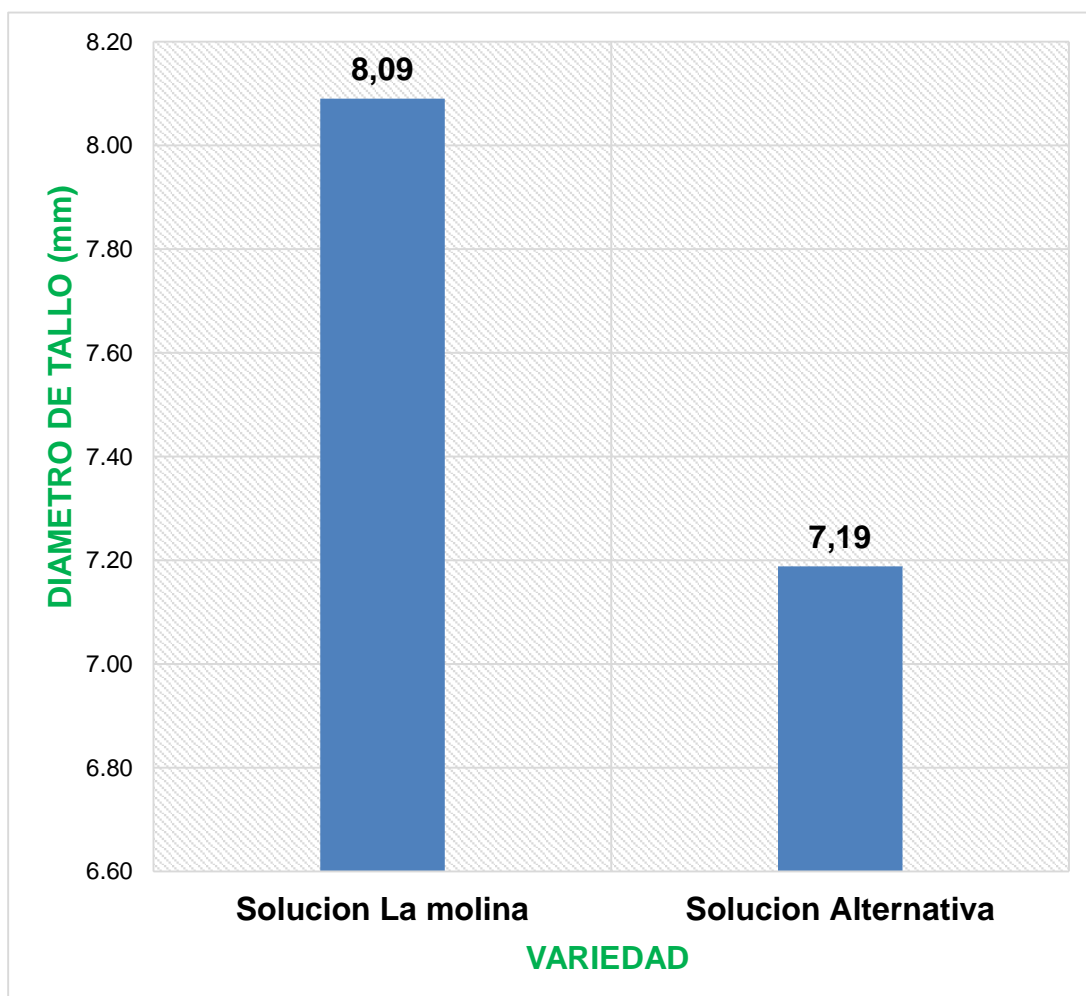


Figura 12. Efecto de la variable solución nutritiva en tomate en el diámetro de tallo.

Cuadro N°22. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en diámetro de tallo.

OM	SUSTRATO	Diámetro de tallo (mm)	0,01	0,05
1	CAARE	8,02	A	A
2	CCARB	7,56	A	A
3	CA	7,34	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°22, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en diámetro de tallo en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 8,02 mm en diámetro de tallo.

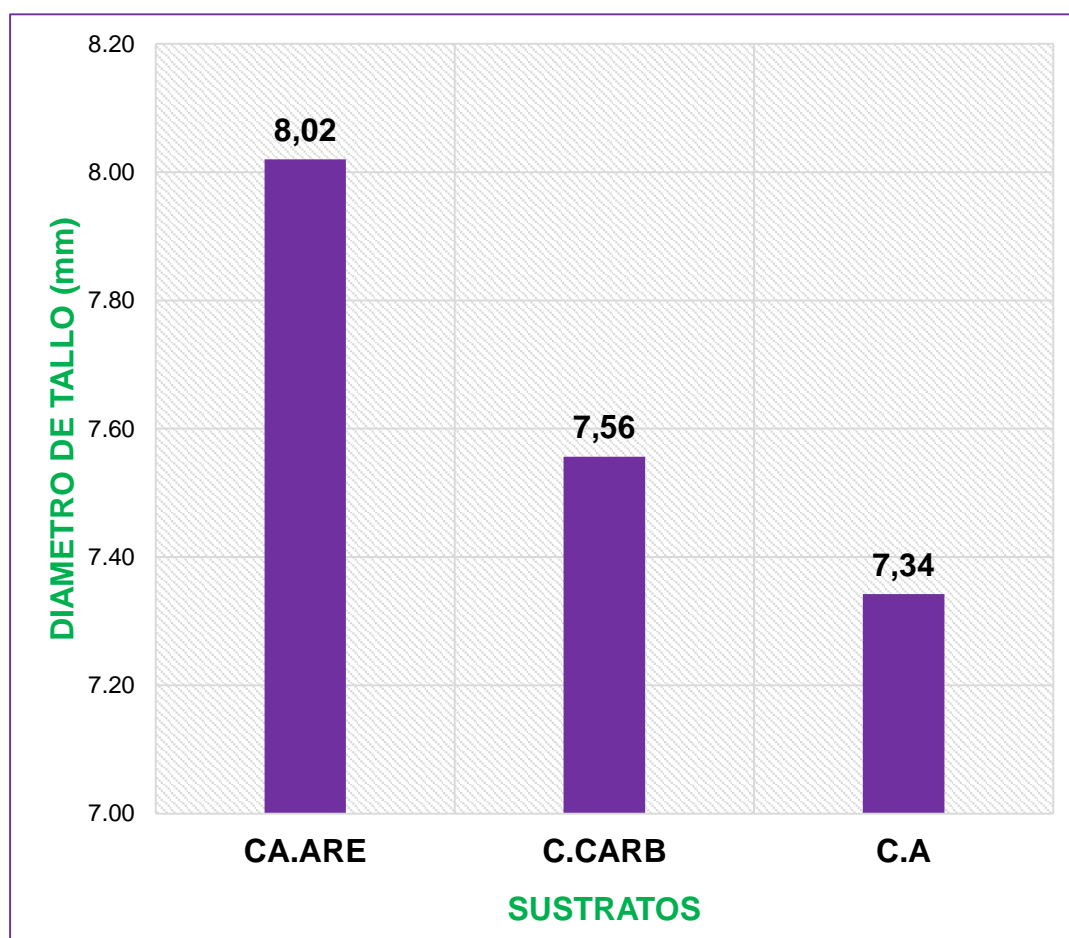


Figura 13. Efecto de la variable sustrato en el diámetro de tallo.

4.3. VARIABLE DE RENDIMIENTO

4.3.1. Número de frutos por racimo

Cuadro N°23. ANVA para número de frutos por racimo.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	43,78920	43,789201	7,32	0,0089	**
SOLUCION	1	0,11281	0,112812	0,02	0,8912	ns
SUSTRATO	2	9,41363	4,706816	0,79	0,46	ns
VAR*SOL	1	27,93781	27,937812	4,67	0,0347	**
VAR*SUST	2	3,71337	1,856688	0,31	0,7344	ns
SOL*SUST	2	10,75463	5,377316	0,90	0,4125	ns
VAR*SOL*SUST	2	12,20173	6,100866	1,02	0,3669	ns
Error	60	359,03768	5,983961			
Total corregido	71	466,96089				

CV= 23,87 % \bar{X} = 10,24

El análisis de variancia en el cuadro N°23 para la variable número de frutos por racimo, el p-valor denota que para el factor variedad existe doble significación estadística, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente, también para la interacción var*sol existe significación estadística. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores e interacciones, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es 23,87 %, valor ligeramente alto pero permisible para este tipo de trabajos.

Cuadro N°24. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el número de frutos por racimo.

OM	TRA	Variedad	Solución nutritiva	Sustrato	Número de frutos por racimo	0,01	0,05
1	T6	SAKURA	SLM	CAARE	12,5233	A	A
2	T4	SAKURA	SLM	CA	11,7100	A B	A B
3	T11	SAKURA	SA	CCARB	11,5333	A B	A B
4	T12	SAKURA	SA	CAARE	10,7517	A B C	B C
5	T5	SAKURA	SLM	CCARB	10,5950	A B C D	B C
6	T7	CherryLM	SA	CA	10,3650	A B C D	B C
7	T9	CherryLM	SA	CAARE	10,2300	A B C D	B C D
8	T8	CherryLM	SA	CCARB	9,79170	B C D	C D E
9	T3	CherryLM	SLM	CAARE	9,49000	B C D	C D E
10	T10	SAKURA	SA	CA	9,04330	C D	C D E
11	T1	CherryLM	SLM	CA	8,53330	D	D E
12	T2	CherryLM	SLM	CCARB	8,38830	D	E

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para número de frutos por racimo de los tratamientos T4, T11, T12, T5, T7 y T9 estadísticamente son iguales, pero difieren de los tratamientos T6, T1 y T2 al nivel de significación del 0,01. También al nivel de significación del 0,05 solo los tratamientos T6, T1 y T2 son diferentes de los otros tratamientos. El tratamiento T6 presenta una media de 12,52 el más alto y T2 con 8,38 la media más baja.

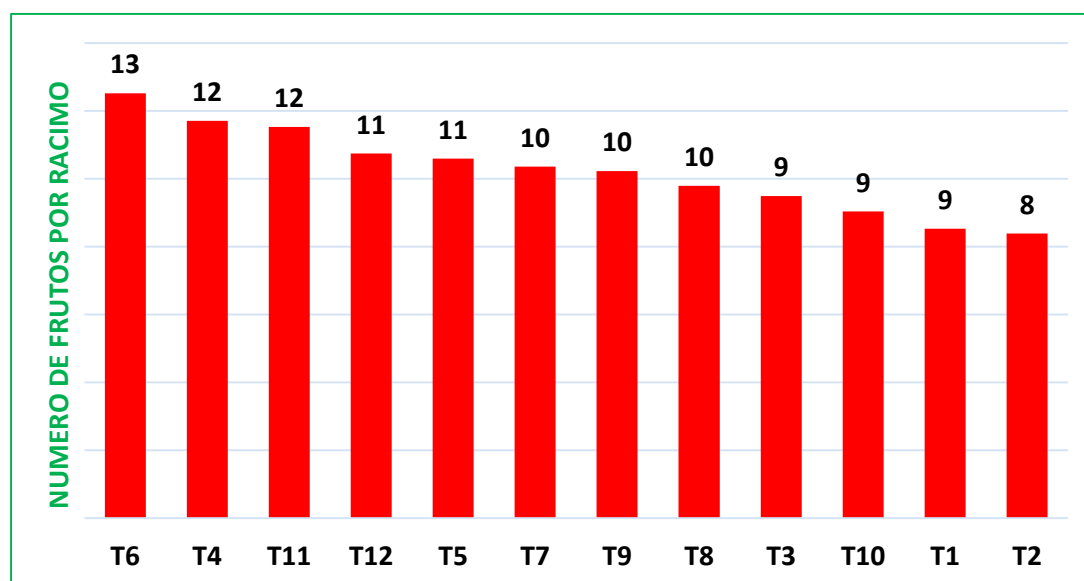


Figura 14. Efecto de los tratamientos en el número de frutos por racimo.

Cuadro N°25. Prueba de Duncan para efecto de variedad en número de frutos por racimo.

OM	VARIEDAD	Número de frutos por racimo	0,01	0,05
1	SAKURA	11,03	A	A
2	Cherry LM	9,47	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°25, el promedio para la variedad Sakura en número de frutos por racimo en tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Cherry LM al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. La variedad Sakura alcanzó una media de 11,03 en número de frutos por racimo.

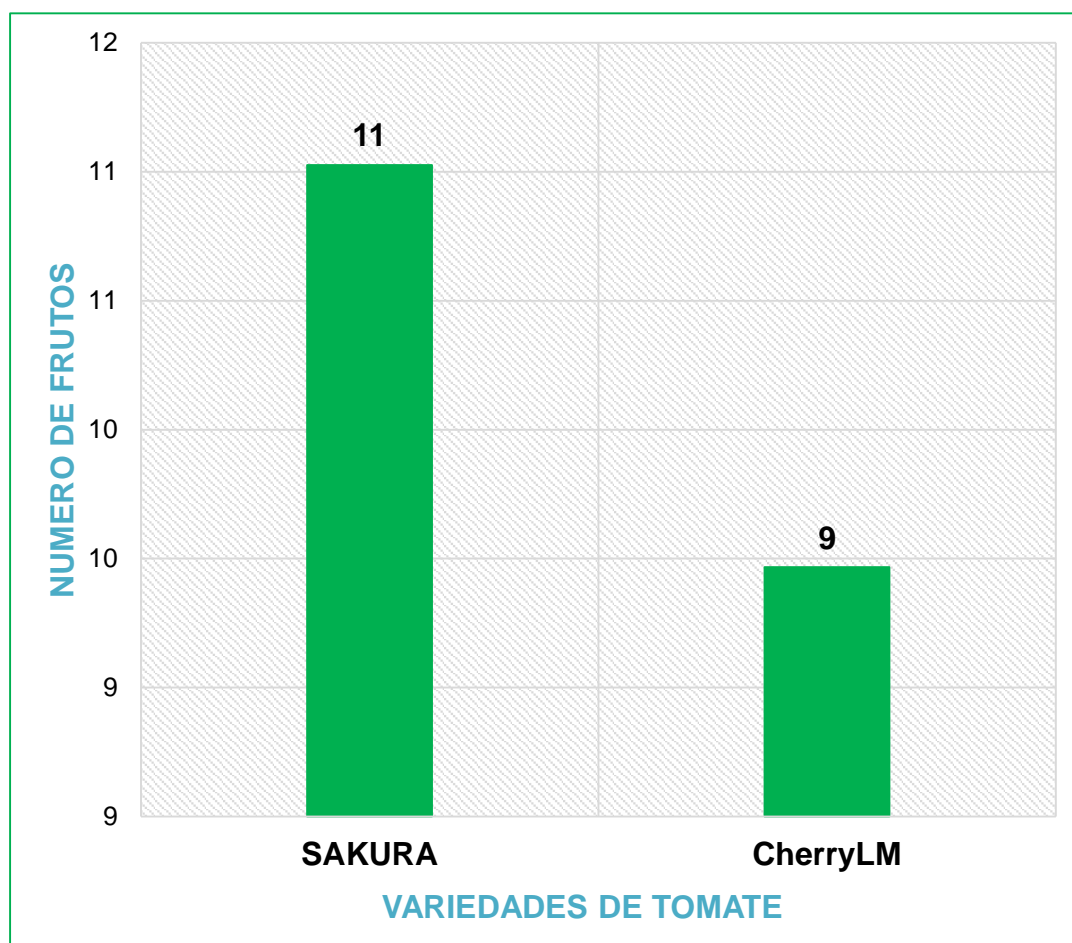


Figura 15. Efecto de la variable variedad en el número de frutos por racimo.

Cuadro N°26. Prueba de Duncan para efecto solución en el número de frutos por racimo.

OM	Solución Nutritiva	Número de frutos por racimo	0,01	0,05
1	SA	10,29	A	A
2	SLM	10,21	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°26, los promedios para la solución nutritiva en el número de frutos por racimo en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 10,28 en número de frutos por racimo.

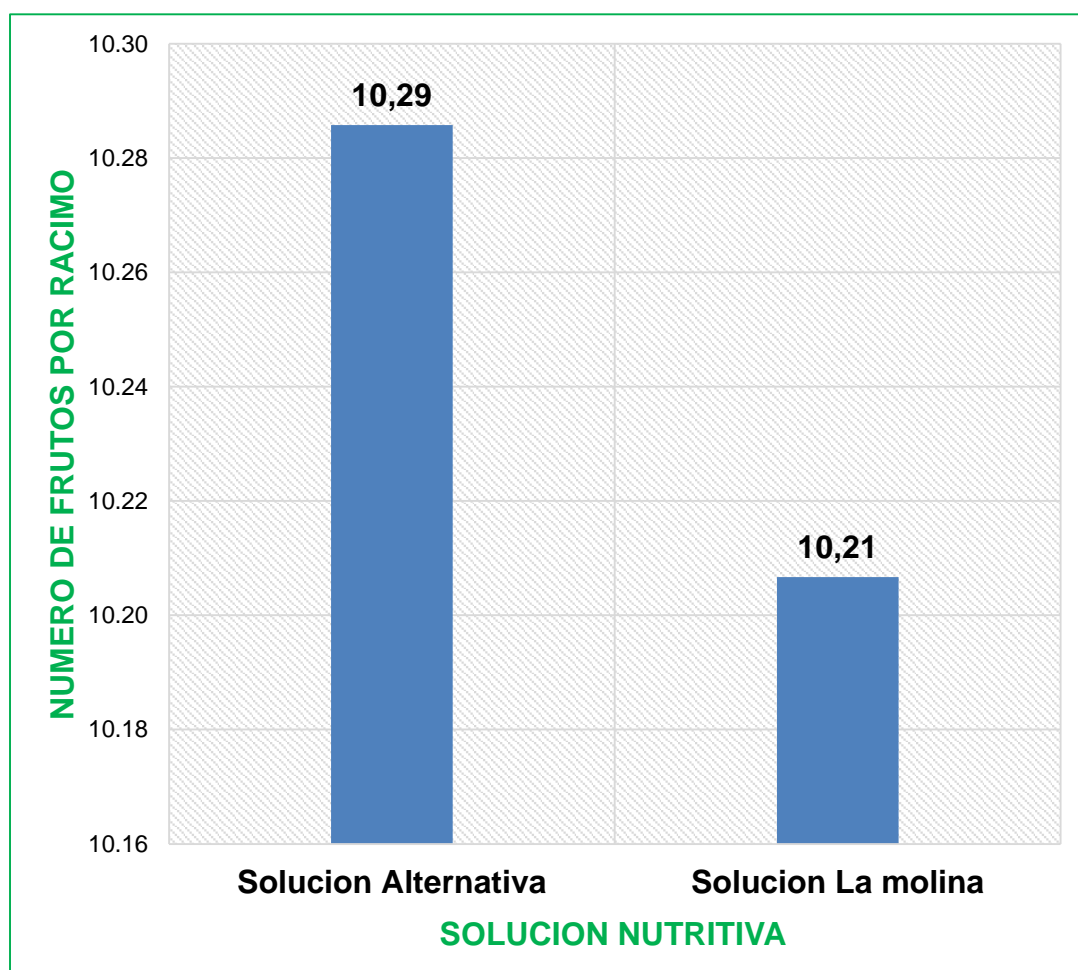


Figura 17. Efecto de la variable solución nutritiva en el número de frutos por racimo.

Cuadro N°27. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el número de frutos por racimo.

OM	SUSTRATO	Número de frutos por racimo	0,01	0,05
1	CAARE	10,75	A	A
2	CCARB	10,08	A	A
3	CA	9,91	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°27, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en el número de frutos por racimo en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 10,74 en el número de frutos por racimo.

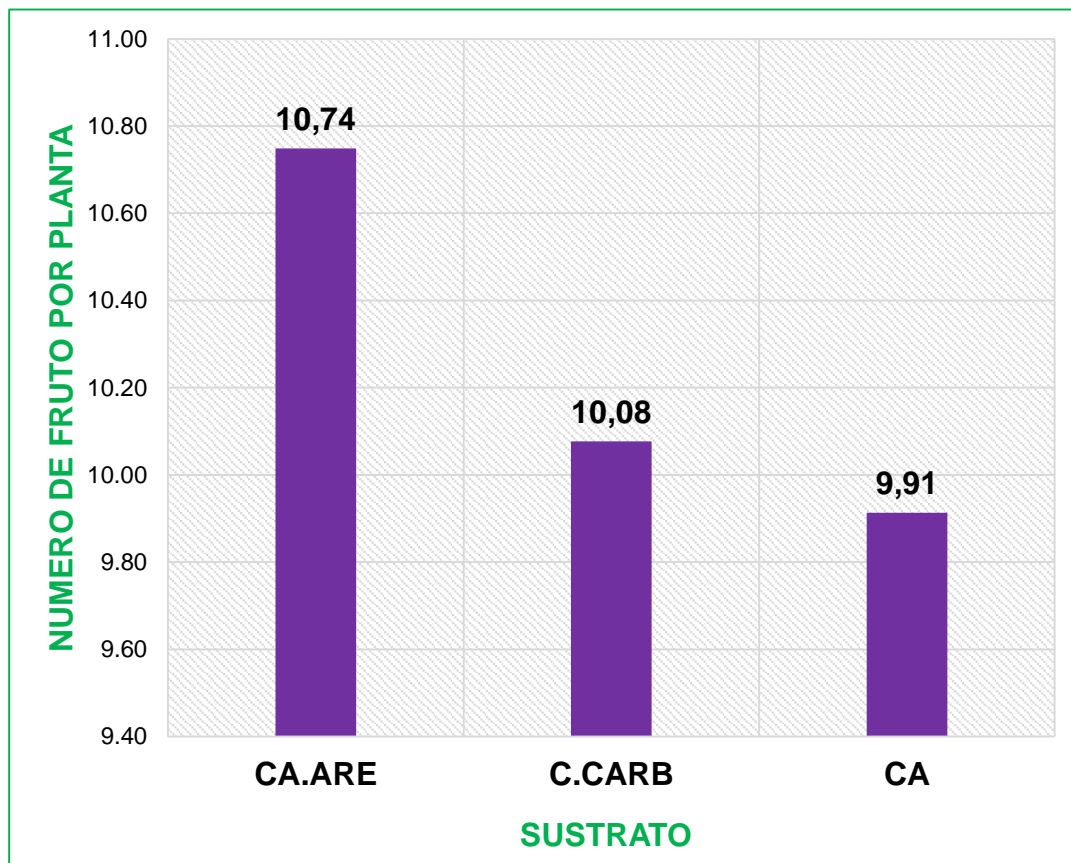


Figura 18. Efecto de la variable sustrato en el número de frutos por racimo.

4.3.2. Número de racimos por planta

Cuadro N°28. ANVA para número de racimos por planta.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	112,66667	112,6667	111,67	<.0001	**
SOLUCIÓN	1	181,50000	181,5000	179,89	<,0001	**
SUSTRATO	2	104,68750	52,3437	51,88	<,0001	**
VAR*SOL	1	35,04166	35,0416	34,73	<,0001	**
VAR*SUST	2	62,27083	31,1354	30,86	<,0001	**
SOL*SUST	2	71,31250	35,6562	35,34	<,0001	**
VAR*SOL*SUST	2	76,39583	38,1979	37,86	<,0001	**
Error	84	84,75000	1,0089			
Total corregido	95	728,62500				

CV= 6,40 % \bar{X} = 15,68

El análisis de varianza de la variable número de racimos por planta que se presenta en el cuadro N°28, el p-valor nos indica que existe diferencias altamente significativas entre los factores variedad, solución, sustrato y sus interacciones.

El coeficiente de variabilidad es 6,40 %, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°29. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el número de racimos por planta.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Número de racimos por planta	0,01	0,05
1	T12	SAKURA	SA	CAARE	19,125	A	A
2	T9	CherryLM	SA	CAARE	17,500	B	B
3	T10	SAKURA	SA	CA	17,000	B C	BC
4	T11	SAKURA	SA	CCARB	16,500	B C D	BC D
5	T5	SAKURA	SLM	CCARB	16,375	B C D	BC D
6	T7	CherryLM	SA	CA	16,250	B C D	BC D
7	T4	SAKURA	SLM	CA	16,000	B C D	C D E
8	T8	CherryLM	SA	CCARB	16,000	B C D	C D E
9	T6	SAKURA	SLM	CAARE	15,625	C D	D E
10	T2	CherryLM	SLM	CCARB	15,286	C D	D E
11	T3	CherryLM	SLM	CAARE	14,875	D	E
12	T1	CherryLM	SLM	CA	8,556	E	F

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para número de racimos por planta de los tratamientos T9, T10, T11, T5, T7, T4 y T8 estadísticamente son iguales, pero difieren de los tratamientos T12 y T1 al nivel de significación del 0,01. También al nivel de significación del 0,05 los tratamientos T12 y T1 difieren de los otros tratamientos. El tratamiento T12 presenta una media de 19 racimos por planta siendo este el más alto y T1 con 9 racimos por planta la media más baja.

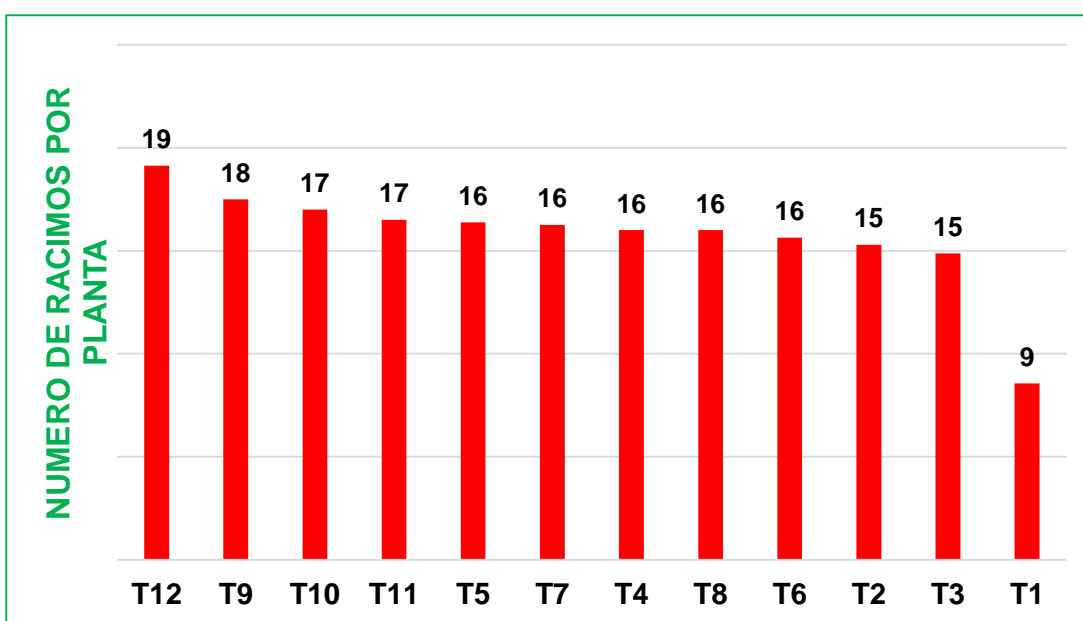


Figura 19. Efecto de los tratamientos en el número de racimos por planta.

Cuadro N°30. Prueba de Duncan para efecto de variedad en el número de racimos por planta.

OM	VARIEDAD	Número de racimos por planta	0,01	0,05
1	SAKURA	16,771	A	A
2	CherryLM	14,604	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°30, el promedio para la variedad Sakura en el número de racimos por planta de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Cherry LM al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Sakura alcanzó una media de 16,77 en el número de racimos por planta.

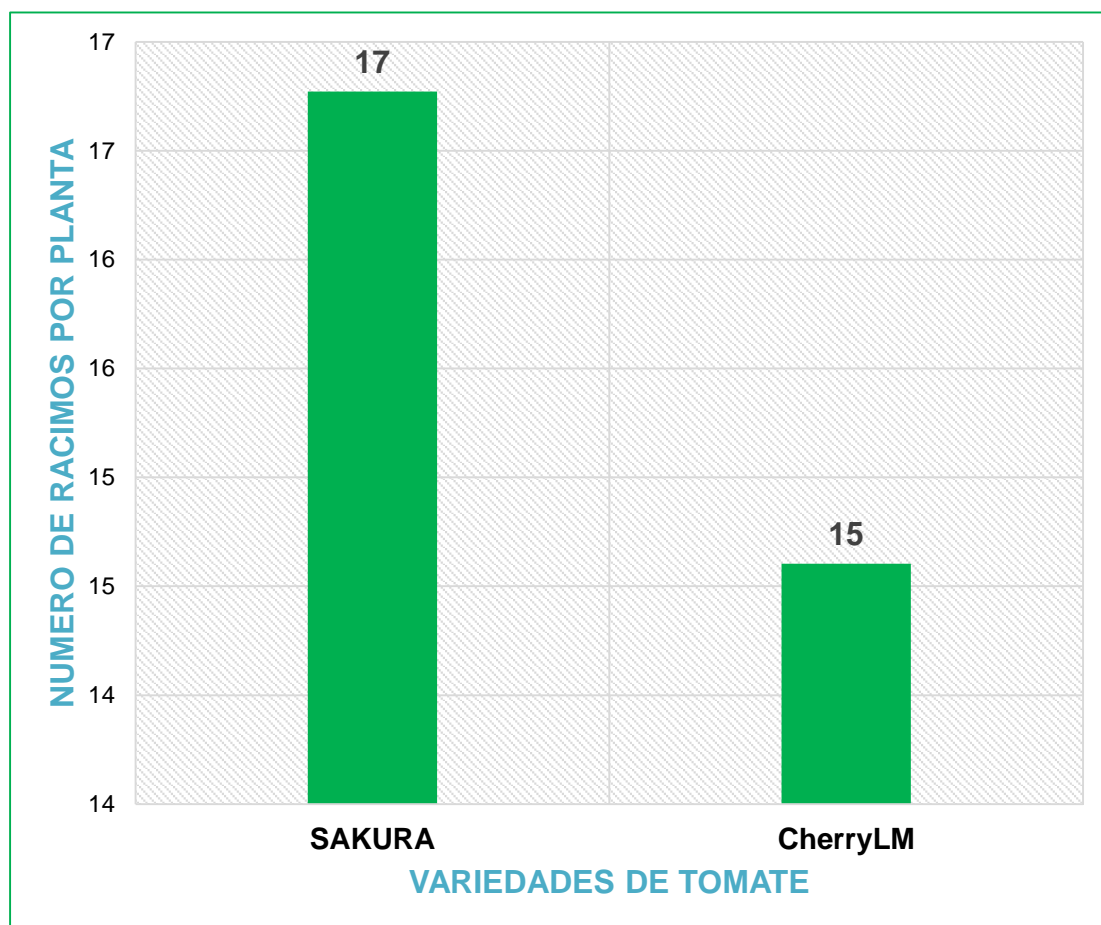


Figura 20. Efecto de la variable variedad de tomate en el número de racimos por planta.

Cuadro N°31. Prueba de Duncan para efecto solución en el número de racimos por planta.

OM	Solución Nutritiva	Número de racimos por planta	0,01	0,05
1	SA	17,063	A	A
2	SLM	14,313	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°31, el promedio para la solución nutritiva Alternativa (SA) en el número de racimos por planta en tomate difiere y supera estadísticamente a la solución alternativa al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 17,06 en el número de racimos por planta.

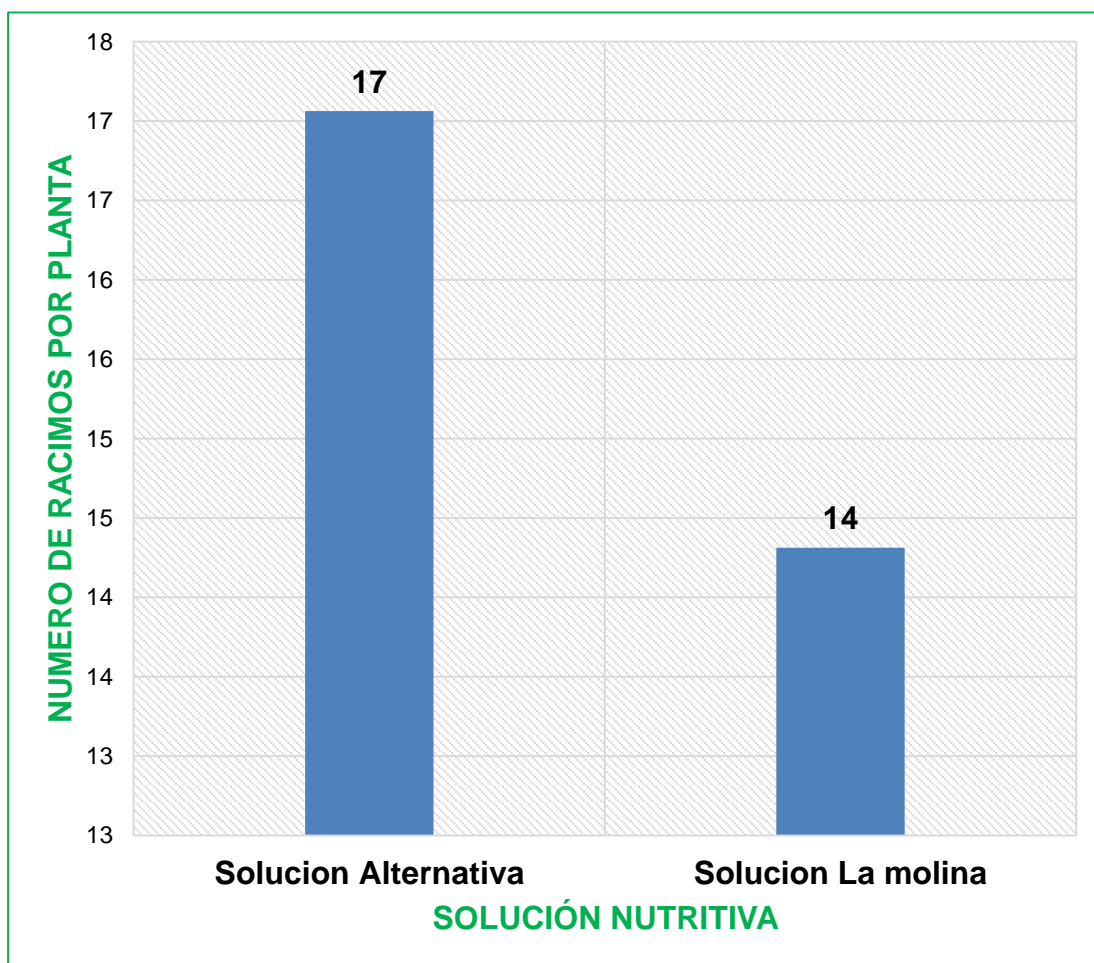


Figura 21. Efecto de la variable solución nutritiva en el número de racimos por planta.

Cuadro N°32. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el número de racimos por planta.

OM	SUSTRATO	Número de racimos por planta	0,01	0,05
1	CAARE	16,781	A	A
2	CCARB	16,000	B	B
3	CA	14,281	C	C

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°32, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz más arena) en el número de racimos por planta en tomate difiere y supera estadísticamente a sustratos (cascarilla de arroz y cascarilla de arroz más carbón) al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 16,78 en el número de racimos por planta.

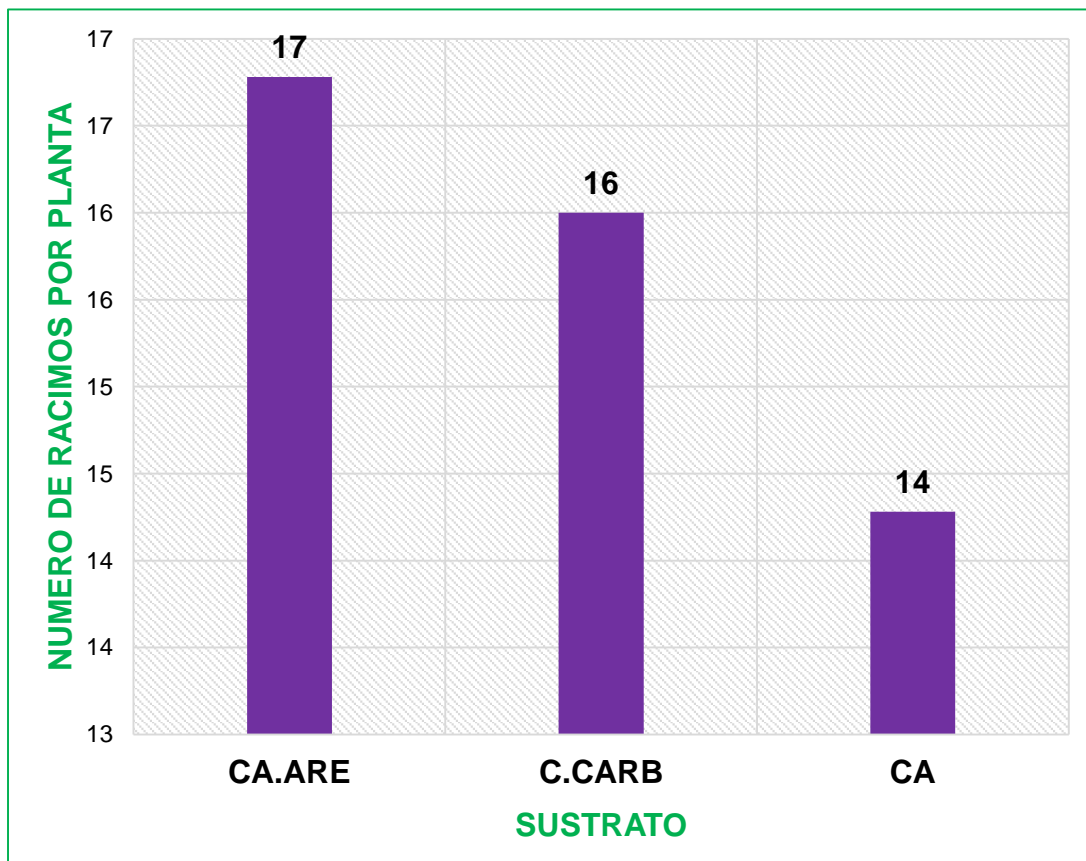


Figura 22. Efecto de la variable sustrato en el número de racimos por planta.

