

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El tomate *Solanum lycopersicum* L. (o su denominación anterior *Lycopersicum esculentum* Mill., que aún es ampliamente utilizada), pertenece a la familia *Solanaceae*; es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano, ampliamente cultivada para consumo fresco e industrializado (INIA, 2017).

Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate es uno de los rubros con mayor dinamismo y con la mayor superficie cultivada debido al mayor consumo a nivel nacional e internacional, encontrándose áreas de cultivo prácticamente en todo el mundo; sin embargo, no todo sitio es apto para su desarrollo, porque se debe tener en cuenta que las heladas y el calor excesivo dificultan el buen desarrollo en épocas y sitios con ambiente invernal, especialmente en aquellos cultivos establecidos al aire libre. Los países más productores son cuatro (China, India, Turquía y Nigeria.), concentrando el 52% de la superficie cultivada a nivel mundial (FAO, 2016).

De acuerdo con Villarroel *et al.* (s/f), Bolivia tiene varias zonas y épocas de producción de tomate en diferentes pisos altitudinales, que van desde los 250 hasta los 2500 m.s.n.m. La producción de tomate en Bolivia en estos últimos años va bordeando las 60 mil toneladas, como en el año agrícola 2015-2016 en el que se tuvo una producción de 61.531 toneladas y la importación del mismo alcanzó a 6.943 toneladas, es decir un 11,28% de lo que se produce y la superficie de producción por encima de las 3.000 hectáreas en todo el país (INE, 2016).

En el Departamento de Tarija se vino cultivando tomate desde hace varios años en huertos familiares con reducida producción destinada a la comercialización; no obstante en estos últimos años se empezaron a introducir variedades híbridas de tomate como Nativo, Santa Paula, Pietro, Tinto y otros más, que se encuentran de manera abundante en las semilleras de la ciudad Capital, materiales de los cuales se desconoce

su comportamiento en la zona o en otros casos no se cuenta con registros de los mismos, porque el tomate es una especie que posee gran diversidad de genotipos, esto indica variantes en los componentes fisiológicos, los cuales determinan en gran parte la eficiencia biológica y la productividad, así como las prácticas de manejo agronómico apropiadas para un mejor desarrollo del cultivo.

Actualmente, el sistema de producción Tarijeño realiza una aplicación indiscriminada de fertilizantes de síntesis química para lograr cubrir los requerimientos de los cultivos, ante esto se presentan los problemas de compactación con una destrucción total de la estructura, acidificándolo y destruyendo de alguna manera la memoria del suelo con la eliminación total o parcial de la microflora y microfauna existente.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Entendiendo al suelo como un ente vivo con microorganismos y meso organismos que se desarrollan de manera equilibrada, se puede ofrecer la fertilización orgánica en base a Azola (*Azolla filiculoides*) como una alternativa amigable con el medio ecológico.

El ensayo generará información primaria sobre el comportamiento de un Tomate híbrido y principalmente conocimiento sobre el uso de la Azola en la fertilización del este cultivo; estas experiencias contribuirán para evitar que las áreas de suelos degradados o en proceso de desertificación vayan en ascenso en nuestro medio, que actualmente el 38% del territorio boliviano se encuentra afectada, según un informe de la Cámara Forestal de Bolivia (2015).

Por otro lado, el horticultor Tarijeño necesita conseguir rendimientos que generen ganancias compensando la inversión realizada y que los mismos sean sostenibles a través del tiempo, con una fertilización como la presentada y una variedad híbrida como la seleccionada para este experimento, se procura lograr estos objetivos para que luego sean replicados por los horticultores de la zona y todos los valles del departamento de Tarija, como también del país.

1.3 HIPÓTESIS

Ho. El híbrido “Nativo” aplicando diferentes niveles de fertilización, no muestran diferencias considerables en su comportamiento en ninguna de las dos densidades.

Ha. Es altamente favorable el uso de una fertilización orgánica en base a Bocashi de Azola en el cultivo del Tomate con una densidad de 20.000 plantas/Ha.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento del híbrido de tomate “Nativo” (*Solanum lycopersicum* L.), aplicando dos niveles de fertilización en dos densidades de plantación, en la comunidad San Mateo, municipio Cercado.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la fertilización orgánica (Bocashi de Azola), frente a una fertilización convencional principalmente en base al rendimiento (Ton/Ha).
- Determinar la densidad de plantación ideal en el cultivo del tomate híbrido “Nativo” para lograr una buena productividad basado en el rendimiento (Ton/Ha).
- Determinar la viabilidad económica del cultivo aplicando los diferentes tratamientos en base a la relación beneficio costo (R B/C).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO

2.1.1. Origen y distribución del cultivo

Durante muchos siglos, el tomate ha recorrido grandes distancias convirtiéndose en la fruta más popular en todo el continente americano. Es originario de los Andes del Perú, donde apareció silvestre con una fruta redonda de color rojo. Gradualmente se esparció a lo largo de Sudamérica desde donde continuó su viaje hasta América Central. Allí, ya hace miles de años, lo llamaron “xitomatl” en el lenguaje Nahuatl, que era el idioma que hablaba la nación azteca; fue allí adonde fue cosechado, cultivado y mejorado, produciendo una mayor diversidad de frutos. Por muchos siglos, el tomate detuvo su camino en esa área (Brouwer *et al.* 2006)

Poco después de que Colón descubriera al Nuevo Mundo, el tomate continuó su viaje y ya para mediados del siglo XVI acompañó a los exploradores españoles en su retorno a Europa. En España se le adjudicó el nombre de “Pomo de Moro” o “Manzana Morisca;” éste fue el primero de muchos nombres que asignaron. Su más antigua mención tuvo origen en Italia en 1544 en donde se le conoció como “Pomo d’oro” o “Manzana Dorada,” lo que sugiere que tal vez el primer tomate que llegó al antiguo continente fue el de una variedad de color amarillo (Brouwer *et al.*, 2006).

Durante las décadas siguientes, el cultivo de las diferentes variedades de tomates se esparció por España, Italia y Francia donde fue llamado “Pomo d’amore” o “Manzana del Amor,” lo que vulgarmente podría haber sido una corrupción del nombre originalmente asignado en España (Brouwer *et al.*, 2006).

Después de viajar más de mil años, el tomate finalmente se propagó a los seis continentes, especialmente en el continente asiático en donde se encuentran los dos más grandes productores de tomate del planeta: China e India.

