

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo estuvo enfocado en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* P. Mill.) que es uno de los rubros con mayor dinamismo dentro de la horticultura mundial, por esta razón, la incorporación de nuevas tecnologías cobra cada día mayor importancia. Actualmente se visualiza bajo sistemas productivos diversos como, por ejemplo, bajo plástico de polietileno, bajo malla antiáfidos o malla media sombra. Sin embargo, para lograr el éxito del productor es imprescindible disponer de la información del mercado, de manera de ajustar la fecha de siembra según ventanas de oferta.

El tomate es una de las hortalizas más consumidas en la canasta familiar en Bolivia, además de ser una fuente importante de vitaminas y minerales; sin embargo, su producción aun no responde totalmente a la demanda nacional (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras [MDRyT], 2012).

En Bolivia, 500.881 UPA (Unidades Productivas Agropecuarias) emplean abono orgánico en sus cultivos. Las UPA de los departamentos La Paz, Potosí y Cochabamba son las que usan principalmente este tipo de abono, Tarija ocupa el sexto lugar con 41.539 UPA (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2013).

La disponibilidad promedio de tierras agrícolas y en total por productor es de 2,1 y 5,3 ha. Los suelos son profundos, de texturas medias, con disponibilidad de nutrientes entre moderada y baja en el Valle Central de Tarija (Proyecto de Zonificación Agroecológica y Establecimiento de una Base de Datos y Red de Sistema de Información Geográfica en Bolivia, [ZONISIG], 2001).

Según el MDRyT (2017), los suelos de la provincia Cercado presentan suelos de textura arcillosa y franco arcillosa, con contenidos de materia orgánica que van desde

0,130 % a 5,090 %, la mayor parte de estos se encuentran entre 2,4 %, que indica que el contenido de materia orgánica es moderado.

En suelos degradados como los suelos lacustres del Valle Central de Tarija, particularmente los suelos del entorno del Barrio Tarijeños en Progreso es recomendable aplicar abonos orgánicos. Los productores en Tarija cuentan con acceso a abonos, principalmente estiércol bovino, caprino y ovino. El estiércol de oveja tiene una gran demanda, es rico en materia vegetal y contiene un alto nivel de elementos fertilizantes.

El compost aumenta la materia orgánica y la biomasa microbiana.

El humus de lombriz está considerado como uno de los mejores abonos orgánicos, mejora la estructura del suelo y aporta microorganismos necesarios para una buena fertilidad.

Según el INE (2016) de acuerdo a proyecciones, la población del municipio de Tarija asciende a 240,000 habitantes, la mayor parte de la población del departamento, por tanto, el consumo de hortalizas es mayor y para satisfacer el mercado local se puede cultivar en áreas periurbanas, en estructuras para proteger los cultivos de la alta radiación solar, granizadas, aves, etc. y acortar la distancia de transporte a los centros de abasto.

Teniendo en cuenta los elementos antes expuestos, en beneficio primero, de las 800 familias del barrio Tarijeños en Progreso, luego de los productores de tomate, para contribuir a la fertilización orgánica del suelo y de esa manera elevar el rendimiento de tomate, que según el INE (2019) es 11,40 t/ha en Tarija, se desarrolló el presente trabajo con el objetivo de comparar el efecto de tres abonos orgánicos: estiércol de ovino, compost y el humus de lombriz para el cultivo de tomate bajo cubierta de malla media sombra.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Evaluar el rendimiento de la producción del cultivo de dos variedades de tomate: Rocío y El Coya, con la aplicación de tres abonos orgánicos: estiércol de ovino, compost y humus de lombriz, bajo cubierta de malla media sombra.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de tres abonos orgánicos (estiércol de ovino, compost y humus de lombriz) en el rendimiento agronómico del cultivo del tomate bajo malla media sombra.
- Determinar y contrastar los rendimientos de dos variedades de tomate, Rocío y El Coya, con la aplicación de tres abonos, estiércol de ovino, compost y humus de lombriz con una dosis de 46 t/ha de cada uno.
- Determinar el beneficio/costo (B/C) del cultivo del tomate híbrido de las variedades Rocío y El Coya, con la aplicación 46 t/ha de tres abonos orgánicos (estiércol de ovino, compost y humus de lombriz).

HIPÓTESIS

- **H₀**: No existen diferencias del rendimiento entre variedades y fertilización orgánica en el cultivo de tomate, bajo malla media sombra.
- **H₁**: Existen diferencias del rendimiento entre variedades y fertilización orgánica en el cultivo de tomate, bajo malla media sombra.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. Importancia del cultivo de tomate

El tomate es una de las principales hortalizas cultivadas en el mundo por su alto valor económico y su elevada demanda en gastronomía. Los principales países productores son: China, India, Turquía, Estados Unidos, cuya producción en conjunto representa más del 60 % del total global. En Bolivia se cultiva en diversas zonas, en el departamento de Tarija su cultivo y consumo está muy difundido.

Cuadro 1. Mayores productores de tomate a nivel mundial.

País	Producción (t)	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
China	62,764,671	1,082,453	34.70
India	19,007,000	781,000	10.50
Turquía	12,841,990	181,488	7.10
Estados Unidos	10,858,990	110,760	6.00

Fuente: Olmo A. 2020.

En ocho departamentos de Bolivia se cultiva tomate (a excepción de Oruro) siendo Santa Cruz y Cochabamba, los de mayor producción, con el 41 % y 35 % respectivamente, luego están Tarija (9 %), Chuquisaca (7 %), La Paz (6 %), entre los de mayor producción (INE, 2013).

El rendimiento en Bolivia durante la campaña 2018-2019 fue de 14,975 kg/ha, se cultivaron 4,996 ha. La superficie cultivada en el departamento de Tarija es de 510 ha/año. El rendimiento del cultivo convencional del tomate en Tarija es de 11,400 kg/ha, encontrándose por debajo del promedio nacional (INE, 2019).

La producción de tomate por municipio se clasifica dentro del cultivo de entre 5 – 50 ha. Los municipios productores son: Uriondo, Caraparí, Tarija, Tomayapo (El Puente), Entre Ríos (La Moreta), y Villamontes (MDRyT, 2012).

1.1. Origen del cultivo de tomate

El tomate, es una planta cuyo origen se localiza en Sudamérica en la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia y Perú), donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres (Valadez, 1998).

En el caso concreto del tomate, diversos estudios localizan su origen en la región andina (quizás en la planicie costera occidental) desde el Sur de Colombia hasta el Norte de Chile. Se cree que desde esta zona fue llevado a Centroamérica donde, hace unos 2500 años, se habría comenzado a consumir como alimento en México.

Con la llegada de los exploradores españoles, el tomate fue llevado a España a mediados del siglo XVI, consumiéndose como alimento en este país y en Italia. Se cree que pudo ser el tomate pequeño amarillo el primero en llegar a Europa ya que en textos italianos se describe como tal. En el resto de Europa se le dio principalmente un uso farmacéutico (era considerado tóxico si se comía) hasta comienzos del siglo XIX. De este continente pasó a Estados Unidos y Canadá (MundoHuerto.com, 2020).

Los españoles y los portugueses introdujeron el tomate en sus colonias del continente africano, y en Filipinas, por dónde pasó al resto de Asia.

En la actualidad se cultiva y consume en todo el mundo, siendo uno de los alimentos de origen vegetal más populares. En cuanto al nombre "tomate" o "jitomate", procede del náhuatl xictomatl, que significaría ombligo de agua gorda, ya que el fruto parece tener un ombligo y contiene mucha agua (MundoHuerto.com, 2020).

1.2. Clasificación taxonómica

El tomate se ha clasificado dentro de la familia de las solanáceas, aunque su ubicación genérica no ha sido así. En 1700, Tournefort establece siete géneros reconociendo *Lycopersicon* como distinto de *Solanum*. Linnaeus (1754) en contra de la práctica común de su época incluyó *Lycopersicon* dentro del género *Solanum*. Simultáneamente Miller clasificó al tomate en el género *Lycopersicon* denominándolo *Lycopersicum esculentum* P. Mill. (1754) diferenciándolo así del género *Solanum* (Palazón, 2015).

Taxonomía:

Reino: Vegetal

Phylum: Tracheophytae

División: Tracheophytae

Sub División: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub Clase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Metachlamydeae

Grupo de Ordenes: Tetraciclicos

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Nombre científico: *Lycopersicum esculentum* P. Mill.

Nombre común: Tomate

Fuente: Herbario Universitario U.A.J.M.S. (T.B.), 2019.

1.3. Características botánicas

1.3.1. Tallo

El tallo de tomate es herbáceo (tiende a lignificarse en plantas viejas), rastrero por naturaleza, si no se posee ningún sostén. Los tallos secundarios, las hojas y los frutos jóvenes están recubiertos por dos clases de pelos: pelos simples y pelos glandulares coronados por cuatro células que contienen aceite volátil (confiere su olor a la planta). Los órganos verdes (tallos, hojas y frutos inmaduros) contienen un alcaloide que posee un núcleo de esterol, la tomatina (Messiaen, 1979).

Su estructura, desde fuera hacia dentro consta de: epidermis, de la que parten hacia el exterior los pelos glandulares, corteza o cortex, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas son colenquimáticas, cilindro vascular y tejido medular (Infoagro, 2019).

1.3.2. Hojas

Son compuestas e imparipinnadas, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos. Al igual que el tallo están provistas de glándulas secretoras.

El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Rodríguez R. et al, 1997).

1.3.3. Flor

La flor de tomate es hermafrodita y se autofecunda. Está formada por un pedúnculo corto, el cáliz es gamosépalo, es decir con los sépalos soldados entre sí, y la corola gamopétala. El androceo tiene 5 o más estambres adheridos a la corola, con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de dos a treinta carpelos que al desarrollarse darán lugar a los lóculos o celdas del fruto. (Rodríguez R. et al, 1997).

La flor es de color amarillo, contiene un ovario que permite adivinar la futura forma del fruto, coronado por un estilete rodeado por los estambres. Estos se abren por unos orificios internos y fecundan automáticamente el estilete que normalmente no sobresale del cono estaminal. El tomate está considerado pues como autógeno (Messiaen, 1979).

1.3.4. Inflorescencia

Pueden ser de cuatro tipos: racimo simple, cima unípara, cima bípara y cima múltipara pudiendo llegar a tener hasta 50 flores por inflorescencia.

Normalmente, el tipo simple se encuentra en la parte baja de la planta, predominando el tipo compuesto en la parte superior. Se precisan de 56 a 76 días desde el nacimiento de la planta hasta que se inician los botones florales.

Cuando las inflorescencias se producen alternando con cada hoja o dos hojas de la planta es de crecimiento “determinado”; si la alternancia es más espaciada la planta se dice de crecimiento indeterminado (Rodríguez R. et al, 1997).

1.3.5. Fruto

Es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso entre pocos miligramos y 600 gramos. (Infoagro, 2019).

El tomate genera su fruto en forma de baya de color amarillo, rosado o rojo debido a la presencia de licopina y carotina, en distintas y variables proporciones. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera, y su superficie lisa o asurcada, siendo el tamaño muy variable según las variedades. En sección transversal se aprecian en el fruto la piel, la pulpa firme, el tejido placentario y la pulpa gelatinosa que envuelve a las semillas. El espesor de la piel aumenta en la primera fase de desarrollo del fruto, adelgazando y estirándose al acercarse la maduración; por ello en algunos frutos se producen grietas (Rodríguez R. et al, 1997).

1.3.6. Semillas

Son grisáceas, de forma oval, aplastada y de 3 a 5 mm de diámetro. La superficie está cubierta de vellosidades, pequeñas escamas y restos de tegumento externo que les reviste. En un gramo hay de 300 a 350 semillas. En ocasiones el fruto carece de semillas (apirenia), pudiendo producirse este fenómeno artificialmente rociando con distintos productos las flores antes de su polinización (Rodríguez R. et al, 1997).

1.3.7. Sistema radicular

Presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se producen raíces adventicias y ramificaciones que pueden llegar a formar una masa densa y de cierto volumen. Sin embargo, este sistema radicular, que es el que surge cuando la planta se origina en una semilla, puede ser modificado por las prácticas culturales, y así cuando la planta produce un trasplante, la raíz pivotante desaparece siendo mucho más importante el desarrollo horizontal.

El sistema radicular puede alcanzar hasta 1,50 m de profundidad, puede estimarse que un 75% del mismo se encuentra en los 45 cm superiores del terreno (Rodríguez R. et al, 1997).

1.4. Composición nutricional del tomate

Cuadro 2. Composición nutricional del fruto de tomate.

Cantidades por cada 100 g de sustancia comestible		
Componente	Tipo de tomate	
	Redondo	Perita
Agua	93.90 ml	93.56 ml
Energía	23 kcal	26 kcal
Grasas	0.30 g	0.36 g
Proteínas	1.01 g	0.90 g
Carbohidratos	4.18 g	4.68 g
Fibra	0.81 g	0.90 g
Ceniza	0.61 g	0.46 g
Calcio	15.00 mg	15.00 mg
Hierro	1.00 mg	1.10 mg
Fósforo	28.00 mg	26.00 mg
Tiamina (B1)	0.06 mg	0.06 mg
Riboflavina (B12)	0.07 mg	0.08 mg
Ácido Ascórbico (C)	20.00 mg	16.00 mg
Niacina	0.56 mg	0.55 mg
Vitamina A	86.00 µg	89.00 µg

Fuente: INLASA (Instituto Nacional de Laboratorios de Salud), 2005, citado por MDRyT, 2012.

1.5. Variedades

Las distintas variedades de tomate se pueden englobar en cuatro variedades botánicas: vulgare, cerasiforme, pyriforme, validum y grandiflorum, según el tipo de fruto y planta. También se pueden clasificar según el uso del fruto (fresco o industria), la forma del fruto, color, etc. las normas de calidad europeas distinguen cuatro tipos

comerciales: redondos lisos, asurcados, oblongos o alargados y cereza o cherry (Frutas-Hortalizas, 2019).

Un primer criterio de distinción es el de considerar si se trata de una variedad propiamente dicha o de un híbrido.

Por el crecimiento pueden considerarse: las variedades de crecimiento indeterminado, cuando el tallo crece regularmente y la planta emite un botón floral cada tres hojas. La producción de frutos es regular y puede escalonarse sobre un período, siendo en general elevada. Generalmente necesitan de un soporte (caña, palo, etc) para poder realizar fácilmente las labores y mantener los frutos por encima del suelo.

Las variedades de crecimiento determinado, cuando el tallo principal emite entre 2 y 6 botones florales, y se detiene con un botón floral en posición terminal (Rodríguez R. et al, 1997).

En Bolivia se cultiva las siguientes variedades: Río Fuego, Río Grande, Príncipe Gigante, Santa Clara, Urkupiña, Conquistador, Pionera, Floradade, Larga vida, Tropic, Gigante Kada, Santa Cruz, Col Ace, Colt 45, Rocío, Pamela y otras (MDRyT, 2012).

1.6. Requerimientos agroclimáticos del tomate

1.6.1. Clima

El tomate es una hortaliza de gran adaptación climática, Es insensible al fotoperiodo, pero muy sensible a las altas y bajas temperaturas. Los factores que más afectan a las diferentes fases del cultivo son: temperatura, luminosidad y humedad relativa.

1.6.1.1. La temperatura

Para el tomate, las temperaturas óptimas según el ciclo de cultivo son las siguientes:

Temperaturas nocturnas: 15 – 18 °C

Temperaturas diurnas: 24 – 25 °C

Temperatura ideal en la floración: 21 °C

Temperatura ideal para su desarrollo vegetativo: 22- 23 °C

Temperatura en que paraliza su desarrollo vegetativo: 12 °C

Temperatura por debajo de 7°C necesitará una ayuda artificial de calefacción.