4.3.3. Numero de frutos por planta

Cuadro N°33. Prueba de Duncan para número de frutos por planta.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	2992,6667	2992,666	29,59	<,0001	**
SOLUCION	1	9,3750	9,375	0,09	0,7615	ns
SUSTRATO	2	339,9375	169,968	1,68	0,1924	ns
VAR*SOL	1	1335,0417	1335,042	13,20	0,0005	**
VAR*SUST	2	15,0208	7,510	0,07	0,9285	ns
SOL*SUST	2	497,4375	248,719	2,46	0,0916	ns
VAR*SOL*SUST	2	1252,2708	626,135	6,19	0,0031	**
Error	84	8494,7500	101,128			
Total corregido	95	14936,5000				

CV= 16,73 % \bar{X} = 60,12

El análisis de varianza de la variable número de frutos por planta que se presenta en el cuadro N°33, el p-valor nos indica que existe diferencias altamente significativas entre los factores variedad e interacciones var*sol y var*sol*sust. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores e interacciones, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es 16,73 %, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°34. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el número de frutos por planta.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Número de frutos por planta	0,01	0,05
1	T6	SAKURA	SLM	CAARE	75,875	A	A
2	T4	SAKURA	SLM	CA	71,500	A B	A B
3	T11	SAKURA	SA	CCARB	70,375	A B C	A B
4	T5	SAKURA	SLM	CCARB	61,875	A B C D	B
5	T12	SAKURA	SA	CAARE	60,625	B C D	B
6	T9	CherryLM	SA	CAARE	60,250	B C D	B
7	T7	CherryLM	SA	CA	57,500	B C D	C D
8	T8	CherryLM	SA	CCARB	56,125	C D	C D
9	T10	SAKURA	SA	CA	54,000	D	C D
10	T2	CherryLM	SLM	CCARB	53,000	D	C D
11	T3	CherryLM	SLM	CAARE	52,500	D	C D
12	T1	CherryLM	SLM	CA	47,875	D	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para número de frutos por planta de los tratamientos T6, T4, T11 y T5 estadísticamente son iguales, pero difieren de los tratamientos T10, T2, T3 y T1 al nivel de significación del 0,01. Pero al nivel de significación 0,05 solo los tratamientos T6, T4 y T11 son iguales, pero difieren del tratamiento T1. El tratamiento T6 presenta una media de 76 frutos por planta siendo este el más alto y T1 con 48 frutos por planta la media más baja.

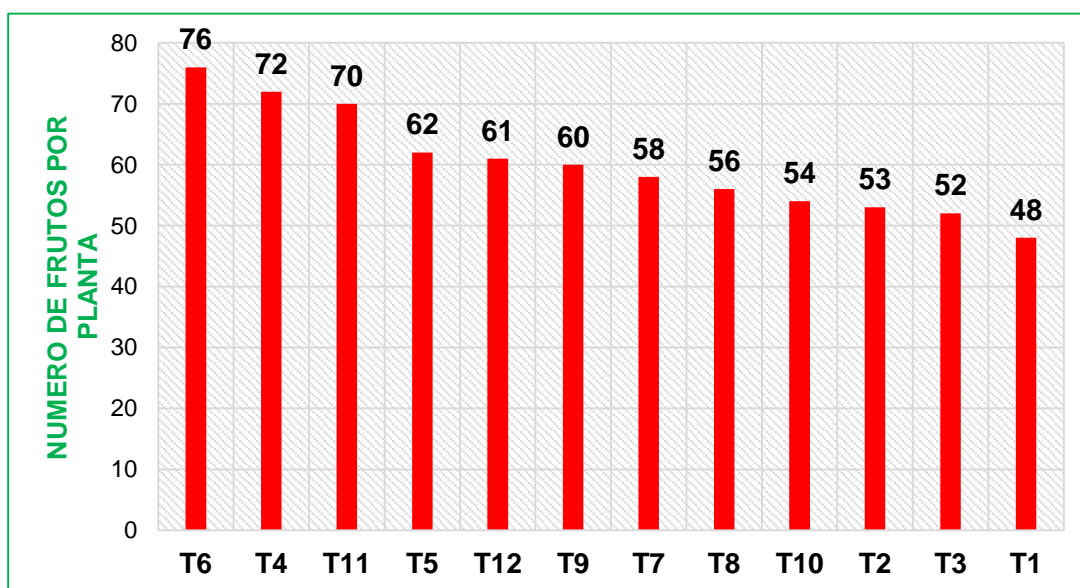


Figura 23. Efecto de los tratamientos en el número de frutos por planta.

Cuadro N°35. Prueba de Duncan para efecto de variedad en el número de frutos por planta.

OM	VARIEDAD	Número de frutos por planta	0,01	0,05
1	SAKURA	65,708	A	A
2	CherryLM	54,542	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°35, el promedio para la variedad Sakura en el número de frutos por planta de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Cherry LM al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Sakura alcanzó una media de 66 en el número de frutos por planta.

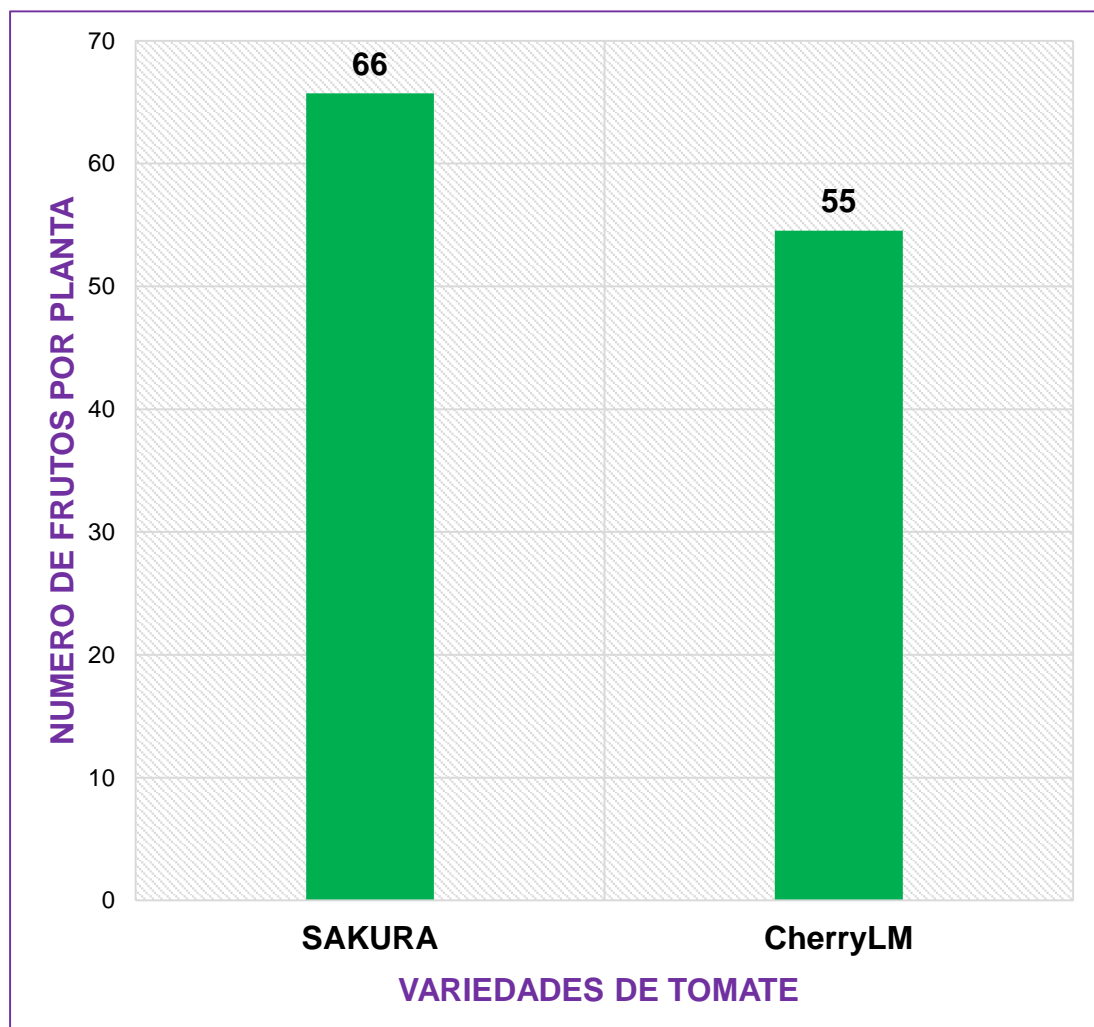


Figura 24. Efecto de la variable variedad de tomate en el número de frutos por planta.

Cuadro N°36. Prueba de Duncan para efecto solución en el número de frutos por planta.

OM	Solución Nutritiva	Número de frutos por planta	0,01	0,05
1	SLM	60,438	A	A
2	SA	59,813	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°36, el promedio para la solución nutritiva La molina (SLM) en el número de frutos por planta en tomate es igual estadísticamente a la solución alternativa (SA) al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SLM alcanzó una media de 60,43 en el número de frutos por planta.

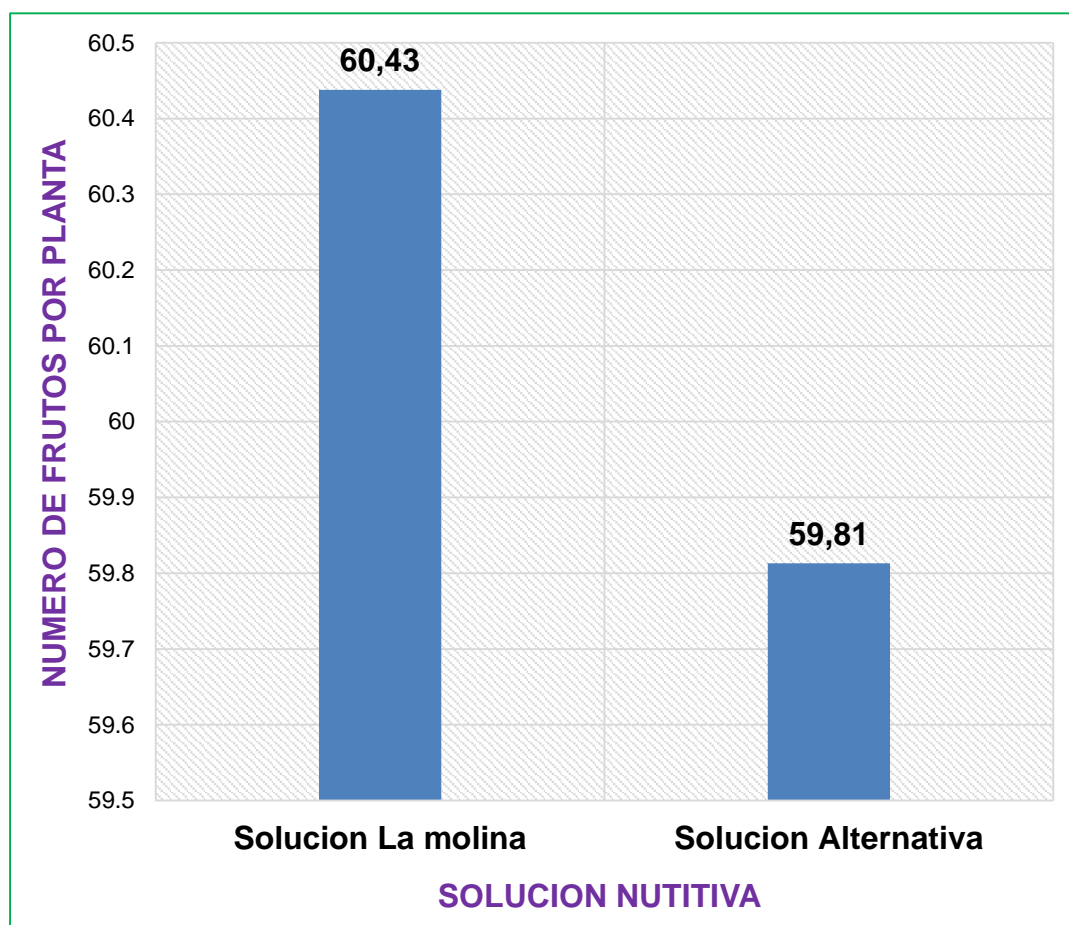


Figura 25. Efecto de la variable solución nutritiva en el número de frutos por planta.

Cuadro N°37. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el número de frutos por planta.

OM	SUSTRATO	Número de frutos por planta	0,01	0,05
1	CAARE	62,313	A	A
2	CCARB	60,344	A	A
3	CA	57,719	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°37, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en el número de frutos por planta en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 62 en el número de frutos por planta.

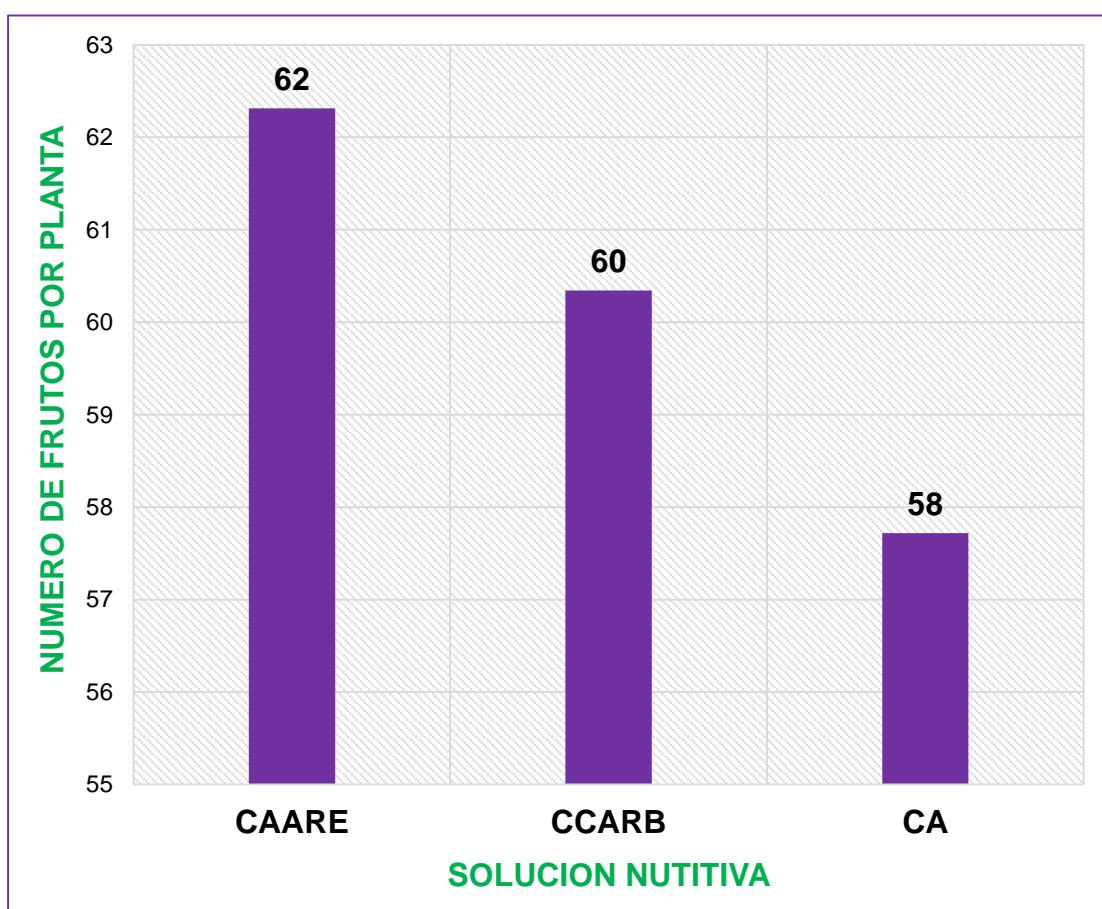


Figura 26. Efecto de la variable sustrato en el número de racimos por planta.

4.3.4. Peso de frutos por racimos del 1 al 6

Cuadro N°38. Prueba de Duncan para peso de frutos por racimo.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	6200,71	6200,7104	1,70	0,1968	ns
SOLUCION	1	8710,90	8710,9000	2,39	0,1271	ns
SUSTRATO	2	8766,24	4383,1192	1,20	0,3071	ns
VAR*SOL	1	25861,82	25861,8234	7,10	0,0099	**
VAR*SUST	2	687,32	343,6615	0,09	0,91	ns
SOL*SUST	2	5651,85	2825,9253	0,78	0,4647	ns
VAR*SOL*SUST	2	11359,06	5679,5322	1,56	0,2185	ns
Error	60	218413,51	3640,2252			
Total corregido	71	285651,42				

CV=35,78 % \bar{X} =168,83

Los datos analizados con respecto a peso de los frutos se obtuvieron considerando el peso de los primeros seis racimos. El análisis de variancia en el cuadro N°38 para la variable peso de frutos por racimo, el p-valor denota que para la interacción var*sol existe altamente significación estadística, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Sin embargo no existe significación estadística para los otros factores e interacciones, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es de 35,78 %, porcentaje muy alto debido a la variabilidad que se tiene en esta característica, indicándonos que esta variable no es confiable.

Cuadro N°39. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el peso de frutos por racimo.

OM	TRA	Variedad	Solución	Sustrato	Peso de frutos por racimo (g)	0,01	0,05
1	T9	CherryLM	SA	CAARE	215,57	A	A
2	T7	CherryLM	SA	CA	211,47	A B	A
3	T8	CherryLM	SA	CCARB	197,18	A B C	A B
4	T6	SAKURA	SLM	CAARE	185,84	A B C D	A B
5	T3	CherryLM	SLM	CAARE	180,29	A B C D E	A B C
6	T4	SAKURA	SLM	CA	178,17	A B C D E	A B C
7	T11	SAKURA	SA	CCARB	173,88	A B C D E	A B C
8	T12	SAKURA	SA	CAARE	155,55	B C D E	B C D
9	T2	CherryLM	SLM	CCARB	141,78	C D E	C D
10	T5	SAKURA	SLM	CCARB	138,52	D E	C D
11	T10	SAKURA	SA	CA	125,39	E	D
12	T1	CherryLM	SLM	CA	122,43	E	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para peso de frutos por racimo de los tratamientos T7, T8, T6, T3, T4 y T11 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0,01 y 0,05 pero difieren de los tratamientos T9, T10 y T1 al nivel de significación del 0,01 y 0,05. El tratamiento T9 presenta una media de 215,57 g por racimo siendo este el más alto y T1 con 122,43 g por racimos la media más baja.

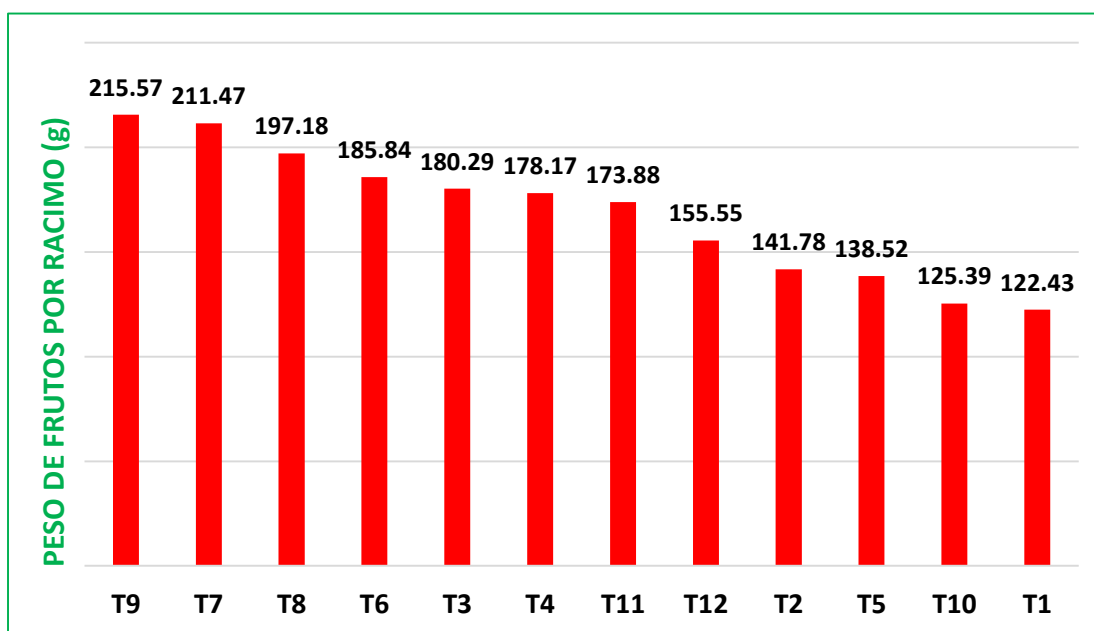


Figura 27. Efecto de los tratamientos en el peso de frutos por racimo.

Cuadro N°40 Prueba de Duncan para efecto de variedad en el peso de frutos por racimo.

OM	VARIEDAD	Peso de frutos por racimo (g)	0,01	0,05
1	Cherry LM	178,12	A	A
2	SAKURA	159,56	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes,

En la prueba de Duncan del cuadro N°40, el promedio para variedad (Cherry LM y Sakura) en el peso de frutos por racimo de tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cherry LM alcanzo una media de 178,12 g en el peso de frutos por racimo.

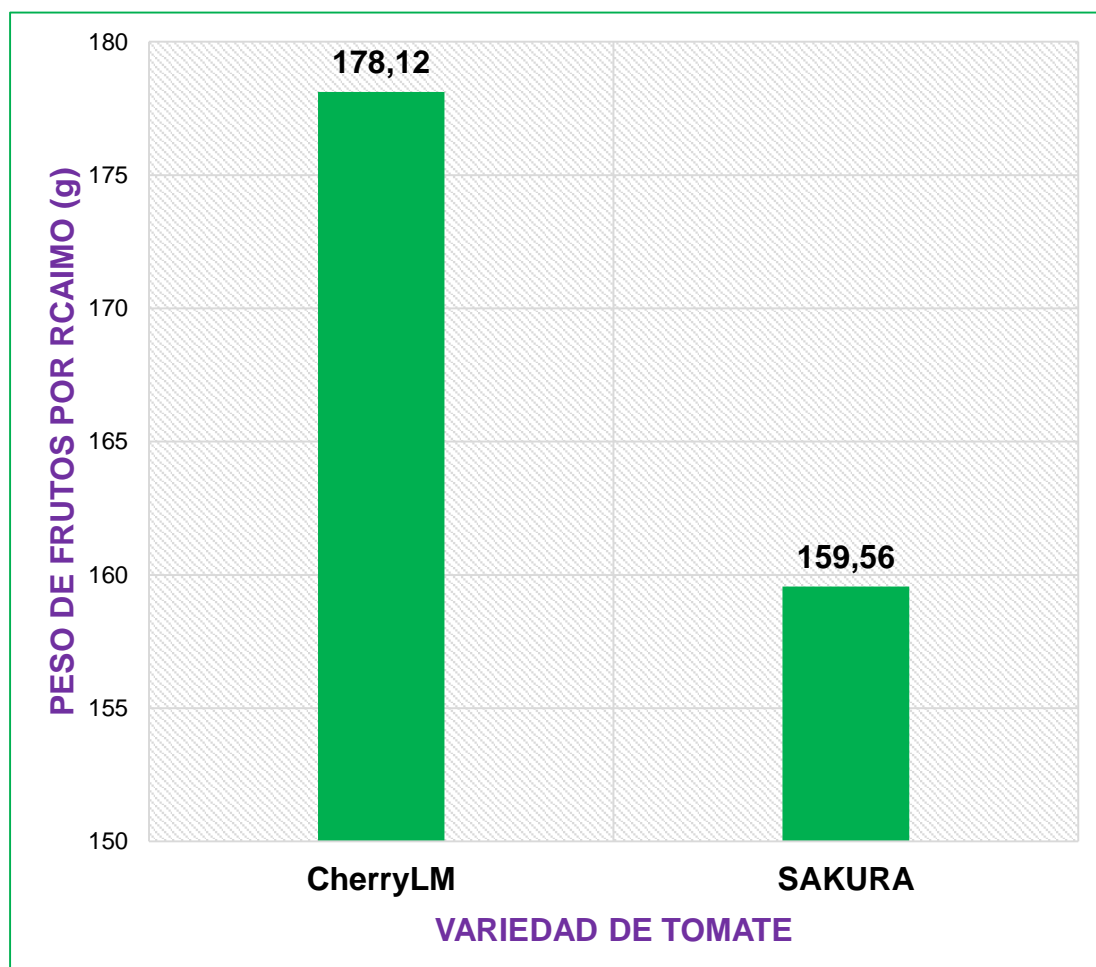


Figura 28. Efecto de variedad de tomate en el peso de frutos por racimo.

Cuadro N°41. Prueba de Duncan para efecto solución en el peso de frutos por racimo.

OM	Solución Nutritiva	Peso de frutos por racimo (g)	0,01	0,05
1	SA	179,84	A	A
2	SLM	157,84	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°41, los promedios para la solución nutritiva en el peso de frutos por racimo en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 179,84 g en peso de frutos por racimo.

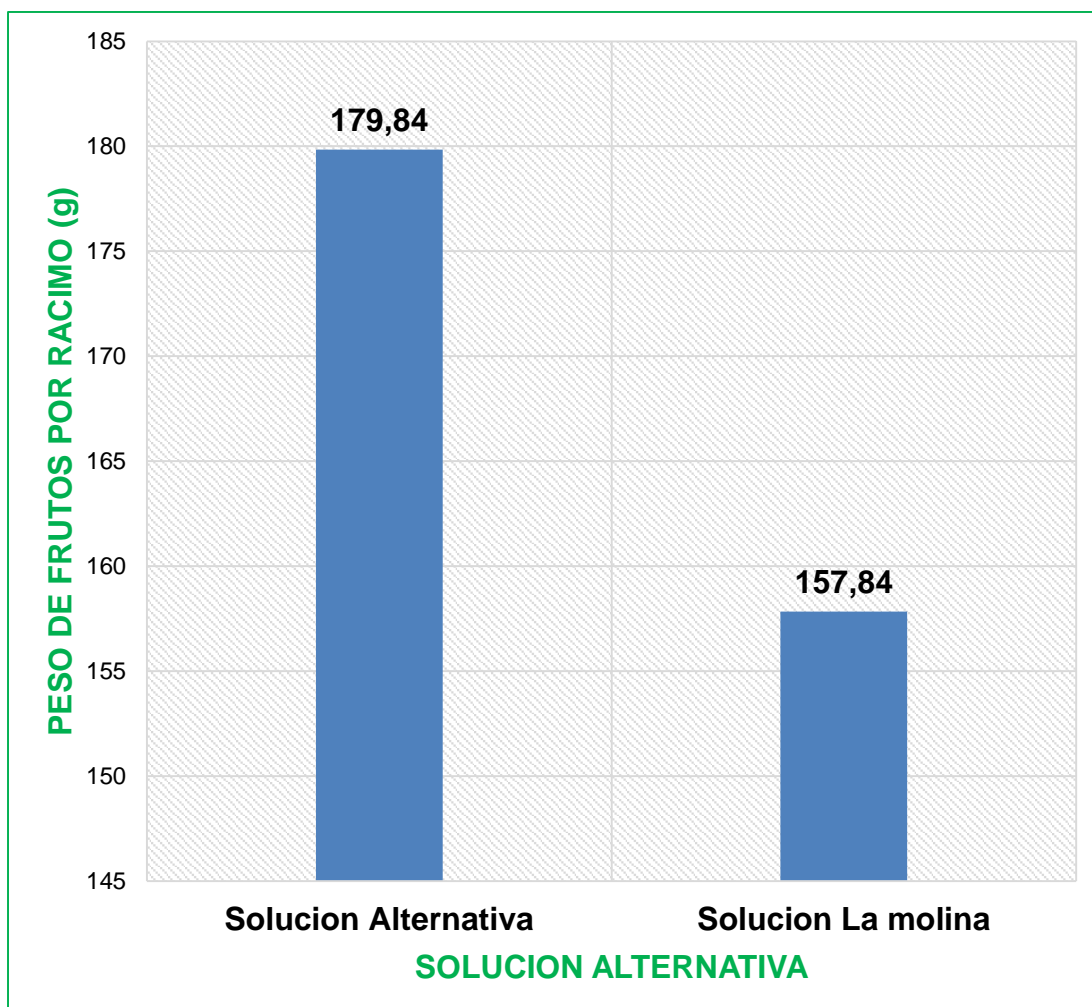


Figura 29. Efecto de la variable solución nutritiva en el peso de frutos por racimo.

Cuadro N°42. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el peso de frutos por racimo.

OM	SUSTRATO	Peso de frutos por racimo (g)	0,01	0,05
1	CAARE	184,31	A	A
2	CCARB	162,84	A	A
3	CA	159,36	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°42, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en el peso de frutos por racimo en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 184,31 g en el peso de frutos por racimo.

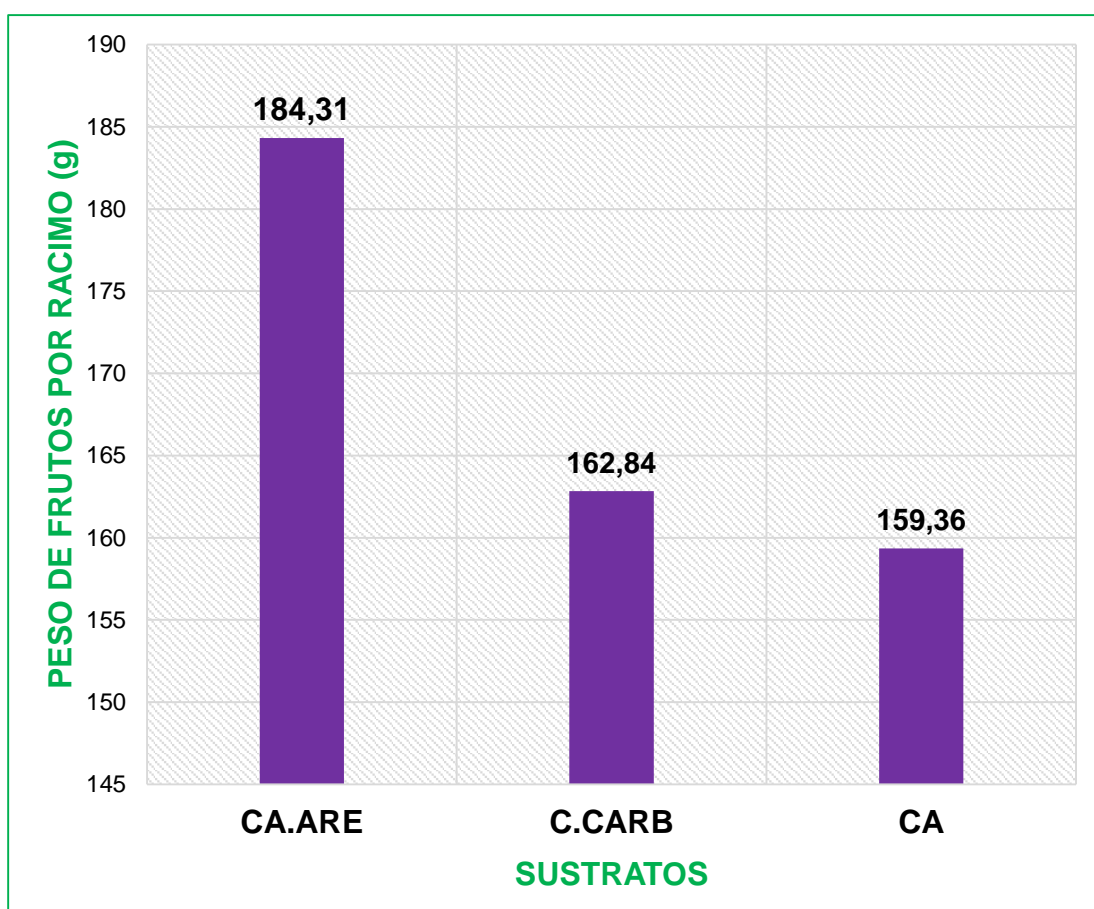


Figura 30. Efecto de la variable sustrato en el peso de frutos por racimo.

4.3.5. Peso de frutos por planta del racimo 1 al 6

Cuadro N°43. ANVA para Peso de frutos por planta.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	13183,594	13183,594	0,13	0,7236	ns
SOLUCION	1	177246,09	177246,094	1,69	0,1969	ns
SUSTRATO	2	355693,15	177846,573	1,7	0,1893	ns
VAR*SOL	1	1177272,5	1177272,51	11,24	0,0012	**
VAR*SUST	2	81433,313	40716,656	0,39	0,6791	ns
SOL*SUST	2	126800,06	63400,031	0,61	0,5483	ns
VAR*SOL*SUST	2	555507,9	277753,948	2,65	0,0764	*
Error	84	8797841,6	104736,21			
Total corregido	95	11284978				

CV= 32,14 % \bar{X} = 1 kg

El análisis de variancia en el cuadro N°43 para la variable peso de frutos por planta del racimo 1 al 6, el p-valor denota que para la interacción var*sol*sust existe significación estadística y alta significación estadística para la interacción var*sol, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es de 32,14%, porcentaje muy alto debido a la variabilidad que se tiene en esta característica, indicándonos que esta variable no es confiable.

Cuadro N° 44. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el peso de frutos por planta.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Peso de frutos por planta (kg)	0,01	0,05
1	T9	Cherry LM	SA	CAARE	1,307	A	A
2	T6	SAKURA	SLM	CAARE	1,164	A B	A
3	T8	Cherry LM	SA	CCARB	1,132	A B	A B
4	T4	SAKURA	SLM	CA	1,130	A B	A B
5	T7	Cherry LM	SA	CA	1,078	A B	A B C
6	T11	SAKURA	SA	CCARB	1,069	A B	A B C
7	T2	Cherry LM	SLM	CCARB	0,943	A B	A B C
8	T3	Cherry LM	SLM	CAARE	0,926	A B	C
9	T12	SAKURA	SA	CAARE	0,923	A B	C
10	T5	SAKURA	SLM	CCARB	0,894	A B	C
11	T10	SAKURA	SA	CA	0,790	B	C
12	T1	Cherry LM	SLM	CA	0,726	B	C

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para peso de frutos por planta de los tratamientos T6, T8, T4, T7, T11, T2, T3, T12 y T5 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0.01 pero difieren de los tratamientos T9, T10 y T1. Al nivel de significación del 0.05 los tratamientos T6, T8, T4, T7, T11 y T2 son iguales y diferentes de los otros tratamientos T9 y T1. El tratamiento T9 presenta una media de 1,3 kg por planta siendo este el más alto y T1 con 0,725 kg por plantas la media más baja.

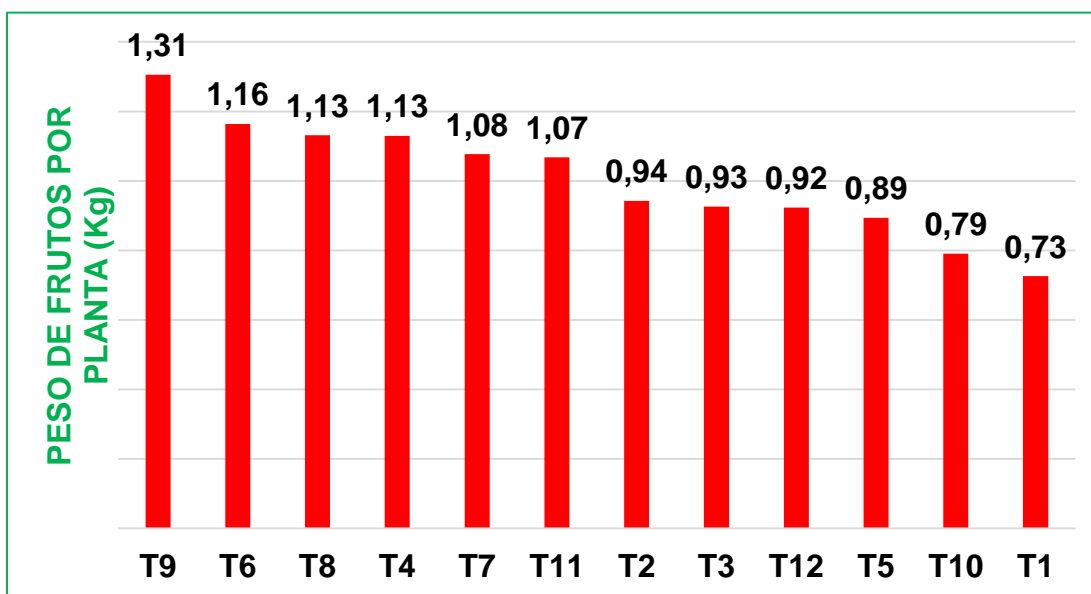


Figura 31. Efecto de los tratamientos en el peso de frutos por planta.