Tabla 1. Superficie y volumen de tomate producido por país en 2011

PAÍS	SUPERFICIE (miles ha)	VOLUMEN (miles Tn)
China	986	48.577
India	865	16.826
Estados Unidos	149	12.625
Turquía	270	11.003
Egipto	212	8.105
Irán	184	6.824
Italia	104	5.950
Brasil	71	4.417
España	50	3.821
Uzbekistán	58	2.585
México	85	2.436
Rusia	117	2.201
Ucrania	86	2.112
Otros países	1.497	31.542
Total	4.734	159.023

** Incluye tomate para consumo fresco e industrial.*
Fuente: (FAO, 2016)

2.1.2. Importancia económica del tomate

Estimaciones indican que el tomate es la hortaliza más cultivada e importante en el mundo, siendo el consumo fresco e industria los dos principales destinos de producción, alcanzando en el año 2013; 4,7 millones de hectáreas y una producción de 164 millones de toneladas. En Bolivia no existen plantaciones de más de 3.000 hectáreas con una producción cercana a las 60 mil toneladas, sin embargo, la estos datos van en ascenso (INIA, 2017).

Actualmente se ha convertido en el vegetal más procesado en los EUA. El consumo promedio en este país es de 23 libras de tomate procesado por persona cada año (Brouwer *et al.*, 2006). El consumo per cápita promedio mundial de tomate presenta una tendencia al alza. De acuerdo con datos de la FAO, éste pasó de 15,4 kilogramos en 2001 a 20,2 kilogramos en 2011. En ese mismo período, el consumo mundial de tomate creció a una tasa promedio anual de 3,9 %. La demanda de esta hortaliza creció más aceleradamente en China e India (6,9 y 8,5 % promedio anual, respectivamente). Así, se estima que en 2011 el consumo mundial de tomate ascendió a 139,8 millones de toneladas. El consumo per cápita en los dos principales países consumidores se duplicó durante una década. En China pasó de 16,4 a 30,2 kg entre 2001 y 2011, mientras que en India se incrementó de 6,2 a 12.0 kg (DIEES, 2016).

Si bien no se tienen registros sobre el consumo per cápita en Bolivia, en los últimos años se percibió una mayor demanda del producto en fresco, probablemente por el ascenso de la densidad poblacional.

Durante la década reciente, el comercio internacional de tomate rojo mantiene tendencia al alza. El volumen de las exportaciones mundiales creció a una tasa promedio anual de 4,5 % entre 2004 y 2014. En este rubro destacan México y Holanda, que participaron en 2014 con 19,7 y 14,5 % del volumen mundial exportado, respectivamente. Las exportaciones de estos países crecieron a tasa anuales de 5,4 y 3,2 % durante ese período (DIEES, 2016).

Siendo la producción baja del tomate en Bolivia, las exportaciones de este producto son casi nulas, la producción del país tiene su destino en el mercado local, siendo los principales mercados los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz.

En 2014, el 52,7 % del volumen mundial importado se concentró en cuatro países: Estados Unidos (22,1 %), Federación Rusa (12,1 %), Alemania (10,6 %) y Francia (7,9 %). El volumen de compras en el exterior del principal importador creció a una tasa promedio anual de 5,2 entre 2004 y 2014, mientras que las importaciones de la Federación Rusa lo hicieron a una tasa promedio anual de 11,3 % (DIEES, 2016).

En un informe extraído del INE (Instituto Nacional de Estadística), del año 2000 al 2016 hubo un aumento sustancial en las importaciones, de 2.000 toneladas a 12.000 toneladas, esto debido a una mayor demanda y la migración de los agricultores a las principales urbes (Filomeno, 2016).

2.1.3. Taxonomía del Tomate

Reino: Vegetal

Phylum: Telemophytae

División: Tracheophytae

Sub división: Anthophyta

Clase: Angiospermae

Sub clase: Dicotyledoneae

Grado Evolutivo: Metachlamydeae

Grupo de Ordenes: Tetraciclicos

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Nombre científico: *Lycopersicon esculentum* Mill o *Solanum lycopersicum* L.

Nombre común: Tomate

Fuente: (Herbario Universitario, 2020)

2.1.4. Hábito de crecimiento del tomate

2.1.4.1. Plantas de crecimiento determinado

Son plantas cuyos tallos, principal y lateral detienen su crecimiento después de un determinado número de inflorescencias, según la variedad. Son de porte bajo y compacto y producen frutos durante un periodo relativamente corto. Su crecimiento se detiene después de la aparición de varios racimos de flor con la formación de un último racimo apical. La cosecha puede realizarse de una a tres veces durante el ciclo de cultivo (López, 2016).

2.1.4.2. Plantas de crecimiento indeterminado

Son plantas cuyos tallos, principal y lateral crecen en un patrón continuo, siendo la yema terminal del tallo la que desarrolla el siguiente tallo. La floración, la fructificación y la cosecha se extienden por periodos muy largos, por lo que son usualmente cultivadas en invernaderos o casas sombra con tutoreo. Poseen condiciones adecuadas para un crecimiento continuo, dado que forman hojas y flores de manera ilimitada. La aparición de flores en los racimos y su grado de desarrollo son escalonados: las primeras flores del racimo pueden estar totalmente abiertas, mientras que las últimas aún no se abren. En Costa Rica son utilizadas en plantaciones a campo abierto para disponer de cosecha durante un periodo de tres a cuatro meses (López, 2016).

2.1.4.3. Plantas de crecimiento semideterminado

Se caracterizan por la interrupción del crecimiento de sus tallos después de un determinado número de inflorescencias, usualmente en una etapa muy avanzada del ciclo del cultivo (Haifa Chemicals, 2014; Citado por López, 2016).

2.1.5. Descripción morfológica

El tomate pertenece a la familia Solanaceae. Es una planta dicotiledónea (Cestoni *et al.*, 2006). Es herbácea perenne, que se cultiva en forma anual para el consumo de sus frutos (Semillaria, 2015).

2.1.5.1. Sistema radicular

Ayuda a la planta a anclarse al suelo o al sustrato, absorbe y transporta nutrientes y agua a la parte superior de la planta. Está constituido por la raíz principal y las raíces secundarias y adventicias; estas últimas son numerosas y potentes y no superan los 30 cm de profundidad (Monardes, 2009; Citado por López, 2016).

El interior de la raíz presenta tres partes: epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (Infoagro Systems S.L., 2016).

2.1.5.2. Tallo

Es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 cm de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (Monardes, 2009; Citado por López, 2016).

Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (Escobar & Lee, 2009; Citados por López, 2016).

2.1.5.3. Hoja

Es pinnada y compuesta. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos, opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo y la posición de las hojas en el tallo puede ser semierecta, horizontal o inclinada (Monardes, 2009; Citado por López, 2016).