La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20-30 °C durante el día y entre 1-17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30-35 °C afectan a la fructificación (mal desarrollo de óvulos) y al desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15 °C también originan problemas en el desarrollo de la planta.

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

No obstante, los valores de temperatura descritos son meramente indicativos, debiendo tener en cuenta las interacciones de la temperatura con el resto de los parámetros climáticos (Rodríguez R. et al, 1997).

1.6.1.2. Humedad relativa

La humedad relativa (HR) óptima se ubica entre 60 % y 80 %, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de HR produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuir la absorción de agua y los nutrientes, generar déficit de elementos como el calcio e inducir desórdenes fisiológicos. Una humedad relativa menor al 60 % dificulta la polinización (Infoagro Systems S.L.2016; citado por López, 2016).

1.6.1.3. Luminosidad

Tiene una gran influencia tanto en la fotosíntesis como sobre el fotoperiodismo, crecimientos de los tejidos, floración y maduración de los frutos. En el tomate la influencia de la duración del día es menor que en otros cultivos, debiéndose tener en cuenta solamente para la maduración (coloración) homogénea de los frutos. (Rodríguez R. et al, 1997).

La planta de tomate convierte la luz solar en energía, se necesita un mínimo de seis horas para producir fruta, pero ocho o más horas de sol producirán los mejores resultados en cuanto a la cantidad de tomates que se obtengan (Montero, 2019).

La necesidad de luz o fotoperíodo oscila entre las 8 y 16 horas luz al día. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de floración y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta.

Se recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente (INTA 2014, citado por López, 2016).

1.6.1.4. Radiación solar

La Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) es el tipo de radiación que favorece el proceso de fotosíntesis en las plantas. Este rango es el comprendido aproximadamente entre los 400 y los 700 nanómetros; radiaciones mayores a 700 nm no favorecen la fotosíntesis, pero si generan la acumulación de calor en el invernadero. La RFA representa entre el 45 – 50 % de la radiación solar total recibida, y es la de mayor calidad para el crecimiento y desarrollo de los cultivos (Intagri S. C., 2019).

Cuadro 3. Equivalencias entre las unidades de radiación global, RFA (radiofrecuencia) y las unidades de medición de la luz visible.

Radiación Global	RFA	RFA	Luz visible
W/m ²	μmol/ m ² *s	W/m ²	Lux
J/m ² *s	μE/ m ² *s	J* m ² *s	-
1	2	0.5	100

Fuente: Intagri S. C., 2019.

Cuadro 4. Radiación mínima requerida en el día, para no tener pérdidas en el rendimiento tres cultivos.

Cultivo	Dentro del invernadero	Fuera del invernadero
	MJ/m ² /día	
Tomate	10	14
Pepino	12	17
Pimiento	9	13

Fuente: Intagri S. C., 2019.

1.7. Suelo

Los tomates se pueden sembrar o plantar en un amplio rango de texturas de suelos, desde los suelos ligeros o arenosos a los suelos pesados o arcillosos. Suelos arenosos son preferidos si se desea una cosecha temprana. Es deseable un pH con un rango de 6.0-6.5. A mayor o menor nivel de pH en el suelo la disponibilidad de nutrientes puede afectar su absorción por la planta (Haifa, 2019).

La mayoría de la masa radicular del tomate se concentra en la zona de cultivo, o sea los superiores 60 cm y 70 % del volumen total de raíces se encuentra en los primeros 20 cm de suelo (Yara, 2020).

El pH ideal es el más próximo a la neutralidad (7), debiéndose realizar enmiendas calizas o ácidas si está debajo o por encima de la misma. La planta de tomate crece mejor entre un pH de 6.2 y 6.5 (Lauren, 2012).

La máxima salinidad del suelo que tolera el cultivo del tomate es de 2,5 dS/m, con una reducción de cerca del 10 % en la producción por cada unidad de incremento de la salinidad por encima de ese límite. (Maas y Hoffman, 1977, citado por Torres, 2017).

1.7.1. Materia orgánica

Existen discrepancias sobre la utilidad de la aplicación de estiércol en cultivos intensivos, selectos, motivados fundamentalmente porque:

- El estiércol produce un mayor engrosamiento del fruto, lo que habrá que tener en cuenta según el tipo de variedad que se cultive.
- Cuando existe un exceso de materia orgánica:
 - a) Habrá un mayor crecimiento vegetativo, lo que bajo invernadero puede tener peores consecuencias que al aire libre.
 - b) Habrá una mayor distancia entre racimos, que normalmente trae una menor producción.
 - c) Habrá menor calidad de fruta.

Como mejorante de las características físicas, químicas y nutricionales del suelo es donde mayor importancia adquiere la aplicación del estiércol.

Por lo dicho anteriormente, es razonable argumentar que el exceso de materia orgánica en los suelos para este cultivo puede perjudicar más que beneficiar.

El porcentaje de materia orgánica que se cree suficiente para el cultivo de tomate es de 1,5 a 2 %. Si el análisis previo a la preparación del terreno indicara unos índices inferiores a éstos, aplicar 2-3 kg/m² en la zona cultivada (Rodríguez R. et al, 1997).

1.7.2. Macronutrientes para cultivo de tomate

La necesidad de fertilizantes del cultivo va a depender de la disponibilidad de nutrientes del suelo de acuerdo al pH, el contenido de materia orgánica, la humedad, la variedad, la producción y la calidad esperada del cultivo.

En el siguiente cuadro se indica el requerimiento para tomate de crecimiento determinado:

Cuadro 5. Requerimiento de nutrientes (kg/ha) para el cultivo de tomate.

Fuente	Condiciones de cultivo	Producción esperada (t/ha)	Nitrógeno N	Fósforo P	Potasio K
Seminis	Campo Abierto Crecimiento determinado	110	200	150	350
Fuente	Condiciones de cultivo	Producción esperada (t/ha)	Nitrógeno N	Fósforo (P₂O₅)	Potasio (K₂O)
Haifa Chemicals Ltda.	Campo abierto	80	241	62	416

Fuente: MDRyT, 2017.

Para producir una tonelada de frutos, la planta de tomate necesita absorber en promedio, 2,5 3 kg de nitrógeno, 0,200 a 0,300 kg de fósforo, 3 a 5 kg de potasio, 4,2 kg de calcio y 0,800 kg de magnesio (Gaspar, s.f.).

El uso excesivo de nitrógeno puede producir un cultivo demasiado vigoroso, con mala floración y frutos excesivamente grandes. Aproximadamente de 2,2 a 2,4 kg de nitrógeno (N) se remueve con cada tonelada de tomates producidos. La absorción de potasio (K) es entre 2,6 a 3,6 kg/t de fruto. La mayoría del fosforo se requiere en fases tempranas, el cultivo necesita entre 0,2 a 0,4 kg/t de fruto (Yara, 2020).

1.8. Riego

La planta de tomate es relativamente resistente a la sequía. Sin embargo, un manejo apropiado es esencial para asegurar altos rendimientos y calidad de las cosechas.

Los requerimientos de agua de tomates en campo abierto en etapa de producción varían de 4,000 – 6,000 m³/ha. Mientras en invernaderos la necesidad es por arriba de los 10,000 m³/ha de agua. El 70 % o más del sistema de raíces están por arriba de los 20 cm del suelo. Por lo tanto, es recomendable el sistema de riego por goteo con un dispositivo para fertirriego.

En suelos ligeros o cuando se usan aguas salinas es necesario incrementar la cantidad de agua de un 20 % - 30 %. Los requerimientos de agua pueden diferir entre las etapas fenológicas.

El tomate es tolerante a aguas salobres con rangos de conductividad de 2-3 dS/m. A mayor conductividad eléctrica del agua, el rendimiento potencial se reduce. El agua ácida (bajo pH) usada en el riego no es recomendable, ya que puede contener elementos tóxicos del suelo (por ejemplo, Al₃⁺) (Haifa, 2014).

La frecuencia de riego en caso de inundación varía entre 7 y 15 días de acuerdo con las condiciones del ambiente. Cuando se riega por goteo, no es necesario “asurcar” el terreno, y la frecuencia de riego es de 1 a 3 días, con dosis de 1 a 3 litros por planta y día (Rodríguez R. et al. 1997).

1.9. Control de plagas y enfermedades

Control mecánico. Los métodos mecánicos de control deberán ser considerados. Esto incluye la eliminación de las fuentes de inóculo para interrumpir la reproducción de las enfermedades. El laboreo mecánico para el control de malezas es a menudo una fuente importante de inóculo para muchas enfermedades (Allende et al, 2017).

Control químico. Los controles químicos deben usarse sólo cuando sea necesario y, con frecuencia, sólo en momentos específicos del ciclo de una determinada

enfermedad. Debe privilegiarse el uso de agroquímicos específicos y/o biológicos de bajo impacto al medioambiente, por sobre los de amplio espectro de acción. Estos últimos deben utilizarse en las dosis mínimas recomendadas por el fabricante, respetando las precauciones que se indican en la etiqueta en cuanto a los períodos de carencia, al efecto residual del producto, la disposición de los envases y la protección de las personas que aplican los agroquímicos (Allende et al, 2017).

1.10. Plagas y enfermedades

1.10.1. Insectos plaga

Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*)

Colonizan las partes jóvenes de las plantas, realizando las puestas en el envés de las hojas. Los mayores daños son causados por las ninfas, las cuales introducen su estilete en los tejidos foliares, succionan la savia debilitando a la planta.

Los adultos son pequeñas moscas blancas (1 mm de longitud) con hábitos chupadores. Usualmente permanecen en la parte inferior o envés de las hojas superiores, donde colocan sus huevos y se alimentan de savia (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2013).

Trips de las flores (*Franklinella occidentalis*)

El adulto es un insecto pequeño de forma alargada, mide 1,0 a 1,7 mm de longitud, poseen aparato bucal chupador, de color amarillento a marrón. Las alas son de apariencia de plumas de aves.

Tanto ninfas como adultos ocasionan daño al cultivo, ocasionan dos tipos de daños (directos e indirectos). Los directos corresponden a pequeñas manchas irregulares en el haz y envés de las hojas de coloración blanquecina a plateadas con puntuaciones negras en su interior. Esto se debe a su hábito alimenticio raspador-chupador,

raspando y vaciando el contenido celular. La saliva -tóxica segregada durante la alimentación, da lugar a deformaciones en las hojas, flores y frutos. Los daños indirectos son los más graves, consisten en la posibilidad de transmitir enfermedades virósicas como la peste negra o vira cabeza (TSWV) (FAO, 2013).

Polilla del tomate (*Tuta absoluta*)

Este lepidóptero tiene una gran capacidad reproductiva produciendo entre 40 a 50 huevos durante su ciclo vital sin presentar parada invernal. El daño que se produce en la planta se origina cuando las larvas penetran en las hojas, tallos o frutos para alimentarse originando galerías que necrosan con el tiempo. (Agromática.es, 2019).

Araña roja (*Tetranychus urticae*)

Se desarrolla en el envés de las hojas causando decoloraciones, punteaduras, manchas amarillentas, que pueden producir desecación o incluso defoliación. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga (Agromática.es, 2019).

Pulgón (*Aphis gossypil* y *Myzus persicae*)

Ocasiona daño al succionar el jugo de las hojas y tallos. Forma colonias y se dispersan, principalmente en primavera y otoño (El Huerto Urbano, 2019)

1.10.2. Enfermedades

Tizón temprano (*Alternaria dauci*)

Es una enfermedad importante del follaje, tallos y frutos del tomate, pudiendo aparecer desde plantín hasta la madurez del fruto. En ataques severos puede provocar

importantes pérdidas y causar defoliación. La sintomatología se manifiesta en el follaje a través de manchas irregulares circulares de color pardo oscuro, generalmente rodeadas por un halo amarillento y en el interior de la mancha se observan anillos concéntricos. Las hojas viejas son las primeras en ser atacadas. Cuando el número de lesiones progresa toda la hoja amarillea y cae (FAO, 2013).

Los frutos pueden manifestar manchas necróticas oscuras, cóncavas, deprimidas en la zona peduncular y también en las grietas de crecimiento y en otras heridas. Sobre las manchas el hongo fructifica abundantemente con una coloración negra. Los frutos pueden infectarse en estado inmaduro como también en el maduro (FAO, 2013).

Viruela (*Septoria lycopersici*)

Sobre las hojas se manifiestan pequeñas manchas necróticas circulares de color castaño con centro blanco grisáceo con bordes amarillentos. En el centro de las manchas se destacan numerosos picnidios oscuros (puntos muy pequeños negros). Cuando el ataque en las hojas es severo, se secan y caen exponiendo los frutos al escaldado. El rango de temperatura óptimo para desarrollo es de 20 a 26 °C, humedad sobre las hojas o elevada humedad relativa por periodos perlongados (24 horas o más) (FAO, 2013).

Fusariosis (*Fusarium oxysporum*)

La sintomatología se manifiesta inicialmente a través de la caída de los pecíolos de hojas superiores. Las hojas inferiores amarillean avanzando hacia el ápice y mueren. También puede ocurrir que se produzca un amarilleo que comience en las hojas más bajas y que termine por secar la planta; además provoca podredumbre de raíces. Si se realiza un corte transversal al tallo se observa un oscurecimiento de los vasos. Las plantas presentan síntomas similares a los producidos por *Verticilium* spp. (FAO, 2013).

Peca bacteriana (*Pseudomonas syringae*)

La sintomatología se manifiesta en las hojas a través de manchas acuosas, angulosas bien definidas de color verde a castaño oscuro, rodeadas de un halo amarillento notorio. Las manchas en el limbo pueden observarse solitarias o confluentes en estados más avanzados, siendo más afectados los bordes y los ápices de los folíolos. Las hojas atacadas amarillean y posteriormente caen dejando desprotegidos a los frutos, lo cual favorece al escaldado. En los frutos se observan pequeñas manchas circulares puntiformes de color castaño oscuro, elevadas con bordes delimitados con la existencia o no de un halo verde oscuro (FAO, 2013).

Oidio (*Leveillula taurica*)

El ataque comienza en los folíolos de la hoja. Los síntomas iniciales consisten en manchas blancas y pulverulentas en el haz que se van tornando de color amarillo y detrás de las cuales puede verse un polvo blanquecino en el envés (Syngenta, 2020).

Virosis del tomate

Transmitidos principalmente por pulgones, mosca blanca y trips, las virosis son un problema que en algunas zonas es frecuente. En cualquier caso, el método de actuación es la eliminación de las plantas afectadas.

Entre las virosis más frecuentes están:

CMV (Cucumber Mosaic Virus – Virus del Mosaico del Pepino)

TSWV (Tomato Spotted Wilt Virus – Virus del Bronceado del Tomate)

TYLCV (Tomato Yellow Leaf Curl Virus – Virus del Rizado Amarillo del Tomate)

ToMV (Tomato Mosaic Virus – Virus del Mosaico del Tomate)

PVY (Potato Virus Y – Virus Y de la Patata)

TBSV (Tomato Bushy Stunt Virus – Virus del Enanismo Ramificado del Tomate).

(El Huerto Urbano, 2019)

Peste negra

Es la enfermedad de origen viral más importante en los últimos años en el cultivo de tomate a campo y en invernadero. La sintomatología se manifiesta a través del detenimiento del crecimiento de las plantas afectadas. Además, los brotes terminales se enroscan en forma de cartuchos y toman un aspecto violáceo o bronceado pudiendo morir. A veces las plantas son afectadas unilateralmente. En los folíolos y frutos se producen manchas necróticas de aspecto anillado que circundan círculos de tejidos sanos. La distribución de la enfermedad en el invernadero es al azar. La virosis es transmitida de planta a planta por tripsidos vectores, dentro de los cuales se destaca el “trípido de las flores” *Frankliniella occidentalis* por su gran eficiencia de transmisión (FAO, 2013).