Cuadro N°45. Prueba de Duncan para efecto de variedad en el peso de frutos por planta.

OM	VARIEDAD	Peso de frutos por planta (kg)	0,01	0,05
1	Cherry LM	1,018	A	A
2	SAKURA	0,995	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°45, el promedio para la variedad (Cherry LM y Sakura) en el peso de frutos por planta de tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cherry LM alcanzo una media de 1,018 kg en el peso de frutos por planta.

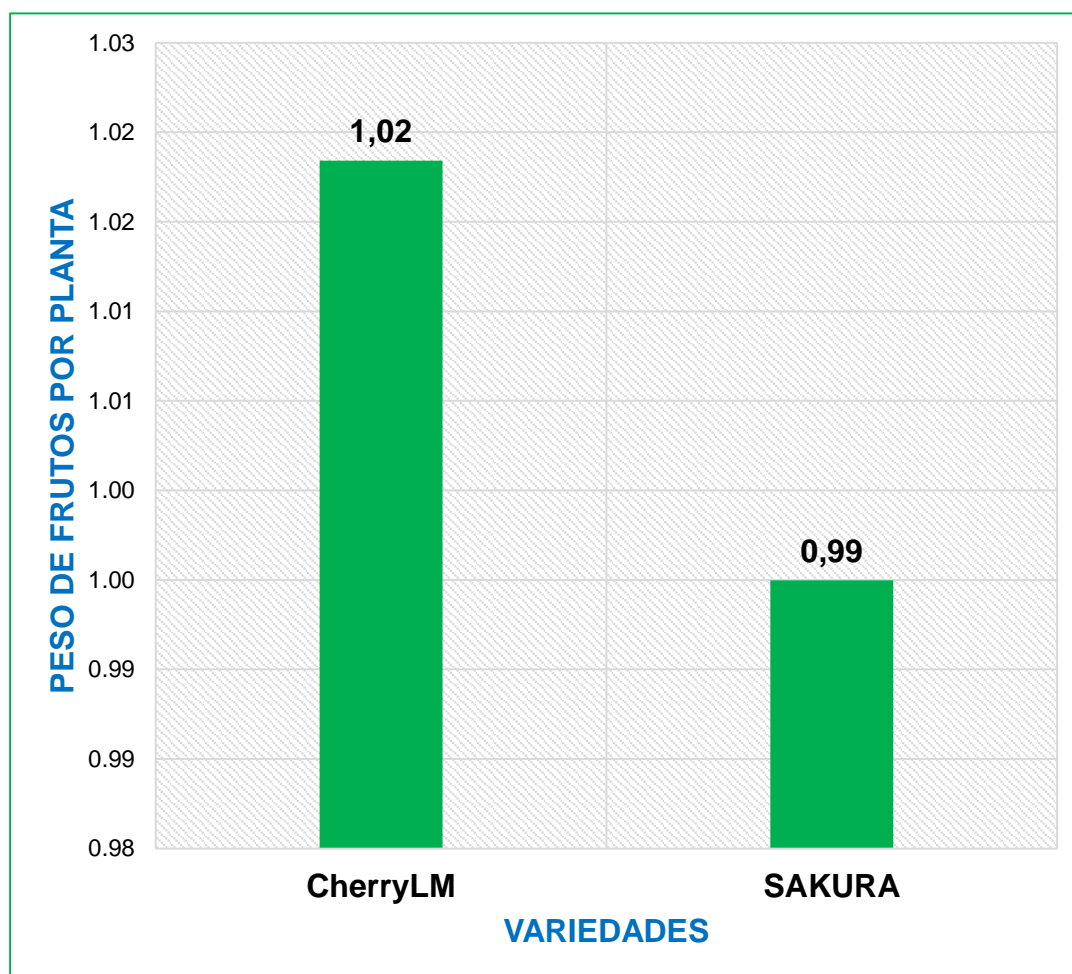


Figura 32. Efecto de variedad de tomate en el peso de frutos por planta.

Cuadro N°46. Prueba de Duncan para efecto solución en el peso de frutos por planta.

OM	Solución Nutritiva	Peso de frutos por planta (kg)	0,01	0,05
1	SA	1,050	A	A
2	SLM	0,964	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°46, los promedios para la solución nutritiva en el peso de frutos por planta en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 1,05 kg en el peso de frutos por planta.

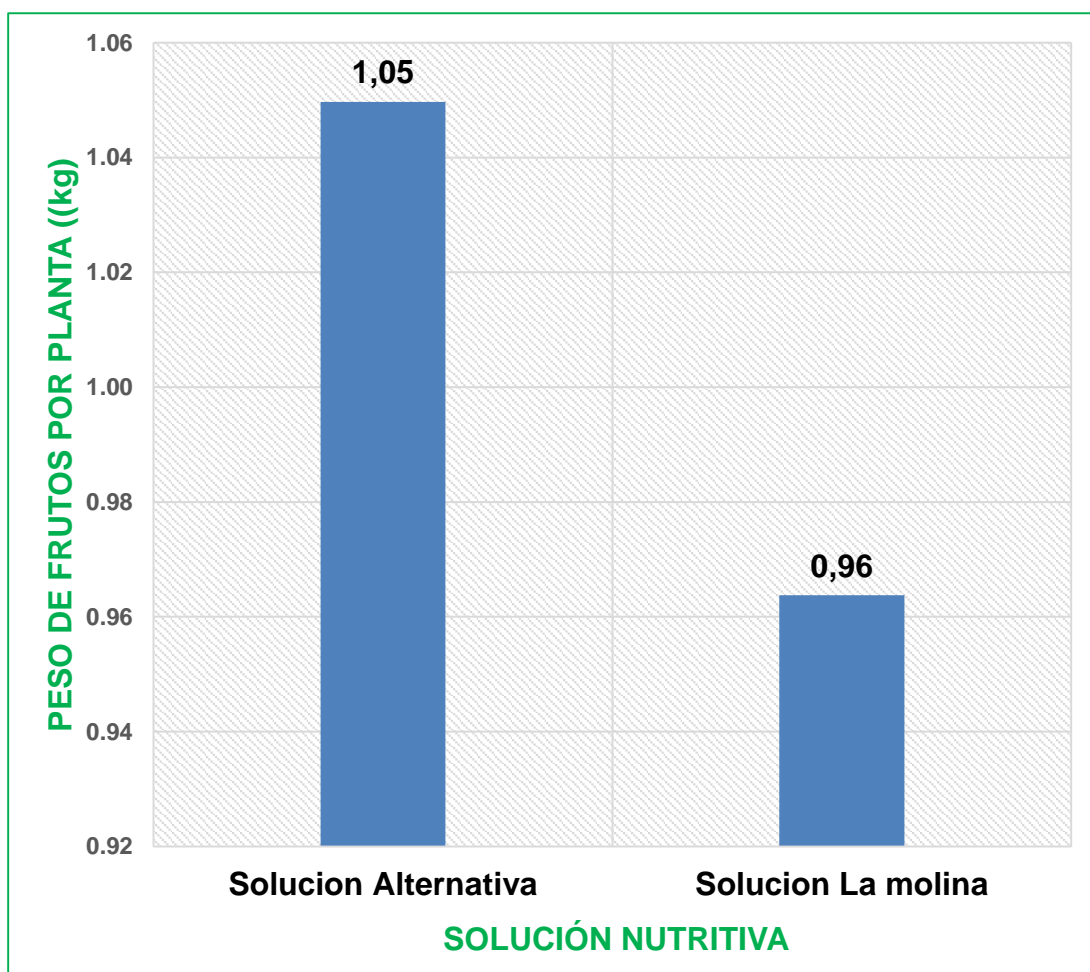


Figura 33. Efecto de la variable solución nutritiva en el peso de frutos por planta.

Cuadro N°47. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el peso de frutos por planta.

OM	SUSTRATO	Peso de frutos por planta (kg)	0,01	0,05
1	CAARE	1,080	A	A
2	CCARB	1,009	A	A
3	CA	0,931	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°47, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en el peso de frutos por planta en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 1,08 kg en el peso de frutos por planta.

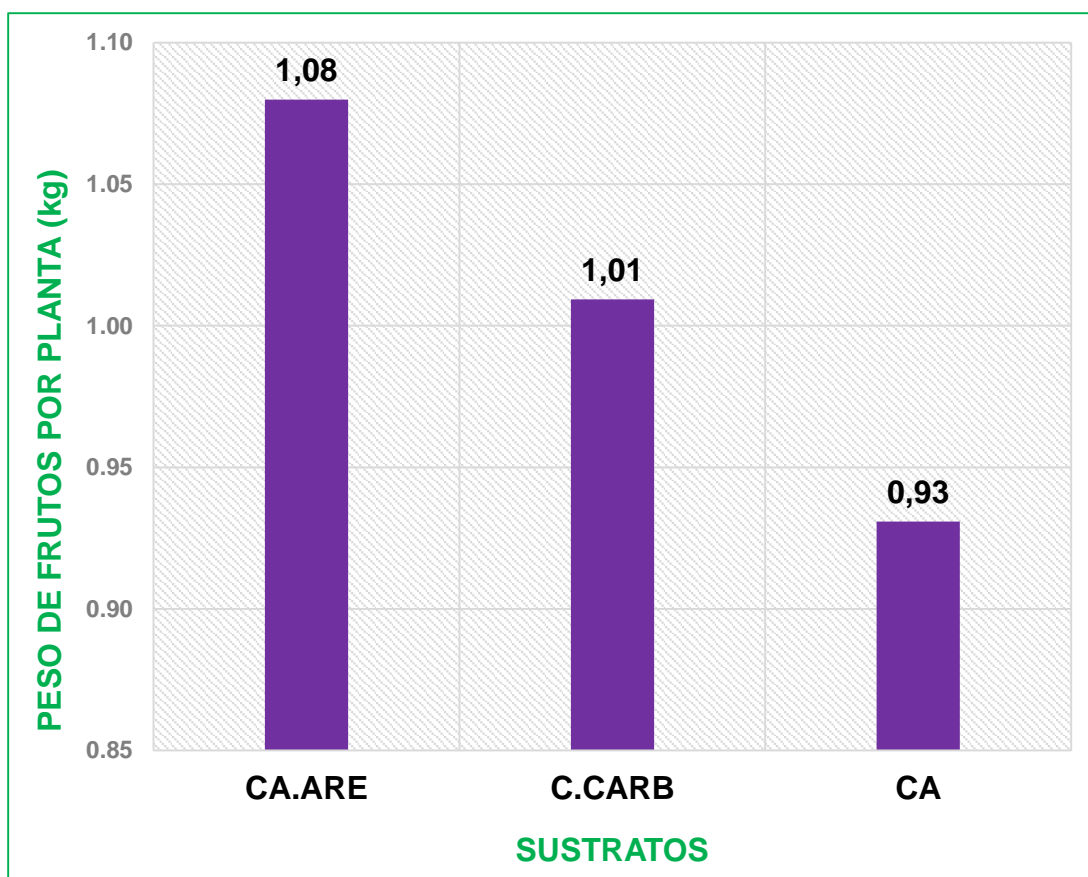


Figura 34. Efecto de la variable sustrato en el peso de frutos por planta.

4.4. VARIABLE CALIDAD EXTERNA

4.4.1. Longitud de fruto

Cuadro N°48. ANVA para longitud de fruto.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	54,375651	54,375651	4,96	0,0287	*
SOLUCIÓN	1	81,236001	81,236001	7,4	0,0079	**
SUSTRATO	2	46,419327	23,2096635	2,12	0,127	ns
VAR*SOL	1	12,463209	12,4632094	1,14	0,2896	ns
VAR*SUST	2	5,8284521	2,91422604	0,27	0,7674	ns
SOL*SUST	2	27,110202	13,555101	1,24	0,296	ns
VAR*SOL*SUST	2	44,146319	22,0731594	2,01	0,1402	ns
Error	84	921,78971	10,973687			
Total corregido	95	1193,3689				

$$CV= 10,90 \% \quad \bar{X}= 30,3$$

El análisis de variancia en el cuadro N°48 para la variable longitud de frutos, el p-valor denota que para el factor variedad, solución existe significación estadística, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es de 10,90 %, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°49 Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en la longitud de frutos.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Longitud de frutos (mm)	0,01	0,05
1	T9	CherryLM	SA	CAARE	32,998	A	A
2	T8	CherryLM	SA	CCARB	32,341	A B	A B
3	T3	CherryLM	SLM	CAARE	31,675	A B C	A B C
4	T7	CherryLM	SA	CA	31,016	A B C D	A B C
5	T2	CherryLM	SLM	CCARB	30,398	A B C D	A B C D
6	T6	SAKURA	SLM	CAARE	29,504	A B C D	B C D
7	T1	CherryLM	SLM	CA	29,069	B C D	C D
8	T11	SAKURA	SA	CCARB	28,895	B C D	C D
9	T10	SAKURA	SA	CA	27,994	C D	D
10	T4	SAKURA	SLM	CA	27,95	C D	D
11	T12	SAKURA	SA	CAARE	27,848	C D	D
12	T5	SAKURA	SLM	CCARB	27,421	D	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para longitud de frutos por planta de los tratamientos T8, T3, T7, T2 y T6 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0,01 pero difieren de los tratamientos T9 y T5. Al nivel de significación del 0,05 los tratamientos T8, T3, T7 y T2 estadísticamente son iguales, pero difieren de los tratamientos T9, T10, T4, T12 y T5. El tratamiento T9 presenta una media de 32,99 mm por fruto siendo este el más alto y T5 con 27,42 mm por fruto la media más baja.

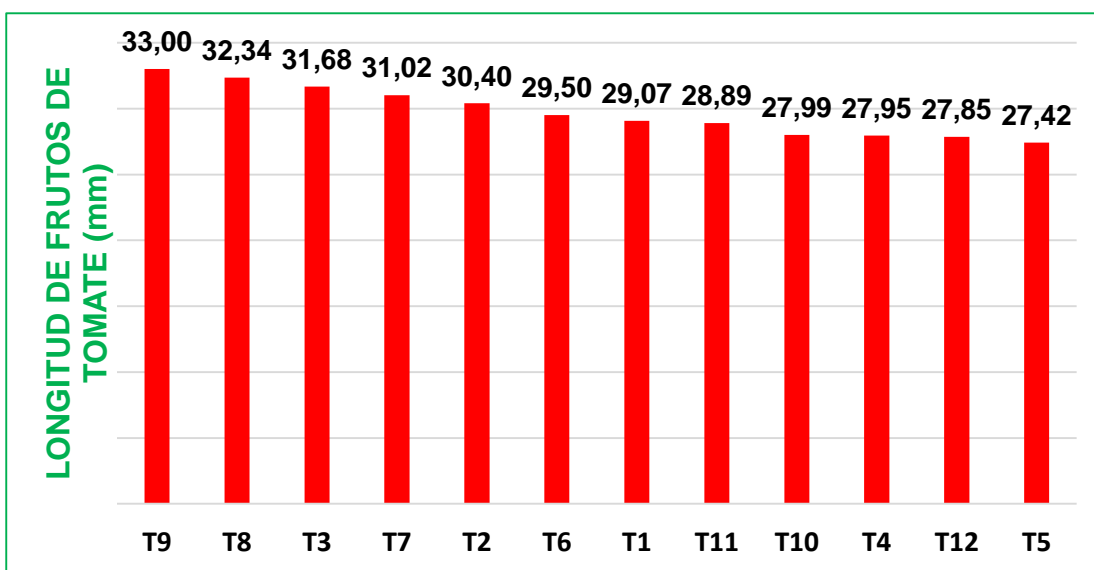


Figura 35. Efecto de los tratamientos en la longitud de frutos de tomate.

Cuadro N°49. Prueba de Duncan para efecto de variedad en la longitud de frutos.

OM	VARIEDAD	Longitud de frutos (mm)	0,01	0,05
1	CherryLM	31,133	A	A
2	SAKURA	29,628	A	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°49, el promedio para la variedad Cherry LM en longitud de fruto en tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Sakura al nivel de 0,05 de margen de error, pero al nivel de 0,01 de margen de error son estadísticamente iguales. Cherry LM alcanzó una media de 31,13 mm en la longitud de frutos.

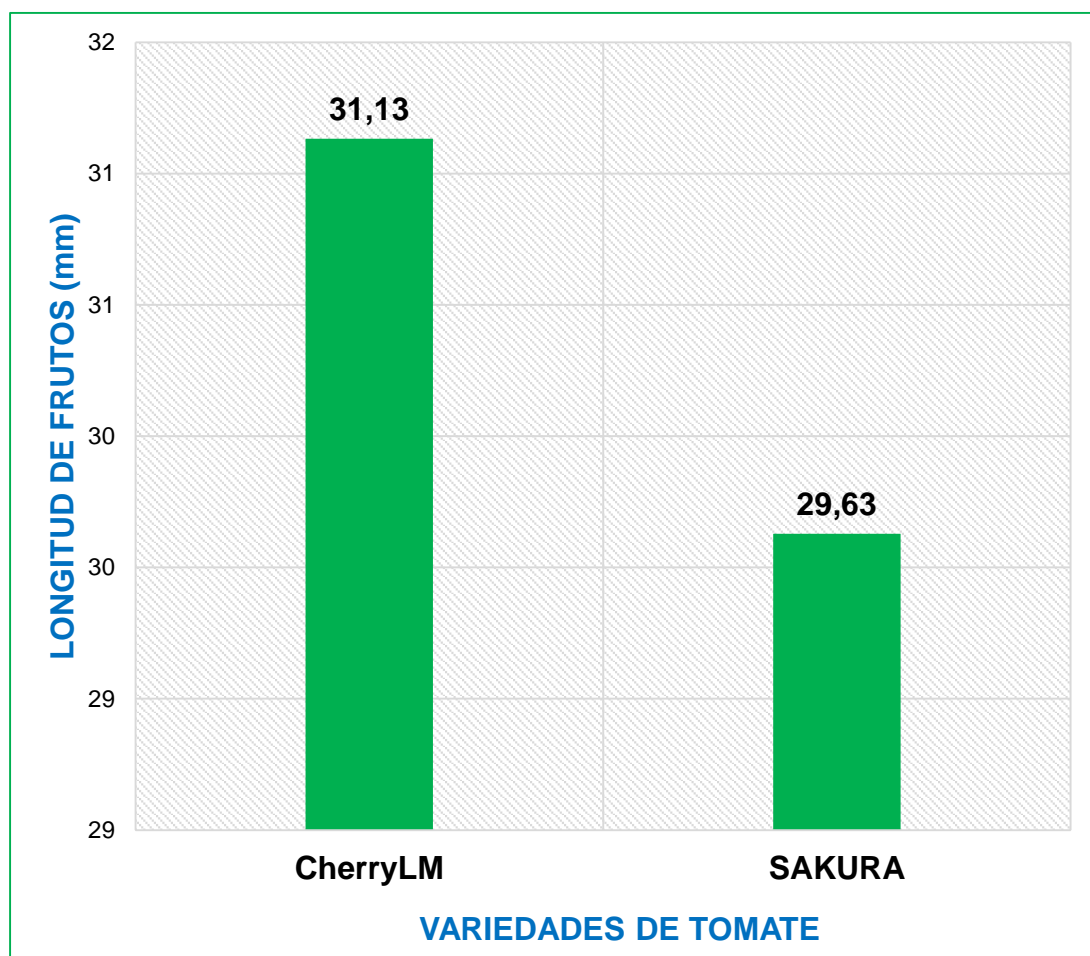


Figura 36. Efecto de variedad de tomate en la longitud de frutos.

Cuadro N°50. Prueba de Duncan para efecto solución en la longitud de frutos.

OM	Solución Nutritiva	Longitud de frutos (mm)	0,01	0,05
1	SA	31,300	A	A
2	SLM	29,461	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°50, el promedio para la solución nutritiva Alternativa en la longitud de frutos en tomate difiere y supera estadísticamente a la solución nutritiva La Molina al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 31,3 mm en la longitud de frutos.

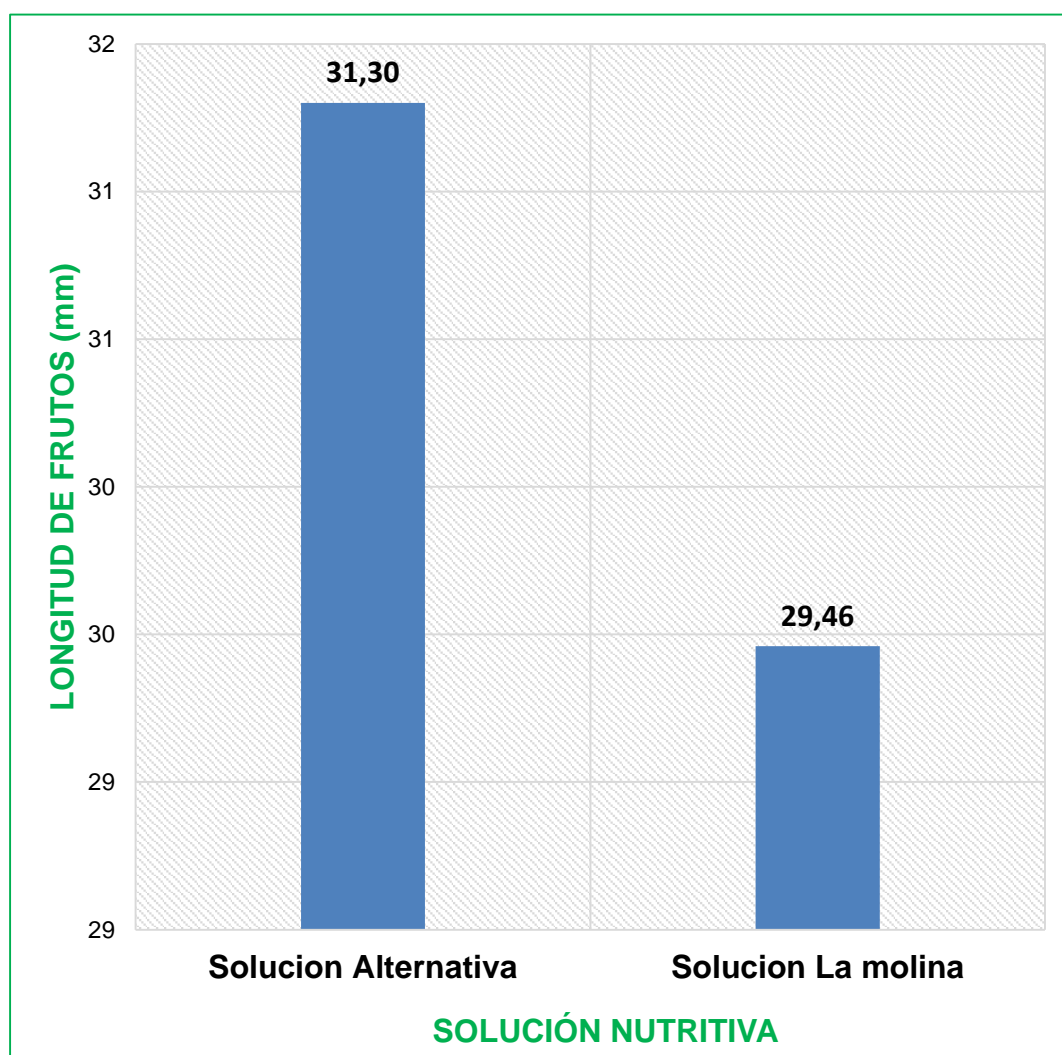


Figura 37. Efecto de la variable solución nutritiva en la longitud de frutos.

Cuadro N°51. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en la longitud de frutos.

OM	SUSTRATO	Longitud de frutos (mm)	0,01	0,05
1	CCARB	31,148	A	A
2	CAARE	30,529	A	A
3	CA	29,464	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°51, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en la longitud de frutos en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más carbón (CCARB) alcanzó una media de 31,148 mm en la longitud de frutos.

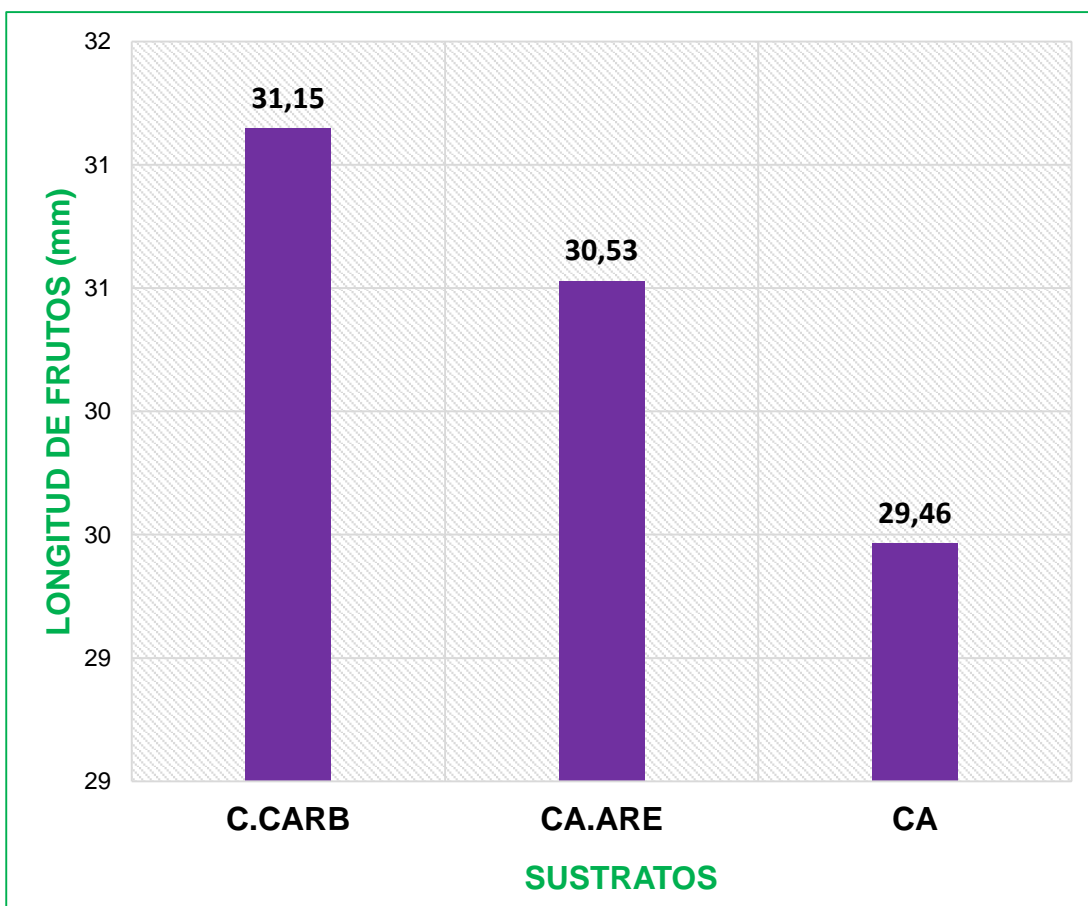


Figura 38. Efecto de la variable sustrato en el número de frutos por racimo.

4.4.2. Diámetro de fruto

Cuadro N°52. ANVA para diámetro de fruto.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	54,375651	54,375651	4,96	0,0287	*
SOLUCION	1	81,236001	81,236001	7,4	0,0079	**
SUSTRATO	2	46,419327	23,2096635	2,12	0,127	ns
VAR*SOL	1	12,463209	12,4632094	1,14	0,2896	ns
VAR*SUST	2	5,8284521	2,91422604	0,27	0,7674	ns
SOL*SUST	2	27,110202	13,555101	1,24	0,296	ns
VAR*SOL*SUST	2	44,146319	22,0731594	2,01	0,1402	ns
Error	84	921,78971	10,973687			
Total corregido	95	1193,3689				

CV= 10,90 % \bar{X} = 30,38

El análisis de variancia en el cuadro N° 52 para la variable diámetro de fruto, el p-valor denota que para el factor variedad y solución existe significación estadística, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es de 10,90 %, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°53. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato diámetro de fruto.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Diámetro de fruto (mm)	0,01	0,05
1	T9	CherryLM	SA	CAARE	32,901	A	A
2	T11	SAKURA	SA	CCARB	32,719	A	A
3	T8	CherryLM	SA	CCARB	32,623	A	A
4	T7	CherryLM	SA	CA	31,716	A	A B
5	T2	CherryLM	SLM	CCARB	30,700	A	A B
6	T3	CherryLM	SLM	CAARE	30,340	A	A B
7	T6	SAKURA	SLM	CAARE	30,259	A	A B
8	T10	SAKURA	SA	CA	29,228	A	A B
9	T12	SAKURA	SA	CAARE	28,616	A	B
10	T5	SAKURA	SLM	CCARB	28,551	A	B
11	T1	CherryLM	SLM	CA	28,519	A	B
12	T4	SAKURA	SLM	CA	28,395	A	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para diámetro de fruto de los tratamientos T7, T2, T3, T6 y T10 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0,05 pero difieren de los tratamientos T9, T11, T8, T12, T5, T1 y T4. Mientras que al nivel de significación del 0,01 estadísticamente son iguales. El tratamiento T9 presenta una media de 32,90 mm por fruto siendo este el más alto y T4 con 28,39 mm por fruto la media más baja.

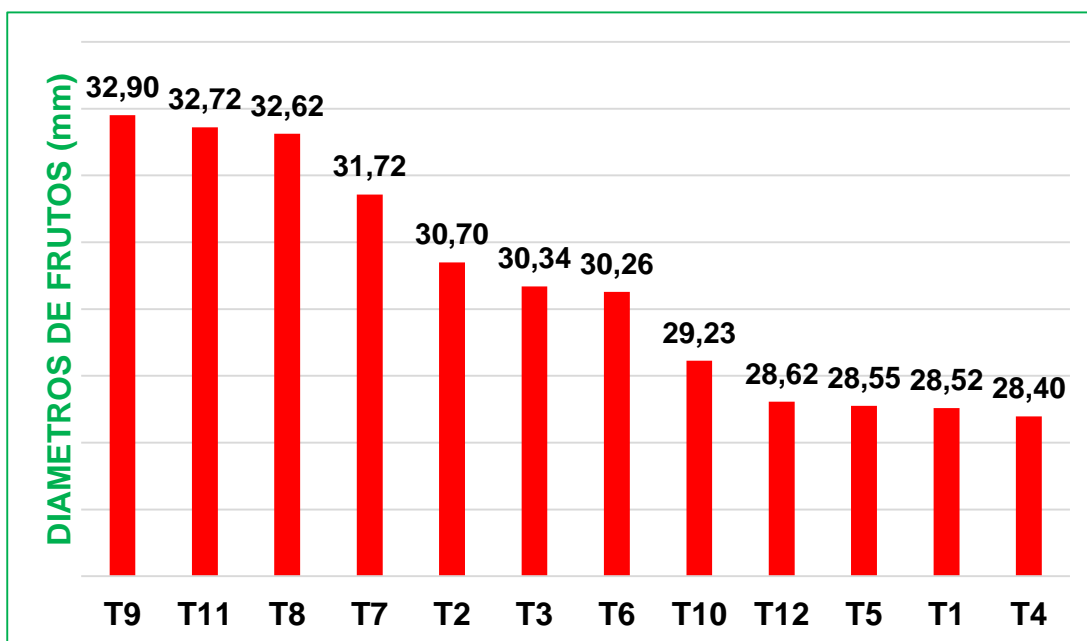


Figura 39. Efecto de los tratamientos en diámetro de frutos de tomate.

Cuadro N°54. Prueba de Duncan para efecto de variedad en diámetro de frutos.

OM	VARIEDAD	Diámetro de fruto (mm)	0,01	0,05
1	Cherry LM	31,133	A	A
2	SAKURA	29,628	A	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°54, el promedio para la variedad Cherry LM en diámetro de frutos de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Sakura al nivel de 0,05 de margen de error, pero al nivel de 0,01 de margen de error estadísticamente son iguales. Cherry LM alcanzó una media de 31,13 mm en diámetro de frutos.

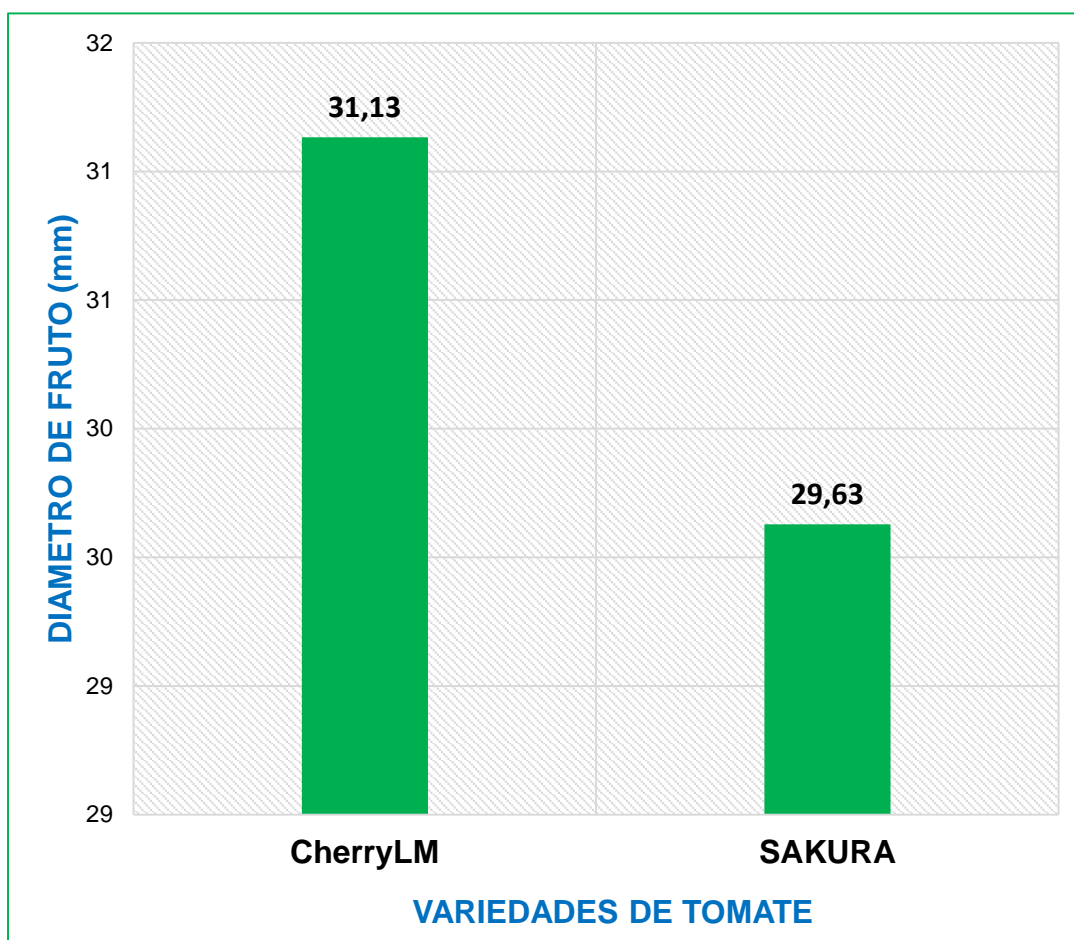


Figura 40. Efecto de variedad de tomate en diámetro de frutos.

Cuadro N°55. Prueba de Duncan para efecto solución en diámetro de frutos.

OM	Solución Nutritiva	Diámetro de fruto (mm)	0,01	0,05
1	SA	31,30	A	A
2	SLM	29,46	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°55, el promedio para la solución nutritiva Alternativa en diámetro de frutos en tomate difiere y supera estadísticamente a la solución nutritiva La Molina al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 31,3 mm en diámetro de frutos.