2.1.5.4. Flor

Es perfecta y regular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos (Infoagro Systems S.L., 2016).

Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, en grupos de tres a diez en variedades comerciales de tomate medianas y grandes. Las inflorescencias se ubican en las axilas, cada dos o tres hojas (INTA, 2014). Es normal que se forme la primera flor en la yema apical, mientras que las demás aparecen en posición lateral y por debajo de la primera, siempre colocándose alrededor del eje principal, siendo el pedicelo el que une la flor al eje floral (Infoagro Systems S.L., 2016).

2.1.5.5. Fruto

Es una baya bilocular o plurilocular, subesférica globosa o alargada, que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. El fruto está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas. En estado inmaduro es verde y, cuando madura, es rojo. Existen cultivares de tomate con frutos de color amarillo, rosado, morado, naranja y verde, entre otros (EDIFORM, 2006; Citado por López, 2016).

El fruto contiene las semillas, que tienen un tamaño promedio de 5 x 4 x 2 mm. Son ovoides, comprimidas, lisas o muy velludas, parduzcas y están embebidas en una abundante masa mucilaginosa. Cada semilla está compuesta por el embrión, el endospermo y la cubierta seminal (Díaz & Hernández, 2003; Citados por López, 2016).

2.1.6. Etapas Fenológicas del tomate

La fenología está determinada por la variedad y las condiciones climatológicas de la zona donde se establece el cultivo. Las etapas se pueden dividir en cinco periodos según (Haifa Chemicals, 2014; Citado por López, 2016).

- **Establecimiento de la planta joven.** Constituye el periodo de formación inicial de las partes aéreas de la planta, conocido como desarrollo del semillero.
- **Crecimiento vegetativo.** Comprende los primeros cuarenta a cuarenta y cinco días desde la siembra de la semilla, después de los cuales las plantas comienzan su desarrollo continuo. A esta etapa le siguen cuatro semanas de crecimiento rápido.
- **Floración e inicio del cuaje de la fruta.** Este periodo se extiende desde el inicio de la floración luego del trasplante hasta la finalización del ciclo de crecimiento de la planta. El cuaje tiene lugar cuando la flor es fecundada y empieza el proceso de su transformación en fruto.
- **Inicio del desarrollo de la fruta.** El cuaje de la fruta ocurre luego de la polinización, que tiene lugar por medio del viento y las abejas. En esta etapa, una vez iniciado su crecimiento, la fruta no suele caerse y no presenta rastros de la flor. El crecimiento de la fruta y la acumulación de materia seca presentan un ritmo relativamente estable, hasta llegar a dos o tres grados de maduración.
- **Maduración de la fruta.** Por lo general la maduración ocurre aproximadamente ochenta días después del trasplante, dependiendo del cultivar, la nutrición y las condiciones climáticas. Luego, la cosecha continúa hasta llegar de los 180 a 210 días después del trasplante.

2.1.7. Condiciones agroecológicas del cultivo

2.1.7.1. Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen la fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. Las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C (Díaz 2007; Citado por López, 2016).

Temperaturas diurnas inferiores a 12-15 °C pueden originar problemas en el desarrollo de la planta, mientras que temperaturas diurnas superiores a 30 °C e inferiores a 12 °C afectan la fecundación (Díaz, C 2007; Citado por López, 2016).

2.1.7.2. Humedad relativa

La humedad relativa (HR) óptima, que 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 superior al 80 % favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral. Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuir la absorción del 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).

2.1.7.3. Luminosidad

Cuando la luminosidad es reducida, ello puede afectar en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, nocturna y la luminosidad es fundamental (Infoagro Systems S.L., 2016). Por tal motivo se recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente (INTA, 2014).

2.1.7.4. Altitud

En el ámbito mundial las zonas donde más se ha adaptado esta especie son las de clima templado, ubicadas entre 1000 y 2000 m s. n. m. en ambientes protegidos. En la actualidad se encuentran cultivares adaptados a rangos de altitudes más amplios (Vallejo, 1999; Citado por López, 2016)

2.1.7.5. Suelo

El cultivo de tomate no es muy exigente en términos de suelo, excepto en lo que respecta al drenaje; no obstante, se obtienen mejores resultados en suelos profundos (de 1 m o más de profundidad), de texturas medias, permeables y sin impedimentos físicos en su perfil (Infoagro Systems S.L. 2016).

2.1.7.6. Incidencia del Viento en el Tomate

los vientos fuertes, dañan considerablemente la planta, reduciendo las producciones y, si los vientos son secos y calientes, producen la abscisión de las flores con resultados negativos para el cultivo (Rodríguez *et al.* 1989; Citados por Condori 2009).

2.2. Variedades

2.2.1. Concepto de Variedad

Es un grupo de individuos que, dentro de la misma especie difieren de modo permanente en uno o más caracteres del tipo de la especie, el carácter diferencial se transmite a través de la semilla botánica. Esta categoría tiene gran significación agrícola porque es la de mayor uso (Morales *et al.* 1991; Citados por Condori 2009).

2.2.2. Concepto de Híbrido

En genética, híbrido es sinónimo de cruzamiento, o sea es la reproducción de individuos de distinto patrimonio hereditario (Concellón 1987; Citado por Condori 2009).

2.2.3. Vigor Híbrido

La variabilidad fenotípica en la generación híbrida es generalmente mucho menor que la mostrada por las líneas progenitoras consanguíneas. Esto indica que los heterocigotos son menos susceptibles a las influencias ambientales que los homocigotos (Brouwer 1981; Citado por Condori 2009).

Una guía aproximada para el cálculo de los efectos de la heterosis se obtiene observando el exceso promedio del vigor que muestran los híbridos de F1 sobre el punto medio entre las líneas progenitoras emparentadas. Finalmente, la heterosis mostrada por una población F2 por lo regular es la mitad de la manifestada por los híbridos F1 (Brouwer 1981; Citado por Condori (2009).

2.2.4. Ventajas de las Variedades Híbridas

Las ventajas de las variedades híbridas son las siguientes: según (Bravo 1992; Citado por Condori 2009):

- El aumento del rendimiento como resultado de una mayor eficiencia fisiológica.
- Desarrollo de variedades mejor adaptadas a áreas agrícolas nuevas y a condiciones ecológicas diferentes.
- Mejores características agronómicas de las plantas. Algunas características indeseables se pueden mejorar, por ejemplo, la susceptibilidad al volcamiento, la altura excesiva, etc.
- Mejor calidad, dirigido a satisfacer los requerimientos de los consumidores.
- Obtención de resistencia a plagas y enfermedades de las plantas. Aunque estas características no aparecen siempre en una determinada variedad.