1.11. Manejo del cultivo

1.11.1. Siembra

La semilla debe sembrarse a una profundidad de entre 5 y 10 mm y cubrirse con el mismo sustrato en que fue sembrada para asegurar que se mantenga húmeda. La germinación de la semilla es un paso crítico durante el proceso de producción de plántula. La semilla de tomate requiere de buena aireación para germinar, por lo que es necesario evitar la saturación del sustrato con agua. El tiempo necesario para la germinación varía según la variedad y el lote de semillas, pero en general la germinación y emergencia de las plantas se produce entre los 3 y 6 días después de la siembra (Escobar H. et Lee R., 2009).

1.11.2. Preparación del suelo

Se comienza por realizar una labor profunda de arado y a continuación uno o varios pases de cultivador. Este será el momento de incorporar el abonado de fondo,

seguidamente se procede a “armar” o “asurcar” la tierra, que consiste en el trazado de los surcos, que van a conducir el agua de riego en caso de riego por inundación, para a continuación hacer los camellones. El “asurcado” se realiza corrientemente con tractor y el “encaballonado” a mano por medio de la azada (Rodríguez R. et al, 1997).

1.11.3. Toma de muestra para el análisis del suelo

Es importante el análisis de suelo para realizar el encalado y fertilización apropiada. Se deben realizar la toma de muestra de suelo según especificaciones técnicas y remitir al laboratorio del suelo para obtener los resultados del mismo (FAO, 2013).

1.11.4. Aplicación de la materia orgánica o abono

Se realizan el segundo laboreo del suelo, 15 días antes del trasplante, se realizan surcos de 30 cm de ancho por 30 cm de profundidad y se incorpora el abono orgánico o compost según análisis del suelo y luego se cubre el surco (FAO, 2013).

1.11.5. Densidad de plantación

Aunque las densidades más utilizadas están comprendidas entre 22.000 y 25.000 plantas/ha, no se ha podido determinar con exactitud cuál es la densidad óptima, variando ésta según la zona de cultivo, vigor de la planta, etc.

Algunos de los marcos de plantación más empleados son los siguientes:

- a) Tajos de 1,2 m. de ancho con pasillos de 0,5 m. Entre líneas 0,75-0,8 m. y 0,5 m entre plantas.
- b) Tajos de 0,95 m de ancho con pasillos de 0,6 m. Entre líneas 0,75 m y entre plantas 0,5 m.
- c) Tajos de 1 m de ancho con pasillos de 0,5 m. Entre líneas 0,7 m. y entre plantas 0,5 m.

No obstante, debemos adaptarnos al sistema de estructura del invernadero, sistema de riego utilizado, así como a la colocación del entutorado. (Rodríguez R. et al, 1997).

1.11.6. Trasplante

Una semana antes del trasplante, se recomienda someter a la plántula a un proceso de endurecimiento de tejidos; esto se logra al reducir el riego con el fin de que la planta sufra una pérdida de humedad y entonces endurezca sus tejidos para que sean más resistentes a las condiciones que tendrá en el campo.

Si la plántula tiene por lo menos tres hojas y se muestra sana y vigorosa, con un buen sistema radicular y una altura de 15 centímetros está lista para el trasplante.

Hay dos tipos de trasplantes, el de raíz lavada, sin tierra alrededor, y de cepellón, que es cuando las raíces están cubiertas por una capa terrosa; el primero se puede aplicar para las plántulas de tomate, chile, cebolla y brócoli debido a que pueden recuperarse de la pérdida parcial de raíces durante el proceso de trasplante.

El trasplante se tiene que realizar en las primeras horas de la mañana o en las últimas de la tarde, para aprovechar los momentos más frescos del día. El suelo tiene que estar mullido y húmedo para que la raíz de la plántula se desarrolle con mayor facilidad y rapidez. Además, dos o tres horas antes del trasplante, se debe regar el semillero para facilitar la extracción de la plántula sin dañar las raíces y que lleguen al campo con humedad suficiente (Mundo Huerto.com 2020).

1.11.7. Colocación de tutores

Al tercer día del trasplante se procede a la colocación de los tutores, que son atados a los plantines. La colocación temprana evita que los plantines se debiliten por el movimiento causado por los vientos y se evita lesionar a las raíces en forma considerable si esto se realiza más tarde, perjudicando el crecimiento de las plantas.

La altura de los tutores es muy importante y deben medir como mínimo 2,20 m para las variedades de crecimiento indeterminado y 1,50 m para las variedades de crecimiento determinado.

Se debe utilizar cintas de plástico con tratamiento UV (ultravioleta) a fin de no lastimar a las plantas, el uso de hilo de algodón o tipo ferretería no es recomendado porque causa lesiones a la planta.

Colocar un tutor o varilla de tacuara al lado de cada planta y sujetar con alambre, que va tensado por los postes de ambos extremos de la hilera (FAO, 2013).

1.11.8. Poda

Se realizan las podas para darle una forma adecuada a la planta, promover la aireación, y mejorar el color de los frutos. Es importante considerar si nuestros tomates son de variedad determinada o indeterminada.

A continuación, se detalla los tipos de poda aplicables a un cultivo de tomate:

Deschuponado: Consiste en eliminar los brotes o tallos axilares, ya que roban energía y nutrientes a la planta y no producirán frutos de calidad. Se recomienda realizar esta actividad varias veces por semana durante los primeros 30 días en cultivos protegidos (invernaderos). Para producciones a campo abierto esta operación es menos crítica.

Poda de hojas: Su propósito principal es eliminar las hojas bajas para fomentar la buena circulación de aire y que los frutos desarrollen mejor color. También es importante eliminar hojas con signos de enfermedades para que no inoculen a las hojas sanas.

Poda de formación: Fundamental en producción en invernadero. Se realiza dentro de las primeras tres semanas posteriores al trasplante, eliminando hojas bajas y tallos adicionales para dejar uno o dos principales; para la poda a dos o más, el eje principal no se poda. Se deja crecer un brote que sale por debajo del primer racimo el cual se guía, se desbrota y se maneja de la misma forma que un eje simple y que el eje principal.

Poda de flores y frutos: Su objetivo es balancear el crecimiento vegetativo y formación de frutos. Si el mercado exige frutos grandes y uniformes es crucial ejecutar esta tarea. También se deben eliminar racimos con frutos enfermos o con daños fisiológicos, como pudrición apical por falta de calcio (Mundo Huerto.com, 2020).

1.11.9. Cosecha

Se debe tener en cuenta los siguientes aspectos en el momento de la cosecha:

- Maduración del fruto.
- Distancia del mercado.
- Calidad de las frutas.
- Tipo de embalaje.
- Temperatura de maduración.

La maduración apropiada para la cosecha varía en función de la distancia del mercado y la temperatura, teniendo en cuenta el consumo en fresco se cosecha las frutas cuando alcanzan el 80 % de coloración (maduración plena).

La frecuencia de la cosecha varía según la época, variedad y el método del cultivo, pero normalmente se realizan cada 3 o 4 días en verano y 1 vez por semana en invierno (FAO, 2013).

1.11.10. Labores culturales

1.11.10.1. Aporque

Es una práctica de campo que se realiza después de la poda de formación, para favorecer el desarrollo de un mayor número de raíces. Consiste en cubrir la parte inferior de la planta con suelo, sustrato o abono orgánico. Se debe tener cuidado de no dañar los tallos ni las raíces, ya que las heridas sirven de entrada a los patógenos.

En plantas injertadas no se realiza porque puede contaminar la planta en el sitio de la unión del injerto (López, 2016).

1.11.10.2. Control de malezas

Una vez que el cultivo está establecido, se realizan las deshierbas con azadón, moto guadaña o machete, comunes en áreas pequeñas. En la época lluviosa las deshierbas son más frecuentes porque las malezas crecen más rápidamente que en la época seca. Los herbicidas tienen un rango limitado de control, por lo que es muy importante la identificación de las malezas presentes y de ser necesario, se deberá aplicar dos herbicidas en mezcla con diferente espectro de control de malezas (Intagri S. C. 2017).

1.12. Abonos orgánicos

El abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada (FAO, 2013).

Es muy recomendable incorporar abonos orgánicos al momento de preparar el suelo por las ventajas que lleva consigo, la materia orgánica constituye un almacén de nutrientes en nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes, facilita el aprovechamiento de las plantas. Así mismo aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y aumenta la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta. Las ventajas que se obtienen son:

1. Proporciona energía para los microorganismos, lo cual incrementa la actividad biológica en el suelo.
2. Favorece una estructura de suelo, aumentando su resistencia a la erosión.
3. Aumenta la capacidad de retención de agua especialmente en los suelos arenosos.

4. Libera nutrientes poco a poco, acción de largo plazo.
5. Aumenta el efecto germinativo en semillas.
6. En plantas mayor fructificación de cantidad y tamaño (Gomero, 1999).

1.12.2. El estiércol

El estiércol es el excremento de los animales (dyecciones sólidas y líquidas), que resulta del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen, donde solo una pequeña parte es asimilado y aprovechado por su organismo, el resto (80 %) contiene elementos nutritivos que son eliminados después de la digestión, por esta razón el estiércol tiene la capacidad de enriquecer los suelos, con esos elementos (Guerrero, 1993).

1.12.2.1. Clases de estiércol

Se distinguen dos clases de estiércol: el estiércol frío (vacuno) y el estiércol caliente (equino, ovino y aves de corral). Los estiércoles fríos tienen una acción lenta pero duradera, su utilización es recomendada para suelos ligeros (arenosos); mientras que los estiércoles calientes se aplican a los suelos pesados (arcillosos), ya que calientan el suelo favoreciendo de esta forma el crecimiento de la planta gracias a una mineralización más rápida. (Baeyens, 1970, citado por Villarroel, 1990).

1.12.2.2. Estiércol de ovino

Sus cualidades nutritivas varían en función del tipo de ganado del que provenga, el estiércol de oveja es considerado uno de los mejores para los procesos de fertilización. Se debe tener en consideración que el estiércol no se aplica en el cultivo, por el contrario, se añade a las tierras antes del proceso de plantación.

Para generar buenas cosechas los suelos requieren de una serie de condiciones como retención de agua, aireación necesaria y también necesita de los nutrientes y de los

microorganismos contenidos en el estiércol de oveja. Si el estiércol es muy fresco conviene que se someta a un proceso de fermentación que dure al menos tres meses para que se degrade un poco y después esté apto para mezclar con el suelo. Este estiércol aportará al sustrato o suelo: nitrógeno, potasio, fósforo y oligoelementos. (Sarmiento, 2017).

1.12.2.3. Composición del estiércol

Al estar compuestos por residuos animales, contienen las sustancias que las plantas necesitan para su normal desarrollo. En el siguiente cuadro se muestra la composición de materias orgánicas de origen animal y compuestos minerales.

Cuadro 6. Porcentaje de N, P₂O₅, K₂O y MgO en los diferentes tipos de estiércol.

Materia	N %	P₂O₅ %	K₂O %	MgO %
Estiércol de vaca	0,40	0,20	0,10	0,06
Estiércol de caballo	0,50	0,30	0,30	0,10
Estiércol de cerdo	0,60	0,40	0,30	
Estiércol de oveja	0,60	0,40	0,30	0,20
Estiércol de cabra	0,27	0,17	0,29	
Estiércol de gallina	0,14	1,40	2,10	0,25

Fuente: (Gomero, 1999).

1.12.3. Compost

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

La materia orgánica compuesta por azúcares complejos (lignina, celulosa, hemicelulosa, almidón, presentes en los residuos vegetales especialmente) y proteínas (presentes en los residuos animales especialmente), es atacada por microorganismos, quienes la descomponen para formar más microorganismos. En esta transformación, se genera también biomasa, calor, agua, y materia orgánica más descompuesta.

El compost permite el reciclaje de residuos orgánicos, reduciendo la contaminación y el costo de fertilizantes como insumo para la producción agrícola (FAO, 2013).

1.12.4. Humus de lombriz

El humus de lombriz es el producto resultante de la transformación digestiva y metabólica de materiales orgánicos (como estiércol, rastrojos, bagazo, etc.) mediante la crianza sistemática de algunas especies de lombriz, principalmente la lombriz roja californiana (*Esenia foetida*) (Coccon, 2015).

El humus de lombriz es un producto que se obtiene del vermicompostaje. Las lombrices realizan un trabajo de compostaje mediante el cual restos orgánicos como restos de poda, estiércoles y demás desechos de la agricultura pasan por el tracto digestivo quedando un producto compostado y libre de semillas activas y hongos, lo que le convierte en un abono de una calidad extraordinaria transformado naturalmente (Nostoc, 2020).

Es el producto resultante de la descomposición de materia orgánica por parte de las lombrices. Es un fertilizante natural, orgánico, de pH neutro, carece de olor, es fresco y suave al tacto. Son partículas pequeñas, aproximadamente elípticas, cargadas con bacterias benéficas, hongos, protozoos y nematodos capaces de reiniciar la red alimenticia del suelo y todas sus funciones.

Para el humus sólido en cultivos extensivos basta con 0,5 kg/m². En huertas, la dosificación es mayor, de al menos 2 kg/m².

El humus líquido se aplica de 20 a 30 l/ha, aunque depende mucho del cultivo a tratar con 2 a 4 aplicaciones a lo largo de la temporada (Nostoc, 2020).

Cuadro 7. Comparación de los valores nutritivos entre compost convencional y humus de lombriz (C, N y P en %; El resto en mg/100 g).

Parámetro	Compost convencional	Humus de lombriz
Carbono total (C)	9.34 %	13.5 %
Nitrógeno total (N)	1.05 %	1.33%
Fósforo disponible (P)	0.32 %	0.47 %
Hierro (Fe)	587.87	746.2
Zinc (Zn)	12.7	16.19
Manganeso (Mn)	35.25	53.86
Cobre (Cu)	4.42	5.16
Magnesio (Mg)	689.32	832.48

Fuente: Factor humus, 2020.

1.13. Características de la malla media sombra

1.13.1. Efecto de la malla sombra en parámetros productivos

El uso de malla sombra sobre el cultivo tiene efecto en el metabolismo fotosintético de las plantas que es el proceso fisiológico más importante: de él dependen la productividad primaria y el rendimiento de los cultivos (el-sharkawy et al., 1993), de ahí que las clorofilas son esenciales para el desarrollo de la planta, ya que son responsables para la captura de la energía solar incidente necesaria para la fotosíntesis, pues esta energía se transfiere a los productos fotosintetizados (Ferri et al., 2004) y por ello influyen directamente sobre el crecimiento y la calidad de los productos postcosecha. Otro aspecto importante a considerar es su influencia en la calidad de los frutos, ya que en tomate por ejemplo, se ha observado que la radiación

afecta la calidad de fruto, tales como: textura, firmeza, apariencia (Dorai et al., 2001) y los compuestos oxidantes y antioxidantes (Alba et al., 2000, citado por Giromi 2017).

En ensayos realizados en el INTA (Instituto Nacional de Tecnología) Alto valle con tomates de crecimiento indeterminado y determinado, si bien el empleo de media sombra no influyó en los rendimientos totales del cultivo, tuvo un efecto positivo al aumentar significativamente el rendimiento comercial y disminuir el descarte. Por otro lado, del análisis del descarte, se desprendió claramente que el empleo de la protección permitió un producto de mayor calidad. En INTA EEA (Estación Experimental Agropecuaria) Alto Valle se han realizado ensayos que permitieron evaluar el efecto del empleo de media sombra plástica de 70 % de cobertura sobre la productividad de cultivares redondos de crecimiento determinado e indeterminado.