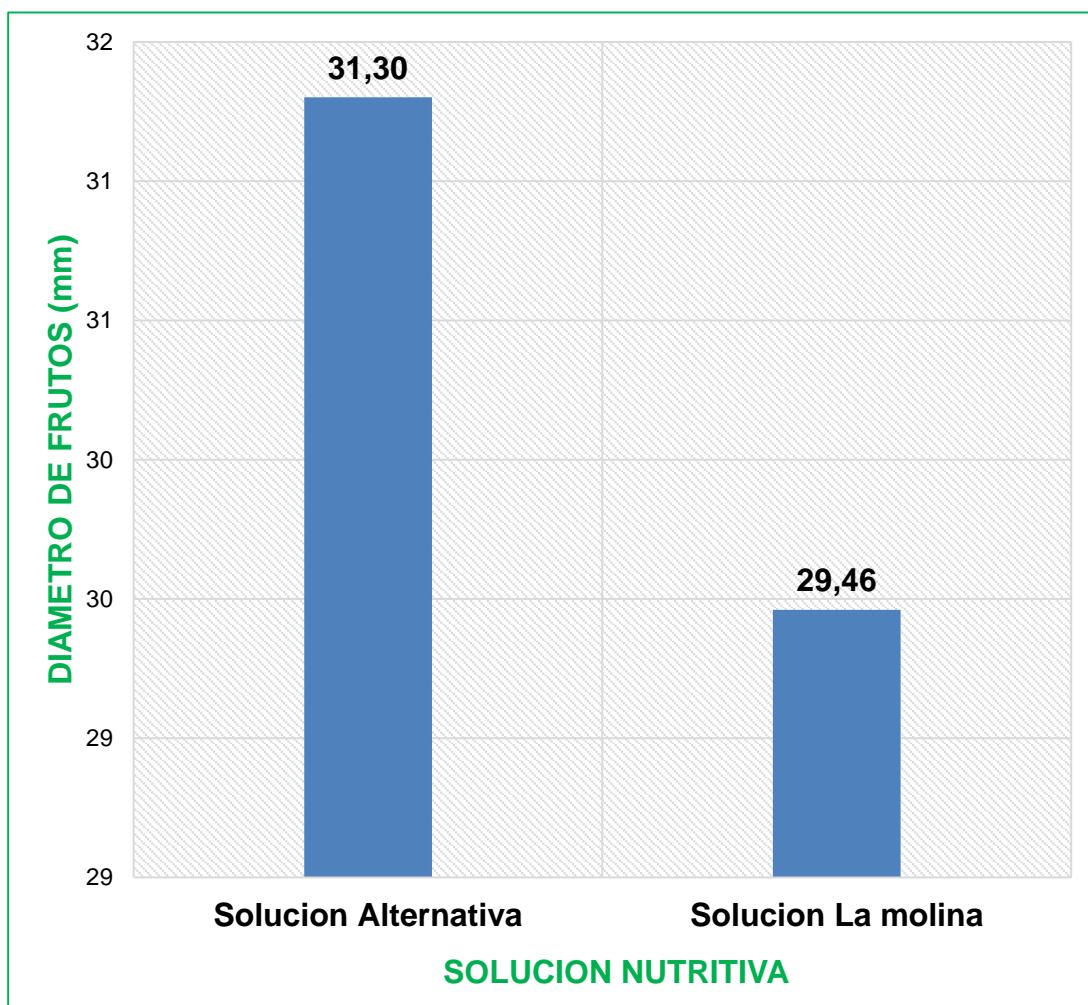


Figura 41. Efecto de la variable solución nutritiva en diámetro de frutos.

Cuadro N°56. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en diámetro de frutos.

OM	SUSTRATO	Diámetro de fruto (mm)	0,01	0,05
1	CCARB	31,148	A	A
2	CAARE	30,529	A	A
3	CA	29,464	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°56, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en diámetro de frutos en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más carbón (CCARB) alcanzó una media de 31,14 mm en diámetro de frutos.

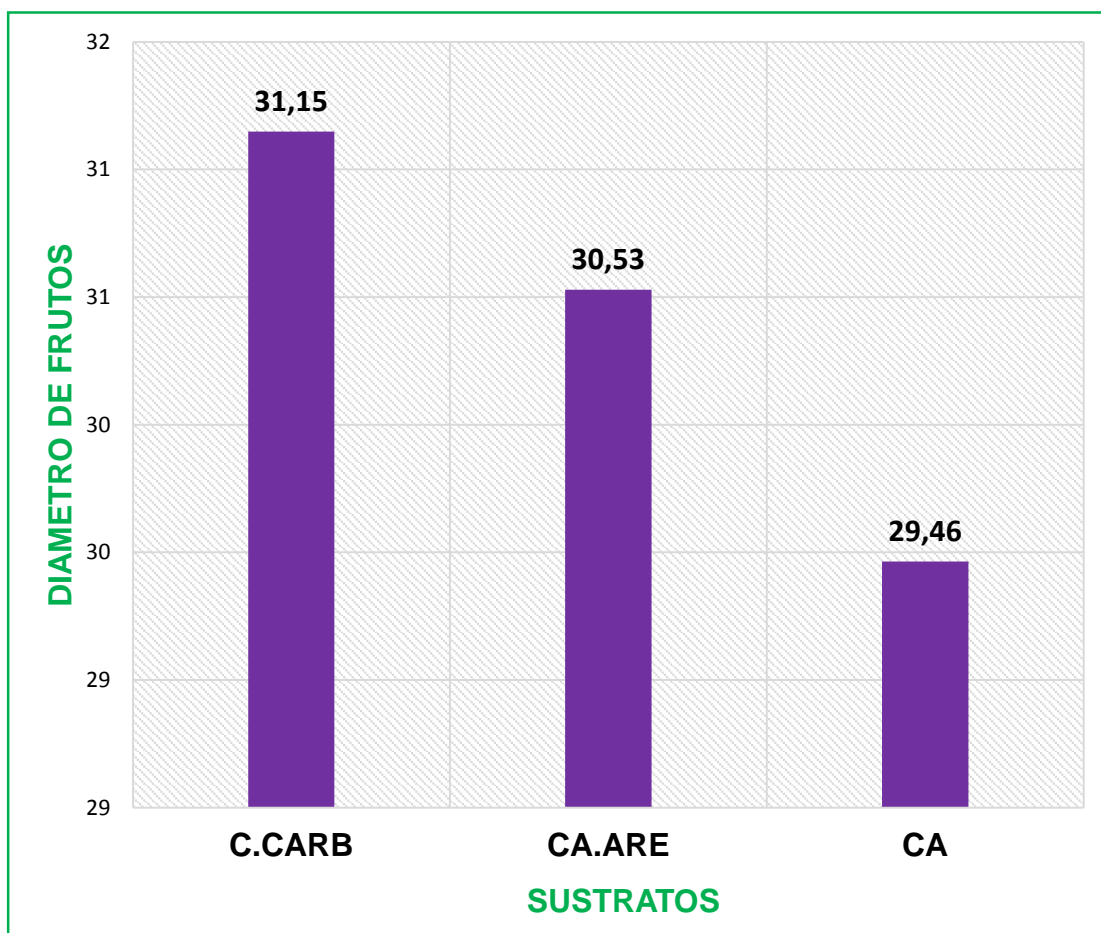


Figura 42. Efecto de la variable sustrato en diámetro de frutos.

4.5. VARIABLE CALIDAD INTERNA

4.5.1. Contenido de licopeno en el fruto

Cuadro N°57. ANVA para contenido de licopeno en el fruto.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	625,5001	625,5001	36,74	<,0001	**
SOLUCION	1	42,4235	42,4235	2,49	0,1275	ns
SUSTRATO	2	100,5319	50,2659	2,95	0,0714	ns
VAR*SOL	1	9,6307	9,6307	0,57	0,4593	ns
VAR*SUST	2	293,7573	146,8787	8,63	0,0015	**
SOL*SUST	2	356,9207	178,4603	10,48	0,0005	**
VAR*SOL*SUST	2	261,5215	130,7607	7,68	0,0026	**
Error	24	408,6294	17,0262			
Total corregido	35	2098,9152				

$Cv = 10,66\%$ $\bar{X} = 38,67$

El análisis de variancia en el cuadro N°57 para la variable contenido de licopeno en el fruto, el p-valor denota que para el factor variedad existe alta significación estadística, también para las interacciones var*sust, sol*sust y var*sol*sust, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores e interacciones, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es 10,66 %, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°58. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el contenido de licopeno en el fruto de tomate.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Licopeno en el fruto (mg/kg)	0,01	0,05
1	T12	SAKURA	SA	CAARE	50,007	A	A
2	T5	SAKURA	SLM	CCARB	47,623	A B	A
3	T4	SAKURA	SLM	CA	45,333	A B C	A B
4	T10	SAKURA	SA	CA	43,683	A B C	A B C
5	T11	SAKURA	SA	CCARB	39,653	B C D	B C
6	T9	CherryLM	SA	CAARE	38,833	B C D E	B C
7	T2	CherryLM	SLM	CCARB	37,803	C D E	C
8	T8	CherryLM	SA	CCARB	36,817	C D E	C D
9	T3	CherryLM	SLM	CAARE	36,817	C D E	C D
10	T6	SAKURA	SLM	CAARE	30,770	D E F	D E
11	T7	CherryLM	SA	CA	29,580	E F	E
12	T1	CherryLM	SLM	CA	27,200	F	E

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Los promedios para el contenido de licopeno en el fruto de tomate de los tratamientos T5, T4 y T10 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0,05 y 0,01 pero difieren de los otros tratamientos. El tratamiento T12 presenta una media de 50,00 mg/kg de contenido de licopeno por fruto siendo este el más alto y T1 con 27,2 mg/kg de contenido de licopeno por fruto la media más baja.

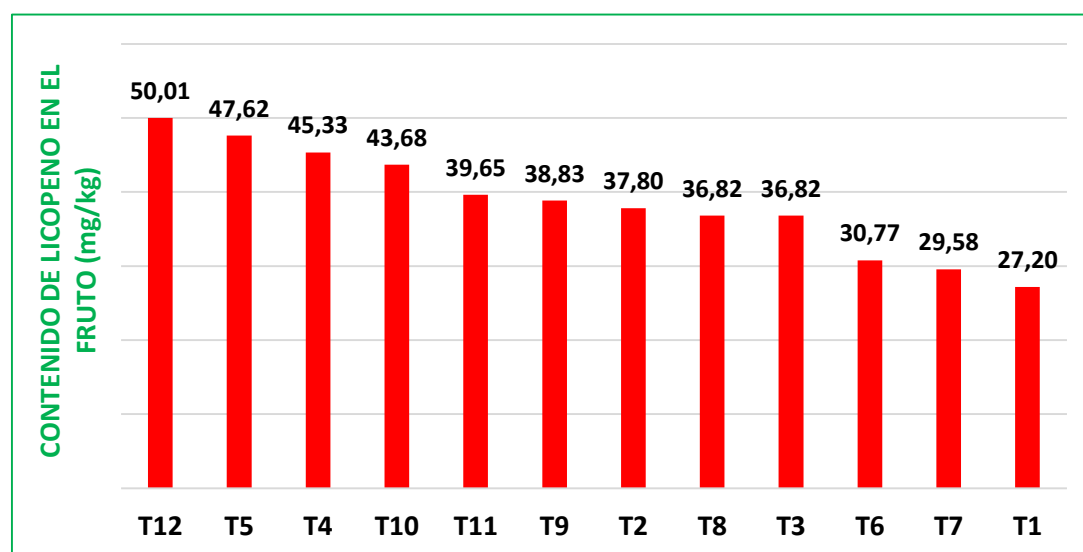


Figura 41. Efecto de los tratamientos en contenido de licopeno en el fruto de tomate.

Cuadro N°59. Prueba de Duncan para efecto de variedad en el contenido de licopeno en el fruto.

OM	VARIEDAD	Licopeno en el fruto (mg/kg)	0,01	0,05
1	SAKURA	42,845	A	A
2	CherryLM	34,508	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°59, el promedio para la variedad Sakura en el contenido de licopeno en el fruto de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Cherry LM al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Sakura alcanzo una media de 42,84 mg/kg de contenido de licopeno en el fruto de tomate.

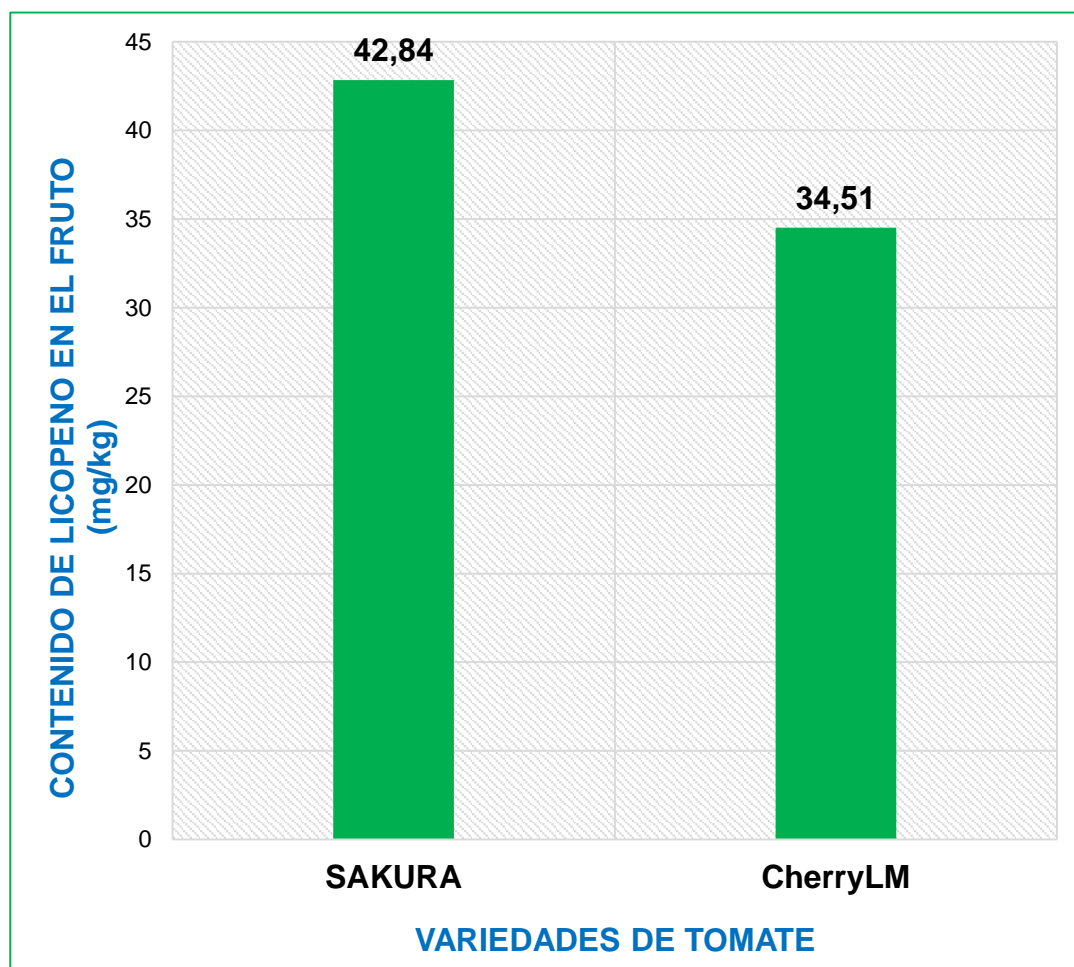


Figura 44. Efecto de variedad en el contenido de licopeno en el fruto de tomate.

Cuadro N°60. Prueba de Duncan para efecto solución en el contenido de licopeno en el fruto.

OM	Solución Nutritiva	Lycopeno en el fruto (mg/kg)	0,01	0,05
1	SA	39,762	A	A
2	SLM	37,591	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°60, los promedios para la solución nutritiva en el contenido de licopeno en el fruto en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 39,76 mg/kg en el contenido de licopeno en el fruto.

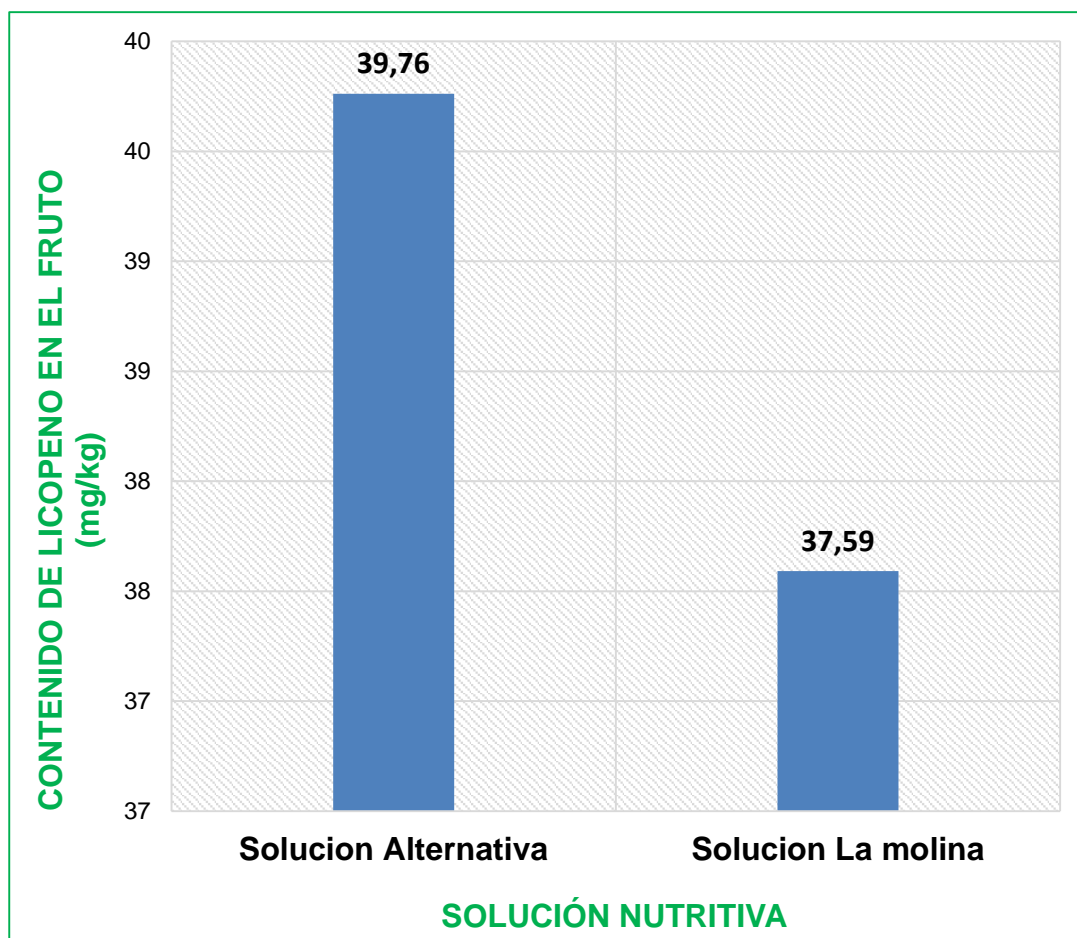


Figura 45. Efecto de la variable solución nutritiva en el contenido de licopeno en el fruto.

Cuadro N°61. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el contenido de licopeno en el fruto.

OM	SUSTRATO	Licopeno en el fruto (mg/kg)	0,01	0,05
1	CCARB	40,474	A	A
2	CAARE	39,107	A	A B
3	CA	36,449	A	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°61, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en el contenido de licopeno en el fruto en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,01 de margen de error, pero estadísticamente diferentes al 0,05. Cascarilla de arroz más carbón (CCARB) alcanzó una media de 40,47 mg/kg en el contenido de licopeno en el fruto.

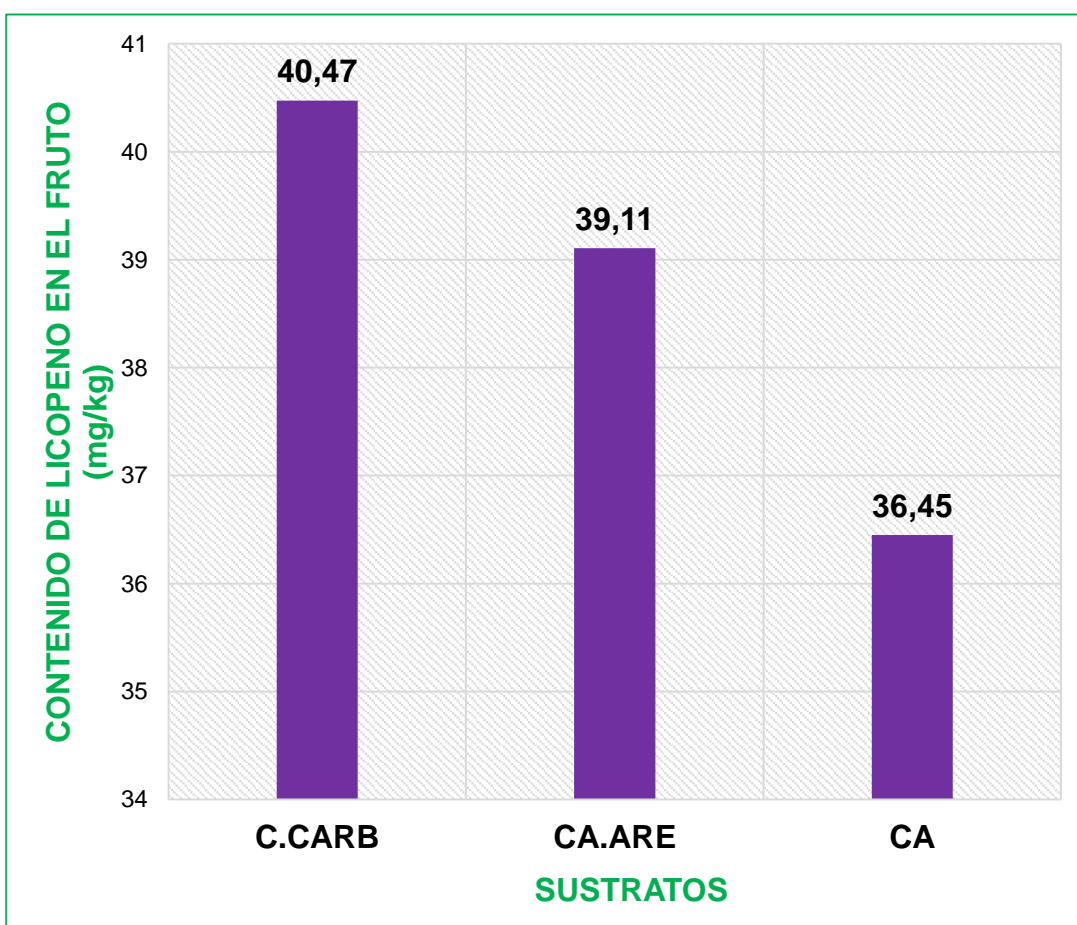


Figura 46. Efecto de la variable sustrato en el contenido de licopeno en el fruto.

4.5.2. Acidez titulable del fruto

Cuadro N°62. ANVA para acidez titulable del fruto.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	0,0841967	0,08419669	82,25	<.0001	**
SOLUCIÓN	1	0,0001103	0,00011025	0,11	0,7456	ns
SUSTRATO	2	0,0053165	0,00265825	2,6	0,0953	ns
VAR*SOL	1	0,0119903	0,01199025	11,71	0,0022	**
VAR*SUST	2	0,0063307	0,00316536	3,09	0,0638	ns
SOL*SUST	2	0,0179212	0,00896058	8,75	0,0014	**
VAR*SOL*SUST	2	0,0118432	0,00592158	5,78	0,0089	**
Error	24	0,024568	0,00102367			
Total corregido	35	0,1622768				

CV= 9,03 % \bar{X} = 0,35

El análisis de variancia en el cuadro N°62 para la variable acidez titulable del fruto, el p-valor denota que para el factor variedad y la interacción var*sol existe alta significación estadística, también para las interacciones sol*sust y var*sol*sust, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es 9.03 %, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°63. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en acidez titulable del fruto.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutrición	Sustrato	Acidez titulable (%)	0,01	0,05
1	T5	SAKURA	SLM	CCARB	0,46467	A	A
2	T6	SAKURA	SLM	CAARE	0,45100	A	A
3	T12	SAKURA	SA	CAARE	0,41300	A B	A
4	T10	SAKURA	SA	CA	0,40967	A B C	A
5	T4	SAKURA	SLM	CA	0,35167	B C	B
6	T8	CherryLM	SA	CCARB	0,33467	C D	B C
7	T11	SAKURA	SA	CCARB	0,32467	D	B C D
8	T9	CherryLM	SA	CAARE	0,31767	D	B C D
9	T7	CherryLM	SA	CA	0,31433	D	B C D
10	T2	CherryLM	SLM	CCARB	0,31400	D	B C D
11	T3	CherryLM	SLM	CAARE	0,28033	D	B C D
12	T1	CherryLM	SLM	CA	0,27333	D	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para acidez titulable en el fruto de los tratamientos T5, T6, T12 y T10 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0.05 y 0.01 pero difieren de los otros tratamientos. El tratamiento T5 presenta una media de 0.46 % por fruto siendo este el más alto y T1 con 0.27 % de acidez titulable del fruto la media más baja.

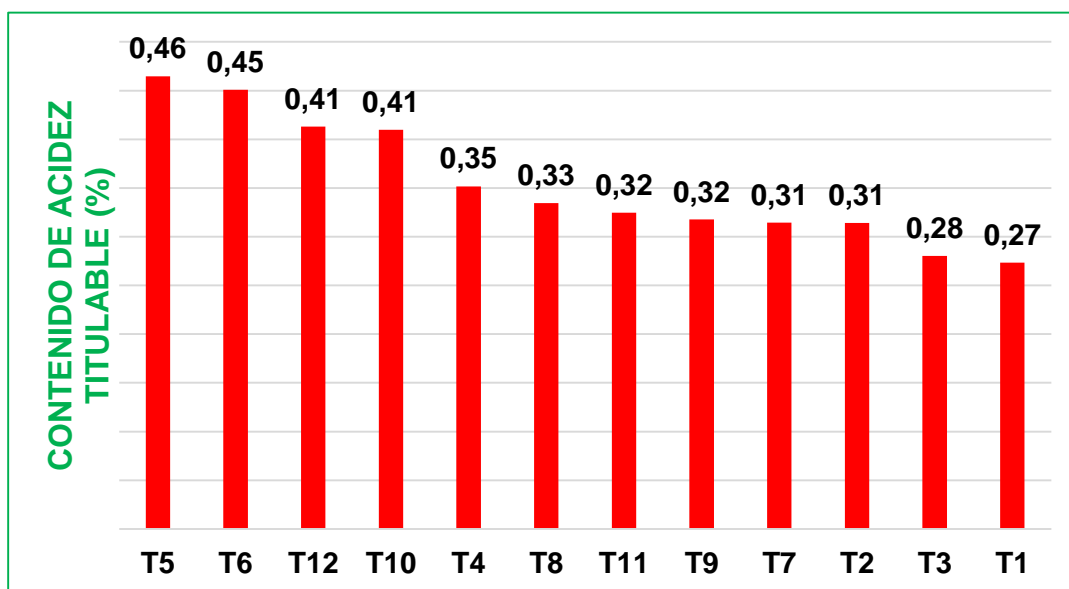


Figura 47. Efecto de los tratamientos en acidez titulable del fruto de tomate.

Cuadro N°64. Prueba de Duncan para efecto de variedad en acidez titulable del fruto.

OM	VARIEDAD	Acidez titulable (%)	0,01	0,05
1	SAKURA	0,4024	A	A
2	CherryLM	0,3057	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°64, el promedio para la variedad Sakura en acidez titulable del fruto de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Cherry LM al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Sakura alcanzo una media de 0,40 % en acidez titulable del fruto.

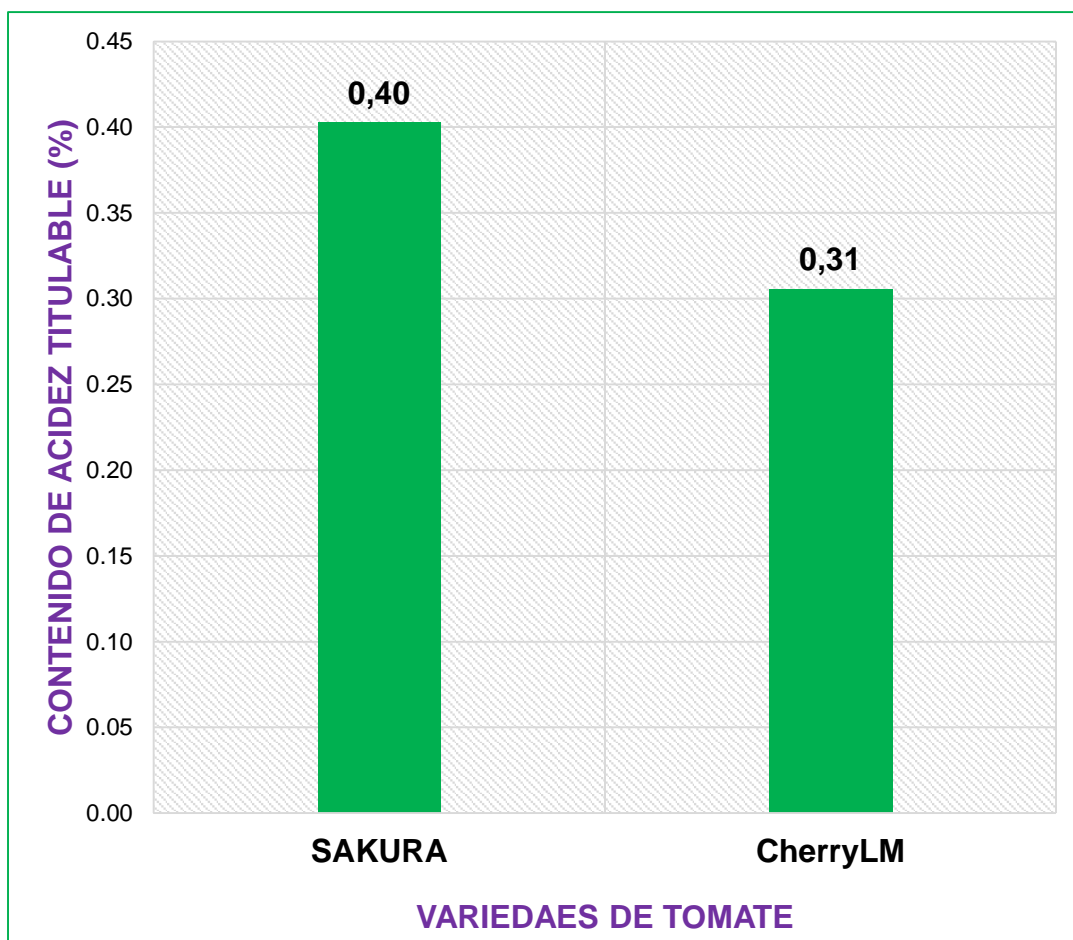


Figura 48. Efecto de variedad de tomate en acidez titulable del fruto.

Cuadro N°65. Prueba de Duncan para efecto solución en acidez titulable del fruto.

OM	Solución Nutritiva	Acidez titulable (%)	0,01	0,05
1	SLM	0,3558	A	A
2	SA	0,3523	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°65, el promedio para la solución nutritiva La Molina en acidez titulable del fruto de tomate difiere y supera estadísticamente a la solución SA al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SLM alcanzó una media de 0,36 % de acidez titulable en el fruto.

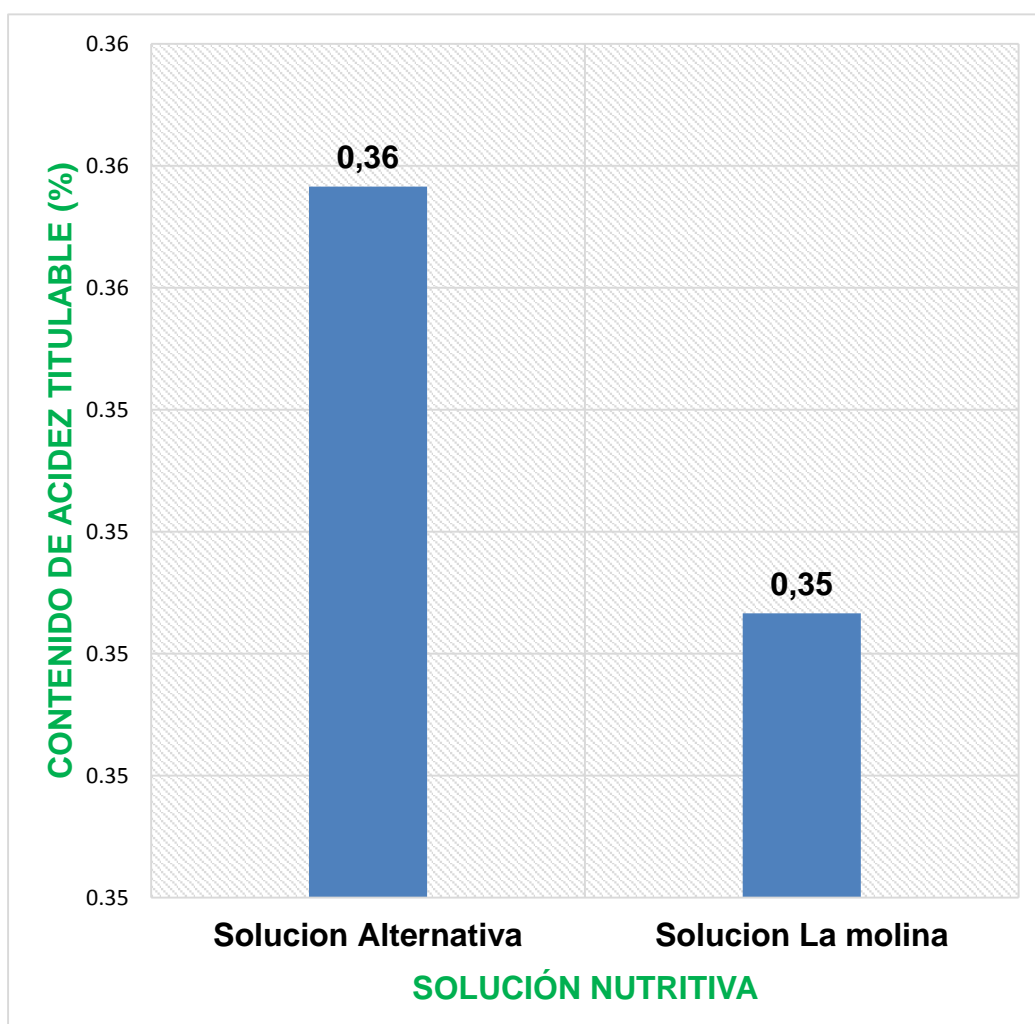


Figura 49. Efecto de la variable solución nutritiva en acidez titulable en el fruto.

Cuadro N°66. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en acidez titulable del fruto.

OM	SUSTRATO	Acidez titulable (%)	0,01	0,05
1	CAARE	0,3655	A	A
2	CCARB	0,3595	A	A
3	CA	0,3373	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°66, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en acidez titulable del fruto en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 0,37 % en acidez titulable del fruto.

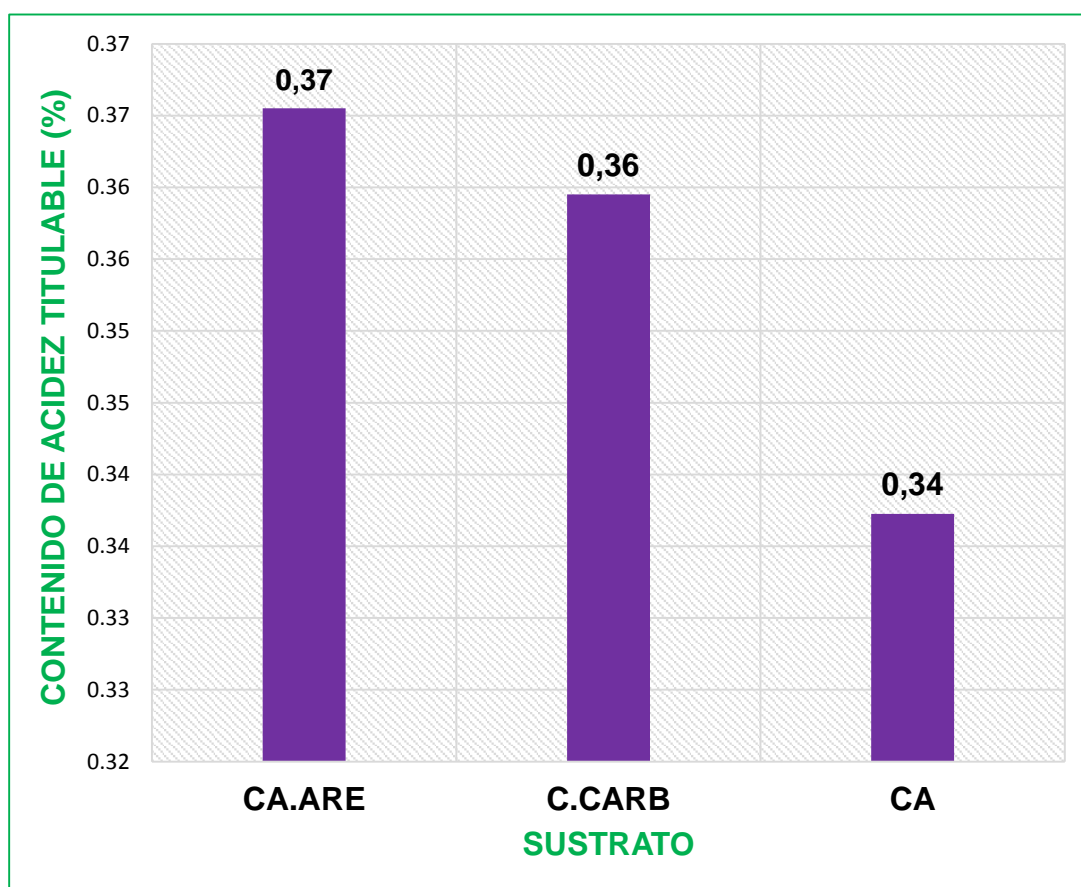


Figura 50. Efecto de la variable sustrato en acidez titulable en el fruto.