Además de las ventajas citadas, considera que una variedad también debe tener una aptitud para la industria, resistencia a la salinidad del agua, resistencia al transporte y otros factores adversos (Rodríguez *et. al.* 1989).

2.2.5. Híbrido Nativo F1

Nativo F1, es un tomate saladette determinado de la empresa. Formato ideal con peso promedio de 150 g.

Es un tomate ideal para el mercado fresco con una fruta de formato alargado y muy firme. Color rojo muy parejo y sin hombro verde. Planta de vigor medio que cubre bien la fruta evitando el quemado.

Ha demostrado un comportamiento excelente a campo en cultivos rastreros o conducidos. Tiene resistencia y/o tolerancia al *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum*, Nemátodos (*Meloidogyne spp*) y Peste negra (TSWV, *Tomato spotted wilt virus*) que lo hacen una planta sana (Harris Moran, 2018).

2.3. Manejo del Cultivo

2.3.1. Preparación del terreno

La preparación del suelo debe hacerse como mínimo con un mes de anticipación. Para tener una buena preparación del terreno y tener un suelo bien aireado, se deben realizar los siguientes laboreos: según (Villarroel *et al*, s/f).

- **Subsolado.** Se debe realizar con el fin de romper la compactación del pie de arado, de tal forma que las plantas de tomate puedan tener mayor desarrollo de raíces y un buen drenaje.
- **Arada y rastreada.** Se debe realizar una arada y rastreada con el fin de eliminar malezas y rastrojos del cultivo anterior.

2.3.2. Almacigueras

Las almacigueras son las áreas donde se germinan las semillas y se propicia un buen desarrollo inicial hasta el momento del trasplante. En esta fase inicial los cuidados deben ser intensivos, con un monitoreo constante de la temperatura, la humedad, la insolación, etc.

Los sustratos que se utilizan son materiales selectos, muy bien desinfectados, con una buena textura y un contenido de materia orgánica relativamente elevado; sin embargo, con el avance de la tecnología, se diseñaron materiales fáciles de utilizar como las bandejas germinadoras que contienen como sustrato, turba, perlita, fibra de coco u otros materiales, muy bien desinfectados (CNPSH 1998; Citado por Condori 2009).

2.3.3. Trasplante

Las plantas de tipo determinado, se realiza alrededor de los 45 días después de la siembra o cuando las plántulas alcanzan un tamaño de 12 a 15 cm con 5 o 6 hojas verdaderas. Las plántulas se disponen en el campo en una densidad de 33.300 plantas/Ha, lo que equivale plantar una distancia de 60 cm entresurcos y 50 cm entre plantas. Para las plantas de tipo indeterminado, se utilizan una distancia de 70 cm entre surcos y 50 cm entre plantas debido a que se siembra en camellones por el tipo de tutorado que se usa. El trasplante se realiza a raíz desnuda, se coloca dos plantas por hueco e inmediatamente se realiza un riego suave (CNPSH 1998; Citado por Condori 2009).

Si el tiempo es excesivamente calurosa la plantación se hará en las últimas horas de la tarde, cuando el sol va declinando o por el contrario esta tarea se realizará a primeras horas del día siguiente (Condori 2009; Alsina 1979).

2.3.4. Densidades de Trasplante

Villarroel *et al*, (s/f), menciona que la cantidad de plantas por hectárea es un factor muy importante, para determinar la sanidad de la planta y un buen tamaño del fruto. La distancia entre surcos y entre plantas que se recomienda es de 1 a 1,5 metros entre líneas o surcos y de 0,3 a 0,5 metros entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantas por hectárea.

2.3.5. Poda

La poda es una práctica que sirve para equilibrar la relación entre la vegetación y la fructificación de la misma planta. Es recomendable realizar como practica cultural, tanto de brotes laterales como de hojas bajas, especialmente en los cultivares de crecimiento indeterminado y de excesivo desarrollo foliar, ya que ayuda a mejorar la aireación y evita una mayor incidencia de enfermedades foliares e insectos chupadores (Villarroel *et al*, s/f).

La poda consiste básicamente en la eliminación de los pequeños brotes en uniones del tallo con las hojas, con el fin de mantener 1, 2 ó 3 tallos. Los objetivos de la poda son: según (Villarroel *et al*, s/f):

- Formar, acomodar y facilitar el guiado y amarre al sistema de tutoraje.
- Regular y dirigir adecuadamente el desarrollo de la planta.
- Lograr mayor eficiencia en el control de las plagas.
- Obtener mayores rendimientos, tanto en calidad como en tamaño.

2.3.6. Plagas

2.3.6.1. Pulgón saltador o psilido del tomate

(*Bactericera cockerelli* Sulc.) (Hemiptera: *psyllidae*). Insecto succionador de savia y transmisor de fitoplasmas, causa la enfermedad conocida como “permanente” en chile, jitomate y tomate de cáscara, así como “punta morada” en papa (CESAVEG, s/f).

2.3.6.2 Mosquita Blanca

Trialeurodes vaporariorum (Westwood), *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). La importancia de esta plaga se debe a la gran capacidad de reproducción, en un corto periodo alcanza poblaciones de más de mil adultos por planta. Ocasiona debilitamiento, amarillamiento, moteado y contaminación de hojas y frutos por la excreción de mielecilla (CESAVEG, s/f).

2.3.6.3 Trips

(*Thrips tabaci* Linderman y *Frankliniella occidentalis* Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). Provocan daño directo al alimentarse ya que raspan la superficie de las hojas lo que ocasiona que la planta no realice adecuadamente la fotosíntesis, se deshidrate y puedan entrar enfermedades. Transmite virus como la “Marchitez Manchada del Tomate” e “Inpatiens Necrotic Spot Virus” (TSWV e INSV). En jitomate bajo invernadero y en campo abierto han causado pérdidas de hasta un 30% de rendimiento (CESAVEG, s/f).

2.3.6.4. Pulgones

Myzus persicae (Sulzer), *Aphis gossypii* Glover. Ocasionalmente ocasionan daños directos al succionar la savia provocando debilitamiento, pérdida de vigor, amarillamiento y deformaciones, excretan mielecilla la cual cubre las hojas ocasionando la atracción de moscas y hormigas, así como del hongo *Capnodium* sp (fumagina) que reduce la fotosíntesis y calidad de frutos. De manera indirecta transmiten el virus del mosaico de la alfalfa (AMV), el virus del ápice amarillo del tomate (TYTV) y el virus del mosaico del pepino (CMV) (CESAVEG, s/f).