El empleo de mallas media sombra sobre los cultivos de tomate permite disminuir las pérdidas de calidad de los frutos de tomate, lo cual se traduce en un aumento de los rendimientos comerciales (Iglesias, 2011).

Se obtuvieron diferentes respuestas de rendimiento y calidad de tomate. Con la radiación solar transmitida por la malla perla con 30% de sombra, se cosecharon los mayores rendimientos, total y con calidad para exportación. Los menores niveles de radiación solar transmitidos por las mallas negra y aluminada con 50% sombra causaron los rendimientos totales y exportables más bajos (Ayala, 2015).

La combinación de mallas media sombra negras y blancas resulta más práctica al horticultor, de tal forma a utilizar la cobertura todo el año. Es decir, que no será necesario sacar alguna de ellas en invierno o verano, ya que implica la utilización de mucha mano de obra en el proyecto (Ramírez, 2015).

1.13.2. Mallas plásticas

La utilización de mallas plásticas para sombrear o como pantallas termorreflectoras es una técnica de control de la temperatura cada vez más extendida en la horticultura protegida, con la cual se busca disminuir la intensidad de la radiación, para evitar altas de temperatura durante los períodos cálidos (Valera et al., 2001).

Las mallas de sombreo se fabrican con diferentes cantidades de tejido para regular la cantidad de luz que reciben las plantas y así adaptar las condiciones de luz naturales a las que cada cultivo necesite. Por ello nos permiten regular las condiciones micro climáticas del cultivo.

Se fabrican a base de polietileno tejido de alta densidad y en diferentes colores lo que les permite absorber la luz solar o reflejarla.

Hay que tener en cuenta que como cualquier elemento colocado sobre la plantación tiene las siguientes ventajas:

- Reducción de la temperatura y con ello la cantidad necesaria de agua de las plantas.
- Frena el impacto del granizo
- Regula el paso de agua de la lluvia
- Permite la circulación del agua
- Reduce las oscilaciones térmicas ya que protege las plantas
- Reduce la presencia de insectos (Giromi, 2017).

1.13.3. Tipos de mallas de sombreo

Las mallas se clasifican en función del porcentaje de luz que filtran y el color, así pues, una malla del 40 % permite pasar el 60 % de la luz solar mientras que una del 80 % permite tan sólo el 20 %. También podemos clasificarlas según su color.

1.13.4. Porcentaje de sombreo

Mallas de sombreo del 40 %

Apta cuando queremos conservar la mayor cantidad posible de luz, pero disminuir la incidencia directa de los rayos solares que pueden dañar notablemente a la planta. (Macoglass, 2019).

Mallas de sombreo del 60 %

Apta tanto para reducir la radiación solar e interferir en las condiciones microclimáticas, en función del color elegido. Su resistencia además la hace óptima para otros usos como cubierta de trailers, contenedores y obras para evitar la proyección de materiales (Macoglass, 2019).

Mallas de sombrero del 70 %

Por su composición bloquea buena parte de los rayos solares y es apta para plantaciones exteriores en lugares muy soleados. Es la malla más empleada en el cultivo de plantas ornamentales (Macoglass, 2019).

Mallas de sombreo del 80 %

Esta malla anula prácticamente la mayor parte de la filtración solar con lo que reduce la temperatura y aumenta la humedad. Se usa en agricultura en las zonas donde las horas de sol son muchas y durante un periodo prolongado de tiempo (Macoglass, 2019).

1.13.5. Coloración de las mallas de sombreo

Mallas de sombreo negra

La malla de sombreo negra da más sombra, pero su color hace que aumente la temperatura debajo de la misma, por lo cual debemos considerar este factor y no emplearla en zonas donde la temperatura sea muy elevada. Quizá por eso, y porque

son más baratas, las mallas negras son de las más utilizadas para sombrear plantas y evitar excesos de temperatura durante los períodos con alta radiación solar ($> 300 \text{ W/m}^2$) y como consecuencia más cálidos (Valera et al., 2001).

Malla de sombreo blanca

El color blanco reduce notablemente la temperatura debajo de la misma, por lo que nos permite controlar el calor en las zonas de mayor incidencia de los rayos del sol (Macoglass, 2019).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2. Ubicación del área de estudio

Este estudio se realizó en el barrio Tarijeños en Progreso en la zona de Pampa Galana, ciudad de Tarija de la provincia Cercado. La zona se encuentra en dirección NE, a 6.6 km del centro de la ciudad. La ubicación geográfica corresponde a las coordenadas UTM: $x = 323600$; $y = 7619839$. Altitud: 1922 m.s.n.m. (Binary Earth, 2019).



Provincia Cercado.



Ciudad de Tarija.

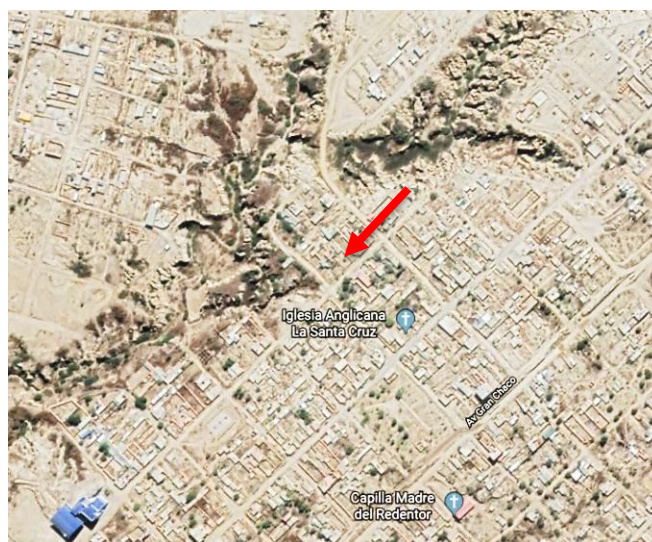


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

2.1. Características Ecológicas

2.1.1. Clima

El clima en el Valle Central de Tarija varía de templado semiárido a templado árido, con microclimas de tipo templado semihúmedo, cuyas precipitaciones varían de 330 mm a 1.100 mm y una temperatura media de 18 °C (ZONISIG, 2001).

2.1.1.1. Resumen climatológico

Cuadro 8. Resumen climatológico.

RESUMEN CLIMATOLÓGICO. (Período Considerado: 1962 – 2018)		
ESTACIÓN: AEROPUERTO		PROVINCIA: CERCADO – TARIJA
Índice	Unidad	Promedio anual
Temp. Max. Media	°C	26,1
Temp. Min. Media	°C	9,7
Temp. Media	°C	17,9
Días con Helada	Día	22
Humedad Relativa	%	60
Nubosidad Media	Octas	4
Insolación Media	Hrs	6,7
Precipitación	Mm	599,5
Días con Lluvia	Día	68
Velocidad del viento	km/hr	6,0
Dirección del viento		SE

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2019.

El Valle Central muestra un clima templado semiárido con temperatura media mensual, entre 15 y 23 °C, la precipitación media anual varía entre 500 y 700 mm y

un período libre de heladas de 6 a 7 meses; datos que configuran condiciones agroclimáticas favorables para la agricultura y horticultura intensiva. Sin embargo, sequías, irregularidad en las precipitaciones, granizadas, heladas tardías, en los valles son importantes limitaciones naturales que afectan a esta región (Plan Territorial de Desarrollo Integral de Tarija [PTDI], 2016).

2.1.2. Fisiografía

El Valle Central, corresponde a la provincia fisiográfica de la Cordillera Oriental, es una región de serranías y colinas que rodean los valles de los ríos Guadalquivir, Tolomosa, Santa Ana y Camacho. El valle se encuentra a una altura entre 1.750 y 2.100 msnm. (PTDI, 2016).

2.1.3. Suelo

Los suelos son profundos a muy profundos en los valles, llanuras y piedemontes. Característica importante es la erosión moderada a severa, en especial en la llanura fluvio-lacustre del Valle Central de Tarija. Este corresponde a los paisajes de llanuras aluviales y valles coluviales. Generalmente manifiestan un grado de disección ligera y pendientes menores a 5 %.

Se encuentran suelos con iluviación de arcilla, con textura franco arcillosa y con muy pocas piedras en el perfil (ZONISIG, 2001).

2.1.4. Vegetación

La vegetación natural en el Valle Central ha sido mayormente removida mientras la vegetación en las serranías y laderas que rodean al valle, a alturas superiores a 2.100 msnm, consiste en matorrales andinos xerofíticos en diferentes etapas de degradación y pastizales naturales en las partes más altas (PTDI, 2016).

Los siguientes cuadros mencionan las especies de flora que se encuentran en la zona de estudio.

Cuadro 9. Estrato arbóreo.

Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
Churqui negro	<i>Acacia caven</i> (Mol.) Hook.& Arn.	Leguminosas
Molle	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiáceas
Algarrobo blanco	<i>Prosopis alba</i> Griseb.	Leguminosas
Guaranguay	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. (<i>Bignonia stans</i> L.)	Bignonaceas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 10. Estrato arbustivo.

Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
Taquillo con espinas	<i>Prosopis alpataco</i> Phillippi	Leguminosas
Chilca	<i>Baccharis boliviensis</i> (Wedd.) Cabrera	Asteráceas
Atamisqui	<i>Atamisquea emarginata</i>	Caparidáceas
Uturuncu	<i>Opuntia tunicata</i> (Lehm).	Cactáceas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11. Estrato herbáceo.

Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
Pasto flechilla	<i>Stipa sp.</i>	Gramíneas
	<i>Aristida sp.</i>	Gramíneas
Planta rodadora	<i>Salsola Kali</i> L. 1753	Amaranthaceas

Fuente: Elaboración propia

2.1.5. Uso actual del suelo

El municipio de Cercado tiene una superficie de 2.638 km², la superficie territorial municipal es predominantemente empinada, un 57 % es extremadamente escarpada (> a 60 % de pendiente), 18 % fuertemente escarpado (30 a 60 % de pendiente) y un 5 % moderadamente escarpado (15 a 30 % de pendiente), es decir que un 80 % de su superficie territorial no es apta para la producción agropecuaria y tampoco para ser habitada de forma extensiva. Existen en estas áreas pequeños valles aluviales que albergan poblaciones y parcelas productivas reducidas, que, por las condiciones de difícil acceso, tanto para el transporte como para la dotación de servicios el nivel de productividad es de supervivencia. De manera que el municipio cuenta con aproximadamente un 20 % de terreno apto para producir alimentos que garanticen abastecimiento alimentario a la población de la ciudad y sus centros poblados aledaños que representan el 42,5 % del total de la población departamental.

En el caso de la ciudad de Tarija, la protección de la frontera agrícola debe constituirse en un factor determinante al momento de tomar decisiones de crecimiento y expansión urbanas (PTDI, 2016).

Generalmente en el área de estudio se presentó el cultivo de especies frutales:

Cuadro 12. Frutales.

Nombre común	Nombre científico	Familia botánica
Duraznero	<i>Prunus persica</i> (L) Batsch	Rosáceas
Higuera	<i>Ficus carica</i> L.	Moráceas
Granado	<i>Punica granatum</i> L.	Punicáceas
Naranja	<i>Citrus sinensis</i> L.	Rutáceas
Níspero	<i>Mespilus germánica</i>	Rosáceas
Vid	<i>Vitis</i> sp.	Vitáceas

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Características socioeconómicas

2.2.1. Población

El municipio de Tarija según el censo 2012 albergaba a 205.375 habitantes que representa 42,5 % del total de la población del departamento.

El polígono urbano presentado en el Plan Municipal de Ordenamiento Territorial del año 2009 tenía 8.033 hectáreas. Sin embargo, solo el 50 % de esta superficie era área urbana consolidada, las áreas periféricas se expandieron con densidades muy bajas, por lo que es recomendable para la ciudad de Tarija una política decisiva de atracción poblacional hacia la periferia interior del polígono que continúa al presente sin lograr consolidar niveles aceptables de saturación, es preciso evitar mayor dispersión y expansión urbana innecesarios. (PTDI, 2016).

Según proyecciones a 2019, el departamento de Tarija cuenta con aproximadamente 573.330 habitantes, de los cuales 50.50% son hombres y 49.50% mujeres.

La tasa de asistencia escolar según la Encuesta de Hogares de 2017 registró 92.60%. Por área de residencia, el 67.80% de la población está en el área urbana y el 32.20% en el área rural. (INE, 2019).

2.3. Materiales

Material vegetal

- Semillas de tomate: variedad Rocío F1
- Semillas de tomate: variedad El Coya F1

Abonos orgánicos

- Estiércol de ovino
- Compost
- Humus de lombriz

Materiales de campo

Herramientas

- Pico
- Pala
- Barreta
- Estacas
- Postes
- Alambre
- Letreros de identificación
- Flexómetro
- Wincha.
- Cuaderno de campo

Material sintético

- Pintura de alquitrán
- Pintura al aceite

Material de gabinete

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Balanza
- Calibrador

Materiales para la construcción de la cubierta

- Postes de concreto
- Postes de madera
- Alambre de amarre
- Alambre galvanizado
- Malla metálica
- Tenaza
- Escuadra
- Sierras
- Plástico de cubierta: malla media sombra con 60 % de sombreo.

2.4. Metodología

2.4.1. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar con arreglo factorial 2 x 4 (2 variedades x 4 niveles de fertilización), con 8 tratamientos y 3 repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales.

Cuadro 13. Diseño experimental.

Factores	Niveles	Tratamientos	N° de réplicas	N° de unidades experimentales
VARIEDAD	2	8	3	24
ABONO	4			

Cuadro 14. Tratamientos.

Variedad	Abono	Tratamientos
V1 = Rocío V2 = El Coya	A0 = Fertilizante 20-20-20 A1 = estiércol de ovino A2 = compost A3 = humus de lombriz	V1A0, V1A1, V1A2, V1A3, V2A0, V2A1, V2A2, V2A3.

2.4.1.1. Descripción de los tratamientos

T1 = V1A0 = (variedad Rocío / 0,40 t/ha de 20-20-20)

T2 = V1A1 = (variedad Rocío / 46 t/ha de estiércol de ovino)

T3 = V1A2 = (variedad Rocío / 46 t/ha de compost)

T4 = V1A3 = (variedad Rocío / 46 t/ha de humus de lombriz)

T5 = V2A0 = (variedad El Coya / 0,40 t/ha de 20-20-20)

T6 = V2A1 = (variedad El Coya / 46 t/ha de estiércol de ovino)

T7 = V2A2 = (variedad El Coya / 46 t/ha de compost)

T8 = V2A3 = (variedad El Coya / 46 t/ha de humus de lombriz)

2.4.2. Características del campo experimental

Número total de tratamientos: 8

Número de repeticiones: 3

Área de estudio:

Longitud: 12 m. Ancho: 11 m

Área total del estudio: 132.00 m²

Área neta del estudio: 115.00 m²

Bloques

Número de bloques: 3

Largo de bloque: 10.40 m

Ancho de bloque: 2.85 m

Parcelas

Número de parcelas por bloque: 8

Largo de las parcelas: 2.80 m

Ancho de la parcela: 1.10 m

Distancia entre parcelas: 0.50 m

Número de plantas por parcela: 8 plantas

Distancia entre plantas: 0.50 m

Distancia entre líneas: 0.70 m

2.4.2.1. Croquis del Diseño Experimental

Bloque 1		Bloque 2		Bloque 3	
V2A1	V1A0	V2A2	V1A3	V1A2	V2A3
V1A3	V2A2	V1A1	V2A1	V2A0	V1A0
V2A0	V1A1	V2A3	V1A2	V1A3	V2A2
V1A2	V2A3	V1A0	V2A1	V2A0	V1A1

2.5. Desarrollo del estudio

2.5.1. Preparación del terreno o sitio experimental

El trazado del área donde se instaló los postes para sostener la malla media sombra se realizó el 15 de octubre de 2019, también se delimitó el área de las parcelas.