4.5.3. pH del fruto

Cuadro N°67. ANVA para pH en el fruto.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	1,357225	1,357225	34,19	<,0001	**
SOLUCION	1	0,1613361	0,16133611	4,06	0,0551	ns
SUSTRATO	2	0,0122889	0,00614444	0,15	0,8574	ns
VAR*SOL	1	0,6916694	0,69166944	17,42	0,0003	**
VAR*SUST	2	0,4856	0,2428	6,12	0,0071	**
SOL*SUST	2	0,0873556	0,04367778	1,10	0,3490	ns
VAR*SOL*SUST	2	0,3756222	0,18781111	4,73	0,0185	*
Error	24	0,9527333	0,03969722			
Total corregido	35	4,1238306				

CV= 4,07% \bar{X} = 4,88

El análisis de variancia en el cuadro N°67 para la variable pH en el fruto, el p-valor denota que para el factor variedad y la interacción var*sol y var*sust existe alta significación estadística y significación estadística para la interacción var*sol*sust, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente. Sin embargo, no existe significación estadística para los otros factores e interacciones, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios.

El coeficiente de variabilidad es 4,07%, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°68. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el pH del fruto.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	pH de fruto	0,01	0,05
1	T2	CherryLM	SLM	CCARB	5,2833	A	A
2	T3	CherryLM	SLM	CAARE	5,27	A	A B
3	T9	CherryLM	SA	CAARE	5,1133	A	A B C
4	T8	CherryLM	SA	CCARB	4,9633	A	A B C
5	T7	CherryLM	SA	CA	4,9567	A	A B C
6	T12	SAKURA	SA	CAARE	4,9567	A	A B C
7	T1	CherryLM	SLM	CA	4,91	A	B C
8	T10	SAKURA	SA	CA	4,8833	A	C
9	T4	SAKURA	SLM	CA	4,86	A	C
10	T11	SAKURA	SA	CCARB	4,86	A	C
11	T5	SAKURA	SLM	CCARB	4,3433	B	D
12	T6	SAKURA	SLM	CAARE	4,2633	B	D

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Los promedios para el pH de frutos, los tratamientos T2, T3, T9, T8, T7, T12, T1, T10, T4 y T11 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0,01 pero difieren de los tratamientos T5 y T6, también al nivel de significación del 0,05 solo los tratamientos T2, T3, T9, T8, T7 y T12 son iguales. El tratamiento T2 presenta una media de 5,28 siendo este el más alto y T6 con 4,26 en el pH del fruto, la media más baja.

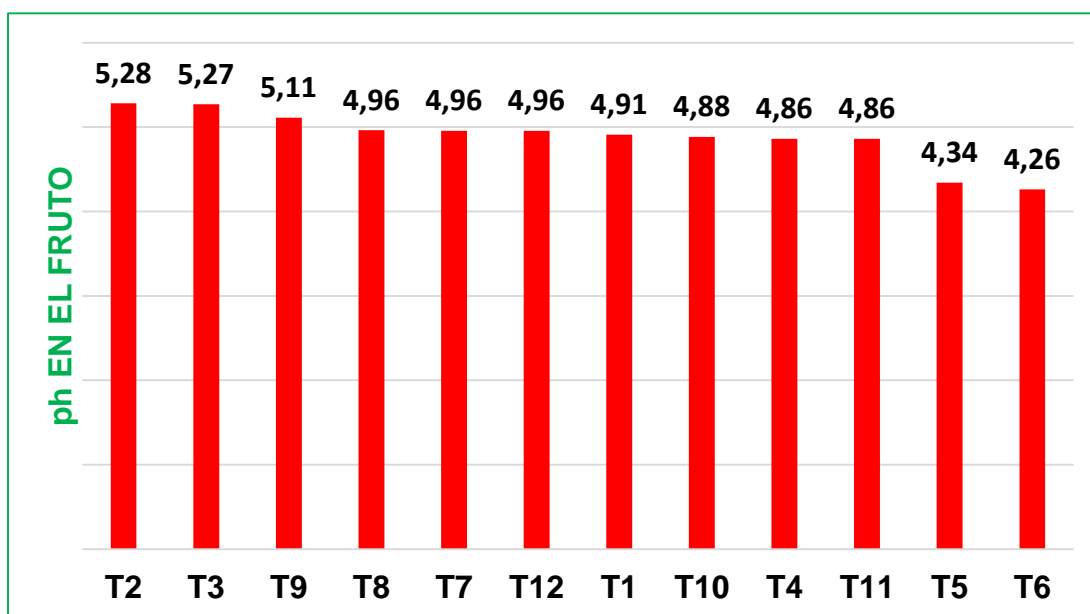


Figura 51. Efecto de los tratamientos en el pH de fruto de tomate.

Cuadro N°69. Prueba de Duncan para efecto de variedad en el pH de fruto.

OM	VARIEDAD	pH de fruto	0,01	0,05
1	Cherry LM	5,0828	A	A
2	SAKURA	4,6944	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°69, el promedio para la variedad Cherry LM en el pH de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Sakura al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cherry LM alcanzó una media de 5,08 en el pH del fruto.

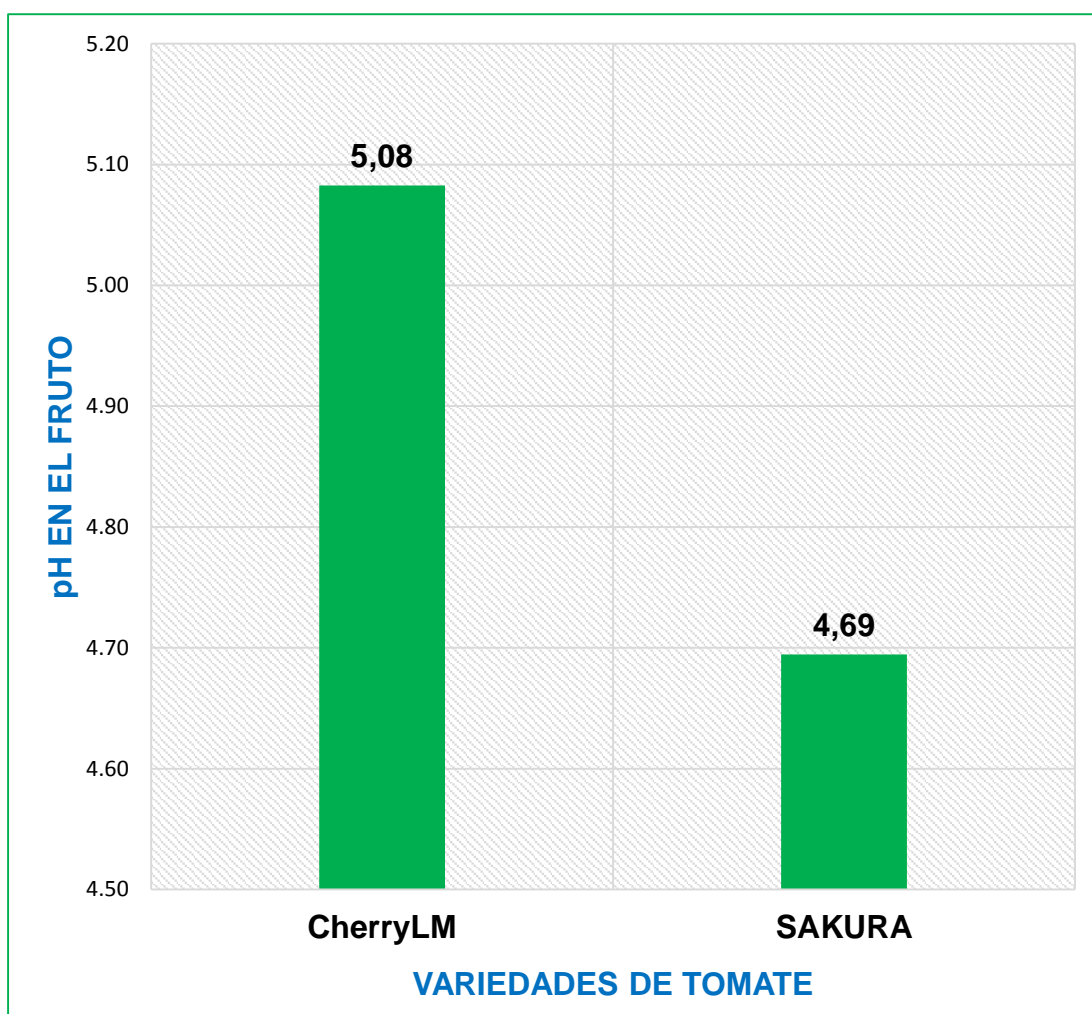


Figura 52. Efecto de variedad de tomate en el pH del fruto.

Cuadro N°70. Prueba de Duncan para efecto solución en el pH del fruto.

OM	Solución Nutritiva	pH de fruto	0,01	0,05
1	SA	4,9556	A	A
2	SLM	4,8217	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°70, los promedios para la solución nutritiva en el pH del fruto en tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 4,96 en el pH del fruto.

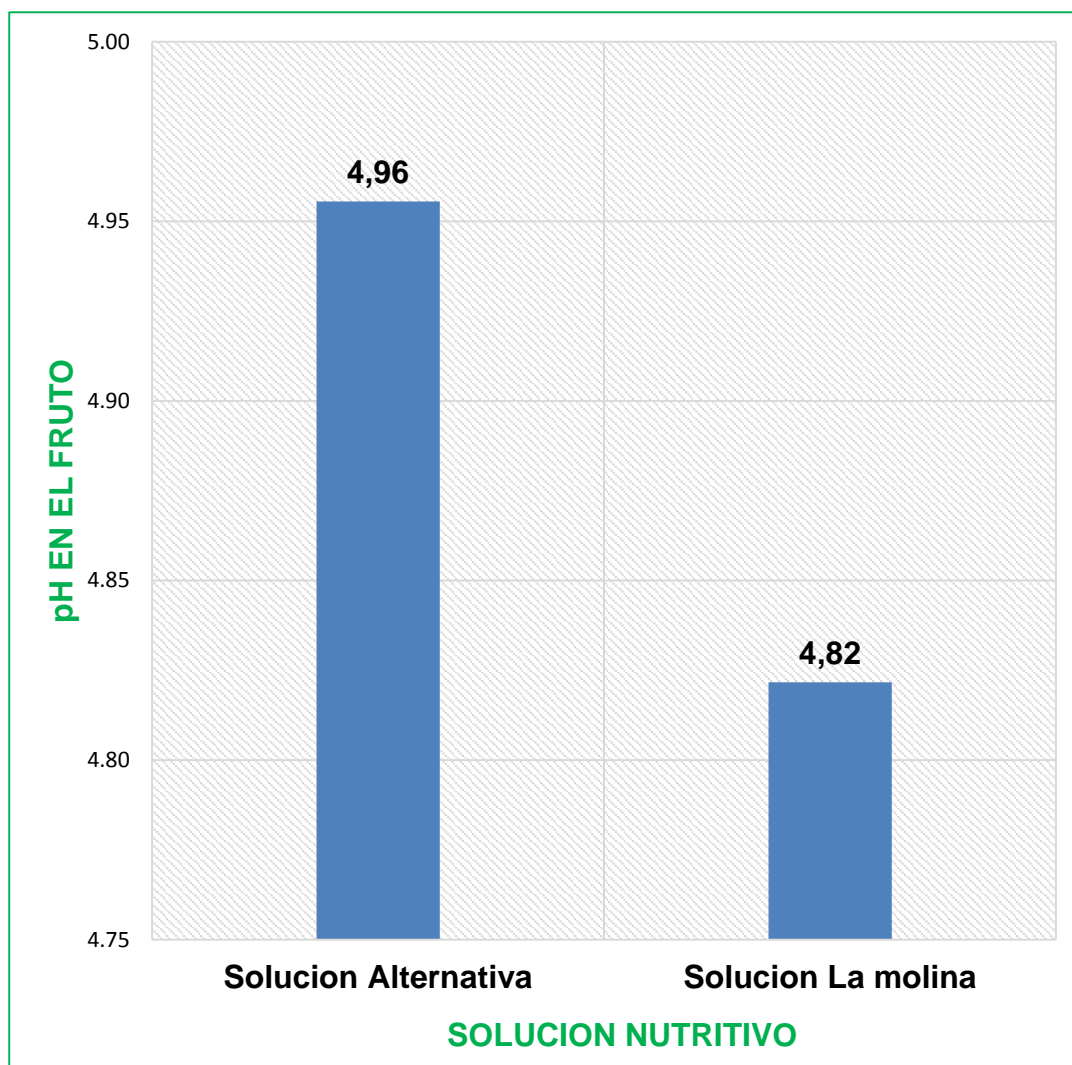


Figura 53. Efecto de la variable solución nutritiva en el pH del fruto.

Cuadro N°71. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el pH del fruto.

OM	SUSTRATO	pH de fruto	0,01	0,05
1	CA	4,9025	A	A
2	CAARE	4,9008	A	A
3	CCARB	4,8625	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°71, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz; cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en el pH de fruto de tomate estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz (CA) alcanzó una media de 4,90 en el pH del fruto.

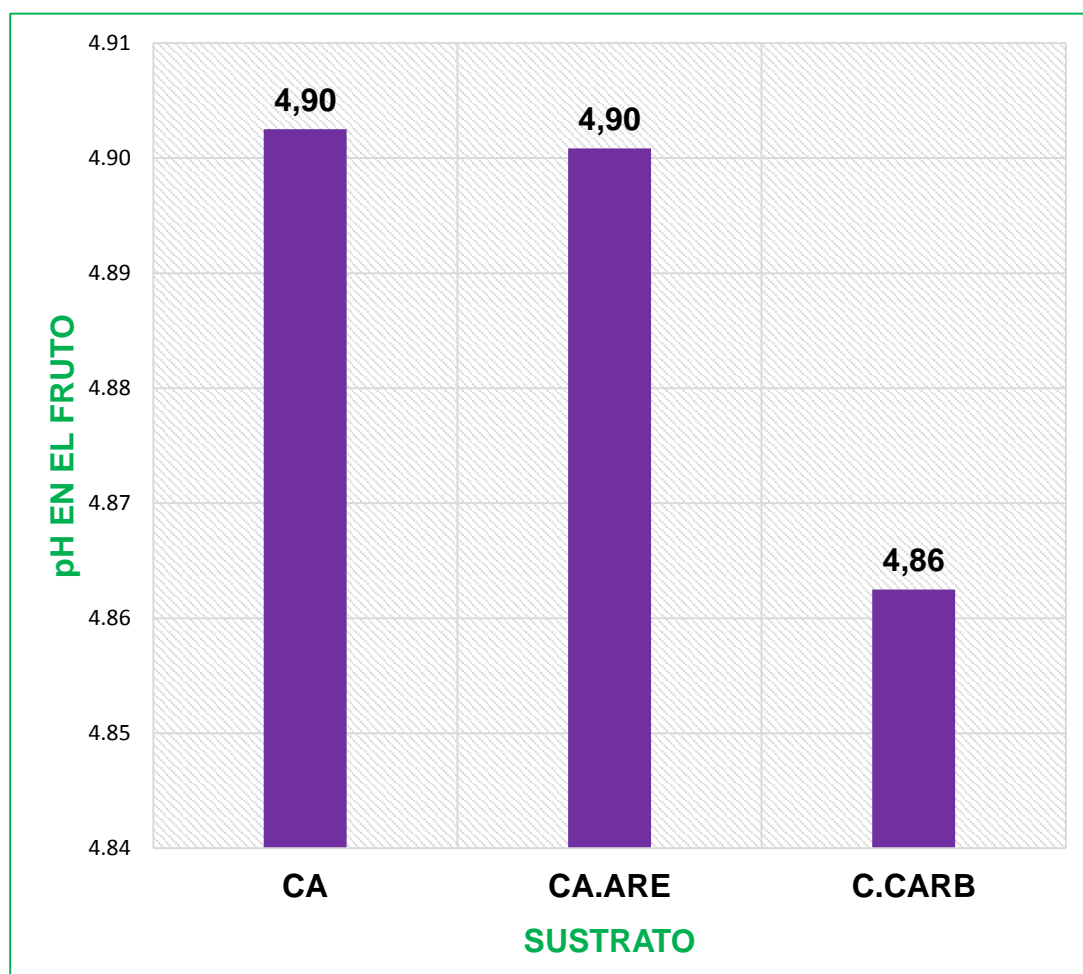


Figura 54. Efecto de la variable sustrato en el pH del fruto de tomate.

4.5.4. Sólidos Solubles Totales (°Brix) en el fruto

Cuadro N°72. ANVA para sólidos solubles (°Brix) en el fruto.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	10,080625	10,080625	1098,71	<,0001	**
SOLUCION	1	1,755625	1,755625	191,35	<,0001	**
SUSTRATO	2	1,26375	0,631875	68,87	<,0001	**
VAR*SOL	1	1,755625	1,755625	191,35	<,0001	**
VAR*SUST	2	1,31375	0,656875	71,59	<,0001	**
SOL*SUST	2	1,13375	0,566875	61,78	<,0001	**
VAR*SOL*SUST	2	2,18375	1,091875	119,01	<,0001	**
Error	24	0,2202	0,009175			
Total corregido	35	19,707075				

$$CV= 1,79 \% \quad \bar{X}= 5,34$$

El análisis de varianza para sólidos solubles que se presenta en el cuadro N°72, el p-valor nos indica que existe diferencias altamente significativas entre los factores variedad, solución, sustrato y sus interacciones.

El coeficiente de variabilidad es 1,79 %, este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°73. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en solidos solubles.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	SST (°Brix)	0,01	0,05
1	T6	SAKURA	SLM	CAARE	6,2	A	A
2	T10	SAKURA	SA	CA	6,2	A	A
3	T12	SAKURA	SA	CAARE	6,2	A	A
4	T5	SAKURA	SLM	CCARB	6,2	A	A
5	T2	CherryLM	SLM	CCARB	5,45	B	B
6	T3	CherryLM	SLM	CAARE	5,4	B C	B
7	T11	SAKURA	SA	CCARB	5,2	C	C
8	T4	SAKURA	SLM	CA	5,2	C	C
9	T1	CherryLM	SLM	CA	4,9	D	D
10	T8	CherryLM	SA	CCARB	4,9	D	D
11	T9	CherryLM	SA	CAARE	4,2	E	E
12	T7	CherryLM	SA	CA	4	E	F

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los promedios para solidos solubles de frutos, los tratamientos T6, T10, T12 y T5 estadísticamente son iguales al nivel de significación del 0,01 y 0,05 pero difieren de los tratamientos T9 y T7, al nivel de significación del 0,01 y el tratamiento T7 al nivel de significación del 0,05. El tratamiento T6 presenta una media de 6,2 °Brix siendo este el más alto y T7 con 4 °Brix por fruto la media más baja.

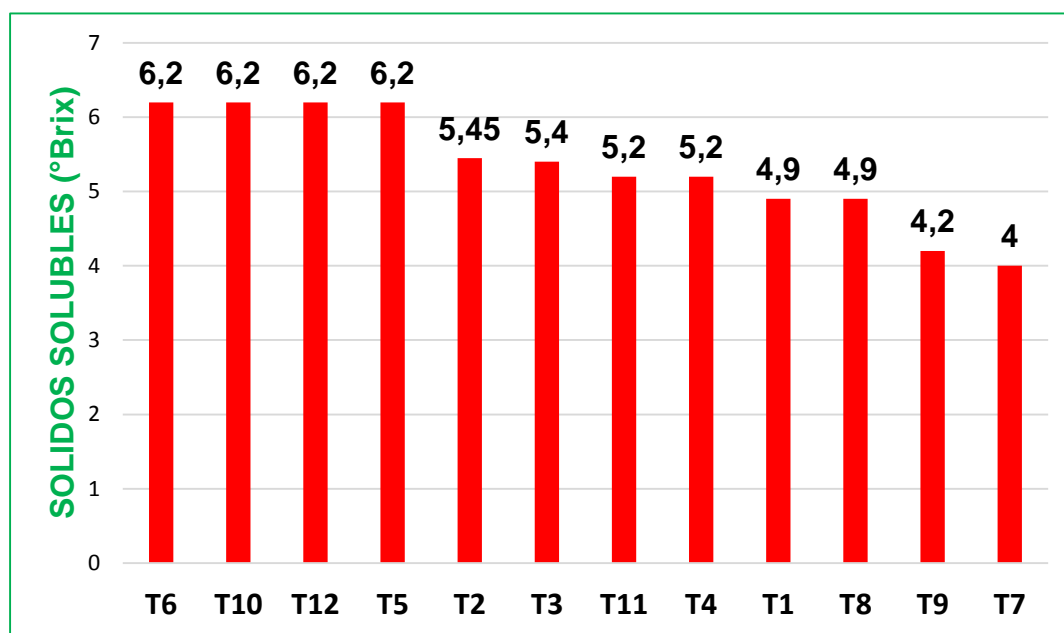


Figura 55. Efecto de los tratamientos en Solidos solubles de tomate.

Cuadro N°74. Prueba de Duncan para efecto de variedad en solidos solubles.

OM	VARIEDAD	SST (°Brix)	0,01	0,05
1	SAKURA	5,8667	A	A
2	Cherry LM	4,8083	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°74, el promedio para la variedad Sakura en solidos solubles de tomate difiere y supera estadísticamente a la variedad Cherry LM al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Sakura alcanzo una media de 5,8 °Brix.

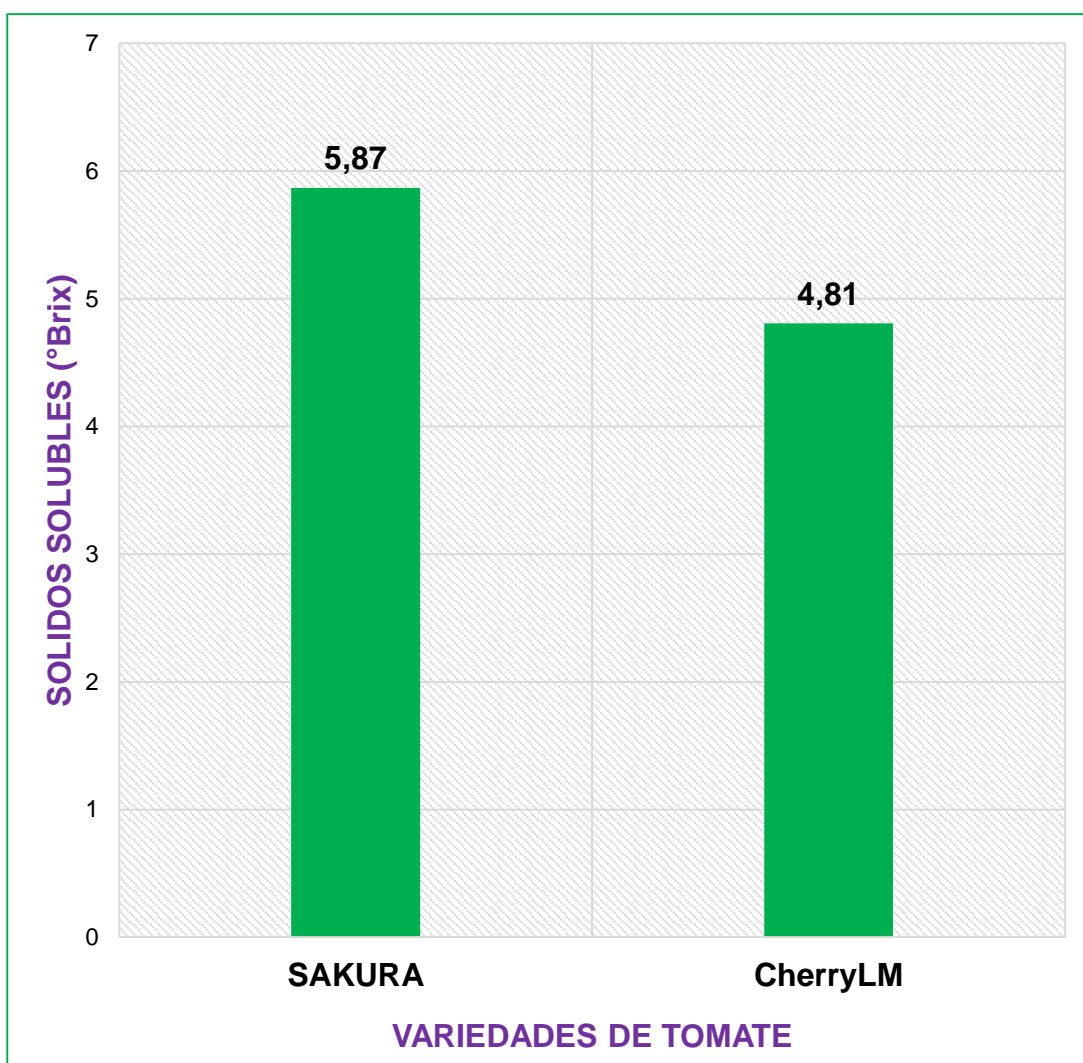


Figura 56. Efecto de variedad de tomate en solidos solubles.

Cuadro N°75. Prueba de Duncan para efecto solución en solidos solubles.

OM	Solución Nutritiva	SST (°Brix)	0,01	0,05
1	SLM	5,55833	A	A
2	SA	5,11667	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°75, el promedio para la Solución Nutritiva La Molina en solidos solubles en el fruto de tomate difiere y supera estadísticamente a la Solución Alternativa al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. SLM alcanzó una media de 5,56 °Brix de solidos soluble en el fruto.

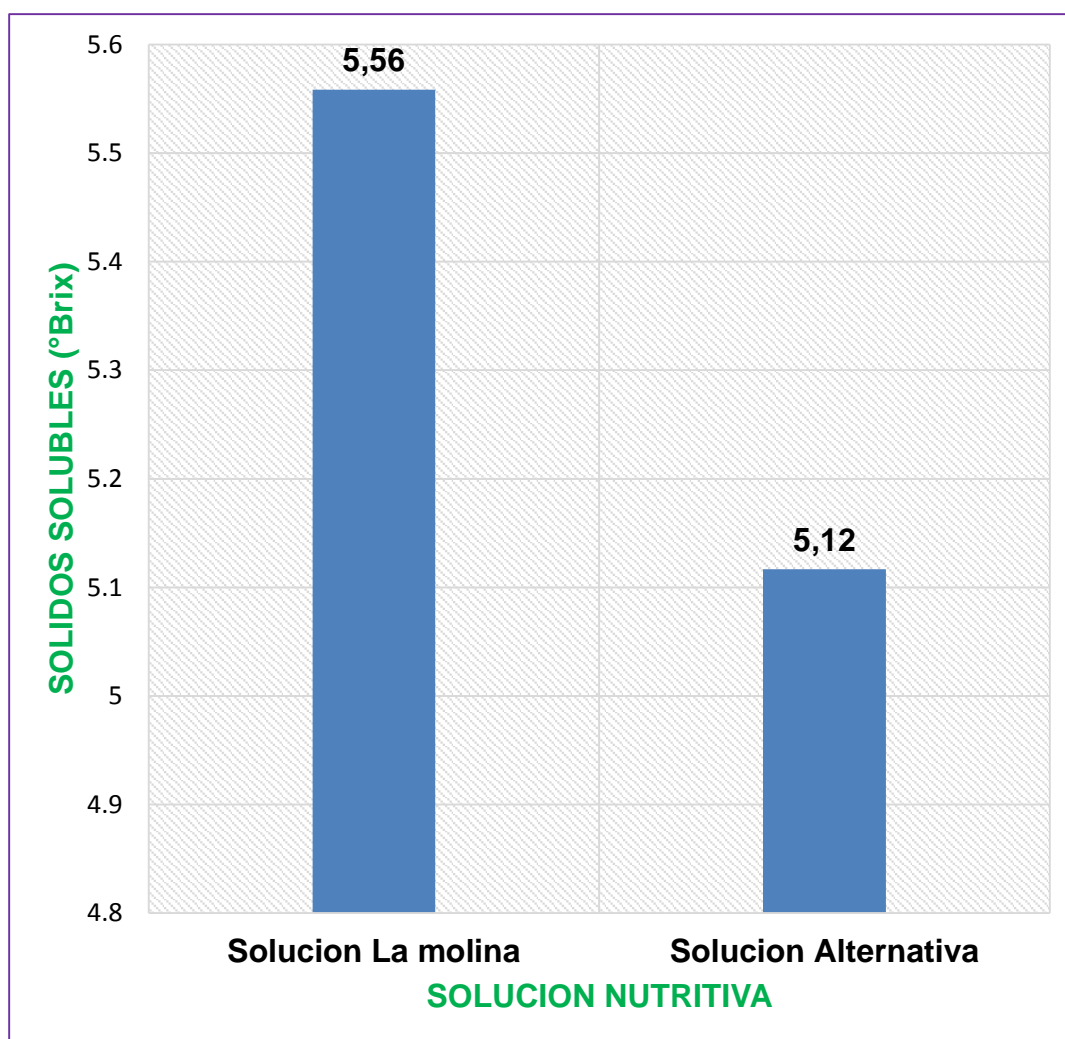


Figura 55. Efecto de la variable solución nutritiva en solidos solubles de fruto.

Cuadro N°76. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en solidos solubles.

OM	SUSTRATO	SST (°Brix)	0,01	0,05
1	CAARE	5,500	A	A
2	CCARB	5,438	A	A
3	CA	5,070	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°76, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz más carbón y cascarilla de arroz más arena) en solidos solubles estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 5,5 °Brix.

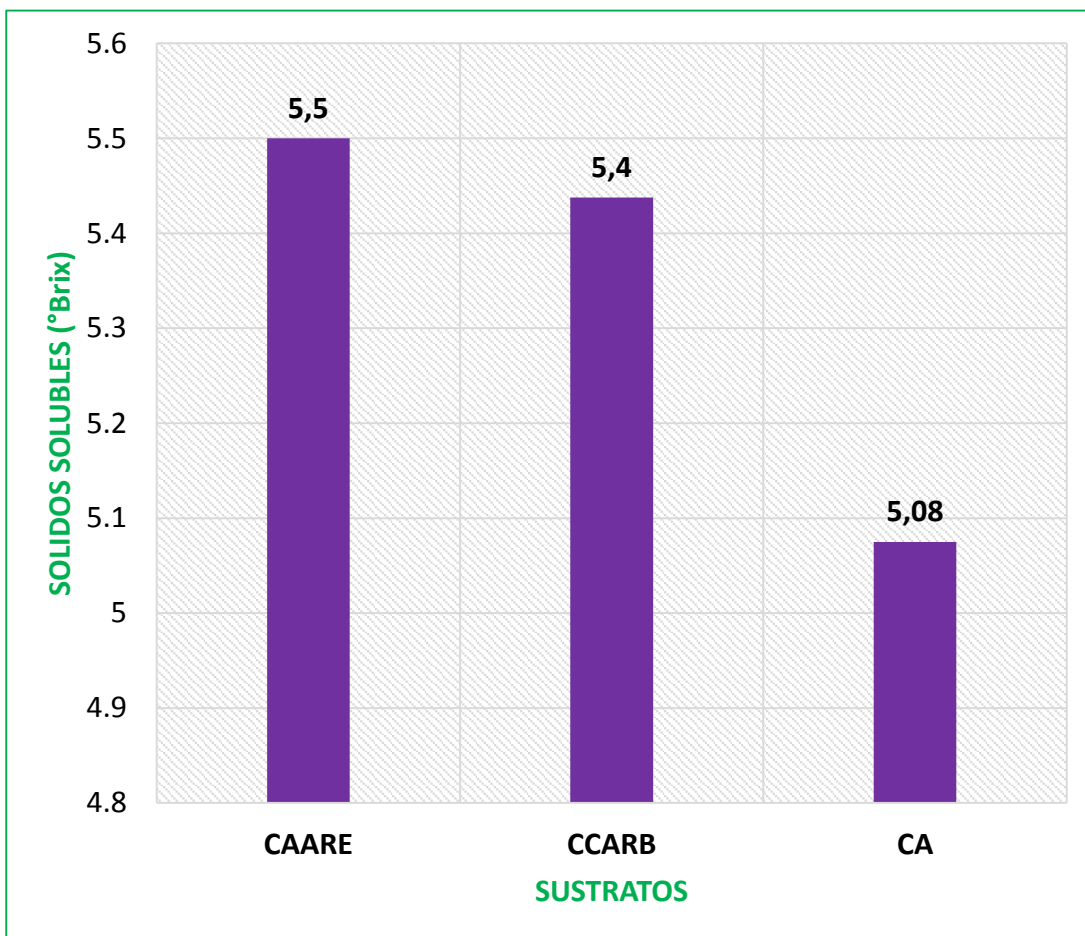














Figura 56. Efecto de la variable sustrato en solidos solubles.

4.5.5. Color del fruto

Cuadro N°77. Resultados de los análisis de color de fruto.

Tratamientos	Coordenadas de promedio			Fotos	COLOR
	L*	a*	b*		
T1	36,39	23,62	32,03		ROJO NARANJA
Desviacion Estandar	1,43	1,93	2,69		
T2	35,96	28,99	31,84		ROJO NARANJA
Desviacion Estandar	2,67	2,78	2,82		
T3	37,07	27,43	34,02		ROJO NARANJA
Desviacion Estandar	2,40	3,61	4,65		
T4	30,78	27,57	22,11		ROJO INTENSO
Desviacion Estandar	1,47	2,17	2,41		
T5	30,53	26,97	21,48		ROJO INTENSO
Desviacion Estandar	0,90	1,53	2,69		
T6	31,11	30,04	23,12		ROJO INTENSO
Desviacion Estandar	2,59	4,06	2,77		
T7	33,13	25,54	26,21		ROJO NARANJA
Desviacion Estandar	2,84	2,77	5,80		
T8	34,77	27,01	27,66		ROJO NARANJA
Desviacion Estandar	1,83	1,57	3,65		
T9	35,11	31,82	32,16		ROJO
Desviacion Estandar	0,83	0,99	2,22		
T10	31,29	25,54	26,81		ROJO INTENSO
Desviacion Estandar	1,25	1,21	2,76		
T11	28,54	23,63	21,58		ROJO INTENSO
Desviacion Estandar	0,68	1,18	3,22		
T12	30,24	23,80	19,95		ROJO INTENSO
Desviacion Estandar	1,54	1,90	3,39		

Fuente: elaboración propia.

De los resultados obtenidos por el método del colorímetro que el tratamiento T1 , T2 ,T3 ,T7 y T8 mostraron un color rojo naranja mientras que el T9 mostro un color rojo y los tratamientos T4,T5 ,T6,T10, T11 y T12 uno color rojo intenso.

4.6. DATOS ADICIONALES

4.6.1. Porcentaje de germinación

Grafico N°1. Resultados del análisis de germinación.

	N° de semillas	N° semillas germinadas	% Germinación	Días a la germinación
Sakura	120	106	88%	7-8 días
Cherry LM	120	110	92%	8 días

Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la prueba de germinación muestran que la variedad Cherry LM tiene mayor porcentaje germinación con un promedio del 92 % a los 8 días después de la siembra esto quiere decir que la variedad Cherry LM tiene mayor viabilidad.

4.6.2. Crecimiento vegetativo (días)

Grafico N°2.Crecimiento vegetativo (días).