2.3.6.5. Araña roja

Tetranychus urticae Koch (Acariformes: Tetranychidae). Esta plaga presenta cuatro pares de patas, ataca más de 150 especies cultivadas. Miden de 0,5 a 0,6 mm de forma oval y de color blanquecino a rojizo. Los huevecillos son redondos casi transparentes y amarillentos tardan de 2 a 4 días en eclosionar. Las ninfas (protoninfa y deutoninfa) son parecidas a los adultos, pero más pequeñas y de color blanco transparente. Ocasionalmente ocasionan severos daños y cubren con telaraña al cultivo de tomate, sobre todo en época seca y con alta temperatura (CESAVEG, s/f).

2.3.6.6. Gusano soldado

Spodoptera exigua (Hübner) (Lepidoptera: noctuidae). Se alimentan durante la noche devorando hojas y brotes tiernos y frutos. Provocan daños fuertes en las primeras etapas de desarrollo ya que en los primeros instares se comportan como gregarias, por lo cual ocasionan daños severos a partir de donde eclosionan y posteriormente se van eliminando unas a otras por el comportamiento de canibalismo (CESAVEG, s/f).

2.3.6.7. Gusano del fruto

Heliothis zea (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). Ataca jitomate, chile, tomate, lechuga, fresa y otras hortalizas. En tomate las larvas se alimentan en sus primeros estadios de follaje tierno del cultivo y conforme se van desarrollando llegan a dañar los frutos en formación (CESAVEG, s/f).

2.3.6.8. Minador de la hoja

Liriomyza sp (Diptera: Agromyzidae). Las larvas perforan la lámina foliar y durante el proceso de la alimentación van formando galerías en forma de serpentinadas, que bajo altas poblaciones y sin medidas de control llegan a secar gran parte o en algunos casos la totalidad de la lámina foliar lo cual puede provocar una defoliación parcial o total del cultivo, agravado por la presencia de hongos y bacterias que entran por medio de las galerías (CESAVEG, s/f).

2.3.6.9. Nemátodo agallador

Meloidogyne spp. (Nemata: Heteroderidae). Los nematodos producen heridas en las raíces de jitomate por las cuales penetran fácilmente algunos de los hongos que las atacan principalmente *Fusarium*, además las hembras una vez dentro de las raíces forman agallas lo que impide la conducción normal de agua y nutrientes de la raíz al resto de planta, ocasionan síntomas aéreos como amarillamiento del follaje, plantas de menor altura, marchitez durante períodos de altas temperaturas y escaso follaje, frutos pequeños y de baja calidad (CESAVEG, s/f).

2.3.7. Enfermedades

2.3.7.1. Damping off

(*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp). Esta enfermedad es muy común atacando plántulas de jitomate desde el vivero y primeras etapas de desarrollo en campo e invernadero. Los síntomas de esta enfermedad empiezan como plantas aisladas que después se extienden en manchones, las plántulas se entristecen como si fuera falta de agua, pero al hacer una inspección minuciosa encontramos tanto en la zona radicular como en el cuello al ras del suelo una pudrición acuosa y en algunos casos se puede observar el crecimiento de micelio del hongo (CESAVEG, s/f).

2.3.7.2. Marchitez por *Verticillium*

(*Verticillium dahliae* kleb, *V. albo-atrum* Reinke & Berthold)). Ataca los haces vasculares y provoca marchitez, pero la diferencia es que al hacer un corte el anillo es

de color gris, en las hojas se forma un halo amarillo en forma de “V” y se presenta en condiciones más templadas, además de formas pequeños esclerocios (CESAVEG, s/f).

2.3.7.3. Moho gris

Botryotinia fuckeliana (De Bary) Whetzel (= *Botrytis cinerea* Pers.). Este hongo infecta en cualquier etapa de desarrollo, inclusive durante el transporte y almacenamiento del fruto. Presenta gran capacidad de dispersión. Los daños pueden ser totales, considerada como una de las enfermedades importantes en invernadero (CESAVEG, s/f).

2.3.7.4. Tizón tardío

Phytophthora infestans (Mont.) De Bary. Esta enfermedad ataca todos los tejidos aéreos de la planta, el síntoma típico en las hojas es la aparición de manchas irregulares de tamaño variable, son de color verde oscuro con los márgenes pálidos los cuales con alta humedad desarrollan esporulación blanquecina, después se vuelven de color café y pueden invadir toda la lámina foliar haciendo que el peciolo se doble hacia abajo, los frutos dañados presentan grandes manchas color café rojizo (CESAVEG, s/f).

2.3.7.5. Tizón temprano

Alternaria solani Simmons, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler. Los primeros síntomas de la enfermedad se presentan en las hojas más viejas del cultivo en forma de lesiones irregulares de color café oscuro, en cuyo interior se forman anillos concéntricos que se rodean de un halo amarillo como consecuencia de la reacción del tejido sano a una toxina liberada por el desarrollo del hongo, al avanzar el proceso infectivo se forman puntos negros abultados que corresponden a la fructificación del hongo. También ataca flores, frutos, plántulas y en la parte basal de los tallos (CESAVEG, s/f).

2.3.7.6. Cáncer bacteriano del tomate

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* (Smith) Davis *et al.* Principal enfermedad en tomate bajo invernadero. Sobrevive en residuos de cosecha, suelo, fruto, estructuras y accesorios. En frutos presenta puntos hundidos de color café a negro con

un halo, por lo cual es llamado “Ojo de Pájaro”. Las plantas infectadas muestran clorosis, amarillamiento y presencia de canchales en tallos, posteriormente éstas se marchitan. En hojas presentan manchas acuosas de color verde olivo entre las venas que a medida que avanza necrosa o seca la planta en un período de 2 a 4 semanas (CESAVEG, s/f).

2.3.8. Control de malezas

Las malezas, también llamadas arvenses, son todas aquellas plantas que en un momento dado dificultan o interfieren de una u otra forma en el crecimiento de un cultivo (Escobar & Lee, 2009).

Se asegura que en el cultivo del tomate al igual que en todos los cultivos las malezas tienen dos efectos diferentes: 1) competir en la toma de agua, nutrientes y luz, y 2) ser hospederas alternativas de hongos y plagas que pueden afectar al cultivo (Escobar & Lee 2009).