Se realizó la remoción del suelo, durante el 15 de octubre de 2019, mediante el uso de herramientas manuales como ser picota y pala, posteriormente desterronado, mullido

y emparejado, obteniendo como resultado el suelo preparado, a una profundidad de 0,40 m. Se formaron camellones arrimando el suelo, los mismos tuvieron una anchura de 1,10 m de ancho y una altura de 0,20 m.

2.5.2. Características del suelo

Se realizó la identificación y levantamiento de las principales características del suelo del área del estudio, en fecha 27 de octubre de 2019.

Localización: Zona Pampa Galana, barrio Tarijeños en Progreso.



Figura 2: Descripción del perfil del suelo.

2.5.3. Toma de muestra para el análisis de suelo

Se tomó la muestra de suelo seco, el 3 de septiembre de 2019, de manera sistemática, en forma de cuadrícula tomando como referencia solo cuatro puntos a una profundidad de 0 – 25 cm; ya que el suelo del área de estudio presenta características homogéneas. Luego de la extracción se procedió a mezclar las cuatro submuestras, se realizó el cuarteo y se llevó una muestra 1 kg para realizar el análisis en el laboratorio de suelos perteneciente al SEDAG (Servicio Departamental Agropecuario). La muestra fue enviada al laboratorio para el análisis y determinación de la C.E. (conductividad eléctrica), pH, M.O. (materia orgánica), N, P y K, en la parte física la textura y la densidad aparente.

2.5.3.1. Interpretación de los resultados del análisis de suelo

Para realizar la interpretación de los resultados de la materia orgánica, potasio, fósforo, conductividad eléctrica y pH, se ha confrontado los mencionados datos del análisis de suelo con los valores de referencia pertenecientes al CETABOL (Centro Tecnológico Agropecuario de Bolivia), como se muestra en los cuadros 16 y 17.

Para clasificar e interpretar la textura del suelo se tomó como base el triángulo de texturas.

La densidad aparente (Da) se interpretó de acuerdo al cuadro siguiente:

Cuadro 15. Clasificación de la densidad aparente en los suelos.

Unidad de (Da) g/cm ³	Clasificación
< 1,0	Muy bajo
1,0 – 1,2	Bajo
1,2 – 1,45	Medio
1,45 – 1,60	Alto
>1,60	Muy alto

Fuente: Cairo, 1995, citado por Castillo, 2005.

Cuadro 16. Valores referenciales de las condiciones de pH y conductividad eléctrica del suelo.

Valores referenciales	pH	Valores referenciales	µmho/cm
Muy ácido	< 5.5	No salino	< 330
Ácido	5.5 – 6.5	Débilmente salino	330 – 570
Neutro	6.6 – 7.3	Moderadamente salino	571 – 1060
Alcalino	7.4 – 8.4	Fuertemente salino	1061 – 2040
Muy alcalino	>8.4	Muy fuertemente salino	> 2040

Fuente: Metodologías de análisis, Fundación CETABOL, 2008.

Cuadro 17. Valores referenciales de la materia orgánica y de los macronutrientes del suelo.

Valores Referenciales	g/kg		mg/kg		
	M.O.	N total	N disp..	P Olsen	Azufre
Muy bajo	< 12	< 0.6	< 16	< 5	< 4
Bajo	12 – 24	0.6 – 1.2	16 – 32	5 – 10	4 – 8
Moderado	25 – 42	1.3 – 2.1	33 – 56	11 – 17	9 – 14
Alto	43 – 60	2.2 – 3.0	57 – 80	18 – 25	15 - 20
Muy alto	> 60	> 3.0	> 80	> 25	> 20
Valores referenciales		cmolc/kg			
		Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio
Muy bajo		< 0.20	< 2.39	< 0.40	< 0.2
Bajo		0.20–0.39	2.39 – 4.79	0.40–0.80	0.20–0.40
Moderado		0.40–0.70	4.80 – 8.38	0.81 – 1.40	0.41 – 0.7
Alto		0.71 – 1.0	8.39 – 11.98	1.41 – 2.0	0.71 – 1.0
Muy alto		> 1.0	>11.98	> 2.0	> 1.0

Fuente: Metodologías de análisis, Fundación CETABOL, 2008.

2.5.3.2. Determinación de la oferta de nutrientes

Se realizó basándose en el análisis químico del suelo en laboratorio el cual indica el nivel de materia orgánica, los nutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). El resultado ofrece las bases para conocer el contenido u oferta de estos nutrientes. Para ello se aplicó cálculos y conversiones para convertir los datos a kg/ha.

2.6. Características de las variedades a cultivar

Variedad Rocío: Tomate híbrido de crecimiento determinado, fruto en forma de pera. Resistente a V F₁F₂, T Sw, Ty.

Planta de vigor mediano a alto, entrenudos cortos y muy precoces, alto potencial de rendimiento, fruto de calibre grande, de 280 a 300gr, excelente color y firmeza destacada, de tipo larga vida, y con resistencia al virus del mosaico del tabaco, a Fusarium (*Fusarium oxysporum*) razas 1 y 2, a verticillum (*Verticillium dahliae*) y nemátodos (Jaramillo et al., 2007). Sin embargo, la variedad Rocío se cultiva bajo condiciones protegidas mediante el empleo de cubiertas plásticas, la demanda de insumos agrícolas para su cultivo es alta y los rendimientos (25 t ha⁻¹) están por debajo del promedio mundial (36 t ha⁻¹) (FAS-USDA, 2003, citado por Casierra F., 2010).

Tomate El Coya F1 Determinado: Tomate tipo saladette de ciclo medio. Planta vigorosa, fruto de buen calibre y color, ideal para siembras tempranas, temporada calor-frío, madurez relativa 85 días, peso promedio fruto 180-200 gr. Resistente a TMV, TYLC (Arg-Agro, 2019).

2.7. Instalación de la malla media sombra

La instalación de la malla media sombra se realizó el 25 de octubre de 2019, con dimensiones de 12 m de largo por 11 m de ancho y 3.65 m de alto a la cumbrera,

cubierto con malla comercial común bicolor, blanco y verde, que cuenta con un sombreo del 60 %.

La malla de sombreo (60 % de porcentaje de sombra) está especialmente diseñada para proporcionar un área de sombreo uniforme que controle la calidad de luz que reciben los cultivos y otras zonas de aplicación. Se recomienda el uso de esta malla para la cobertura (sombra) y laterales (ocultación) en invernaderos aparte de las siguientes ventajas:

- Control de la luz (se puede utilizar tipo cortina horizontal).
- Control de temperatura dentro del invernadero.
- Evitar daños causado por la radiación solar sin modificar la parte visible o útil para la fotosíntesis.
- Economiza el consumo de agua (PLAYTE, 2018).

2.8. Oferta de nutrientes de los abonos

La riqueza en elementos nutritivos varía dependiendo del producto orgánico. La mayor parte del nitrógeno se encuentra en forma orgánica, la cual necesita de un proceso de mineralización para que pueda ser asimilable por los cultivos. Es un proceso relativamente lento y depende de varios factores como el el tipo de fertilizante orgánico, el tipo de suelo, la temperatura, humedad, etc.

Los productos orgánicos aportan también cantidades de fósforo y potasio que van a variar dependiendo de su procedencia. En el caso del fosforo, a corto plazo (primer año tras la aplicación) la eficiencia es menor que la resultante con los fertilizantes fosforados minerales, pero a largo plazo el aprovechamiento es similar. El potasio se encuentra practicamente todo en forma inorgánica, por lo que su disponibilidad es similar a los fertilizantes potásicos minerales (Cajamar, 2013).

Para conocer la oferta de nutrientes de los tres abonos orgánicos empleados se ha considerado los estudios realizados por diferente autores, como se muestra en los cuadros 18 al 22.

Cuadro 18. Contenido de materia orgánica y de N-P-K del estiércol de ovino.

Estiércol de ovino	M.O. (%)	N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	Ca (kg/t)	pH
	45.60	17.70	2.20	16.50	100,9	8.51

Fuente: Tortosa G., 2013.

Cuadro 19. Análisis químico del estiércol de ovino.

Clase de material	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %	MgO %
Estiércol de ovino	1,82	0,28	1,06	2,3	0,48

Fuente: ECOSUR SRL. 2016, citado por MDRyT, 2017.

Con referencia al segundo abono orgánico el compost incorporado al suelo no ofrece los nutrientes en su totalidad, solo una pequeña cantidad es asimilable por el cultivo.

Cuadro 20. Contenido de N, P₂O₅ y K₂O de compost.

Kg de nutrientes/tonelada					
A disposición del primer cultivo			Total		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
0.80	1.00	1.50	5.50	2.00	3.00

Fuente: Simpson K., 1991.

Por su parte, en el cuadro 21 se muestra las características químicas de dos tipos de compost.

Cuadro 21. Características químicas de compost utilizando diferentes insumos.

Tipos de compost	%N	% P ₂ O ₅	% K ₂ O
Follaje de leguminosas	1 – 2, 1 - 5	0,8	1,6
Mezcla de rastrojos de leguminosas, hojas de árboles, malezas.	1,04	1,50	1,30

Fuente: Guerrero J., 1983 citado por MDRyT, 2017.

En cuanto al tercer abono orgánico empleado en esta investigación, el humus de lombriz, en el siguiente cuadro se resume el contenido de los macronutrientes, además del Ca y del pH.

Cuadro 22. Análisis químico de humus de lombriz.

N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	pH
0.97	0.199	1.03	4,86	8,2

Fuente: Rodríguez N., 2008.

El humus de lombriz como abono orgánico tiene un uso agrícola, en parques, jardines es ideal para todo tipo de plantas. La cantidad de nutrientes que aporta es la siguiente: N= 1 %, P= 2%, K= 1,75 % (El Vallunito, 2019).

2.9. Dosis de los abonos

El cultivo de tomate es bastante exigente en suelos fértiles con alto contenido de materia orgánica, la aplicación de fertilizantes preferentemente debe realizarse con un análisis de suelos; sin embargo, en suelos cultivados se recomienda aplicaciones de estiércol en el orden de 20 -30 e incluso 100 t/ha (Espinoza y Andrade, 1998, citado por Blanco P., 2019).

Una recomendación general es la incorporación de 10 a 15 t/ha de abono, un mes antes en cultivos a campo y entre 3 y 4 kilos por m² en invernadero. Existen diferentes métodos de abonado, en todos los casos es indispensable someter al guano a un proceso de compostado antes de ser incorporado al suelo (MDRyT, 2017).

Las dosis tradicionales a las que se emplea el estiércol oscilan desde las 25 a las 40 Tn / Ha. (Simpson K.. 1991).

Para el estiércol ovino, La dosis a suministrar es de 3 a 5 kg por m² (Sarmiento, 2017).

Para el compost las dosis varían de 1 a 5 Tn/Ha, de acuerdo con el contenido de nitrógeno y materia orgánica según el análisis de suelo. (FAO, 2007).

Existen diversos criterios en cuanto a la dosificación para el humus de lombriz, la dosis de empleo es: para el abonado de fondo 8 -10 kg/m², en hortalizas (tomate) 1 kg/m² (Lombricultura Pachamama S. A., 2003).

En cultivos extensivos basta con 0,5 kg/m². En huertas, la dosificación es mayor, de al menos 2 kg/m² (Nostoc, 2020).

Cuadro 23. Contenido de nutrientes de humus de lombriz de aporte según diferentes dosis de aplicación.

Dosis de aplicación (t/ha)	Aporte de nutrientes kg/ha			Rendimiento t/ha (tomate)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
4	58.80	66.90	43.90	23.37
8	117.60	133.80	87.80	24.61
12	176.40	200.70	131.70	22.69
16	235.20	267.70	175.60	18.57

Fuente: Arteaga, O. et al, 1995, citado por Rostran J. et al, 2003.

Cuando se compara en la tabla los rendimientos, es notorio que al aumentar las dosis de humus de lombriz, aumenta los rendimientos, sin embargo después de 8 Tn/Ha el rendimiento decrece. (Arteaga, O. et al, 1995, citado por Rostran J. et al, 2003).

Para realizar la incorporación de los abonos se tomó el dato de 3 a 5 kg/m² (30 – 50 t/ha) de estiércol ovino, es así que se definió la dosis de 4,6 kg/m² (46 t/ha) de estiércol. Para realizar la comparación entre los tres abonos, estiércol de ovino, compost y humus de lombriz se aplicó la misma cantidad de cada uno por cada tratamiento, para conocer la diferencia de los rendimientos que se obtienen. Además,

se aplicó fertilizante 20-20-20 (0,40 t/ha) para evaluar el rendimiento y la relación beneficio/costo si se cultiva tomate de forma convencional.

La incorporación de los abonos se realizó en dos momentos, la primera cantidad de 4 kg/m² (40 t/ha) en la preparación del suelo, en fecha 3 de noviembre de 2019, y la segunda aplicación de 0,6 kg/m² (6 t/ha) se realizó durante el aporque, en fecha 5 de enero de 2020. En el tratamiento con fertilizante se aplicó 0,040 kg/m² (0,40 t/ha) de fertilizante 20-20-20. Se fertilizó con 0,020 kg/m² (0,20 t/ha) durante el laboreo, y 0,020 kg/m² (0,20 t/ha) en el aporque.

La profundidad hasta la cual se realizó la incorporación al suelo fue de 0,25 m. a todas las parcelas por igual de los 8 tratamientos.

2.10. Labores del cultivo

2.10.1. Almacigo

La siembra se realizó el 20 de octubre de 2019, utilizando bandejas de polietileno negro de 8 x 22 celdas (176 celdas), se colocó una semilla por celda y se procedió a cubrir cada semilla con sustrato a una profundidad de 5 mm, se regó cada día y se cubrió con nylon negro durante 5 días. La emergencia de las plantas tuvo lugar 8 días después de la siembra.

2.10.2. Trasplante

Se realizó la fecha 23 de noviembre de 2019, cuando las plantas alcanzaron la altura de 14 cm. Se regó el almacigo y la parcela previa a trasplantar, luego extrayendo las plantas con cepellón de cada celda conservando las raíces cubiertas, se llevó al sitio marcado en la parcela y se colocó en el hoyo correspondiente cubriendo y compactando un poco. Luego se procedió al riego de todas las plantas para conservar la humedad de las raíces.

2.10.3. Marco de plantación

El trasplante se efectuó sobre canteros de 1,10 m de ancho por 2,35 m de largo, a doble hilera con un marco de plantación de 50 cm entre plantas 40 cm entre líneas con pasillos de 50 cm.



Figura 3: Trasplante de plántulas de tomate.



Figura 4: Plantas establecidas.

2.11. Labores culturales

2.11.1. Aporque

Se realizó el aporque a los 40 días y 75 días después del trasplante, cuando el suelo presentó buen estado de humedad, esto con el objeto de oxigenar el suelo y facilitar la infiltración del agua para riego.

En el primer aporque se aplicó la cantidad de $0,6 \text{ kg/m}^2$ (6 t/ha) de cada abono.

Los deshierbes, se realizaron de manera frecuente cada dos semanas, arrancando de raíz las malezas.



Figura 5: Aporque de las plantas.

2.11.2. Poda

Se realizó la poda de formación dejando dos tallos principales, también el deschuponado y el retiro de hojas de la parte inferior de la planta, no se realizó poda de frutos.

2.11.3. Tutoraje

Se realizó a los 20 días después del trasplante, consistió en colocar postes en los extremos de las hileras, colocando tres líneas de alambre; la primera a 0.30 m del suelo, las siguientes a 0,50 m entre sí, alcanzando una altura de 1.30 m.