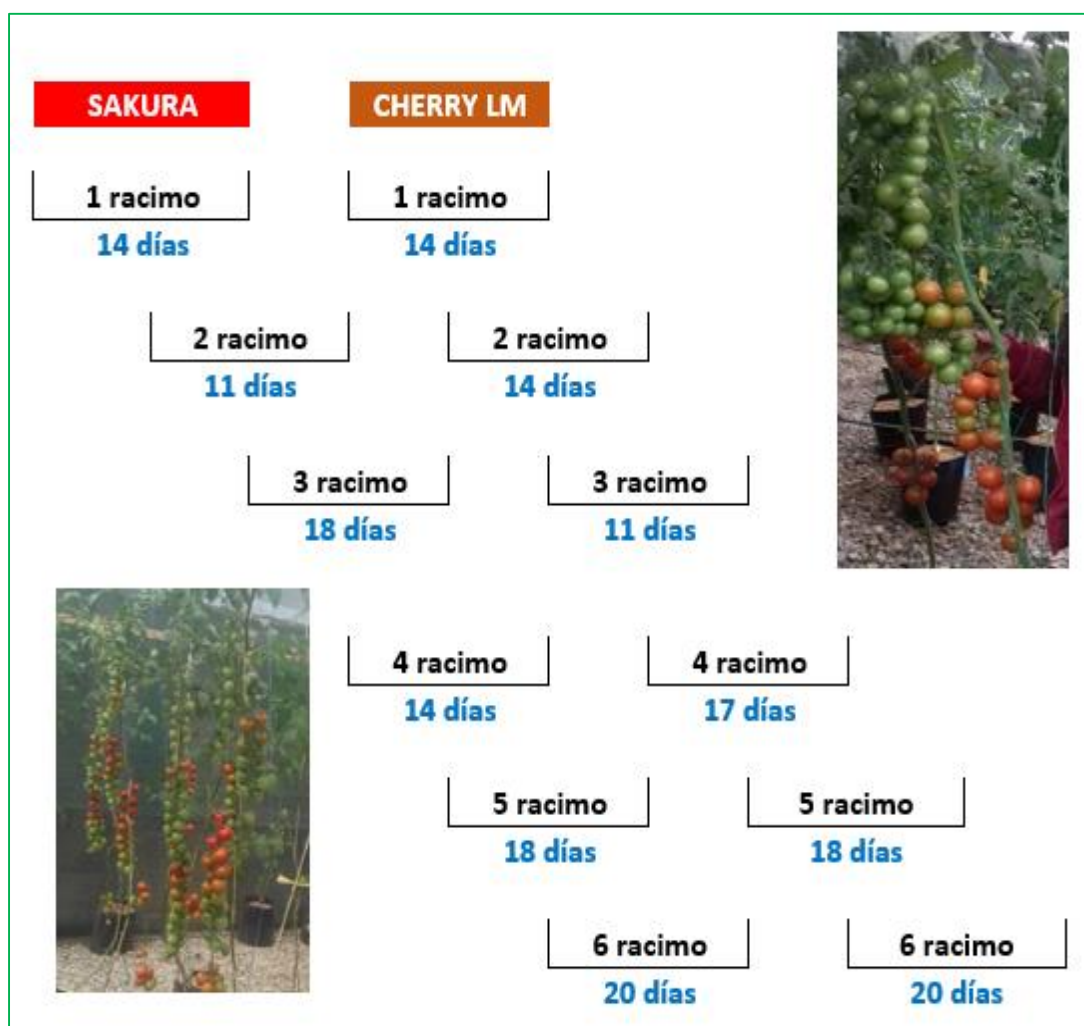
	1° Transplante	2° Transplante	Crecimiento vegetativo	1° Floración y cuajado de fruto	Inicio de cosecha	Plena cosecha
Sakura	A los: 15 días	25 días	51 días	57 días	72 días	156 días a mas
Cherry LM	A los: 15 días	25 días	61 días	67 días	82 días	156 días a mas

Fuente: elaboración propia.

En la etapa de crecimiento vegetativo se observó una diferencia de 10 días en el proceso de maduración de los frutos, esto debido a que la variedad Sakura se presentó precoz, mayor número de frutos y de menor tamaño. Mientras que la variedad Cherry LM presento menor número de fruto, pero de mayor tamaño.

4.6.3. Días a la madurez de racimo (1° al 6° racimo)

Grafico N°3. Días a la madurez de racimo (1° al 6° racimo).



Fuente: elaboración propia.

En las observaciones realizadas a los racimos de las variedades de Cherry LM y Sakura, se observó un rango de 11 a 20 días de tiempo maduración, también se observó que la madures de los siguientes racimos iniciaba a la mitad del racimo anterior.

4.7. RENDIMIENTO DE TOMATE POR ÁREA NETA

Cuadro N°78. ANVA para pH en el rendimiento de tomate por área neta.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	1,035426	1,035426	0,51	0,4773	ns
SOLUCION	1	874,049051	874,04905	430,11	<,0001	**
SUSTRATO	2	571,98454	285,99227	140,73	<,0001	**
VAR*SOL	1	911,002426	911,00243	448,29	<,0001	**
VAR*SUST	2	88,0157146	44,007857	21,66	<,0001	**
SOL*SUST	2	24,4106521	12,205326	6,01	0,0036	**
VAR*SOL*SUST	2	547,371927	273,68596	134,68	<,0001	**
Error	84	170,700613	2,03215			
Total corregido	95	3188,57035				

CV= 6,65 % \bar{X} = 21,44

El análisis de variancia en el cuadro N°78 para la variable rendimiento de tomate por área neta, el p-valor denota que para el factor variedad no existe significación estadística, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios. Sin embargo, para la los otros factores e interacciones existe alta significación estadística, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente.

El coeficiente de variabilidad es 6,65 % este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°79. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el rendimiento de tomate por área neta.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Rendimiento por área neta (kg/ m ²)	0,01	0,05
1	T9	CherryLM	SA	CAARE	30,1800	A	A
2	T7	CherryLM	SA	CA	27,4925	B	B
3	T8	CherryLM	SA	CCARB	25,2400	C	C
4	T12	SAKURA	SA	CAARE	23,7988	C D	D
5	T6	SAKURA	SLM	CAARE	23,2313	D E	D
6	T11	SAKURA	SA	CCARB	22,9550	D E	D E
7	T4	SAKURA	SLM	CA	22,8075	D E	D E
8	T3	CherryLM	SLM	CAARE	21,4550	E	E F
9	T5	SAKURA	SLM	CCARB	18,1463	F	F
10	T2	CherryLM	SLM	CCARB	17,1550	F	F
11	T10	SAKURA	SA	CA	17,0525	F	F
12	T1	CherryLM	SLM	CA	7,7150	G	G

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

El promedio para el rendimiento de tomate por área neta, en el tratamiento T9 estadísticamente es superior a los otros tratamientos al nivel de significación del 0,01 y 0,05; también el tratamiento T1 es diferente e inferior en promedio a los otros tratamientos al nivel de significación del 0,01 y 0,05. El tratamiento T9 presenta una media de 30,18 kg/ m² siendo este el más alto y T1 con 7,715 kg/ m² la media más baja.

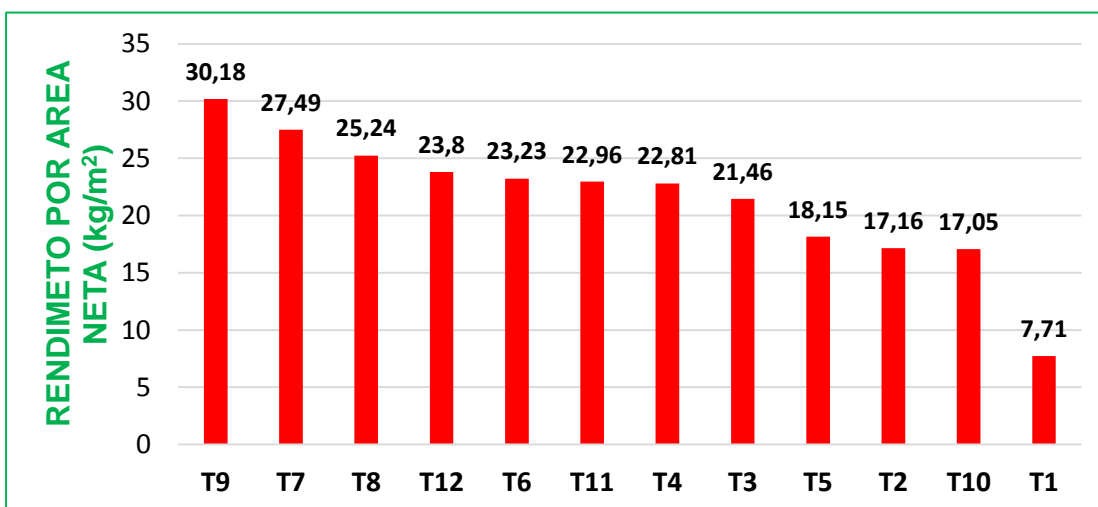


Figura 57. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de tomate por área experimental.

Cuadro N°80. Prueba de Duncan para efecto de variedad en el rendimiento de tomate por área experimental.

OM	VARIEDAD	Rendimiento por área neta (kg/ m ²)	0,01	0,05
1	Cherry LM	21,5396	A	A
2	SAKURA	21,3319	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°80, el promedio para la variedad Cherry LM en el rendimiento de tomate por área experimental, es igual estadísticamente a la variedad Sakura al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cherry LM alcanzo una media de 21,5396 Kg/ m².

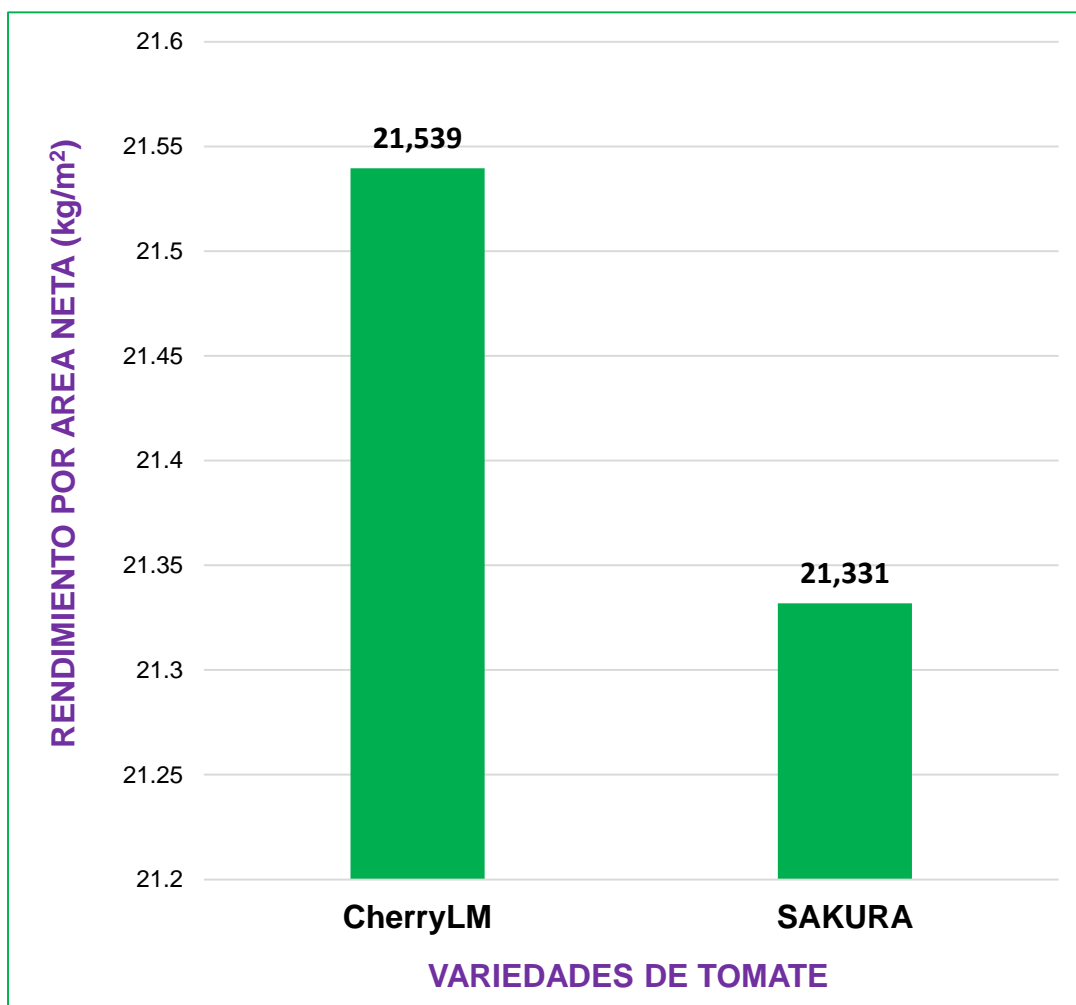


Figura 58. Efecto de variedad de tomate en el rendimiento de tomate por área experimental.

Cuadro N°81. Prueba de Duncan para efecto solución en el rendimiento de tomate por área experimental.

OM	Solución Nutritiva	Rendimiento por área neta (kg/ m ²)	0,01	0,05
1	SA	24,4531	A	A
2	SLM	18,4183	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°81, el promedio para la solución nutritiva en el rendimiento de tomate por área experimental, estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 24,45 Kg/ m² en el rendimiento de tomate por área experimental.

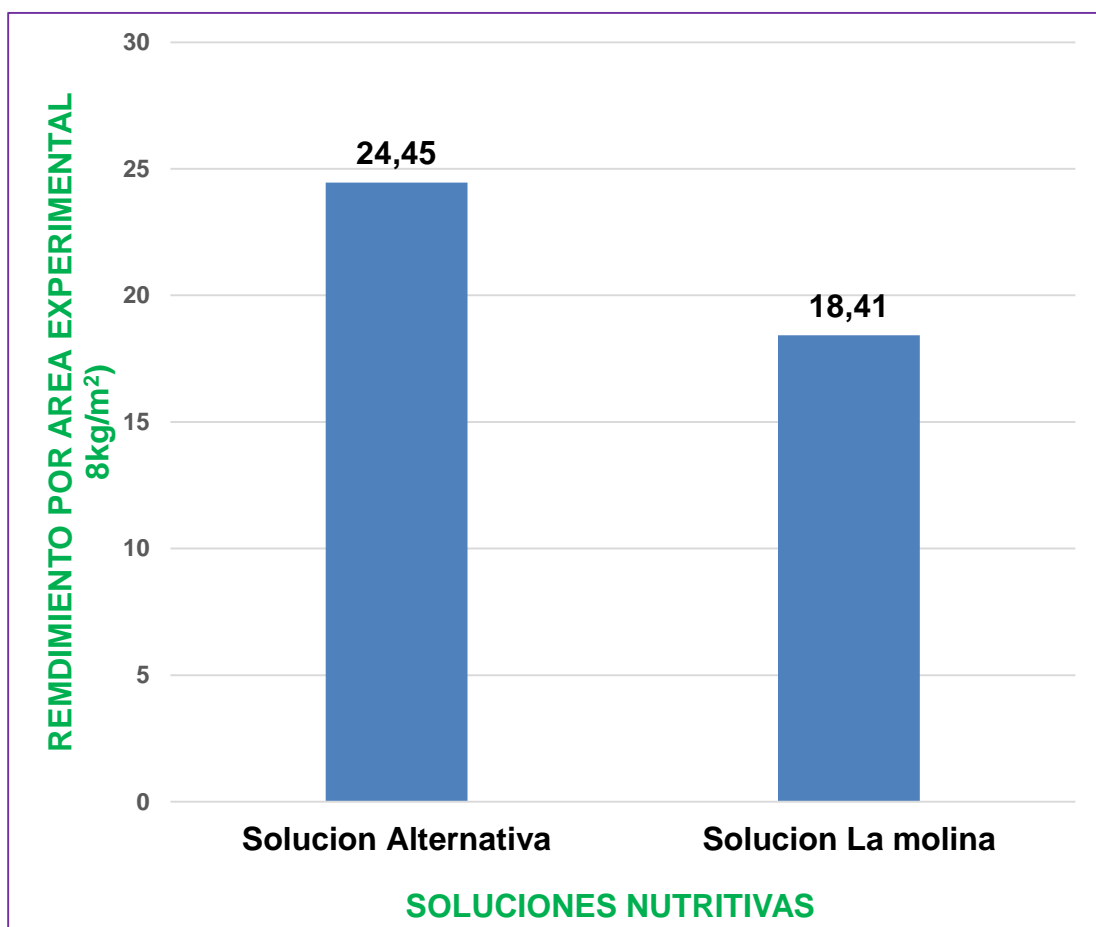


Figura 59. Efecto de la variable solución nutritiva en el rendimiento de tomate por área experimental.

Cuadro N°82. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el rendimiento de tomate por área experimental.

OM	SUSTRATO	Rendimiento por área neta (kg/ m ²)	0,01	0,05
1	CAARE	24,6663	A	A
2	CCARB	20,8741	B	B
3	CA	18,7669	C	C

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°82, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz más arena) en el rendimiento de tomate por área experimental difiere y supera estadísticamente a sustratos (cascarilla de arroz y cascarilla de arroz más carbón) al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 24,66 kg/m² en el rendimiento de tomate por área experimental.

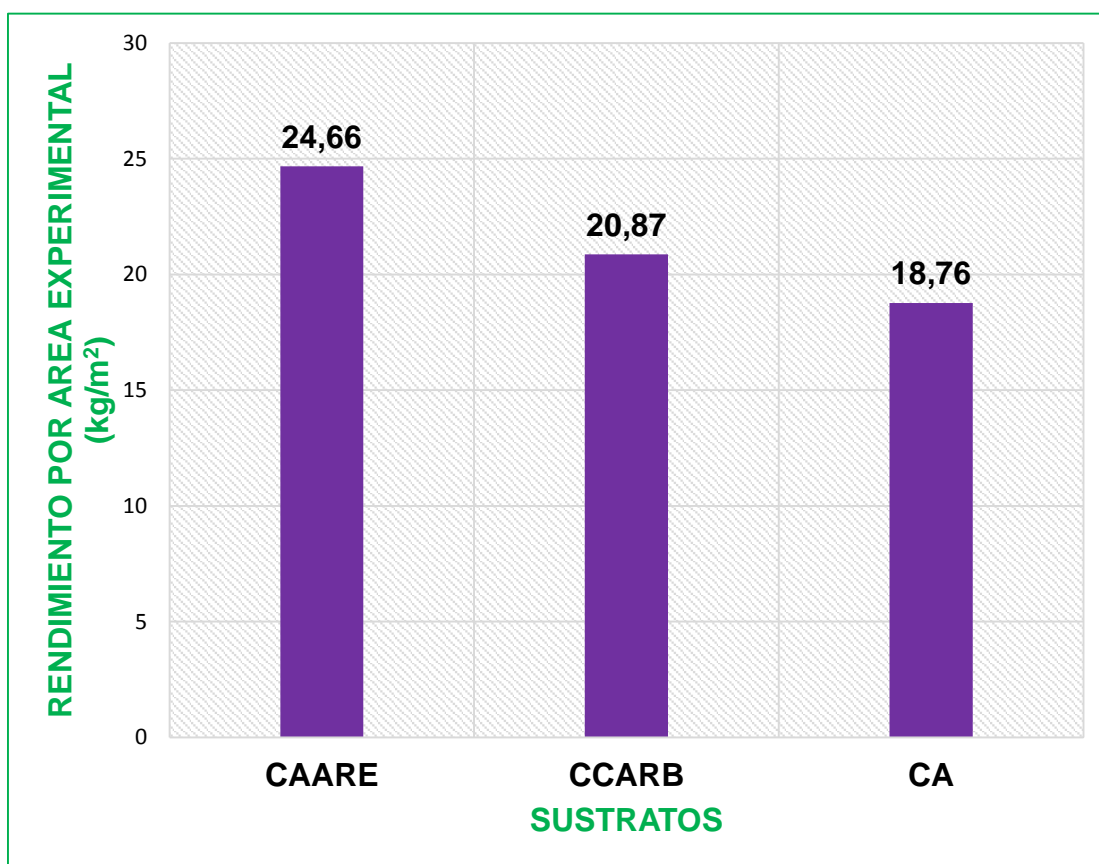


Figura 60. Efecto de la variable sustrato en el rendimiento de tomate por área experimental.

4.8. RENDIMIENTO DE TOMATE POR HECTÁREA

Cuadro N°83. ANVA para pH en el rendimiento de tomate por hectárea.

Fuente de variación	G.L	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F	Significación
VARIEDAD	1	17,49	17,49	0,51	0,4777	ns
SOLUCION	1	14799,18	14799,18	430,27	<,0001	**
SUSTRATO	2	9689,93	4844,97	140,86	<,0001	**
VAR*SOL	1	15425,48	15425,48	448,48	<,0001	**
VAR*SUST	2	1490,79	745,39	21,67	<,0001	**
SOL*SUST	2	413,16	206,58	6,01	0,0036	**
VAR*SOL*SUST	2	9268,72	4634,36	134,74	<,0001	**
Error	84	2889,16	34,39			
Total corregido	95	53993,90				

CV= 6,64 % \bar{X} = 88,207

El análisis de variancia en el cuadro N°83 para la variable en el rendimiento de tomate por hectárea, el p-valor denota que para el factor variedad no existe significación estadística, lo que indica que no hay diferencias entre sus promedios. Sin embargo, para la los otros factores e interacciones existe alta significación estadística, esto expresa que al menos uno de los tratamientos es diferente.

El coeficiente de variabilidad es 6,64 % este valor garantiza el análisis de datos de estas características con una confianza aceptable.

Cuadro N°84. Prueba de Duncan para efecto de interacción de variedad, solución y sustrato en el rendimiento de tomate por hectárea.

OM	TRA	Variedad	Solución Nutritiva	Sustrato	Rendimiento por hectárea (Ton/ha)	0,01	0,05
1	T9	CherryLM	SA	CAARE	124,19	A	A
2	T7	CherryLM	SA	CA	113,13	B	B
3	T8	CherryLM	SA	CCARB	103,86	C	C
4	T12	SAKURA	SA	CAARE	97,94	C D	C D
5	T6	SAKURA	SLM	CAARE	95,595	D E	D
6	T11	SAKURA	SA	CCARB	94,45	D E	D E
7	T4	SAKURA	SLM	CA	93,848	D E	D E
8	T3	CherryLM	SLM	CAARE	88,29	E	E
9	T5	SAKURA	SLM	CCARB	74,68	F	F
10	T2	CherryLM	SLM	CCARB	70,6	F	F
11	T10	SAKURA	SA	CA	70,173	F	F
12	T1	CherryLM	SLM	CA	31,738	G	F

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

El promedio para el rendimiento de tomate por hectárea, en el tratamiento T9 estadísticamente es superior a los otros tratamientos al nivel de significación del 0,01 y 0,05; también el tratamiento T1 es diferente e inferior en promedio a los otros tratamientos al nivel de significación del 0,01, pero T5, T2, T10 y T1. El tratamiento T9 presenta una media de 124,19 Ton/ha siendo este el más alto y T1 con 31,738 Ton/ha la media más baja.

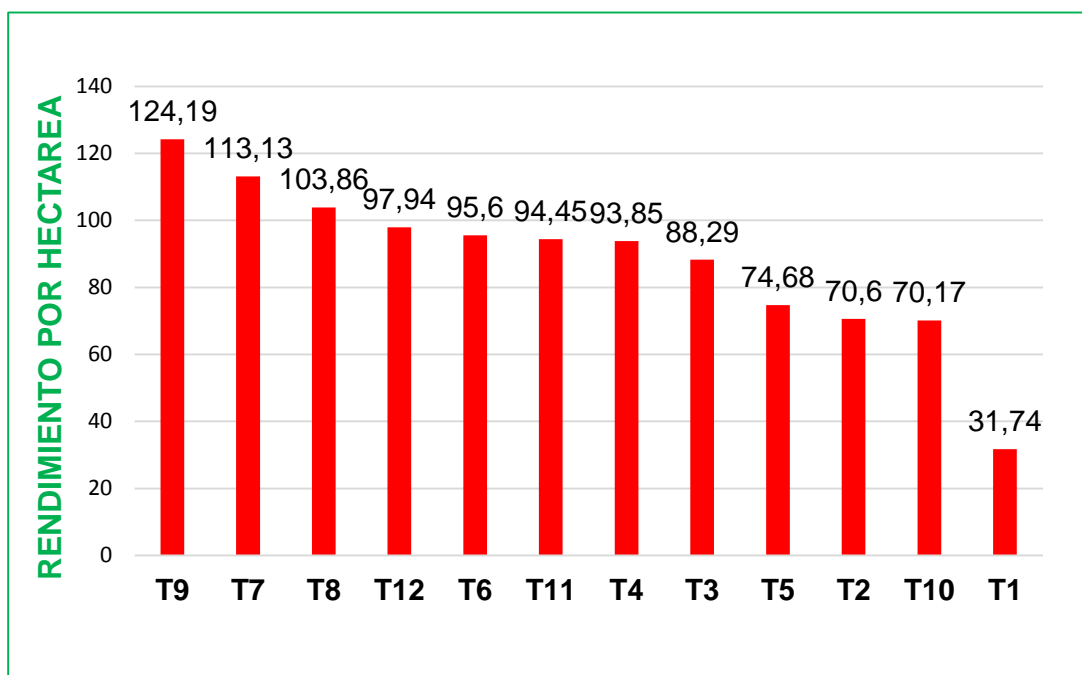


Figura 61. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de tomate por hectárea.

Cuadro N°85. Prueba de Duncan para efecto de variedad en el rendimiento de tomate por hectárea.

OM	VARIEDAD	Rendimiento por hectárea (Ton/ha)	0,01	0,05
1	CherryLM	88,635	A	A
2	SAKURA	87,781	A	A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°85, el promedio para la variedad Cherry LM en el rendimiento de tomate por hectárea, es igual estadísticamente a la variedad Sakura al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cherry LM alcanzo una media de 88,635 Ton/ha.

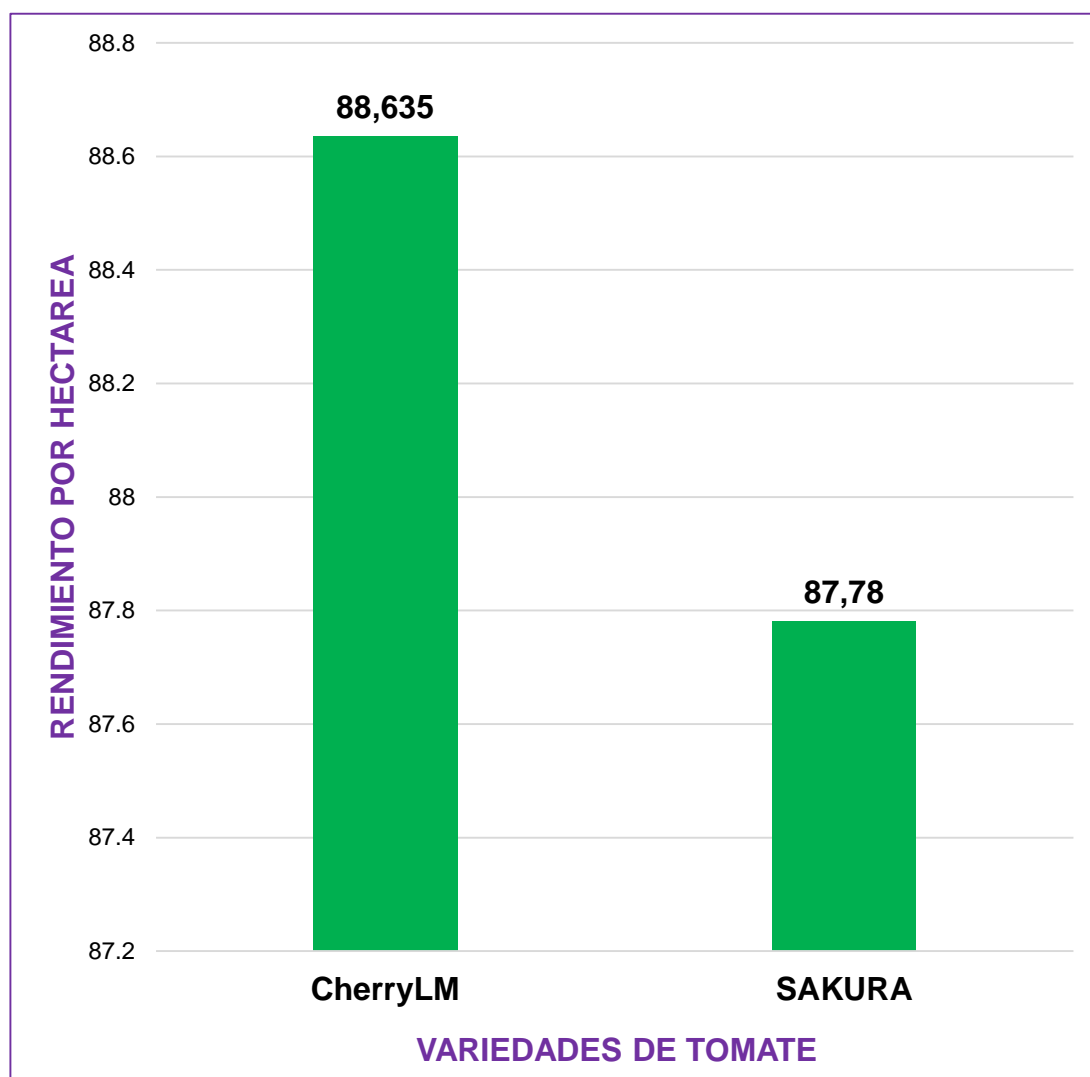


Figura 62. Efecto de variedad de tomate en el rendimiento de tomate por hectárea.

Cuadro N°86. Prueba de Duncan para efecto solución en el rendimiento de hectárea.

OM	Solución Nutritiva	Rendimiento por hectárea (Ton/ha)	0,01	0,05
1	SA	100,624	A	A
2	SLM	75,792	B	B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°86, el promedio para la solución nutritiva en el rendimiento de tomate por hectárea, estadísticamente son iguales al nivel de significación 0,05 y 0,01 de margen de error. SA alcanzó una media de 100,62 Ton/ha en el rendimiento de tomate por hectárea.

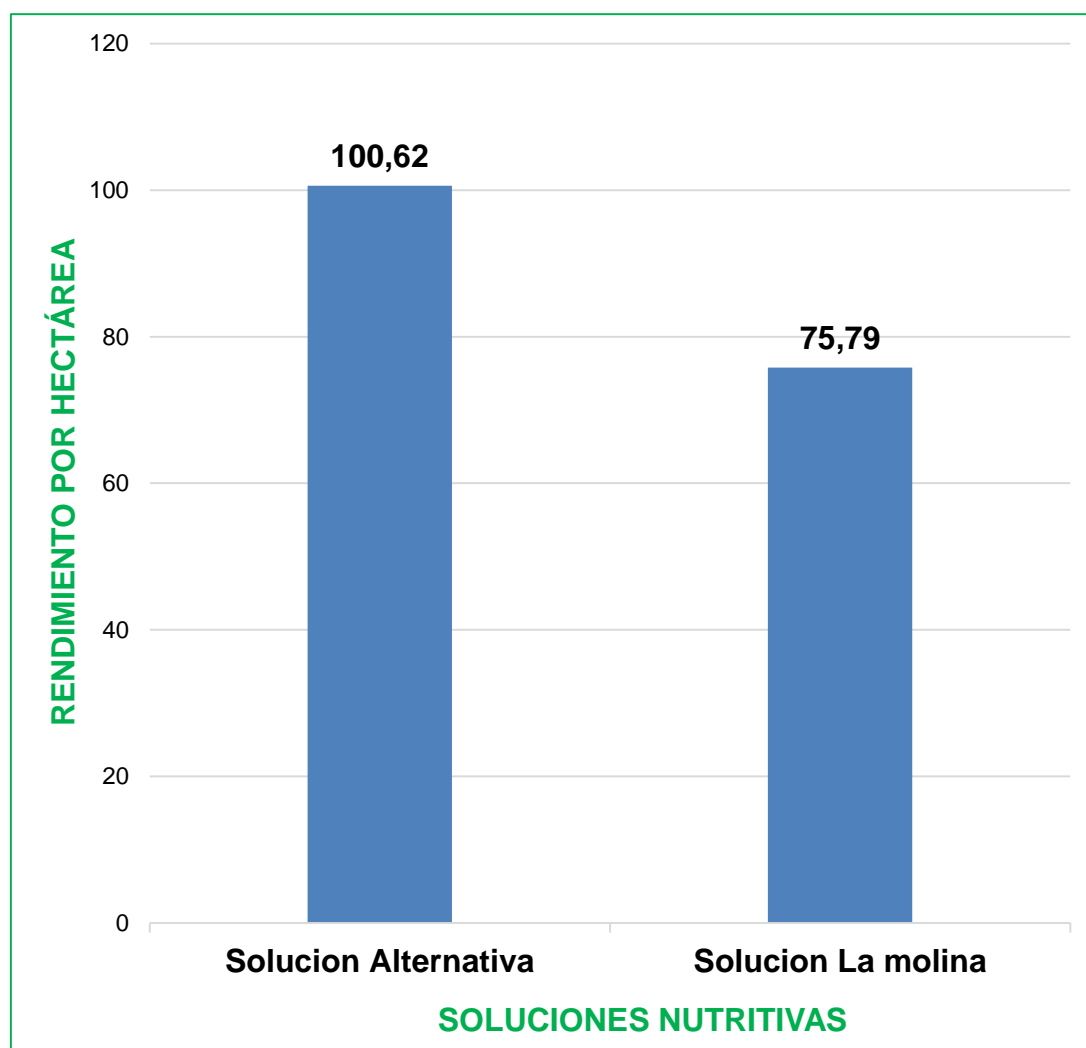


Figura 63. Efecto de la variable solución nutritiva en el rendimiento de tomate por hectárea.

Cuadro N°87. Prueba de Duncan para efecto de sustrato en el rendimiento de tomate por hectárea.

OM	SUSTRATO	Rendimiento por hectárea (Ton/ha)	0,01	0,05
1	CAARE	101,504	A	A
2	CCARB	85,898	B	B
3	CA	77,222	C	C

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

En la prueba de Duncan del cuadro N°87, el promedio para sustrato (cascarilla de arroz más arena) en el rendimiento de tomate por hectárea difiere y supera estadísticamente a sustratos (cascarilla de arroz y cascarilla de arroz más carbón) al nivel de 0,05 y 0,01 de margen de error. Cascarilla de arroz más arena (CAARE) alcanzó una media de 101,504 Ton/ha en el rendimiento de tomate por hectárea.

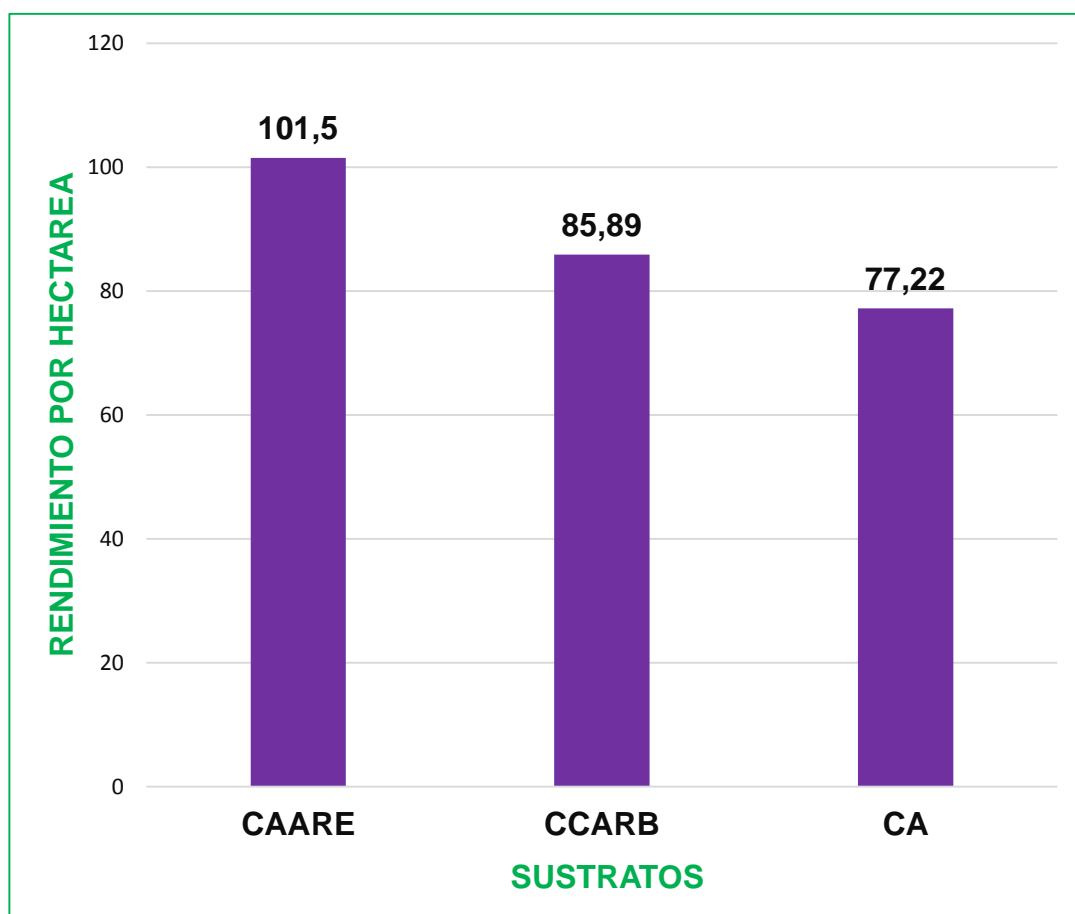


Figura 64. Efecto de la variable sustrato en el rendimiento de tomate por hectárea.