En la toma de agua, la interferencia no suele ser muy importante si el agua es un recurso abundante. Pero si no lo es, como en muchas partes, la competencia puede ser importante, especialmente por aquellas malezas que poseen sistemas radiculares más desarrollados que los del tomate (Escobar & Lee, 2009).

Con respecto a los nutrientes, si el suelo está bien fertilizado con nitrógeno, fósforo y potasio, la competencia se produce principalmente por elementos secundarios y micronutrientes (Escobar & Lee, 2009).

La competencia por luz se origina más tardíamente y es más severa en malezas con gran desarrollo foliar. El grado de interferencia está condicionado principalmente por el estado de desarrollo de la planta de tomate, siendo mayor entre la germinación y las primeras semanas del trasplante definitivo (Escobar & Lee, 2009).

2.3.9. Riego

Básicamente, la cantidad de agua que necesita un cultivo de tomates dependerá de la capacidad del suelo para retenerla, de la cantidad de precipitación y de la tasa de evapotranspiración del huerto (INIA, 2013).

En cuanto a la capacidad de retención del suelo, para evaluar la cantidad de agua aprovechable para las plantas, interesa conocer la fracción de agua que está entre capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

La evapotranspiración del cultivo (ET) estará determinada por factores propios del clima de la zona y por aspectos específicos relacionados con la variedad, período fenológico, densidad de plantación y manejo del cultivo (INIA, 2013).

Según Condori (2009), investigaciones realizadas en Cuba demuestra que las plantas extraen cerca del 70% de sus necesidades hídricas en la capa del suelo de 0-30 cm.

El tomate es extremadamente sensible al estrés hídrico. Independiente del tipo de riego que se utilice, la calidad y el rendimiento del cultivo se verán afectados si la oportunidad de riego se retrasa o si la humedad en el suelo cae a valores muy bajos. El efecto más evidente del estrés hídrico será la reducción del número y tamaño de frutos, aunque con un aumento en los sólidos solubles del fruto, se registrará una reducción notoria en la calidad del producto que dificultará su comercialización (INIA, 2013).

Se ha demostrado que, en presencia de virus, el estrés hídrico puede agravar la condición del cultivo. En riego por surcos, para evitar el detrimento fisiológico de las plantas de tomate por falta de agua fácilmente disponible, el riego se efectúa cuando se ha agotado cerca del 30% del agua aprovechable. En riego localizado en cambio, se recomienda el uso de riego frecuente (agotamiento del 10 a 20% del agua aprovechable en el suelo), evitando la saturación del suelo que puede gatillar el ataque de patógenos que afecten al cuello de la planta (INIA, 2013).

2.3.10. Cosecha

La cosecha se realiza generalmente de forma manual, teniendo en cuenta el gardo de madurez dependiendo del tipo de mercado y el tiempo de transporte hasta el mismo (Cerdas y Montero 2002). El grado de madurez de la fruta y cosecha se determina mediante una escala de madurez de la fruta que contiene seis grados: según (FAO 2007; Citados por López 2016):

- **Grado 1 (Sazón).** Superficie de la fruta verde 100 %, con cambio del tono y con estrella beige en el ápice floral.
- **Grado 2 (Sazón avanzado).** Hay cambio de color hasta de un 10 % (rosado o amarillo).
- **Grado 3 (Pintón inicial).** Desarrollo de color amarillo, rosado o rojo superior al 10 % pero inferior al 30 %.
- **Grado 4 (Pintón medio).** Desarrollo de color amarillo, rosado o rojo superior al 30 % pero inferior al 60 %.
- **Grado 5 (Pintón).** Desarrollo de color rosado o rojo superior al 60 % pero inferior al 90 %.
- **Grado 6 (Maduro firme).** Desarrollo de color rojo en más del 90 %, aunque se mantiene firme.

2.4. FERTILIZACIÓN

La fertilización se realizó en base al análisis de suelo que se realizará en laboratorio, tomando en cuenta la cantidad de nutrientes que se requiere en el cultivo del tomate.

2.4.1 Tabla 2 Requerimiento del cultivo del tomate

NUTRIENTE	KG DE NUTRIENTE/ TON DE FRUTA
N	2,6
P	0,5
K	3,9

Fuente: (INIA, 2017)

2.4.2. Fertilización inorgánica

La aplicación de fertilizantes químicos al suelo, se realiza con la finalidad de suplir los elementos nutritivos extraídos por las plantas cultivadas. Por ello la actividad agrícola actual está en la búsqueda de alternativas orientadas al uso sostenido y racional de los recursos. El empleo de fertilizantes químicos de una manera racional evita la contaminación del ambiente.

Las formulaciones son variadas siendo las más conocidas: la urea, el fosfato diamónico, el triple 15, el triple 20, etc. Estos elementos son fácilmente absorbibles por las plantas por lo que el efecto en su nutrición es rápidamente perceptible; sin embargo, poseen ciertas desventajas, como la disminución de los microorganismos, la acidez del suelo y la pérdida de su estructura.

2.4.3. Fertilización orgánica

La materia orgánica influye sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. De tal forma incorporar materia orgánica al suelo, acelera e intensifica la actividad de los microorganismos que van a actuar en numerosos procesos de descomposición y síntesis en el suelo (Chilón 1997; Citado por Condori 2009).

El uso de estiércol tiene un gran valor en la agricultura, debido a que aumenta la productividad del terreno, mejorando aspectos: según (Rodríguez *et al.* 1989; Citado por Condori 2009).

- La estructura del suelo.
- La asimilación de nutrientes por la planta es mayor.
- Aumenta la permeabilidad de la capacidad de retención de agua y una disminución de cohesión.
- La absorción, transporte de solutos y síntesis de sustancias orgánicas son estimulados.
- Carencia de enfermedades en las plantas en suelos bien provistos de materia orgánica.

2.4.3.1. Estiércoles de animales

El estiércol uno de los ingredientes más importantes en la mayoría de los abonos orgánicos, entre ellos el bocashi. Estos dependiendo de su procedencia, poseen diversos nutrientes y por lo general tienen altos contenidos de nitrógeno, entre ellos se encuentran los producidos por la ganadería, la avicultura, la porcicultura, cunicultura, capricultura y la ovinicultura (boñiga, gallinaza, cerdaza, ovejaza, conejaza y cabraza) entre otros. Estos variarán con la especie animal, manejo y si procede de ganado estabulado o bien si se recoge en el campo o proviene solo de los momentos en que los animales permanecen en los corrales o la lechería (INTA, 2016).

2.4.3.3. Bocashi

El Bocashi es un compost japonés muy antiguo, que en el idioma japonés significa materia orgánica fermentada. Con este abono se proporciona al suelo microorganismos, minerales y materia orgánica, esenciales para tener un suelo de calidad.