Las plantas se ataron con cinta nylon de color blanco, cuidando de no producir un estrangulamiento en el tallo de la planta.



Figura 6: Tutorado de las plantas.

2.11.4. Riego

Se efectuó el cultivo a secano, es decir en época de lluvia (noviembre-febrero), el riego se complementó con agua potable, proveniente de un pozo del sector, para satisfacer las necesidades hídricas en el cultivo de tomate, se regó por aspersión, de manera localizada con una cantidad de 1 a 3 litros por planta y día.

2.11.5. Control de malezas

Se procedió al desmalezado de manera manual utilizando un pico, removiendo el suelo y arrancando de raíz las malezas según la presencia de las mismas en el terreno, cuidando de no dañar el cultivo, a intervalos de cada 15 días aproximadamente. Los residuos fueron retirados de la zona de cultivo.

2.11.6. Control de plagas y enfermedades

Se roció con fungicida Foker en una dosis de 75 cc /100 l de agua, para el control de enfermedades fúngicas y con el insecticida Connet en una dosis de 0,5 l /200 l de agua, para una hectárea.

Se observó la aparición del virus del broceado de tomate, en 3 plantas del tratamiento V2A0 en el bloque 3.

La incidencia de mosca blanca en la última etapa de cultivo fue muy alta, debilitando a las plantas de tomate.

2.11.7. La cosecha

La cosecha se inició en fecha 15 de febrero hasta el 15 de marzo de 2020, realizando 1 cosecha por semana, cuando se observó la presencia de frutos desarrollados y comenzó el cambio de coloración de verde amarillento a rojo.

La cosecha se realizó de forma manual, desprendiendo el fruto del pedúnculo de la planta. Se limpió los frutos y se almacenó en cajas plásticas, se tomó datos para las variables peso, diámetro. Se observó la resistencia de los frutos al almacenamiento y transporte siendo estos aptos para consumo en fresco.

2.12. Variables a evaluar

2.12.1. Variables agronómicas

Las variables agronómicas, son las que se miden durante todo el ciclo fenológico de la planta y las variables de producción o de cosecha son las que se miden al final del estudio.

Peso de fruto

Los valores obtenidos de cada fruto se expresaron en (g) después de la cosecha, se procedió al pesado correspondiente de los frutos de cada unidad experimental y por tratamiento utilizando una balanza.

Largo de fruto

Se realiza cuando el fruto alcanza su tamaño ideal, después de cosecharlo, para ello se tomó la medición de la zona separada del pedicelo hasta la punta del fruto, para ello se utilizó un calibrador.

Diámetro del fruto

Se realizó cuando el fruto alcanzó su tamaño ideal, después de cosecharlo, para ello se tomó la medición de la zona ecuatorial o media del fruto cuidando de no ajustar demasiado y no dañar el mismo, para ello se utilizó un calibrador.

Número de frutos por planta

Se obtuvo realizando el conteo del número de frutos por planta, tomando 5 plantas al azar por cada tratamiento, sacando así la media por cada réplica y tratamiento.

Altura de planta

Se anotó registros de altura de la planta, la medición se contó desde el cuello de la planta hasta el nivel que alcanzó el follaje de las hojas. Los datos se tomaron a los 90 días después del trasplante con la ayuda de un flexómetro, todo ello como media general, con el propósito de obtener datos exactos de dicha variable.

Rendimiento

Se registró utilizando los datos del peso de los frutos por la superficie de cada parcela, midiéndose en kg/m^2 , luego mediante cálculos se estimó el rendimiento en t/ha.

2.12.2. Variables económicas

Relación B/C

La relación beneficio/costo sirve para medir la capacidad que tiene la aplicación de un tratamiento alternativo de generar rentabilidad por cada unidad monetaria gastada.

$B/C > 1$ Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, lo que significa que es rentable.

$B/C = 0$ Los ingresos económicos solo cubren los costos de producción.

$B/C < 1$ El proyecto no es rentable.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. Resultados y discusión

3.1. Características químicas, densidad aparente y textura del suelo

Las mismas se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 24. Características del suelo según análisis de laboratorio.

Materia orgánica (%)	Fósforo (ppm)	Potasio (meq/100 g)	C.E. (mmhos/cm 1:5)	pH	Da g/cm ³	Textura
7,526	4,772	0,086	0.406	8,2	1,266	Y

3.2. Interpretación de las características químicas

La interpretación de los niveles de la materia orgánica, fósforo, potasio, conductividad eléctrica y pH, se realizó convirtiendo las unidades de acuerdo a los cuadros 16 y 17, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 25. Interpretación de los niveles de la materia orgánica, fósforo, potasio, conductividad eléctrica y pH del suelo.

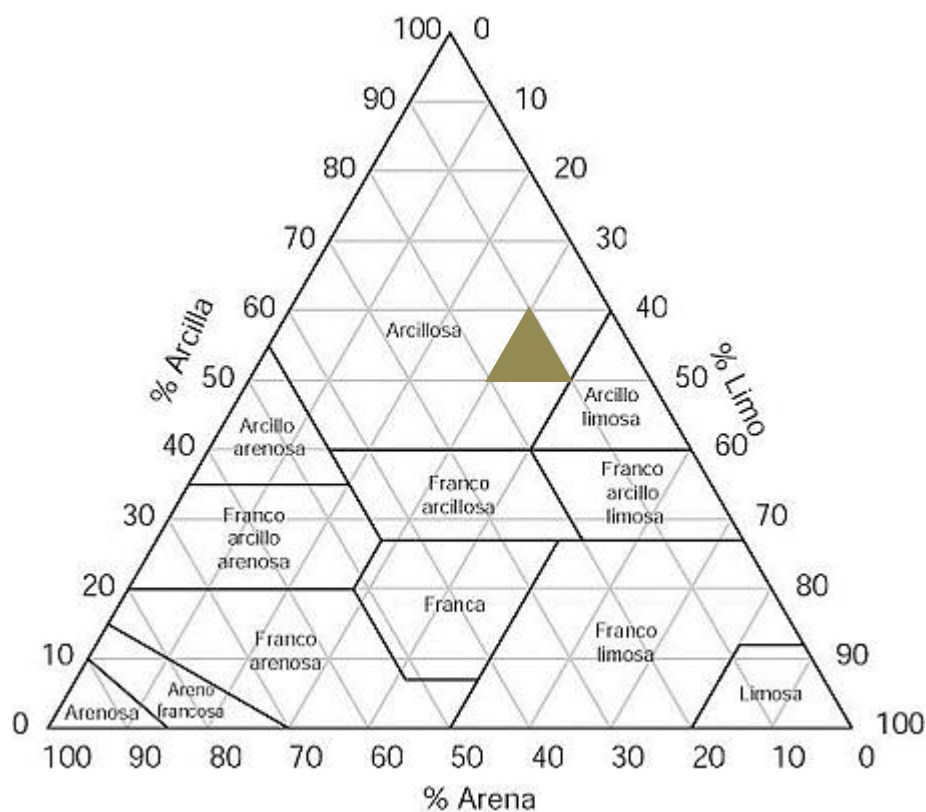
	Unidad	Valor	Clasificación	Interpretación
Materia orgánica	g/kg	75,26	> 60	muy alto
Fósforo	mg/kg	4,772	< 5	muy bajo
Potasio	(cmolc/kg)	0,086	entre 0.20–0.39,	bajo
C.E.	(µmho/cm)	406	entre 330 – 570	débilmente salino
pH		8,2	entre 7.4 – 8.4,	alcalino

3.3. Interpretación de la textura y densidad aparente

La textura se determinó ubicando los siguientes datos dentro del triángulo de texturas:

Arena: 12 %, limo: 35,75 %, arcilla: 52,25 %.

Figura 7. Determinación de la textura del suelo, por el método de triángulo de texturas.



Como se puede ver en la figura 7, el suelo presentó una textura arcillosa.

Cuadro 26. Interpretación de la densidad aparente del suelo.

	Unidad	Valor	Clasificación	Interpretación
Densidad aparente	g/cm ³	1,27	entre 1,2 – 1,45	medio

3.4. Oferta de nutrientes del suelo

La oferta de macronutrientes N, P_2O_5 , y K_2O en kg/ha se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 27. Contenido de N, P_2O_5 y K_2O del suelo.

Contenido del suelo, expresado en kg/ha		
N	P_2O_5	K_2O
166,74	6,92	63,86

3.5. Oferta de nutrientes de los abonos

Los datos fueron obtenidos mediante cálculos efectuados en base al análisis del compost, e información de referencia de estiércol de ovino y humus de lombriz.

Cuadro 28. Oferta de N, P_2O_5 y K_2O de los abonos.

Abono	Contenido de nutrientes, expresado en kg/t		
	N	P_2O_5	K_2O
Estiércol de ovino	0,3192	1,01	9,90
Compost	0,02541	0,027	0,04
Humus de lombriz	0,252	9,16	10,50

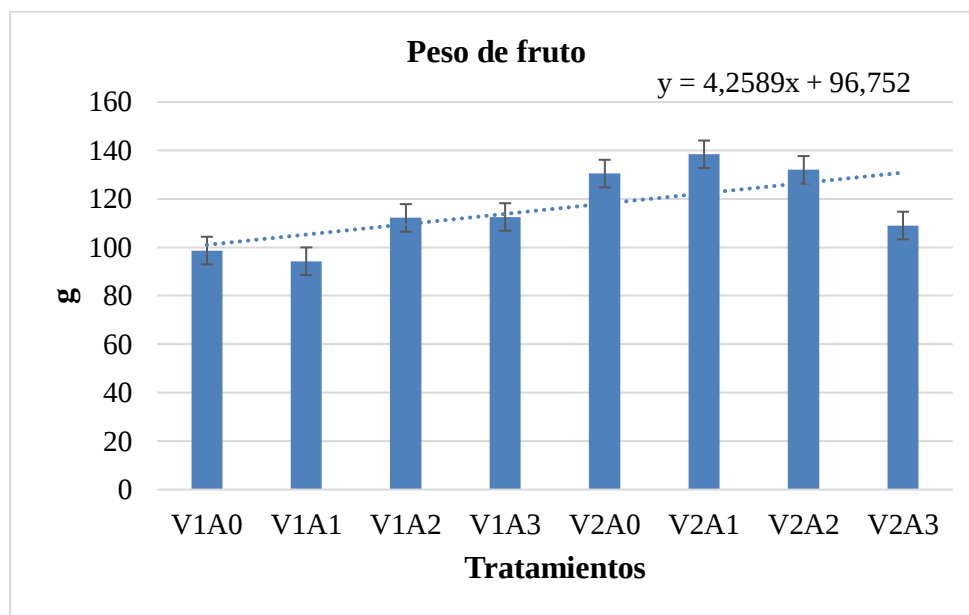
Fuente: Elaboración propia.

3.6. Peso del fruto (g)

Cuadro 29. Promedio de la variable peso del fruto (g).

Tratamientos		Réplicas en promedios		Σ	$\bar{x}$
	I	II	III		
V1A0	112,7	92,6	90,6	295,9	98,6
V1A1	82,4	82,5	117,9	282,8	94,3
V1A2	110,2	99,4	126,8	336,4	112,1
V1A3	105,9	102,1	129,5	337,5	112,5
V2A0	129,2	133,3	128,8	391,3	130,4
V2A1	134,2	131,6	149,4	415,2	138,4
V2A2	118,1	143,5	134,3	395,9	132,0
V2A3	114,6	104,1	108,3	327,0	109,0
Σ	907,3	889,2	985,5	2782,0	

Gráfico 1. Peso de fruto (g)



Cuadro 30. Análisis de varianza para el peso del fruto.

Fuente de Variación	gl	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
Total	23	7978,64				
Tratamientos	7	5443,94	777,71	5,79**	2,77	4,28
Réplicas	2	655,63	327,81	2,44NS	3,74	6,51
Factor A (variedad)	1	3191,42	3191,42	23,78**	4,6	8,86
Factor B (abono)	3	398,48	132,83	0,99NS	3,34	5,56
Inter. FA/FB	3	1854,05	618,02	4,60*	3,34	5,56
Error	14	1879,07	134,22			

$F_c \leq F_{t(0,05)}$ = la variación es NO SIGNIFICATIVA, NS.

$F_{t(0,05)} < F_c \leq F_{t(0,01)}$ = la variación es *significativa* , (*)

$F_c > F_{t(0,01)}$ = la variación es *altamente significativa* , (**)

Cv (coeficiente de variación)= 0,16

En el análisis de varianza efectuado para la variable peso de fruto, se observa que existen variaciones altamente significativas en tratamientos y el factor A (variedad).

Cuadro 31. Resultado de la prueba de Duncan para la variable peso de fruto.

Tratamiento	Promedio	Agrupamiento
V2A1	138,4	A
V2A2	132,0	AB
V2A0	130,4	ABC
V1A3	112,5	BCD
V1A2	112,1	BCD
V2A3	109,0	CD
V1A0	98,6	D
V1A1	94,3	D

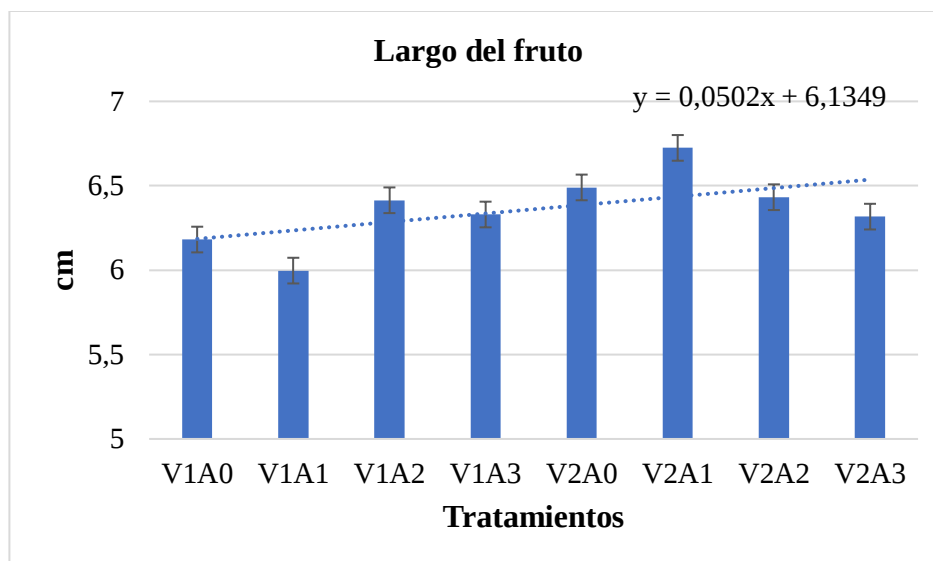
Realizando la prueba de Duncan se demuestra que el tratamiento V2A1 (var. El Coya con estiércol de ovino) presenta el mayor peso de fruto con 138,40 g/fruto, seguido de V2A2 (var. El Coya con compost) con 132,00 g/fruto y en tercer lugar el tratamiento V2A0 (var. El Coya con fertilizante) con peso promedio del fruto de 130,40 g/fruto, lo que indica que el cultivo de tomate var. híbrida El Coya tiene frutos con mayor peso. Según Rybak, (2018) para la variedad El Coya el fruto alcanza los 226. 25 g por fruto. El peso promedio de fruto para la variedad El Coya es de 180-200 gr (Ar-Agro, 2019).