4.9. ANÁLISIS ECONÓMICO

Cuadro N°88. Análisis económico del cultivo de tomate Cherry.

TRA	VALOR BRUTO DE PRODUCCIÓN (Nuevos soles/m2)	COSTO DE PRODUCCION (Nuevos soles/m2)	UTILIDAD NETA (Nuevos soles/m2)	INDICE DE RENTABILIDAD (%)
T1	77,13	157,7	-80,57	-104,46
T2	171,56	165,25	6,31	3,68
T3	214,55	172,75	41,8	19,48
T4	228,05	157,7	70,35	30,85
T5	181,46	165,25	16,21	8,93
T6	232,3	172,75	59,55	25,64
T7	274,91	142,7	132,21	48,09
T8	252,39	150,25	102,14	40,47
T9	301,79	157,75	122,04	47,73
T10	170,52	142,7	27,82	16,32
T11	229,52	150,25	79,27	34,54
T12	237,99	157,75	80,24	33,72

Fuente: elaboración propia.

El T7 y T9 tienen un índice de rentabilidad altos por el criterio de índice de rentabilidad con respecto a las ventas.

Desde el punto de vista económico, la cascarilla de arroz es más barata que otros sustratos en la región de Huánuco (el valor de una saca de cascarilla de arroz cuesta s/ 10,00 en comparación con otros sustratos), lo cual es inconveniente para el productor; la diferencia de utilizar cascarilla de arroz en lugar de otros sustratos se refleja en el rendimiento por planta, además presenta mayor facilidad de manejo al terminar el ciclo para la extracción de la planta debido a la menor compactación del sustrato y esto también repercute en menor mano de obra.

V. DISCUSIONES

5.1. Construcción de la unidad hidropónica (cobertor)

Sea implementado una unidad hidropónica (cobertor) con sistema de riego por goteo para la producción de tomate cherry con buenos resultados iniciales en rendimiento y calidad de tomate, de manera similar al trabajo realizado por Gassó y Solomando (2011) para el cultivo de pimiento, donde se logró optimizar su producción y además controlar todos los parámetros correspondientes.

Estrada (2012) menciona que en su trabajo ha demostrado que, si bien el techo de los cobertores puede ser de diferentes materiales, el que permite mayor concentración de calor es el agrofilm. Esto se debe a que reduce la evapotranspiración o pérdida de agua por evaporación del suelo y a transpiración de las plantas. Sin embargo, en esta investigación el agrofilm no funcionó como esperábamos, esto se debe a las altas temperaturas que se registró y a los fuertes vientos característicos de Huánuco, esto ocasionó el deterioro acelerado del material (Registro climáticos Anexo N°4).

5.2. Altura de planta

Al comparar los resultados obtenidos que varían desde 0,97 m a 1,78 m, con un promedio general de 1,41 m de altura, fueron inferiores a los señalados por Baldomero (2007) y Apolinar (2006), quienes reportaron promedios de 2,0 m y 2,34 m respectivamente, pero superiores a los mencionados por Bastida (2012), que obtuvo un promedio de 1,35 m.

La altura de planta en tomate Cherry de crecimiento indeterminado, presenta un cambio notorio en la dinámica de crecimiento del tomate normal, debida a que en la formación de los primeros racimos y además estos están fructificando hay una mayor demanda de asimilados para la formación de frutos a comparación del tomate normal. Khansagar (1987) menciona que cuando los primeros tres racimos en fructificación están creciendo rápidamente hay gran demanda y esta es suministrada por las hojas medias.

En el fructificación gran parte de la materia seca producida por una planta se acumula en los frutos, durante el tiempo en que los primeros cinco racimos están creciendo rápidamente (Hurd et al. 1979). Asimismo, la capacidad de una inflorescencia para obtener asimilados se incrementa marcadamente de la floración al fructificación, una vez que los frutos empiezan a crecer el rango de crecimiento vegetativo disminuye (Salter, 1958) e inclusive una carga abundante de frutos puede llegar a ocasionar la muerte de la raíz (Hurd y Price, 1997).

5.3. Diámetro de tallo

Los resultados obtenidos con rangos de 5,74 mm a 9,95 mm, con un promedio de 7,63 mm, fueron inferiores a los señalados por Baldomero (2007), que reporta rangos de 10,28 mm a 9,89 mm de diámetro, que guarda estrecha relación con altura de planta, así mismo fueron inferiores a los determinados por Bastida (2012) y Rodríguez *et al* (1984), quienes reportaron promedios de 10,02 mm y 2,5 cm respectivamente.

El tallo es el soporte de la planta y el sistema distribuidor principal de agua y nutrientes, de ahí que es importante que se encuentre en las mejores condiciones posibles. El diámetro del tallo influye de manera significativa en el rendimiento, ya que como lo menciona Baldomero (2007), el tallo es un órgano de sostén, translocación de agua, nutrimentos y asimilados, de arquitectura y de almacén, funciones de gran importancia en la productividad de los cultivos. También menciona que el estrés hídrico causado por una mala distribución de la xilema provoca la abscisión de frutos, esto refuerza la importancia de tener un tallo en buenas condiciones y de buen diámetro.

Respecto al xilema Picken *et al.* (1986), reportó que las condiciones de crecimiento, influyen sobre su comportamiento, así en tallos delgados éste es más desarrollado.

5.4. Numero de frutos por racimo

Los valores obtenidos con rangos de 13 a 8 frutos, con promedio general de 10 frutos, fueron inferiores a los señalados por Calero (2012), que reporta

rangos de 17 a 8 frutos por racimo, pero presento rangos superiores a los mencionados por Baldomero (2007) que reportaron rangos de 10 a 6 frutos por racimo.

5.5. Numero de racimos por planta

Se obtuvo rangos de 19 a 9 frutos, con promedio general de 16 racimos por planta, estos fueron superiores a los señalados por Bastida (2012) y Baldomero (2007), que reportaron rangos de 14 a 4 y 12 a 11 racimos en tomates respectivamente de crecimiento indeterminado en un periodo de evaluación de 22 semanas.

El comportamiento que presentan los cultivares después de que aparece el primer racimo establece una competencia por los fotoasimilados en la planta, ésta es entre racimos, ya que aparece un racimo nuevo cada seis a siete días (Hurd citado por, Baldomero (2007)).

5.6. Numero de frutos por planta

Los resultados obtenidos con rangos de 76 a 58 frutos por planta, con promedio general de 60 frutos, fueron superiores a los señalados por Baldomero (2012) que reporta rangos de 44 a 36 frutos por planta.

Escalante citado Baldomero (2012), dice que a mayor tamaño de fruto se tiene menor número de frutos. Esto se corrobora por las características de cada cultivar ya que los fotosintatos que asimila la planta en algunos casos aumenta el número de frutos y en otros aumenta el tamaño (Marrero, 1986), demostró que al aumentar el peso del fruto se redujo el número de ellos por planta existiendo una correlación negativa. Por lo tanto, para alcanzar mayores calibres es fundamental la poda de frutos y esta se realiza cuando el fruto alcanza el tamaño de un garbanzo.

Al mismo tiempo se aprovecha para eliminar frutos deformes y conseguir mayor uniformidad de ellos. Cabe aclarar que el tamaño de fruto no depende únicamente del número, debido a que cuando hay temperaturas altas (mayores de 38 ° C) puede ocurrir una mala o nula fecundación y por lo tanto

los que tienen una mala fecundación no tienen una gran cantidad de semillas, en consecuencia, se obtienen frutos pequeños y mal formados. Debido a que el polen muere principalmente por deshidratación al haber alta temperatura y baja humedad relativa (Pérez y Castro, 1999).

5.7. Peso de frutos por racimo

Los datos analizados con respecto al peso de los frutos por racimo se obtuvieron considerando el peso de los primeros 6 racimos. Los resultados obtenidos con rangos de 215,57 g a 122,43 g de frutos por racimo, fueron inferiores a los obtenidos por Baldomero (2007) que reporta un promedio de 880 g de frutos por racimo, pero superiores a los mencionados por Bastida (2012), que reporta rangos de 145 g a 76 g de frutos por racimo.

5.8. Peso de frutos por planta

Los valores obtenidos fluctúan de 1,31 kg a 0,725 kg por planta, inferior a lo reportado por Baldomero (2007) que obtuvo rangos de 3,78 kg a 5,83 kg por planta, pero estuvieron dentro del rango de 1,79 kg a 0,502 kg por planta señalados por Bastida (2012).

5.9. Longitud de fruto

Los resultados obtenidos varían de 32,99 mm a 27,42 mm, con un promedio de 30,38 mm de longitud de fruto, fueron inferiores a los obtenidos por Baldomero (2007) y Ocegueda (2004), que reporta promedios de 7,68 cm a 7,17 cm respectivamente.

5.10. Diámetro de fruto

Al comparar los resultados obtenidos que varían, desde 28,39 mm a 32,90 mm, con un promedio de 30,38 mm de longitud con Baldomero (2007), que reporta valores superiores que varían de 5,47 cm a 4,79 cm, estas evaluaciones fueron tomadas en la semana 19.

Los primeros racimos (1 al 2) tienen mayor ventaja ya que, inicialmente, crecen sin competencia por lo que tienen probabilidad de mantener su

desarrollo adecuado reflejado en ganancia de peso y tamaño de fruto (Fisher, citado por Baldomero 2007).

5.11. Contenido de licopeno en el fruto

Los resultados obtenidos que varían desde 27,2 a 50,0 mg/kg, con promedio general de 38,67 mg/kg de contenido de licopeno, fueron superiores a los obtenidos por Martínez *et al.* (2002), que reporta rangos de 15,0 a 46,76 mg/kg, así mismo fueron similares a los de Valdivia *et al.* (2018), que reporta rangos de 18,60 a 64.76 mg/kg.

5.12. Acidez titulable

Los valores obtenidos fluctúan desde 0,27 a 0,46 %, con un promedio general de 0,35 % de acidez titulable, fueron inferiores a los reportados por Baldomero (2007), que reporta un promedio de 0,8 %, así mismo estuvieron dentro del rango de 0,33 a 0,39 % de acidez titulable señalados por Martínez *et al* (2002).

Baldomero (2007) señalaron que los tomates descritos como de 'gran sabor' están caracterizados por sus bajos niveles de acidez titulable y alto contenido de sólidos solubles.

5.13. Ph

Al comparar los resultados obtenidos con rangos de 4,26 a 5,28 (ácido), con promedio general de 4,77; se observa similitudes a los obtenidos por Baldomero (2007) y Feltrin *et al.* (2013), quienes reportaron promedios de 4,5 y 4,25 respectivamente.

El pH para cualquier condición debe ser mantenido entre 5,5 a 6,0 y la temperatura lo más cercana a 22 °C (Baldomero 2007).

5.14. Sólidos solubles (°Brix)

Los resultados obtenidos con rangos de 4,0 a 6,2 °Brix, con promedio general 5,34 °Brix, superiores a los presentados por Baldomero (2007), reporto 4,6 a 4,9 °Brix, sin embargo, Feltrin *et al* (2013) reporto rangos más

altos que van de 5,6 a 8,3 °Brix. También Martínez *et al* (2002) obtuvo rangos que varían de 4 a 7,5 °Brix.

El contenido en sólidos solubles totales es inversamente proporcional al rendimiento en frutos y aumenta con el área foliar (Chamarro, citado por Baldomero 2007). El incremento de SST parece ser asociada con la reducción del contenido de agua en el fruto y al incremento en la acumulación de azúcares solubles (Mitchell, citado por Baldomero 2007).

En la mayor parte de las variedades de tomate se sitúa entre 4,5 y 5,3 °Brix; el carácter varietal influye sobre el contenido de sólidos solubles, pero factores agronómicos, en especial, el clima durante el periodo de maduración y el riego, pueden modificar el ° Brix en frutos de una misma variedad entre 4 a 7 (Diez, citado por Baldomero).

5.15. Rendimiento de tomate por área experimental

Los valores obtenidos fluctúan desde 7,71 a 30,18 kg/m², con un promedio general de 21,44 kg/m², esta característica determina el rendimiento de tomate cherry por área experimental, Calero (2012), reporto rendimientos de 5,79 Kg/m² para la variedad Chadwick cherry, 3,31 Kg/m² para Puacovine cherry y Rubin Pearl 3,65 Kg/m², datos inferiores a los obtenidos por esta investigación.

5.16. Rendimiento de tomate por hectárea

Los resultados obtenidos varían desde 31,73 a 124,19 Ton/ha, con un promedio general de 88,20 Ton/ha, fueron superiores a los reportados por Calero (2012) que obtuvo rendimientos de 24 Ton/ha para la variedad Chadwick cherry, 13,84 Ton/ha para Puacovine cherry y Rubin Pearl 15,04 Ton/ha.

El análisis del rendimiento de un cultivar implica el estudio de sus principales componentes, que en el caso de tomate están dados fundamentalmente por el número y el peso medio de frutos (Wereing y Patrick, citado por Baldomero 2007).

VI. CONCLUSIONES

Se logró construir e implementar una unidad hidropónica (cobertor) con sistema de riego por goteo para la producción de tomate cherry.

El mejor sustrato fue Cascarilla de arroz al 70 % + arena al 30 %, ya que presentó los mejores resultados en crecimiento y rendimiento.

De las dos soluciones utilizadas la Solución Alternativa, presentó mejores resultados en rendimiento, calidad externa e interna.

De las dos variedades de tomate utilizadas, la que mejor reacciono en combinación con las soluciones nutritivas y sustratos fue la variedad Cherry LM en las variables morfológica, rendimiento y calidad externa, pero la variedad Sakura obtuvo mejores resultados en las variables de calidad interna con un alto contenido de licopeno, un antioxidante que reduce el riesgo de cáncer.

La mejor combinación sustrato por variedad para crecimiento y rendimiento fue CA.ARE (70 % Cascarilla de arroz + 30 % arena) + Cherry LM.

La mejor combinación solución nutritiva por variedad para las rendimiento y calidad externa fue solución alternativa + Cherry LM.

La mejor combinación variedad, solución nutritiva y sustrato fue; variedad Cherry LM + Solución Alternativa + CA.ARE (70 % Cascarilla de arroz + 30 % arena). Con un rendimiento de 2,68 kg/planta, en los 6 racimos evaluados.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda ejecutar una réplica del presente trabajo en condiciones ambientales más favorables, cambiando el material utilizado en el techo del cobertor, o instalando un sistema de ventilación.

En futuras investigaciones sería conveniente evaluar los cambios en las características físico-químicos de los sustratos, a través del tiempo en función al rendimiento y calidad del fruto.

Utilizar la fórmula y adaptarla para elaborar una solución nutritiva que proporcione un adecuado aprovechamiento para otros cultivos hidropónicos.

Se recomienda usar la solución alternativa que se presentó en esta investigación por su efectividad y rentabilidad, además de su fácil preparación para los agricultores que desean incursionar en este sistema de producción de cultivo hidropónico para tomate cherry.

Se recomienda cultivar los tomates cherry por ser un producto novedoso, que tiene aceptación y buen precio en el mercado regional y nacional, además de potencial de exportación.

VIII. LITERATURA CITADA

- Baldomero H, Z N. 2007. Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero. Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. México. 159 p.
- Bastida C, A. 2012. Métodos de cultivo hidropónico de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo invernadero basados en doseles escaleriformes. (En línea). Consultado el 10 de diciembre del 2017. Disponible en: <https://chapingo.mx/horticultura/pdf/tesis>.
- Calero, B. Y. 2012. Productividad de tomate miniatura (*Solanum lycopersicum* var. Ceraciforme) bajo producción orgánica en invernadero en el valle de Mala. Lima, Perú. Departamento de Horticultura de la UNALM. Tesis. Formato Diapositiva.
- Castellanos, J y Muñoz, R. 2000. Manual de producción hortícola en invernadero, Curso internacional de producción de hortalizas bajo invernadero. México. Editorial Intagri S.C. 459 p.
- Chávez A, N; Romantchik K, E; Gracia L, C; Velázquez B, M. 2006. Desinfección en estático con calor de sustratos. Ingeniería Agrícola y Biosistemas. 136 p.
- Crespo, C; Can, A; Sandoval, V; Bugari n, M; Robles, B; Juarez, L. 2013. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México. 210 p.
- Díaz S, F. 2004. Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero. 2ed. México. Universidad de Guanajuato. 68 p.
- Estrada P, J. 2012. Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos. Perú. Preparación y reducción del riesgo en comunidades altiplánicas. 84p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. El estado mundial de la agricultura y la alimentación. (En línea). Consultado el 16 setiembre del 2017: <http://www.fao.org.pdf>.
- Favela, C; Preciado, R; Benavides, M. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Torreón, Coahuila. 148 p.
- Feltrin V, P; Bertoldi E, C; Shibata M; Rizelio V, M. 2013. Influencia de la concentración iónica de la solución nutritiva sobre las características fisicoquímicas y productividad de dos cultivares de tomate Cherry cultivados en sistema Nft. Brasil. Barcelos Oliveir E.S. Bot. 58(1): 6 p.
- Gallardo, C. s. f. Sustratos para plantas tipos y principales características. Paraná, Argentina. 15 p.
- Gassó B, y Solomando, V. 2011. Estructura e instalaciones de un invernadero. Barcelona. Departamento de Mecánica. 115 p.
- Gilsanz, J. 2007. Hidroponía: Solución Nutritivas. Prontográfica S. A. Montevideo, Uruguay. 32 p.
- Jaramillo, N; Rodríguez, P; Guzmán, A; Zapata, C; Rengifo, M. 2007. Buenas prácticas agrícolas (BPA) en la producción de tomate bajo condiciones protegidas. 1°ed. Colombia. Printed. 315 p.
- Maroto, J. 1989. Horticultura herbácea especial. 4ed. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 568 p.
- Marreno L. P. 1986. Influencia de Algunos Factores Ecológicos Sobre el Crecimiento del Jitomate. La Habana, Cuba. Instituto Superior de Ciencias de La Habana. 42 p.
- Martinez, V. I. 2002. Phenolic compounds, lycopene and antioxidant activity in comercial varieties of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Murcia, Spain. Food Science Department. Veterinary Faculty. 330 p.

- Mercado L, A. 2007. Manual de Producción de Jitomate (*Lycopersicon esculentum*) en Variedades De Crecimiento Indeterminado Bajo Invernadero. (En línea). Consultado el 16 setiembre del 2017. Disponible en: <http://ri.uaq.mx/bitstream123456789/2584/1/RI002329.pdf>.
- Monardes M, H. 2009. Manual del cultivo de tomate. (En línea) Consultado el 8 febrero del 2018. Disponible en: http://www.cepoc.uchile.Manua_Cultivo_tomate.pdf.
- Mora, J. 1999. Producción en invernaderos, bajo siembra directa y trasplante. Montecillos, México. 108 p.
- Nuez, F. 2001. El Cultivo del Tomate. Madrid, España. Ediciones Mundi-Prensa. 793 p.
- Ocegueda A. L. 2004. Evaluación de 9 variedades de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) tipo saladette en campo abierto. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Fitotecnia, Chapingo México. pp. 49.
- Patrón, I y Pineda, J. 2010. Sustratos orgánicos: elaboración, manejo y principales usos. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México. 69 p.
- Peña, M. 2013. Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en cascarilla de arroz mezclada con materiales minerales y orgánicos. Chía, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 7(2): 217-227 p.
- Picken, A.; Steward, D; Klapwijk. 1986. Germination and vegetative development. The tomato crop. Chapman and Hall Ltd. New York, EUA 111-165 p.
- Programa de Diversificación Hortícola. 2008. Proyecto de desarrollo de la cadena de valor y conglomerado agrícola. Cultivo del Tomate (*Lycopersicum esculentum tum* ó *Solanum lycopersicum*). (En línea). Consultado el 16 febrero del 2018 disponible en: <http://cenida.una.edu.pd>

- Reyes T, C. 2009. Evaluación de híbridos de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) en hidroponía aplicando bioestimulante Jisamar en el Cantón la Libertad. La Libertad, Ecuador. Universidad Estatal Península de Santa Elena. 103 p.
- Robert O, K. 2000. Diseños de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación. D.F, México. Internacional Thomson Editores, S.A. 680p.
- Rodríguez A, 2004. Centro de investigación de hidroponía, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. 34 p.
- Rodríguez M., R. 2004. Desarrollo y caracterización de sustratos orgánicos a partir del bagazo de agave tequilero. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. Méx. 134 p.
- Rodríguez R, R; Tabares R; Medina S, J. 2013. Cultivo Moderno del Tomate. Madrid, España. Editorial Mundi-Prensa. 206 p.
- SAGARPA (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural pesca y alimentación). S. f. Invernaderos Rústicos. (En línea). Consultado el 12 de mayo del 2018 disponible en: <http://www.Invernaderos Rústicos. Sagarpa>.
- Samperio, G. 2005. Un paso más en la hidroponía: el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. México. Editorial Diana. 153 p.
- Sánchez, C y Escalante, R. 2001. Hidroponía. Universidad Autónoma Chapingo. México. 208 p.
- Sánchez, F y Contreras, E. 2000. El cultivo de jitomates bajo invernadero, Chapingo, México. 123 p.
- SIEA (Sistema integrado de estadística agraria). 2015. Boletín estadístico agrario. (En línea). Consultado el 12 abril del 2018 disponible en: <http://www.minagri.gob.pe o sinea.minagri.gob.pe>.
- Valadez, A. L. 1994. Producción de hortalizas. 1ed. Limusa, México. 90 p.

Valdivia, C. G. 2018. Kinetics of the changes in the antioxidant potential of fresh-cut tomatoes as affected by pulsed light treatments and storage time. Lleida, Spain. Department of Food Technology. University of Lleida. Agrotecnio Center. 32 p.

DEDICATORIA

A la persona más importante en mi vida mi madre, Elena Albornoz Chepe por su apoyo, su esfuerzo, dedicación; y a mi abuela que desde cielo siempre me acompaña a ella por ser el impulso para el logro de cada uno de mis sueños y metas.

Noemi B. A.

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad.

Para mis padres Juwita & Ildio por su apoyo, consejos, comprensión y amor. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi coraje para conseguir mis objetivos, gracias por darme una carrera para mi futuro, todo esto se lo debo a ustedes.

Ruth R. G.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por concedernos la salud, bienestar y por ser nuestra fortaleza en la vida y a nuestros padres por cuidarnos, por brindarnos su apoyo constante, confianza en todo momento y por darnos el mejor ejemplo de perseverancia, para seguir adelante y alcanzar la meta.

Agradecimientos muy especiales a nuestra asesora la Dra. Milka Tello Villavicencio por su apoyo, dedicación, paciencia y motivación para encaminar la investigación. Al Ing. David Maquera Lupaca, por su conocimiento y orientación. Quisiéramos agradecer a cada uno de nuestros docentes, por transmitirnos sus sabios conocimientos y guiarnos por el camino correcto, durante nuestra formación profesional para lograr nuestras metas.

Al Departamento de Horticultura de la UNALM por habernos apoyado con las variedades de tomate Cherry que fueron utilizadas en esta investigación.

Deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento a la familia Maquera Tello por destinar el terreno donde se situó esta investigación y su apoyo para la construcción.

A la empresa Hidroponía Chavelita dirigida por el Ing. Edwin Santos García, por su invaluable ayuda de campo, además de tantas pláticas sobre el desarrollo del trabajo y del experimento, pero sobre todo por su amistad.

Al maestro de obras de infraestructuras metálicas Ividio Rodríguez Julca por su trabajo, colaboración, apoyo, paciencia y valiosas aportaciones en la realización de este trabajo.

Al maestro de construcción Beltan Albornoz Chepe por su trabajo, apoyo y dedicación para esta investigación.

Al Sr. Saturnino Rodriguez Julca por su conocimientos en construccion de invernaderos y apoyo en este trabajo

Al tecnico en electricista Jhonathan Jumpa Albornoz por su colaboracion y apoyo con sus conocimientos, pero sobre todo por su amistad

Al Ing. Cesar Rodriguez Gómez por su apoyo y valiosas aportaciones en la realizacion de esta investigacion.

Al Ing. Cesar S. y la Ing. Milagros por su apoyo y colaboracion con los analisis de calidad de fruto realizados en esta investigación.

A todas nuestras amigas(os) en especial al bachiller Reyes Espinoza, Pepe por haber formado parte de nuestra vida profesional, les agradecemos su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en todo momento. Muchas gracias y que Dios los bendiga.

RESUMEN

La existencia de factores limitantes del suelo, como salinización, erosión, agotamiento de la fertilidad natural y deterioro físico, conlleva a una búsqueda del mejoramiento de las tecnologías utilizadas para el desarrollo y la producción del tomate. Se llevó a cabo el presente trabajo en el Centro Poblado Huancachupa distrito de san Francisco de Cayran, Huánuco- Perú, donde se determinó el efecto de sustratos y soluciones nutritivas sobre el crecimiento, rendimiento y calidad de fruto en variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo cobertor. Se utilizó variedades de tomate tipo cereza; Cherry La Molina y Sakura, como soluciones nutritivas; Solución la Molina y Solución Alternativa, los materiales usados para la preparación de sustratos fueron: Cascarilla de arroz, cascarilla de arroz más escoria de carbón y cascarilla de arroz más arena. Como parámetros de respuesta se tomaron: variables morfológicas (altura de planta, diámetro de tallo), variables de rendimiento (número de frutos por racimo, número de racimos por planta, número de frutos por planta, peso de frutos por racimo, peso de frutos por planta, rendimiento), variables de calidad externa (longitud de fruto, diámetro de fruto) y variables de calidad interna (licopeno, acides titulable, pH, SST, color de fruto). La mejor combinación variedad, solución nutritiva y sustrato fue T9 (Cherry LM + Solución Alternativa + CA.ARE (70 % Cascarilla de arroz + 30 % arena) en las variables de morfológicas, rendimiento y calidad externa, sin embargo la variedad Sakura obtuvo mejores resultados en las variables de calidad interna con un alto contenido de licopeno, un antioxidante que reduce el riesgo de cáncer.

Palabras claves: tomate cherry, cobertor, sustratos, soluciones nutritivas, morfología, rendimiento, calidad.

ABSTRACT

Soil limiting factors, such as salination, erosion, depletion of natural fertility and physical deterioration, leading to a search of improved technologies used for the development and production of tomato. The present work was developed in the Town Center district of San Francisco Huancachupa of Cayran, Huánuco Peru, where the effect of substrates and nutrient solutions on growth, yield and quality of tomato fruit varieties was determined (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under cover. The experimental design was DCA factorial arrangement 2A2B3C whose factors in the study were: A = varieties (type cherry tomato Cherry La Molina and Sakura) B = nutrient solutions (Solution Molina and Alternative Solution) and C = substrates (100% rice husks , 70% rice bran + 30% coal slag and 70% rice husk + 30% sand) .As response parameters were taken: morphologic features, performance variables, variables external quality and internal quality variables. The best combination range, substrate and nutrient solution was T9 (Cherry LM + + CA.ARE Alternative Solution (70% Rice hulls + 30% sand) in morphological variables, and external quality performance, however variety Sakura obtained better results in internal quality variables with a high content of lycopene, an antioxidant that reduces the risk of cancer.

Keywords: cherry tomato, cover, substrates, nutritive solutions, morphology, yield, quality.

ANEXOS

ANEXO 01

DATOS DE CAMPO

Variables de crecimiento

Cuadro N°89. Altura de planta en centímetros hasta la semana 13.

TRAT	FECHAS												
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	sem 8	sem 9	sem 10	sem 11	sem 12	sem 13
	11-ago	13-ago	18-ago	24-ago	31-ago	7-set	14- set	21-set	28-set	05-oct	13-Oct	19-Oct	26-Oct
T1	21,00	24,00	29,38	36,13	45,50	56,25	69,75	85,25	98,50	111,13	128,63	136,88	149,38
T2	21,63	24,25	30,75	35,63	44,25	53,38	67,25	80,38	80,75	113,38	134,00	144,63	161,75
T3	23,25	27,63	34,38	38,88	49,88	62,25	78,38	97,50	114,88	131,63	148,13	157,50	178,00
T4	19,13	22,13	27,38	30,63	35,00	38,00	44,13	50,13	60,88	76,88	102,75	117,63	135,00
T5	23,50	27,63	34,13	42,25	47,88	49,75	55,88	61,13	67,38	86,25	116,63	126,25	133,63
T6	23,25	26,25	33,63	40,88	49,50	53,75	60,63	72,88	89,00	101,38	127,50	140,63	160,38
T7	24,50	27,75	33,50	38,00	43,88	50,25	56,50	65,50	71,63	83,63	106,00	120,13	147,88
T8	24,88	27,88	36,25	40,25	46,25	49,63	54,75	59,13	64,50	75,63	86,38	106,25	128,38
T9	22,88	26,13	32,50	38,13	46,50	55,38	65,50	76,13	89,00	104,63	123,38	140,13	160,50
T10	21,50	24,50	29,88	33,88	37,50	38,50	40,75	42,13	42,13	46,63	61,50	76,88	97,50
T11	26,75	30,63	40,50	47,63	54,88	58,00	60,38	66,13	75,38	86,38	102,88	119,13	137,38
T12	25,00	29,50	39,38	45,50	54,13	56,25	59,25	60,25	62,88	66,88	80,50	91,63	110,88

Cuadro N° 90. Diámetro de tallo en milímetros hasta la semana 9.

TRAT	FECHAS								
	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	sem 8	sem 9
	17-ago	25-ago	31-ago	8-set	15-set	23-set	30-set	14-oct	21-oct
T1	5,09	5,34	5,93	6,07	6,25	6,32	7,22	7,99	8,13
T2	5,11	5,24	6,17	6,34	6,47	6,55	7,27	8,12	8,51
T3	5,27	5,60	6,27	6,51	6,60	6,66	8,74	9,27	9,96
T4	4,74	4,89	5,31	5,40	5,51	5,58	6,02	6,79	7,28
T5	4,76	5,20	5,49	5,82	5,89	5,95	6,20	6,83	7,12
T6	4,45	5,13	5,59	5,64	5,69	5,75	6,58	7,06	7,55
T7	4,86	5,11	5,80	5,87	5,99	6,13	6,93	7,80	8,22
T8	4,88	5,36	5,55	5,75	5,83	5,87	6,47	7,13	7,49
T9	4,66	5,01	5,56	5,67	5,73	5,78	7,21	8,23	8,81
T10	4,51	4,78	4,87	5,06	5,14	5,17	4,90	5,27	5,74
T11	4,80	5,05	5,40	5,66	5,69	5,72	5,92	6,50	7,10
T12	4,70	5,06	5,42	5,36	5,14	5,18	5,27	5,54	5,77

Variables de rendimiento

Cuadro N°91. Numero de frutos por racimo del 1° al 6°

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1° RACIMO	7,94	7,13	7,56	7,44	8,88	9,00	7,25	7,13	7,50	5,69	8,00	8,88
2° RACIMO	7,63	7,44	8,19	8,00	6,00	7,88	7,94	7,75	7,38	8,63	8,06	7,25
3° RACIMO	7,25	8,38	8,81	12,63	11,31	11,88	9,25	9,81	9,50	9,44	12,88	11,75
4° RACIMO	7,94	7,94	9,06	13,56	12,75	16,50	11,75	11,00	11,31	10,50	15,63	13,31
5° RACIMO	9,75	10,69	10,38	14,50	13,38	16,19	13,25	10,31	12,63	10,19	12,25	11,44
6° RACIMO	10,69	8,75	12,94	14,13	11,25	13,69	12,75	12,75	13,06	9,81	12,38	11,88

Cuadro N°92. Numero de racimos por planta.

N° plantas	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
p1	7	14	14	16	17	15	16	15	20	17	17	18
p2	6	14	14	16	16	15	15	16	20	17	17	20
p3	8	15	13	15	17	16	16	15	17	18	16	20
p4	8	15	13	15	17	16	16	16	17	18	17	18
p5	7	16	16	16	16	16	17	17	17	16	16	18
p6	8	16	15	16	16	16	16	15	17	16	16	21
p7	10	15	17	17	16	15	17	17	16	17	17	19
p8	9	16	17	17	16	16	17	17	16	17	16	19

Cuadro N° 93. Numero de frutos por planta.

Repeticiones	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R2	47	56	41	87	60	74	48	51	72	70	61	66
R3	64	66	55	75	70	69	65	51	41	51	54	73
R6	50	45	53	56	66	67	60	61	40	62	49	61
R7	41	41	54	76	60	78	60	65	56	59	67	66
R10	43	50	62	74	63	86	70	53	51	49	71	50
R11	47	48	70	68	56	65	56	50	69	51	85	52
R14	46	61	48	62	57	88	44	55	76	37	97	47
R15	45	57	37	74	63	80	57	63	77	53	79	70

Cuadro N°94. Peso de frutos por racimos (gramos) del 1° al 6°.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
1° RACIMO	117,75	115,00	129,81	73,13	77,38	90,56	121,00	103,94	114,56	39,88	73,44	74,25
2° RACIMO	117,00	120,44	166,13	89,06	62,19	95,56	155,00	148,31	143,63	122,31	102,94	92,38
3° RACIMO	95,44	133,81	159,13	183,81	149,19	180,06	190,06	204,69	211,63	160,31	218,69	197,25
4° RACIMO	106,31	137,00	165,25	208,13	188,19	268,94	245,06	247,75	266,69	162,19	261,63	245,56
5° RACIMO	135,31	187,44	206,31	249,00	201,44	264,75	289,69	226,63	280,94	144,50	196,00	160,25
6° RACIMO	162,75	157,00	255,13	265,88	152,75	215,19	268,00	251,75	275,94	123,13	190,56	163,63

Cuadro N°95. Peso de frutos por planta (gramos).

N° planta	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
p1	576	932	696	1806	681	769	993	923	1794	1155	810	1049
p2	1174	1472	1138	729	999	804	1214	1088	674	729	642	1021
p3	1249	714	709	1002	785	815	950	1269	900	913	605	622
p4	832	650	1294	755	843	1203	1154	1352	1439	612	732	754
p5	548	1150	1197	1332	1015	1912	1485	976	907	739	1217	691
p6	425	849	1147	1294	1109	933	1096	1104	1038	663	1445	1349
p7	433	1099	795	711	800	1404	803	1139	1852	481	1668	535
p8	569	676	429	1411	920	1474	926	1204	1851	1029	1430	1362

Variable de calidad externa

Cuadro N°96. Longitud de fruto (mm).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
F1	26,32	29,93	29,429	30,56	27,148	31,34	31,55	31,40	34,32	29,46	27,29	28,50
F2	41,79	31,42	31,878	25,99	28,011	28,15	31,66	32,91	30,86	27,60	26,14	27,94
F3	32,89	29,18	28,48	26,37	26,575	26,94	30,85	32,55	33,16	28,82	32,68	26,33
F4	26,63	27,07	33,465	23,94	25,931	29,70	30,55	30,69	38,20	25,35	30,00	27,97
F5	26,86	32,65	31,342	29,28	27,536	31,88	32,47	31,94	30,36	28,18	30,00	28,03
F6	26,71	31,95	29,715	30,82	30,988	29,56	32,04	33,08	30,28	26,48	29,66	28,61
F7	26,18	31,88	29,441	26,35	26,842	28,76	31,37	33,56	33,31	27,70	27,43	25,80
F8	26,07	29,10	39,649	30,29	26,329	29,70	27,64	32,60	33,49	30,36	27,96	29,60

Cuadro N° 97. Diámetro de fruto (mm)

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
F1	27,69	30,14	29,30	31,93	27,24	26,27	31,53	30,65	33,44	30,59	27,88	29,21
F2	30,56	32,61	31,38	25,26	28,83	28,19	31,92	32,29	31,54	29,25	28,06	28,30
F3	33,53	28,84	27,62	26,15	27,45	28,62	30,99	33,39	34,04	29,37	28,88	26,34
F4	28,98	28,41	34,13	23,41	29,70	31,05	31,54	32,43	34,48	26,84	28,16	28,18
F5	28,27	33,22	31,53	29,97	27,31	32,44	32,92	32,52	30,78	29,56	30,55	28,77
F6	26,74	31,71	31,04	30,41	31,12	29,25	32,14	33,14	30,53	27,67	30,93	29,45
F7	25,81	31,38	30,07	28,22	27,71	30,95	31,32	33,66	34,53	28,94	55,73	26,94
F8	26,57	29,29	27,65	31,81	29,05	35,30	31,37	32,90	33,87	31,60	31,56	31,74

Variable calidad interna

Cuadro N°98. Contenido de licopeno en el fruto (mg/kg).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	26,1	43,62	35,17	46,16	55,5	34,62	31,87	35,44	43,96	50	36,54	51,93
R2	29,4	32,97	42,86	44,51	45,06	28,02	29,67	38,74	35,72	41,49	41,76	45,61
R3	26,1	36,82	32,42	45,33	42,31	29,67	27,2	36,27	36,82	39,56	40,66	52,48

Cuadro N° 99. Acides titulable en el fruto (%).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	0,246	0,245	0,318	0,359	0,451	0,451	0,246	0,338	0,359	0,379	0,318	0,389
R2	0,297	0,359	0,246	0,348	0,461	0,461	0,338	0,328	0,297	0,43	0,338	0,42
R3	0,277	0,338	0,277	0,348	0,482	0,441	0,359	0,338	0,297	0,42	0,318	0,43

Cuadro N° 100. pH en el fruto.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	4,85	4,88	5,02	4,91	4,34	4,25	5	4,93	4,89	4,79	4,89	4,94
R2	4,88	5,07	5,23	4,9	4,39	4,24	4,98	4,97	5,43	4,94	4,81	4,97
R3	5	5,9	5,56	4,77	4,3	4,3	4,89	4,99	5,02	4,92	4,88	4,96

Cuadro N° 101. Solidos solubles SST (°Brix).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
R1	4,9	5,45	5,4	5,2	6,2	6,2	4	4,9	4,2	6,2	5,2	6,2
R2	4,9	5,45	5,4	5,2	6,2	6,2	4	4,9	4,2	6,2	5,2	6,2
R3	4,9	5,45	5,4	5,2	6,2	6,2	4	4,9	4,2	6,2	5,2	6,2

Cuadro N° 102. Color del fruto.