La Azola nativa de Bolivia, produce rápidamente un fertilizante orgánico de alta calidad en forma bocashi. Pudiendo obtenerse en una semana, mezclando 10 bolsas grandes de Azola fresca con 3 bolsas grandes de estiércol (de cabra u oveja) y 1 bolsa grande de tierra orgánica, algo de polvo de hornear y residuos de azúcar (con un poco de agua) crea un abono excelente que es inmediatamente listo para usar (THE AZOLLA FOUNDATION 2017).

2.4.3.3.1. Azola (*Azolla filiculoides*)

Es un pequeño helecho nativo de América que se ha diseminado ampliamente a través del mundo por una variedad de mecanismos, de los cuales el hombre se ha convertido en el más significativo (Lumpkin y Plucknett, 1982; Citados por THE AZOLLA FOUNDATION, 2017).

En sistemas de agua eutróficos, *A. filiculoides* crece rápidamente, superando fácilmente la vegetación autóctona. La descomposición de la raíz y la hoja debajo de *A. filiculoides*, junto con la falta de penetración de la luz, crean un ambiente anaeróbico

que puede reducir la calidad del agua potable y hacer que la supervivencia de otros organismos en el agua sea imposible (THE AZOLLA FOUNDATION, 2017).

Durante los últimos años, se ha utilizado Azola en una variedad de formas en la región de Tarija, en el sur de Bolivia, donde *A. filiculoides* es nativa. Este potencial es posible gracias al rápido crecimiento de Azola, ya que se alcanzó una alta tasa de producción de Azola (más de 300 gramos / metro cuadrado / día de materia fresca), con la Azola resultante que contiene aproximadamente el 25% de proteínas (THE AZOLLA FOUNDATION, 2017).

Además de los usos tradicionales de Azola como alimento para el ganado (forraje) y fertilizante orgánico, se implementó una variedad de programas que mejoraron significativamente el desarrollo rural y las prácticas agrícolas en la región de Tarija en el sur de Bolivia (THE AZOLLA FOUNDATION, 2017).

Estos se mencionan a continuación: mitigación de la erosión, purificación del agua, reducción de la evaporación del agua, conservación del agua y otros.

La Azola posee múltiples usos: según (THE AZOLLA FOUNDATION 2017).

- Un mantillo grueso de Azola mantiene la humedad del suelo durante 2 o 3 semanas más que los suelos que no tienen el mantillo. Esto podría tener un impacto positivo significativo para los proyectos de reforestación.
- La Azola se puede usar como 'herbicida mecánico' colocando capas gruesas de Azola fresca entre las filas de vegetales. Esto evita que las malas hierbas germinen y crezcan.
- La Azola evita la depredación de peces de agua dulce por parte de algunas aves, que temen zambullirse en estanques parcialmente cubiertos con Azola. Esto aumenta la producción de pescado.
- En lugares secos donde es importante reducir la velocidad de secado del concreto húmedo, una capa de Azola aplicada como mantillo impide que el

concreto se seque demasiado rápido. Esto ayuda al concreto a fraguar sin la necesidad de mojarlo continuamente.

- La Azola seca se puede usar como fuente de energía, biogás o combustible.
- La Azola seca se puede usar como bloques de construcción para edificios pequeños.
- Azola se puede utilizar como sustrato para la producción de pequeñas cantidades de hongos comestibles.

2.4.3.3.1.1. Taxonomía de la azola

Reino: Vegetal.

Phylum: Telemophytae.

División: Tracheophytae.

Subdivisión: Pteropsidas.

Clase: Filicopsida.

Orden: Hydropteridales – Salviniales.

Familia: Azollaceae.

Nombre común: Azola.

Fuente: (Herbario Universitario, 2020)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Localización

La presente investigación se realizó en la Comunidad de “San Mateo”, ubicado en la provincia Cercado del Departamento de Tarija, situada al Noreste en la periferia de la ciudad Capital Tarija. En este sitio se ejecutaron los diversos trabajos que implica el proceso de producción de tomate para la evaluación correspondiente, ya mencionada en los objetivos.

Geográficamente se encuentra situada en los paralelos a 21° 28’ Latitud Sud y de 64° 44’ Longitud Oeste a una altura de 1.900 m.s.n.m.

3.1.2. Suelos

Los suelos de esta región son medianamente desarrollados y moderadamente profundos, de origen aluvial en las riberas del río Guadalquivir, con una ligera pendiente no superando el 5 %, con gran aptitud para los cultivos hortícolas. Susceptibles a la erosión eólica y por la acción de la lluvia debido a que los sistemas de cultivo de la región, mantienen descubiertos los suelos una buena parte del año.

3.1.3. Clima

El clima predominante en el Valle Central de Tarija es semiárido, y la localidad de San Mateo presenta las mismas condiciones. Las precipitaciones anuales no superan los 650 mm con los meses más lluviosos entre noviembre y marzo, la temperatura media varia cercano a los 17 °C, con temperaturas mínimas de 3 °C entre los meses más fríos mayo a agosto y temperaturas máximas bordeando los 27 °C en los meses más cálidos que van desde octubre a marzo (SENAMHI, 2016).

La humedad relativa media del 70 % con los meses más secos entre julio a septiembre con una humedad de 63 % aproximadamente y los meses más húmedos entre enero a

abril con una humedad cercana al 80 %. La insolación diaria no supera las 11,6 horas, con los días de mayor insolación en los meses invernales (SENAMHI, 2016).

3.1.4. Vegetación

Cultivos hortícolas: Papa (*Solanum tuberosum* L.), cebolla (*Allium cepa* L.), tomate (*Solanum esculentum* L.), zanahoria (*Daucus carota*), lechuga (*Lactuca sativa* L.), etc.

Cultivos de Cereales: Maíz (*Zea mays* L.), avena (*Avena sativa* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.).

Frutales. Duraznero (*Prunus pérsica* (L.) Batsch), higuera (*Ficus carica* L.) y membrillero (*Cydonia oblonga* Mill.).

Cultivos forrajeros: Alfalfa (*Medicago sativa* L.), avena forrajera (*Avena sativa* L.) y maíz forrajero (*Zea mays* L.).

Especies arbóreas: Churqui (*Acacia caven* Mol.), molle (*Schinus molle* L), algarrobo (*Prosopis* sp.), sauce (*Salix* sp.), coníferas (*Pinus* sp. y *Cupressus* sp.), eucaliptos (*Eucalyptus* sp.), álamo (*Populus* sp.) y chañar (*Geophroea decorticans* (Gill.ex)).