Según Coutinho, 2014, la producción comercial de frutos de tomate se incrementa con la adición de P hasta la dosis de 150 kg/ha de P_2O_5 , pero no influye en la calidad de los frutos, la fertilización potásica no altera la producción. Entonces para lograr un mayor peso de fruto es necesario aplicar abonos ricos en P_2O_5 , y destacar que la variedad El Coya logró obtener frutos con mayor peso, pero no llegando al peso promedio propio de la variedad.

3.7. Largo de fruto (cm)

Cuadro 32. Promedio de la variable largo de fruto (cm).

Tratamientos		Réplicas en promedios		Σ	$\bar{x}$
	I	II	III		
V1A0	6,6	5,8	6,2	18,5	6,2
V1A1	5,9	5,7	6,5	18,0	6,0
V1A2	6,5	6,4	6,4	19,2	6,4
V1A3	6,3	5,9	6,8	19,0	6,3
V2A0	6,2	6,6	6,7	19,5	6,5
V2A1	6,6	6,7	6,9	20,2	6,7
V2A2	6,0	6,6	6,7	19,3	6,4
V2A3	6,1	6,3	6,6	19,0	6,3
Σ	50,1	49,8	52,7	152,7	

Gráfico 2. Largo de fruto (cm)**Cuadro 33.** Análisis de varianza para el largo del fruto.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
Total	23	2,68				
Tratamientos	7	0,97	0,14	1,83NS	2,77	4,28
Réplicas	2	0,65	0,32	4,26*	3,74	6,51
Factor A (variedad)	1	0,41	0,41	5,36*	4,6	8,86
Factor B (abono)	3	0,04	0,01	0,16NS	3,34	5,56
Inter. FA/FB	3	0,53	0,18	2,33NS	3,34	5,56
Error	14	1,06	0,08			

$F_c \leq F_{t(0,05)}$ = la variación es NO SIGNIFICATIVA, NS.

$F_{t(0,05)} < F_c \leq F_{t(0,01)}$ = la variación es *significativa* , (*)

$F_c > F_{t(0,01)}$ = la variación es *altamente significativa* , (**)

$C_v = 0,05253314$

De acuerdo al análisis de varianza se puede mostrar que existe variación significativas entre réplicas y el factor A (variedad).

Cuadro 34. Resultado de la prueba de Duncan para la variable largo de fruto.

Tratamiento	Promedio	Agrupamiento
V2A1	6,7	A
V2A0	6,5	AB
V2A2	6,4	AB
V1A2	6,4	AB
V1A3	6,3	AB
V2A3	6,3	AB
V1A0	6,2	B
V1A1	6,0	B

Realizando la prueba de Duncan se demuestra que el tratamiento V2A1 (var. El Coya con estiércol de ovino) presenta el fruto con largo de 6,5 cm, siendo este el promedio más elevado, en contraposición, el tratamiento V1A1 (var. Rocío con estiércol de ovino) presenta el fruto con longitud de 6,0 cm, siendo el promedio menor.

Por tanto existe diferencia entre las variedades El Coya y Rocío ambas tratadas con la aplicación de estiércol de ovino.

La cantidad de luz disponible, y por tanto la cantidad de asimilados que puede producir la planta, va a controlar el tamaño del fruto. Cuando la cantidad de energía entrante (luz solar) se reduce, el número de frutos también debe reducirse con el objeto de mantener el tamaño de fruto deseado (Marlow, 2010).

El tamaño del fruto en tomate obtenido en el presente estudio para el tratamiento V2A1 (var. El Coya con estiércol de ovino) presenta el fruto con un promedio de longitud de 6,5 cm, es de tamaño medio, esto se debe a que la malla de sombreo solo dejó pasar el 40 % de la radiación solar, y los meses (enero y febrero) de floración y formación de fruto en la planta presentan alta nubosidad, por lo tanto las plantas redujeron su fotosíntesis y la producción de fotoasimilados, lo que reduce la división y expansión celular.

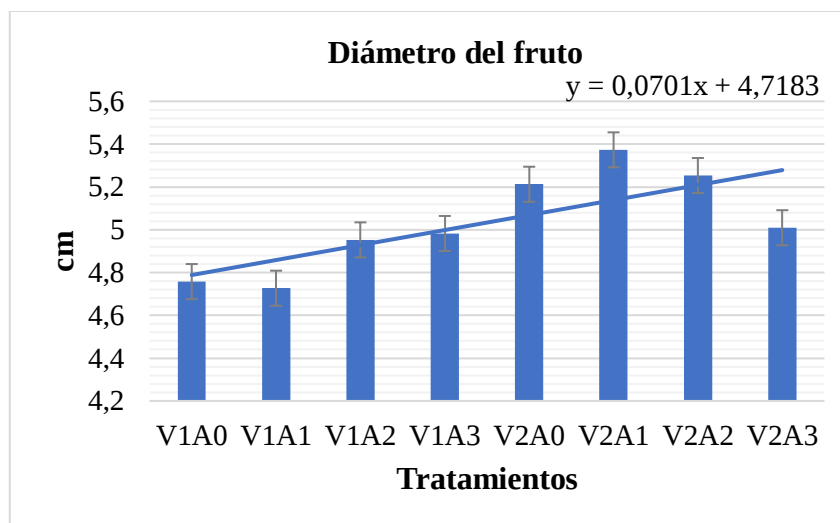
3.8. Diámetro del fruto (cm)

Cuadro 35. Promedio de la variable diámetro del fruto (cm).

Tratamientos	Réplicas en promedios			Σ	$\bar{x}$
	I	II	III		
V1A0	5,1	4,7	4,5	14,3	4,8
V1A1	4,5	4,5	5,2	14,2	4,7
V1A2	4,9	4,8	5,2	14,9	5,0
V1A3	4,8	4,8	5,3	14,9	5,0
V2A0	5,2	5,2	5,3	15,6	5,2
V2A1	5,2	5,2	5,6	16,1	5,4
V2A2	4,9	5,5	5,4	15,8	5,3
V2A3	5,0	5,0	5,1	15,0	5,0
Σ	39,6	39,6	41,6	120,8	

Observando el cuadro anterior, el tratamiento V2A1 presenta el mayor promedio de diámetro de fruto con 5,40 cm, seguido de V2A2 con 5,30 cm y en tercer lugar el tratamiento V2A0 con diámetro promedio del fruto de 5,20 cm.

Gráfico 3. Diámetro del fruto



Cuadro 36. Análisis de varianza para el diámetro del fruto.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
Total	23	2,18				
Tratamientos	7	1,12	0,17	3,11*	2,77	4,28
Réplicas	2	0,33	0,16	3,26NS	3,74	6,51
Factor A	1	0,77	0,76	14,81**	4,6	8,86
Factor B	3	0,053	0,01	0,342NS	3,34	5,56
Inter. FA/FB	3	0,31	0,10	1,98NS	3,34	5,56
Error	14	0,72	0,05			

$F_c \leq F_{t(0,05)}$ = la variación es NO SIGNIFICATIVA, NS.

$F_{t(0,05)} < F_c \leq F_{t(0,01)}$ = la variación es *significativa* , (*)

$F_c > F_{t(0,01)}$ = la variación es *altamente significativa* , (**)

$C_v = 0,05997562$

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la variable diámetro de fruto, indica que existe variación significativa en los tratamientos y para el factor A (variedad) variación es altamente significativa.

Cuadro 37. Resultado de la prueba de Duncan de diámetro de fruto.

Tratamiento	Promedio	Agrupamiento
V2A1	5,4	A
V2A2	5,3	A
V2A0	5,2	AB
V2A3	5,0	ABC
V1A3	5,0	ABC
V1A2	5,0	ABC
V1A0	4,8	BC
V1A1	4,7	C

Efectuando la prueba de Duncan se demuestra que los tratamientos V2A1 (var. El Coya con estiércol de ovino), V2A2 (var. El Coya con compost) y V2A0 (var. El Coya con 20-20-20) con: 5,4 cm, 5,3 cm 5,2 cm respectivamente, presentan los promedios más altos para la variable diámetro de fruto. Los tratamientos V2A3, V1A3 y V1A2 son similares presentando un promedio de 5.00 cm de diámetro. El tratamiento V1A1 (var. Rocío con estiércol de ovino) tiene el menor promedio con 4,7 cm.

Durante la fase de cuajado del fruto la planta requiere un mayor aporte de potasio y la deficiencia de este elemento puede llevar a una maduración irregular, impidiendo en muchos casos la plena formación de los frutos. No obstante, hay que tener en cuenta otros factores para garantizar el tamaño, han de tenerse en cuenta factores importantes como la temperatura o la iluminación solar. Las características del sustrato influyen de manera importante en el proceso, dado que éste es la fuente natural de nutrientes (Seipasa, 2017).

Los frutos del tratamiento V2A1 (var. El Coya con estiércol de ovino), presento'un promedio de 5,4 cm, el suelo es un gran limitante para el desarrollo pleno de la planta y por tanto del fruto, ya que al presentar 52 % de arcilla en su textura limitó el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes y agua.

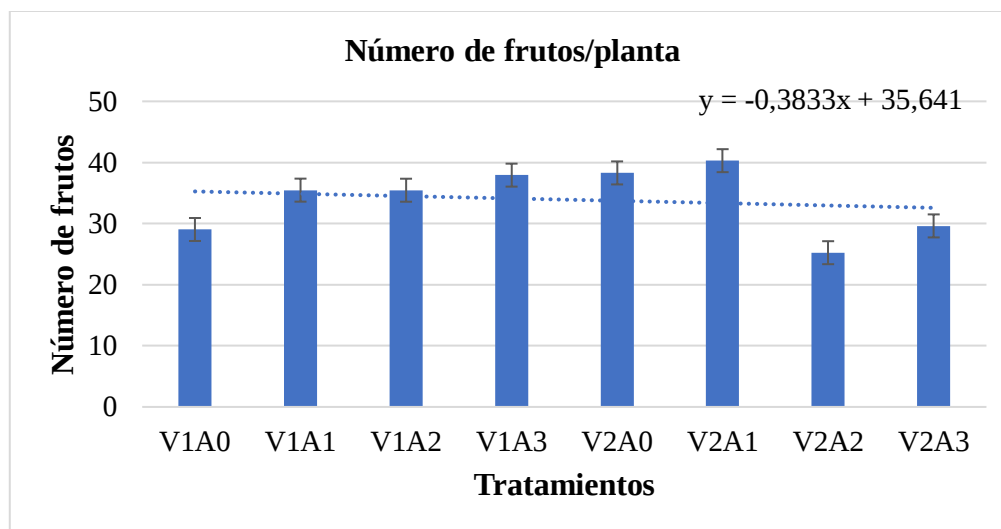
3.9. Número de frutos por planta

Cuadro 38. Promedio de números de frutos por planta.

Tratamientos	Réplicas en promedios			Σ	$\bar{x}$
	I	II	III		
V1A0	27,6	34,5	25,0	87,1	29,0
V1A1	32,8	34,7	39,0	106,4	35,5
V1A2	38,8	29,3	38,3	106,4	35,5
V1A3	35,5	33,9	44,4	113,8	37,9
V2A0	37,5	41,6	35,8	114,9	38,3
V2A1	31,7	35,8	53,3	120,9	40,3
V2A2	22,9	27,9	25,0	75,7	25,2
V2A3	29,9	29,6	29,4	88,9	29,6
Σ	256,6	267,2	290,2	814,0	

En el cuadro, se indica los valores promedios obtenidos en cada tratamiento en estudio. Se puede observar que el tratamiento V2A1 presenta el mayor promedio de número de fruto con 40,3 y el menor el tratamiento V2A2 con 25,2 frutos/planta.

Gráfico 4. Número de frutos por planta.



Cuadro 39. Análisis de varianza para número de frutos por planta.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
Total	23	1078,86				
Tratamientos	7	594,87	84,98	2,90*	2,77	4,28
Réplicas	2	74,11	37,05	1,27NS	3,74	6,51
Factor A	1	7,41	7,41	0,25NS	4,60	8,86
Factor B	3	171,33	57,11	1,95NS	3,34	5,56
Inter. FA/FB	3	416,12	138,71	4,74*	3,34	5,56
Error	14	409,88	29,28			

$F_c \leq F_{t(0,05)}$ = la variación es NO SIGNIFICATIVA, NS.

$F_{t(0,05)} < F_c \leq F_{t(0,01)}$ = la variación es *significativa* , (*)

$F_c > F_{t(0,01)}$ = la variación es *altamente significativa* , (**)

$C_v = 0,197683364$

De acuerdo al análisis de varianza se demuestra que hay variación significativa en tratamientos y en la interacción entre factores A y B.

Cuadro 40. Resultado de la prueba de Duncan de número de frutos/planta.

Tratamiento	Promedio	Agrupamiento
V2A1	40,3	A
V2A0	38,3	AB
V1A3	37,9	AB
V1A1	35,5	ABC
V1A2	35,5	ABC
V2A3	29,6	BC
V1A0	29,0	BC
V2A2	25,2	C

Realizando la prueba de Duncan se agrupa los tratamientos V2A1, V2A0, V1A3, V1A1 y V1A2 agrupados en el rango más alto.

El tratamiento V2A1 (var. El Coya con estiércol de ovino) con 40,3 frutos por planta presenta el promedio más alto. Los demás tratamientos son similares. El tratamiento V2A2 (var. El Coya con compost) tiene el menor promedio con 25,2 frutos por planta para el cultivo de tomate.

Según Rybak, 2018, en un ensayo realizado en una unidad demostrativa hortícola de la EEA Cerro Azul, a campo abierto el tomate tipo saladette El Coya tuvo un promedio de 38 frutos por planta; en el presente estudio se obtuvo un promedio de 40,30; es decir, la variedad El Coya alcanza esa cantidad de frutos tanto en cultivo bajo media sombra como a campo abierto durante el ciclo primavera-verano., siendo la variedad el factor de diferenciación de los tratamientos.

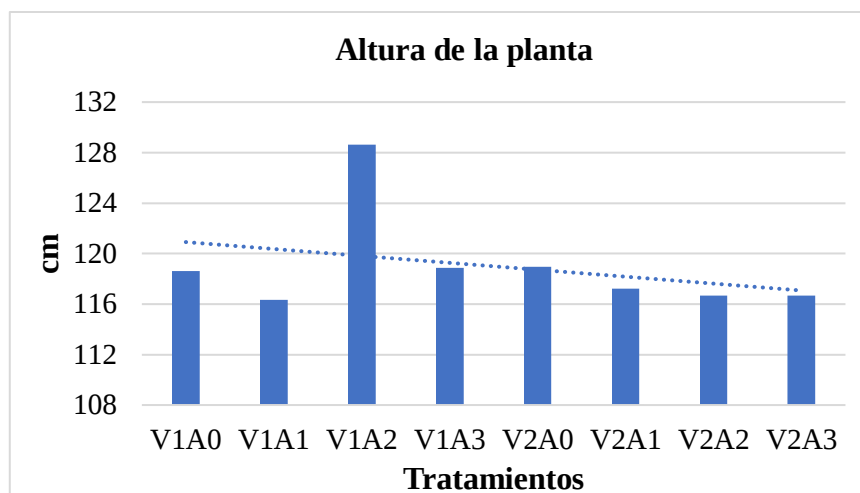
3.10. Altura de la planta

Cuadro 41. Promedio de la variable altura de la planta (cm).

Tratamientos	Réplicas en promedios			Σ	$\bar{x}$
	I	II	III		
V1A0	120,00	108,33	127,50	355,83	118,61
V1A1	120,00	114,00	115,00	349,00	116,33
V1A2	137,50	121,66	126,66	385,82	128,61
V1A3	125,00	121,66	110,00	356,66	118,89
V2A0	110,00	123,50	123,33	356,83	118,94
V2A1	115,00	116,66	120,00	351,66	117,22
V2A2	108,33	120,00	121,66	349,99	116,66
V2A3	110,00	120,00	120,00	350,00	116,67
Σ	945,83	945,81	964,15	2855,79	

En el cuadro, se indica los valores promedios obtenidos en cada tratamiento en estudio, para la variable altura de la planta, datos expresados en cm. Se puede observar que el tratamiento V1A2, con 128,61cm presenta mayor altura de planta en el cultivo de tomate y el menor promedio el tratamiento V1A1 con 116,33 cm.