Tratamientos	coordenadas de promedio		
	L*	a*	b*
T1	36,39	23,62	32,03
T2	35,96	28,99	31,84
T3	37,07	27,43	34,02
T4	30,78	27,57	22,11
T5	30,53	26,97	21,48
T6	31,11	30,04	23,12
T7	33,13	25,54	26,21
T8	34,77	27,01	27,66
T9	35,11	31,82	32,16
T10	31,29	25,54	26,81
T11	28,54	23,63	21,58
T12	30,24	23,80	19,95

ANEXO 02

PRESUPUESTO

ACTIVIDAD	Unidad	Cantidad	valor unitario	costo total
CONSTRUCCION DE INVERNADERO				
Limpieza y nivelado				
Tractor	horas	1	140	S/ 140,00
Excavación y construcción de los cimientos				
Excavación de la saja	Jor,	2	25	S/ 50,00
Colocación de postes				
Madera de 3" x 3" x 11	liston	10	24,75	S/ 247,50
Madera de 3" x 3" x 10	unid	10	22,5	S/ 225,00
Construcción del cimiento				
Maestro de obra	Jor,	10	60	S/ 600,00
Obreros	Jor,	10	25	S/ 250,00
Armado del sobre cimiento				
Madera para encofrado	unid	16	2,5	S/ 40,00
Arena	m ³	1	80	S/ 80,00
Cemento	bolsas	14	20,7	S/ 289,80
Clavos 2'	kg	2	3,5	S/ 7,00
Clavos 3'	kg	1	3,5	S/ 3,50
Alambre	kg	1	3,5	S/ 3,50
Armellas	unid	100	0,15	S/ 15,00
Madera de 1" x 2" x 13	liston	8	8,02	S/ 64,16
Madera de 1" x 2" x 14	liston	5	8,63	S/ 43,15
Pernos 0,45 x 40	unid	100	0,18	S/ 18,00
Pernos 0,45 x 50	unid	100	0,12	S/ 12,00
Puerta				
Madera de 1,5" x 1,5" x 7	liston	4	4,2	S/ 16,80
Madera de 1,5" x 1,5" x 6	liston	4	3,6	S/ 14,40
Madera de 2" x 3" x 12	liston	1	21	S/ 21,00
Madera de 2" x 3" x 8	liston	2	14	S/ 28,00
Picaporte 5"	unid	2	6	S/ 12,00
Picaporte 3 1/2"	unid	1	4	S/ 4,00
Aldaba 4"	unid	1	5	S/ 5,00
Colocado malla rashell				

Malla rashel	rollo	1	650	S/ 650,00
retasos de madera			8	S/ 8,00
clavitos 1"	kg	1	6	S/ 6,00
Hilo nailon	rollo	1	15	S/ 15,00
Aguja	unid	2	0,5	S/ 1,00
Grapadora	unid	1	38	S/ 38,00
Grapas	unid	1	8	S/ 8,00
Techado del invernadero (Colocado del agrofilm)				
Agrofil CALIBRE 10 (250 micras)	rollo	1	1520	S/ 1,520,00
Retasos de madera			15	S/ 15,00
Tornillos spack	unid	150	15	S/ 15,00
Alambre galvanizado	kg	12	7,5	S/ 90,00
CUBIERTA DE SUELO (piedra chancada 3/4)	m ³	5	45	S/ 225,00
sub- total de construcción de invernadero				S/ 4,780,81
INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO				
Red de tuberías				
Tubos 1/2 pvc	Unid	5	8,5	S/ 42,50
Tubos de 1 1/2	Unid	1	24	S/ 24,00
Adaptador de 1/2	Unid	15	1	S/ 15,00
Manguera de 16 x 100 m	Rollo	1	35	S/ 35,00
Micro 4 " x 5 kg	Rollo	1	120	S/ 120,00
Tanques de agua	Unid	2	160	S/ 320,00
Accesorios				
Adaptador de 1 1/2	Unid	9	2,0	S/ 18,00
Reduccion de 1 1/2	Unid	1	3,0	S/ 3,00
Reduccion de 1 1/2 - 1/2	Unid	1	4,0	S/ 4,00
Llaves de 1/2 PVC	Unid	6	2,5	S/ 15,00
Llaves ramal	Unid	2	2,0	S/ 4,00
Llaves ramichel 16 cm	Unid	6	1,6	S/ 9,30
Llave sanking	Unid	2	17,0	S/ 34,00
TCC pvc 1/2	Unid	7	2,0	S/ 14,00
TCC 1/2 CIR	Unid	2	1,5	S/ 3,00
Pegamento 1 /32	Unid	1	8,0	S/ 8,00
Universal 1/2	Unid	6	2,0	S/ 12,00

Codos 1/2	Unid	2	1,0	S/ 2,00
Codos de 1 1/2 C/R	Unid	3	4,5	S/ 13,50
Codos de 1 1/2 pvco	Unid	1	7,0	S/ 7,00
Niples 1/2	Unid	16	0,5	S/ 8,00
Niples 1 1/2 x 4	Unid	2	5,0	S/ 10,00
Niples 1 1/2 x 4	Unid	2	3,0	S/ 6,00
Niples 1 1/2x 3 pcv	Unid	2	2,0	S/ 4,00
Teflon	unid	6	6	S/ 6,00
Union micro tubo	paquete	1	37,0	S/ 37,00
Gotero autocompensado	paquete	1	40,0	S/ 40,00
Union universal 1/2	unid	2	10,0	S/ 20,00
Microtubo	paquete	1	25,0	S/ 25,00
sub - total de instalación de riego				S/ 859,30
Total de construcción de invernadero				S/ 5 640,11
CONDUCCION DEL CULTIVO				
bolsas de polietileno	paquete	3	15,0	S/ 45,00
Sustratos				
Cascarilla de arroz	saco	15	10,0	S/ 150,00
escoria de carbon	saco	3	15,0	S/ 45,00
arena	saco	5	20,0	S/ 100,00
Plantines de tomate	unid	240	0,5	S/ 120,00
Soluciones				
solución (La Molina)	paquete	5	60	S/ 300,00
solución (Alternativa)	paquete	5	45	S/ 225,00
Análisis de Agua	---	1	60	S/ 60,00
sub - total de conducción del cultivo				S/ 1 045,00
Trasporte				S/ 110,00
TOTAL				S/ 6 795,11

ANEXO 03

ANALISIS DE AGUA



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE AGUA

SOLICITANTE : NOEMI YULIANA BERROSPI ALBORNOZ

PROCEDENCIA : HUÁNUCO/ HUÁNUCO/ PILCOMARCA

REFERENCIA : H.R. 59064

BOLETA : 430

No. Laboratorio	341
No. Campo	
pH	6.29
C.E. dS/m	0.08
Calcio meq/L	0.47
Magnesio meq/L	0.18
Potasio meq/L	0.01
Sodio meq/L	0.17
SUMA DE CATIONES	0.83
Nitratos meq/L	0.00
Carbonatos meq/L	0.00
Bicarbonatos meq/L	0.60
Sulfatos meq/L	0.04
Cloruros meq/L	0.20
SUMA DE ANIONES	0.84
Sodio %	20.51
RAS	0.30
Boro ppm	0.02
Clasificación	C1-S1

La Molina, 19 de Junio del 2017



[Signature]
Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

ANEXO 04

**DATOS
METEOROLÓGICOS**

ANEXO 05

**PLANOS DE LA UNIDAD
HIDROPÓNICA (COBERTOR)**

ANEXO 06

**FICHAS TECNICAS DE LAS
SEMILLAS CHERRY**

SEMILLAS DE TOMATE

I. INDETERMINADO CHERRY

1. SAKURA

❖ **ESPECIFICACIONES:**

SAKURA	
TIPO	Cherry
FORMA	Redondo
PESO (gr.)	18 – 22
COLOR	Rojo
MADUREZ	Precoz
CRECIMIENTO	Indeterminado
CULTIVO	Invernadero
RESISTENCIA HR	ToMV: 0-2 / FF: AE / Fol: 0,1
RESISTENCIA IR	Ma / Mi / Mj



❖ **CARACTERÍSTICAS ADICIONALES:**

Sakura produce bellos frutos redondos de tamaño medio 15-20 gr. con muy buen gusto. Los frutos son tolerantes a las grietas, con los sépalos bien conectados. Bien adaptado a campo abierto y la producción de efecto invernadero sin calefacción.

FICHA TECNICA DEL PRODUCTO

DEFINICION DEL PRODUCTO

PRODUCTO TIPO: Tomate (*Lycopersicon esculentum*)

TIPO: Cherry

VARIEDAD: *Ceraciforme*

VALOR NUTRICIONAL

(por cada 100 g de porción comestible)

Proteínas:	1.20 g	Calcio:	7.00 mg	Vitamina A:	833.00 U.I
Lipidos:	0.15 g	Hierro:	0.60 mg	Caroteno:	0.05 mg
Glucidos:	6.50 g	riboflavina:	0.05 mg	Vitamina C:	23.00 mg
valor energético:	20.00 Kcal	niacina:	0.60 mg	Fibra alimentaria:	1.00 g

CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS

COLOR: Rojo anaranjado en su punto óptimo de recolección, pasando a rojo intenso en la maduración.

APARIENCIA: Fruto con apariencia redonda de unos 10 - 35 mm de diámetro, con piel fina d superficie lisa, de pared intermedia con carne densa, y con cavidad seminal compacta y mucilaginososa.

AROMA: Intenso, característico de la variedad.

SABOR : Intenso , ligeramente ácido , con balores °Brix de 5 - 6

CARACTERISTICAS MICROBIOLÓGICAS

Mohos y levaduras : < 100.00 UFC/g	Salmonella spp: ausencia en 25 g de tomate
coliformes totales : < 100.00 UFC/g	<i>Listeria monocytogenes</i> : ausencia en 25 g de tomate
Mohos y levaduras : < 100.00 UFC/g	<i>Staphylococcus aureus</i> : < 10 UFC/g
E. coli : < 10 UFC/g	E. coli(ECEH): ausencia en 25 g de tomate

CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS

Fitosanitarias: trazas < LMR UE (Reglamento CE 149 /2008 Limites máximos de residuos y sus posteriores actualizaciones

Cuerpos extraños: ausencia en el fruto.

DECLARACION DE INTERES ESPECIAL

Organismos genéticamente modificados (OGM):ninguna de las variedades comercializadas so productos procedentes de semillas obtenidas mediante técnicas de manipulación genética (directiva 70/458/CE)

ANEXO 07

PANEL FOTOGRAFICO

ESTACIÓN: CP HUANUCO

LATITUD: 09° 57' 7.24" S
LONGITUD: 76° 14' 54.80" W
ALTITUD: 1947 msnm

DPTO.: Huánuco
PROV.: Huanuco
DIST.: Pillcomarca

Parámetro Precipitación Total Mensual (mm)

Periodo: **Junio 2017 -enero 2018**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
2017	-	-	-	-	-	4	4.8	5.1	15.9	32.3	49.4	132.1
2018	88.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S/D = Sin Dato

SLUMP N° 23560 (PROHIBIDO PROPORCIONAR A TERCEROS)

TESIS

" EFECTO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE EL CRECIMIENTO , RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN VARIEDADES DE TOMATE (Lycopersicam esculentum Mill.) BAJO COBERTOR , HUANCACHUPA - HUÁNUCO".

COD. REG. N° 03_A / 2018

HUÁNUCO, 09 DE MARZO DE 2018.

ESTACIÓN: CP HUANUCO

LATITUD: 09° 57' 7.24" S
LONGITUD: 76° 14' 54.80" W
ALTITUD: 1947 msnm

DPTO.: Huánuco
PROV.: Huanuco
DIST.: Pillcomarca

Parámetro Precipitación Maxima de 24 Hras (mm)

Periodo: **Junio 2017 -enero 2018**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
2017	-	-	-	-	-	2.0	4.3	2.1	5.9	13.3	12.9	38.2
2018	14.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S/D = Sin Dato

SLUMP N° 23560 (PROHIBIDO PROPORCIONAR A TERCEROS)

TESIS

" EFECTO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE EL CRECIMIENTO , RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN VARIETADES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO COBERTOR , HUANCACHUPA - HUÁNUCO".

COD. REG. N° 03_B / 2018

HUÁNUCO, 09 DE MARZO DE 2018.

ESTACIÓN: CP HUANUCO

LATITUD: 09° 57' 7.24" S
LONGITUD: 76° 14' 54.80" W
ALTITUD: 1947 msnm

DPTO.: Huánuco
PROV.: Huanuco
DIST.: Pillcomarca

Parámetro Temperatura Media Mensual (° C)

Periodo: **Junio 2017 -enero 2018**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
2017	-	-	-	-	-	21.1	19.7	20.6	21.3	21.7	21.5	20.9
2018	20.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S/D = Sin Dato

SLUMP N° 23560 (PROHIBIDO PROPORCIONAR A TERCEROS)

TESIS

" EFECTO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE EL CRECIMIENTO , RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN VARIETADES DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO COBERTOR , HUANCACHUPA - HUÁNUCO".

COD. REG. N° 03_C / 2018

HUÁNUCO, 09 DE MARZO DE 2018.

ESTACIÓN: CP HUANUCO

LATITUD: 09° 57' 7.24" S
LONGITUD: 76° 14' 54.80" W
ALTITUD: 1947 msnm

DPTO.: Huánuco
PROV.: Huanuco
DIST.: Pillcomarca

Parámetro Temperatura Maxima Mensual (° C)

Periodo: **Junio 2017 -enero 2018**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
2017	-	-	-	-	-	27.7	26.5	27.5	27.2	28.2	27.3	26.5
2018	25.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S/D = Sin Dato

SLUMP N° 23560 (PROHIBIDO PROPORCIONAR A TERCEROS)

TESIS

" EFECTO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE EL CRECIMIENTO , RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN VARIEDADES DE TOMATE (*Lycopersicam esculentum* Mill.) BAJO COBERTOR , HUANCACHUPA - HUÁNUCO".

COD. REG. N° 03_D / 2018

HUÁNUCO, 09 DE MARZO DE 2018.

ESTACIÓN: CP HUANUCO

LATITUD: 09° 57' 7.24" S
LONGITUD: 76° 14' 54.80" W
ALTITUD: 1947 msnm

DPTO.: Huánuco
PROV.: Huanuco
DIST.: Pillcomarca

Parámetro Temperatura Mínima Mensual (° C)

Periodo: **Junio 2017 -enero 2018**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
2017	-	-	-	-	-	14.3	12.4	13.3	15.8	15.4	16.4	15.7
2018	14.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

S/D = Sin Dato

SLUMP N° 23560 (PROHIBIDO PROPORCIONAR A TERCEROS)

TESIS

" EFECTO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE EL CRECIMIENTO , RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN VARIETADES DE TOMATE (*Lycopersicam esculentum* Mill.) BAJO COBERTOR , HUANCACHUPA - HUÁNUCO".

COD. REG. N° 03_E / 2018

HUÁNUCO, 09 DE MARZO DE 2018.

ESTACIÓN: CP HUANUCO

LATITUD: 09° 57' 7.24" S
LONGITUD: 76° 14' 54.80" W
ALTITUD: 1947 msnm

DPTO.: Huánuco
PROV.: Huanuco
DIST.: Pillcomarca

Parámetro Humedad Relativa Media Mensual (%)

Periodo: **Junio 2017 -enero 2018**

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic
2017	-	-	-	-	-	60.3	60.5	59.1	61.2	61.9	64.8	66.9
2018	69.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

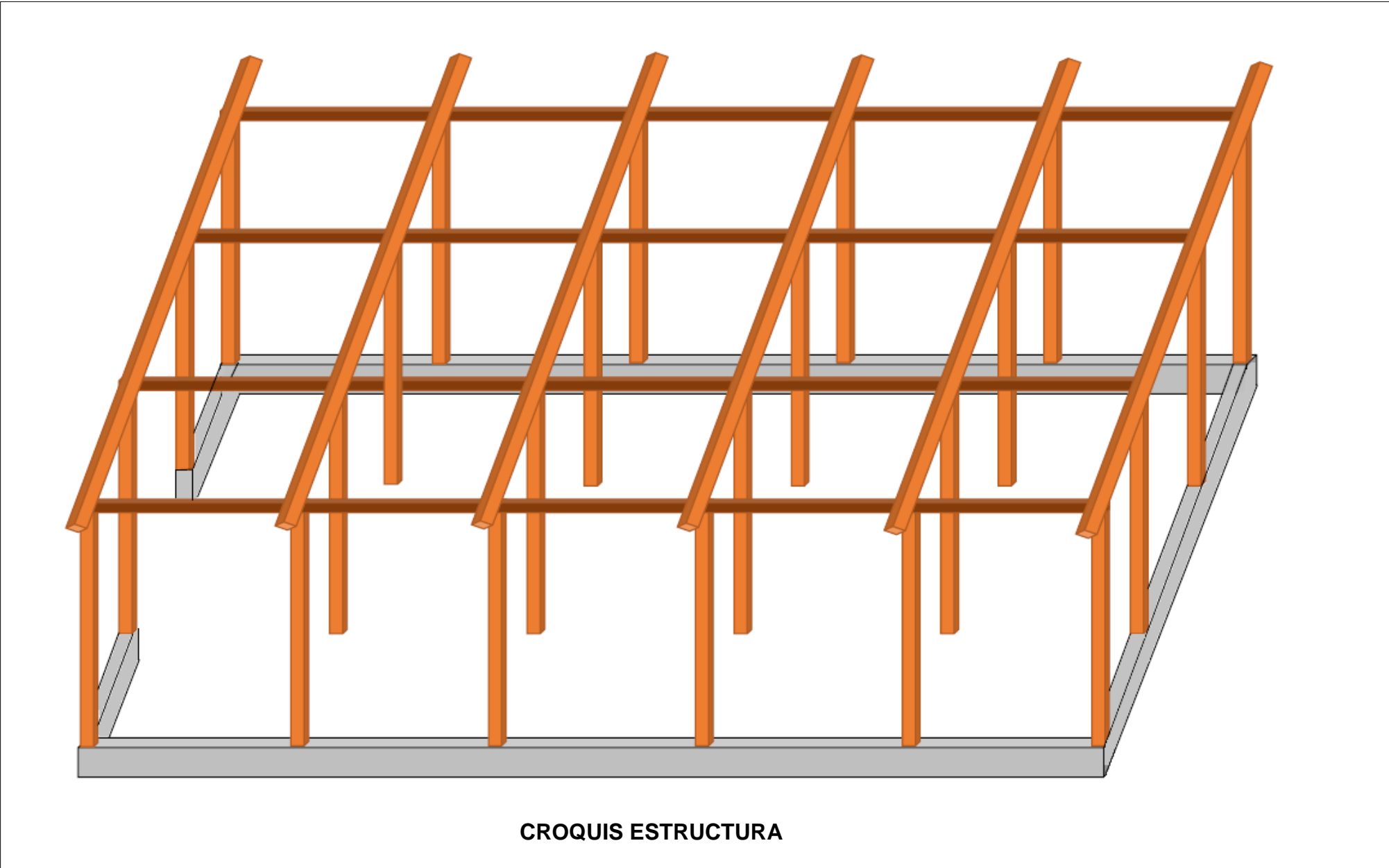
S/D = Sin Dato

SLUMP N° 23560 (PROHIBIDO PROPORCIONAR A TERCEROS)

TESIS

" EFECTO DE SUSTRATOS Y SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE EL CRECIMIENTO , RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO EN VARIEDADES DE TOMATE (Lycopersicam esculentum Mill.) BAJO COBERTOR , HUANCACHUPA - HUÁNUCO".

COD. REG. N° 03_F / 2018
HUÁNUCO, 09 DE MARZO DE 2018.



CROQUIS ESTRUCTURA

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 65. Se aprecia en esta imagen el proceso de remoción para la instalación del cobertor.



Figura 66. a) Llenado del cimiento y colocación de los postes. b) Vaciado del sobre cemento.



Figura 67. Estructura principal del cobertor.



Figura 68. Colocado de la malla rashell rodeando el perímetro del cobertor.



Figura 69. Techado del cobertor con el material de agrofilm, con listoncillo de madera.



Figura 70. Instalación de los tanques de agua.



Figura 71. Llaves de paso principales del sistema de riego.



Figura 72. Se aprecia la instalación de red de tuberías del sistema de riego.



Figura 73. Para desinfectar los sustratos se usó con hipoclorito de sodio al 4 % (10ml de lejía en 1lt de agua).



Figura 74. Lavado de sustrato.

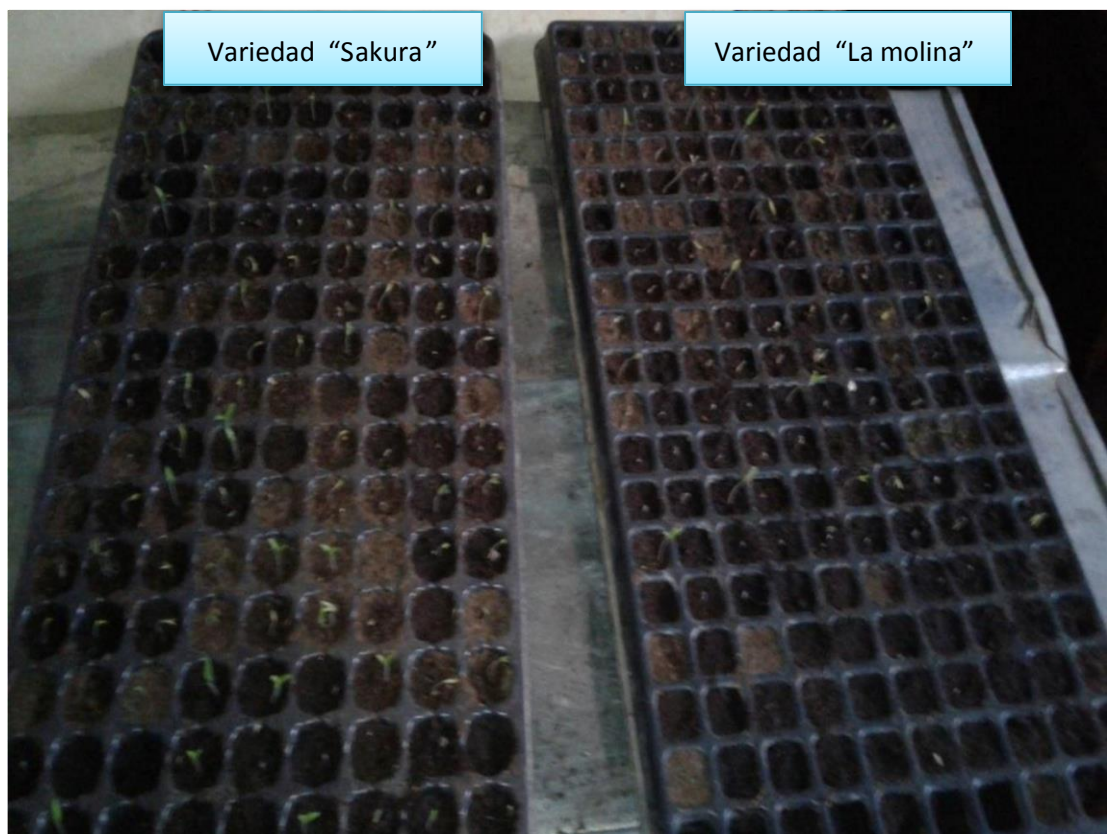


Figura 75. Se observa la emergencia de las dos variedades en cada bandeja individual.



Figura 76. Posteriormente se realizó el trasplante en vasitos de tecnopor, hasta que lleguen a medir aproximadamente 15cm de alto con 4 pares de hojas.



Figura 77. Pesando cada una de las sales para preparar la soluciones nutritivas.

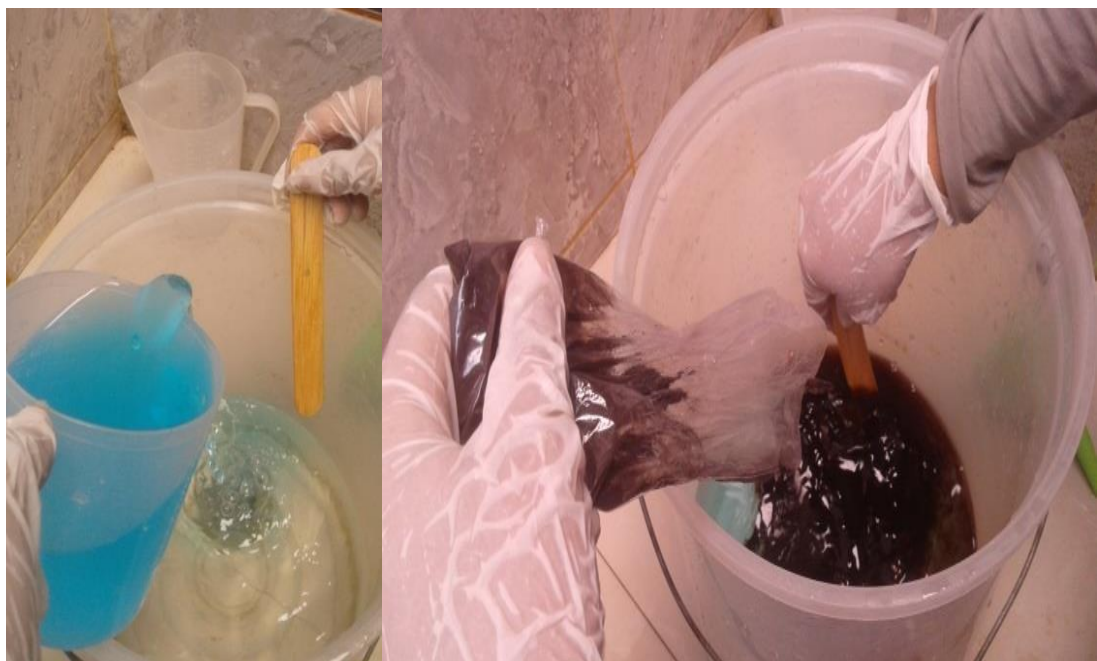


Figura 78. Preparación de la solución nutritiva.

Solución la molina



Solución alternativa



Figura 79. La solución la molina y la solución alternativa ya envasadas listas para usarse.



Figura 80. Se observa el trasplante de los tomatitos en las bolsas de polietileno



Figura 81. Midiendo el pH, CE, T° de la solución nutritiva.

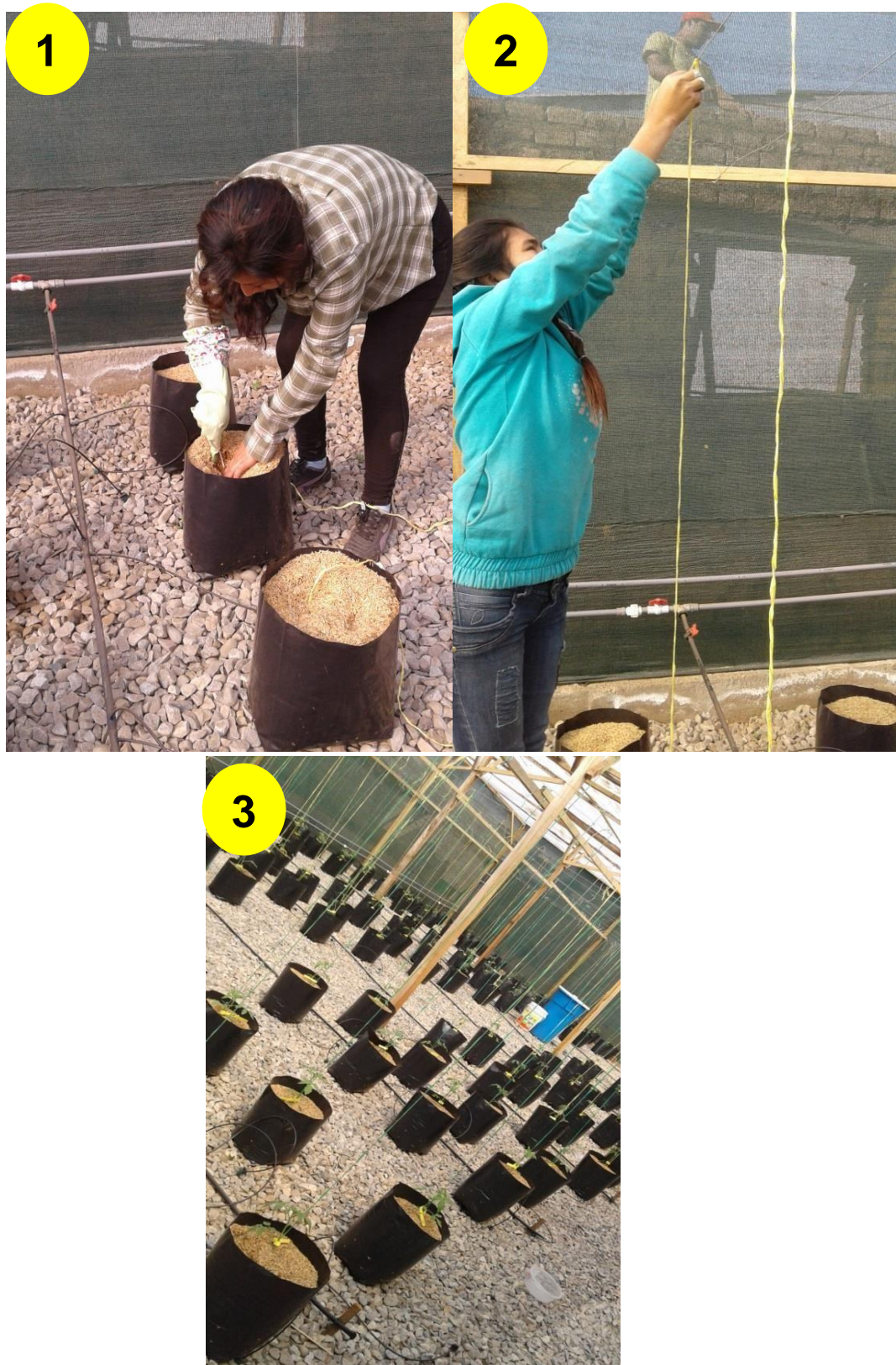


Figura 82. Se colocó hilos rafia para que sirvieran de tutores a las plantas sostenidos en los alambres galvanizados que estaban a una altura de 1.80 m.



Figura 83. Se observa la práctica de poda, cortando las ramas viejas y los brotes axilares, también se realizó podas de sanidad (a), después de cada corte se aplicó sulfato de cobre para evitar que ingrese un patógeno.

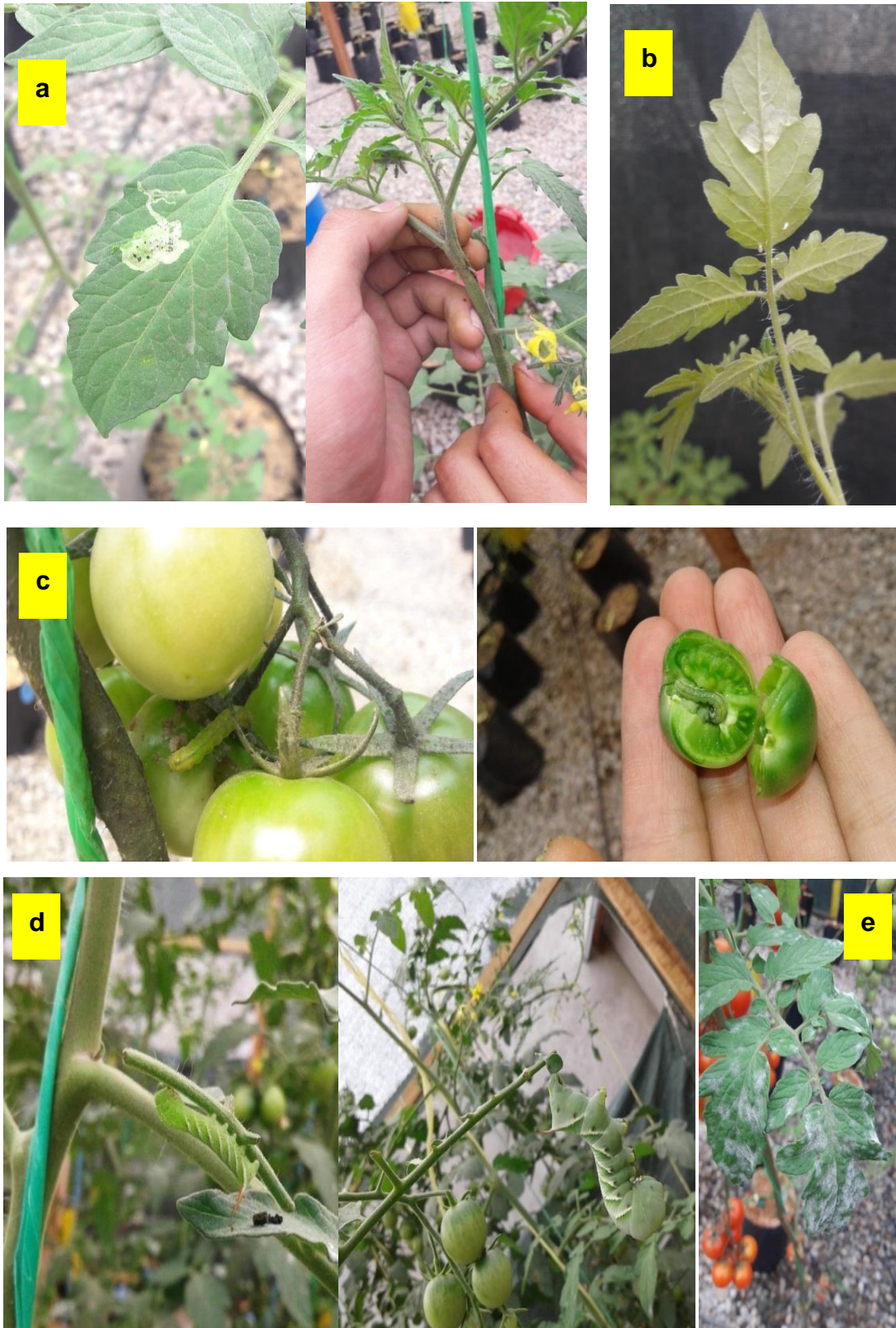


Figura 84. Plagas y enfermedades que se presentaron el cultivo de tomate. a) Polilla del tomate (*Tuta absoluta*) b) Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) c) Gusano del tomate (*Heliothis* sp.) d) Gusano cornudo (*Manduca* sp.) e) Oídium (*Oidium lycopersici*).



Figura 85. Control de malezas manual.



Figura 86. a) Evaluación del de altura de planta, se realizó con una wincha desde la base hasta el ápice de la planta. b) evaluación de diámetro de planta.



Figura 87. Evaluación de diámetro de la planta de tomate, se realizó con la ayuda de un vernier digital.



Figura 88. Evaluación de número de frutos por racimo y número de racimos por planta.



Figura 89. La cosecha se realizó de manera progresiva según la madurez de fruto.



Figura 90. Realización del análisis de color, utilizando el método de colorímetro (Lovi Bond Lc 100 el modelo CIEL*a*b).



Figura 91. La primera supervisión de nuestra tesis acompañadas del Ing Eugenio Pérez y nuestra asesora Milka Tello Villavicencio.



Figura 92. La segunda supervisión de nuestra tesis acompañada del Ing. Fleli Jara.



Figura 93. Familiares y amigos que participaron en nuestro trabajo de investigación.