Gráfico 5. Altura de la planta



Cuadro 42. Análisis de varianza para altura de la planta.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
Total	23	1108,57				
Tratamientos	7	340,92	48,70	0,92NS	2,77	4,28
Réplicas	2	28,00	14,00	0,26 NS	3,74	6,51
Factor A	1	62,82	62,82	1,19 NS	4,60	8,86
Factor B	3	118,22	39,41	0,75 NS	3,34	5,56
Inter. FA/FB	3	159,88	53,29	1,01 NS	3,34	5,56
Error	14	739,66	52,83			

$F_c \leq F_{t(0,05)}$ = la variación es NO SIGNIFICATIVA, NS.

$F_{t(0,05)} < F_c \leq F_{t(0,01)}$ = la variación es *significativa* , (*)

$F_c > F_{t(0,01)}$ = la variación es *altamente significativa* , (**)

$C_v = 0,06$

De acuerdo al análisis de varianza realizado con datos de la variable altura de la planta, para el cultivo de tomate, la variación es no significativa para las fuentes de variación del presente estudio.

Cuadro 43. Resultado de la prueba de Duncan de altura de la planta.

Tratamiento	Promedio	Agrupamiento
V1A2	128,61	A
V2A0	118,94	A
V1A3	118,89	A
V1A0	118,61	A
V2A1	117,22	A
V2A3	116,67	A
V2A2	116,66	A
V1A1	116,33	A

Realizando la prueba de Duncan para la variable altura de la planta, se agrupa a todos los tratamientos dentro de un mismo rango de significación, es decir, que no existen diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo el tratamiento V1A2 (var. Rocío con compost) destaca con 128,61 cm de longitud de tallo.

Las variedades híbridas Rocío y El Coya no presentan diferencias en cuanto a altura de la planta, es decir, que la fertilización no influye de gran manera sobre esta variable agronómica.

La malla media sombra del 60 % no fue un factor que influyó en el crecimiento de las plantas, al ser un sombreo uniforme en el área de estudio, todas las plantas recibieron una radiación que hizo desarrollar una altura uniforme para todos los tratamientos.

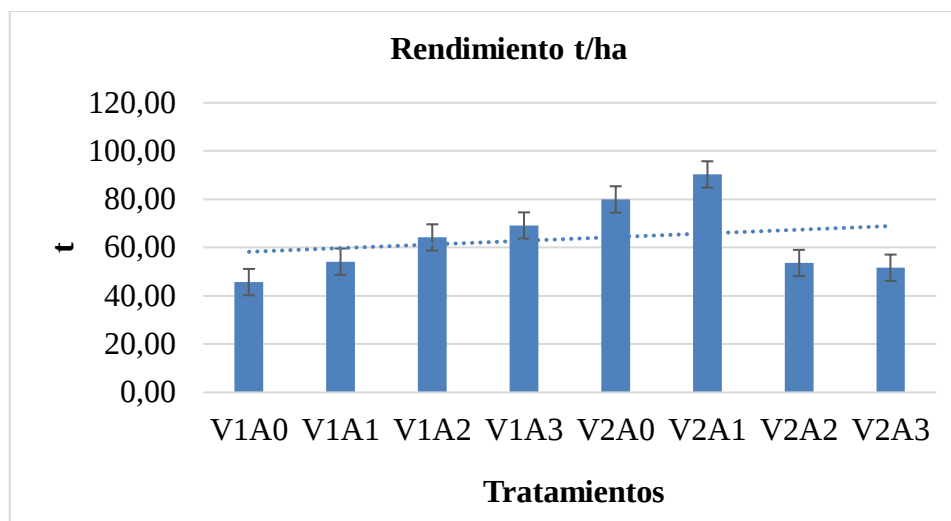
Las plantas de tomates determinados producen un racimo final de flores, luego de lo que no crecen más. La mayoría de las plantas de tomates determinadas llegan a medir entre 3 a 5 pies (90 cm a 1,5 m) (Tun, 2021).

El tratamiento V1A2 (var. Rocío con compost) alcanzó 128,61 cm de longitud de tallo, estando dentro del promedio aceptable para las variedades de crecimiento determinado, los abonos no influyeron en el promedio de altura ya que las variedades, al ser de crecimiento determinado, detuvieron su crecimiento y fueron compactas.

3.11. Rendimiento

Cuadro 44. Promedio del rendimiento (t/ha).

Tratamientos	Réplicas en promedios			Σ	$\bar{x}$
	I	II	III		
V1A0	49,76	51,14	36,25	137,15	45,72
V1A1	43,19	45,76	73,55	162,49	54,16
V1A2	68,42	46,58	77,67	192,66	64,22
V1A3	60,18	55,34	91,97	207,48	69,16
V2A0	77,53	88,67	73,75	239,95	79,98
V2A1	68,07	75,48	127,47	271,02	90,34
V2A2	43,19	63,95	53,74	160,88	53,63
V2A3	54,73	49,26	51,01	154,99	51,66
Σ	465,06	476,17	585,40	1526,63	

Gráfico 6. Rendimiento en t/ha**Cuadro 45.** Análisis de varianza para rendimiento t/ha.

Fuente de Variación	Gl	SC	CM	Fc	F tabulada	
					5%	1%
Total	23	9447,44				
Tratamientos	7	4996,80	713,83	2,99*	2,77	4,28
Réplicas	2	1105,57	552,79	2,31NS	3,74	6,51
Factor A	1	672,69	672,69	2,82NS	4,60	8,86
Factor B	3	644,78	214,93	0,90NS	3,34	5,56
Inter. FA/FB	3	3679,33	1226,44	5,13*	3,34	5,56
Error	14	3345,07	238,93			

$F_c \leq F_{t(0,05)}$ = la variación es NO SIGNIFICATIVA, NS.

$F_{t(0,05)} < F_c \leq F_{t(0,01)}$ = la variación es *significativa* , (*)

$F_c > F_{t(0,01)}$ = la variación es *altamente significativa* , (**)

Cv= 0,312

De acuerdo al análisis de varianza realizado con datos de la variable rendimiento t/ha, hay variación significativa en los tratamientos y la interacción entre factores A/B.

Cuadro 46. Resultado de la prueba de Duncan de rendimiento t/ha.

Tratamientos	Promedios	Agrupamiento
V2A1	90,34	A
V2A0	79,98	AB
V1A3	69,16	ABC
V1A2	64,22	ABC
V1A1	54,16	BC
V2A2	53,63	BC
V2A3	51,66	BC
V1A0	45,72	C

Mediante la prueba de Duncan se demuestra que el tratamiento V2A1 (var. El Coya con estiércol de ovino) presenta el mayor rendimiento con 90,34 t/ha, seguido de V2A0 (var. El Coya con fertilizante) con 79,98 t/ha y V1A3 (var. Rocío con humus de lombriz) con 69,16 t/ha. El tratamiento V1A0 (var. Rocío con fertilizante) tiene el menor promedio con 4,57 t/ha.

El rendimiento obtenido difiere de la producción esperada, se debe generalmente al suelo, ya que preenta un elevado contenido de arcilla (52 %), y un pH alcalino de 8,2 lo que dificultó el acceso de las raíces y la absorción de nutrientes.

Según Rybak, 2018, en un ensayo realizado en una unidad demostrativa hortícola de la EEA Cerro Azul, el tomate tipo saladette El Coya tuvo un rendimiento promedio 32,5 t/ha en campo evaluados en otoño de 2017. También indica que el híbrido de tomate evaluado a campo ciclo primavera alcanza 105,23 t/ha.

En el presente estudio de cultivo de tomate var. El Coya evaluado bajo malla media sombra ciclo verano, se obtuvo el rendimiento de 90,34 t/ha, por lo tanto el rendimiento varía entre cultivo en diferentes estaciones y entre zonas geográficas. Se alcanza rendimientos entre 90 y 100 t/ha en los ciclos de primavera-verano.

Sin embargo, la variedad Rocío se cultiva bajo condiciones protegidas mediante el empleo de cubiertas plásticas, la demanda de insumos agrícolas para su cultivo es alta y los rendimientos (25 t ha^{-1}) están por debajo del promedio mundial (36 t ha^{-1}) (FAS-USDA, 2003, citado por Casierra, 2010).

Los rendimientos para los tratamientos de la var. Rocío llegaron a obtener rendimientos entre los 45,72 V1A0 (var. Rocío con 0,40 t/ha de fertilizante 20-20-20) y 69,16 t/ha V1A3 (var. Rocío con 4,6 t/ha de humus de lombriz), lo que supera a los datos citados anteriormente, esto se debe a que los abonos orgánicos aportan micronutrientes que elevan el potencial productivo de la variedad.

3.12. Beneficio/costo

Cuadro 47. Relación beneficio/costo para cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Precio Bs/kg	Ingreso bruto	Costo de producción	Ingreso neto	B/C
V1A0	45715	4,17	190632	54343,33	136288,22	2,51
V1A1	54165	4,17	225868	97543,33	128324,72	1,32
V1A2	64220	4,17	267797	97543,33	170254,07	1,75
V1A3	69162	4,17	288406	373543,33	-85137,79	-0,23
V2A0	79983	4,17	333529	54343,33	279185,78	5,14
V2A1	90341	4,17	376722	97543,33	279178,64	2,86
V2A2	53627	4,17	223625	97543,33	126081,26	1,29
V2A3	51665	4,17	215443	373543,33	-158100,28	-0,42

$B/C > 1$ Los ingresos económicos son mayores a los gastos de producción, lo que significa que es rentable.

$B/C = 0$ Los ingresos económicos solo cubren los costos de producción.

$B/C < 1$ El proyecto no es rentable.

En el cuadro anterior se puede observar que no todos los tratamientos presentan una relación beneficio/costo mayor a 1. El tratamiento más rentable económicamente es V2A0 (variedad El Coya con fertilizante 20-20-20) que presentó un relación B/C de 5,14. El precio de venta que se tomó como referencia fue de 12 Bs la cuartilla (2,875 kg).

El tratamiento V1A3 presentó una relación beneficio/costo de -0,23, el tratamiento V2A3 presenta un B/C de -0,42 siendo la relación negativa, ya que el costo del humus de lombriz es más elevado que el del estiércol ovino y el compost; por lo tanto, las variedades Rocío y El Coya con la aplicación de 46 t/ha de humus de lombriz no es rentable.

Esto indica que no todos los tratamientos son rentables económicamente, sin embargo, se debe tener muy en cuenta que los precios de venta del fruto varían demasiado de acuerdo a la época del año y la demanda en el consumo de tomate fresco, además del costo de los insumos que se puede incrementar en cada ciclo de cultivo.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. Conclusiones y recomendaciones

Se concluye:

La variedad El Coya con la aplicación de estiércol de ovino (46 t/ha) obtuvo el mayor rendimiento con 90,34 t/ha, seguido del tratamiento de la variedad El Coya con fertilizante (0,40 t/ha de 20-20-20) con 79,98 t/ha. Por lo tanto, esta variedad logra mayor rendimiento, en comparación con la variedad Rocío.

Los rendimientos obtenidos en este estudio de las variedades Rocío y El Coya, que va desde 45,72 t/ha a 90,34 t/ha respectivamente, bajo malla media sombra, supera el rendimiento de cultivo convencional, que alcanza aproximadamente 11,400 kg/ha (11,4 t/ha) en el departamento de Tarija.

El tratamiento V1A1 Rocío con estiércol ovino (46 t/ha), presentó un rendimiento de 54,16 t/ha, el tratamiento V2A1, de la variedad El Coya con la aplicación de estiércol de ovino (46 t/ha) obtuvo el mayor rendimiento con 90,34 t/ha; es decir, que existe variación en el rendimiento entre las variedades Rocío y El Coya, aplicando la misma cantidad de abono (46 t/ha de estiércol de ovino) bajo malla media sombra.

Se confirma la hipótesis alternativa: existen diferencias del rendimiento entre variedades y fertilización orgánica en el cultivo de tomate, bajo malla media sombra.

El tratamiento más rentable económicamente es V2A0 (variedad El Coya con fertilizante 20-20-20) que presentó un relación B/C de 5,14. Sin embargo, este tratamiento no logró el rendimiento más elevado. El precio de venta que se tomó como referencia fue de 12 Bs la cuartilla (2,875 kg).

El tratamiento V1A3 presentó una relación beneficio/costo de -0,23, el tratamiento V2A3 presenta un B/C de -0,42 siendo la relación negativa, por lo tanto, las variedades Rocío y El Coya con la aplicación de 46 t/ha de humus de lombriz no es rentable, debido a que el precio del humus de lombriz es más alto.

Realizando la prueba de análisis de varianza, se observó que existen diferencias significativas y altamente significativas en las variables peso de fruto, diámetro de fruto y largo de fruto, para el factor variedad, es decir, entre variedades, presentando los promedios más altos la variedad El Coya, seguido de la variedad Rocío.

Se recomienda:

La aplicación de abonos orgánicos en suelos arcillosos y de pH alcalino, ya que pueden mejorar la estructura, aumentar el contenido de materia orgánica y reducir el pH para el cultivo de tomate.

Preparar bien el suelo durante el laboreo, a una profundidad adecuada, ya que el desarrollo radicular del tomate se ve limitado en suelos arcillosos.

Aplicar los abonos con buen estado de descomposición, no así frescos, ya que ocasionan problemas de contaminación microbiana y pueden causar enfermedades.

Utilizar semilla de calidad para el cultivo de tomate.

Se debe hacer un estudio de costos para la producción de tomate, tomando en cuenta que al comparar fertilizantes sintéticos y abonos orgánicos es más rentable el uso de fertilizante. Sin embargo, los rendimientos pueden variar a lo largo de los ciclos productivos.

El uso de mallas plásticas como cubierta para el cultivo de tomate en la ciudad de Tarija, ya que evita los daños por alta radiación solar, el daño de aves y principalmente contra granizo. Durante el presente estudio se presentó granizadas y la malla evitó la pérdida del cultivo de tomate.

Instalar estructuras de porte bajo, ya que las fuertes ráfagas de vientos pueden desestabilizar las instalaciones con cubierta demasiado alta, además se puede producir la acumulación de agua de lluvia o granizo, por lo tanto, la superficie de la cubierta no debe ser muy amplia y se debe dar una pendiente pronunciada.

Realizar un análisis de suelo y abonos orgánicos en cantidades mayores a 46 t/ha para evaluar los rendimientos que se obtendrán en cultivo de tomate.

La aplicación de estiércol de ovino en cantidades más elevadas a 46 t/ha, ya que generó un mayor rendimiento del cultivo de tomate, en zonas que presenten características similares al suelo en que se realizó el presente estudio.

La eliminación de rastrojo y el control preventivo de plagas como mosca blanca y trips que son vectores de enfermedades en el cultivo de tomate, ya que 3 plantas del tratamiento V2A0, contrajeron el virus del bronceado del tomate (TSWV).

La aplicación de abonos orgánicos como ser estiércol de ovino, compost y humus de lombriz al suelo para el cultivo de tomate en cantidad de 46 t/ha, o mayores porque mejora los rendimientos.

Tomar en cuenta el precio de los abonos orgánicos, porque los tratamientos V1A3 y V2A3 presentaron una relación beneficio/costo de -0,23 y -0,42, ocasionando pérdida económica si se cultiva solamente con humus de lombriz (46 t/ha).