Malezas más conocidas: Cebollín (*Cyperus* sp.), trébol (*Trifolium* sp.), campanita (*Ipomoea* sp.) y verdolaga (*Portulaca* sp.).

3.1.5. Características económicas de la zona

En la localidad de San Mateo la economía está basada en la agricultura, principalmente cultivos hortícolas, como la cebolla, zanahoria, tomate, lechuga; cereales como el maíz y algunos frutales, como el durazno e higos. Todas estas áreas cuentan con riego mediante canales, lo que facilita grandemente la producción de una variedad de cultivos.

Por otro lado, existen pequeñas industrias y algunos pequeños negocios, esto porque esta localidad se encuentra en una zona periurbana; también existen viveros y escasas granjas avícolas que generan empleos para los habitantes de esta región.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Material vegetal

- **Tomate Híbrido Nativo.** Se proveyó la semilla de una semillera local de la empresa Harris Moran. Es un tomate ideal para el mercado en fresco con una fruta de formato alargado y muy firme. Color rojo muy parejo y sin hombro verde. Planta de vigor medio que cubre bien la fruta evitando el quemado. Ha demostrado un comportamiento excelente a campo abierto, en cultivos rastreros o conducidos. Tiene resistencia y/o tolerancia al *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum*, Nemátodos (*Meloidogyne spp*) y Peste negra (TSWV, *Tomato spotted wilt virus*) que lo hacen una planta sana.

3.2.2. Materiales de campo

- Bandejas germinadoras.
- Pala.
- Azadón.
- Rastrillo.
- Wincha.
- Tractor.
- Arado disco.
- Mochila pulverizadora.
- Estacas.
- Balanza de precisión.
- Vernier.
- Cámara fotográfica.
- Carteles.

3.2.3. Insumos

- Azola (*Azolla filiculoides*).
- Estiércol caprino.
- Tierra vegetal.
- Ceniza.
- Chancaca.
- Levadura.
- Fosfato diamónico.
- Kumulus DF (faja verde).
- Microthiol (faja verde).
- Acrobat MZ (faja azul).
- Curathane (faja verde).
- Lorsban 15 G (faja azul).
- Fighter plus (faja azul).
- Actara (faja verde).

3.2.4. Materiales de gabinete

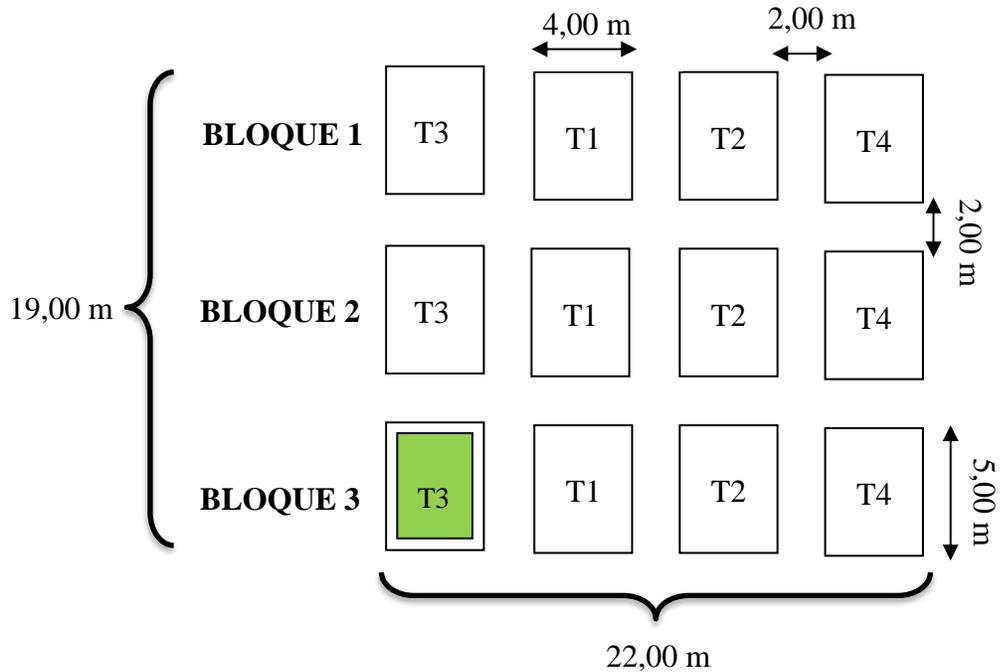
- Ordenador.
- Calculadora.
- Libreta de campo.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Diseño experimental

Se aplicó el diseño experimental de Bloques al Azar, con un Arreglo Factorial 2*2 (2 niveles de fertilización * 2 densidades de plantación), generándose cuatro tratamientos, con tres réplicas para obtener 12 unidades de experimento; cada unidad experimental estará emplazada en una superficie de 20m² (4 X 5) y una separación de 2m entre las mismas.

3.3.2. Diseño de campo



3.3.3. Descripción de los tratamientos

Tratamiento 1 (F0 D1). Constituido por una fertilización Testigo (Fertilización convencional), con una densidad de plantación de 20.000 plantas/Ha (1m surco a surco, 0,50m planta a planta).

Tratamiento 2 (F0 D2). Constituido por una fertilización Testigo (fertilización convencional), con una densidad de plantación de 25.000 plantas/Ha (1m surco a surco, 0,40m planta a planta).

Tratamiento 3 (F1D1). Constituido por una fertilización en base de Bocashi de Azola (*Azolla filiculoides*) tomando en cuenta el requerimiento del cultivo y un previo análisis de suelo en laboratorio, con una densidad de plantación de 20.000 plantas/Ha (1m surco a surco, 0,5m planta a planta).

Tratamiento 4 (F1 D2). Constituido por una fertilización en base de Bocashi de Azola (*Azolla filiculoides*) tomando en cuenta el requerimiento del cultivo y un previo análisis de suelo en laboratorio, con una densidad de plantación de 25.000 plantas/Ha (1m surco a surco, 0,4m planta a planta).

3.3.4. Procedimiento

3.3.4.1. Labores preculturales

- **Análisis físico-químico del suelo.** Se hizo un muestreo del suelo en zigzag, posteriormente se extrajo una muestra representativa de suelo el cual fue enviado a un laboratorio.
- **Preparación del terreno.** Se hizo una pasada con rastra para romper las costras formadas, luego una pasada para mullir la tierra y por último se ejecutó la nivelación y la formación de los surcos incorporando el abono y los fertilizantes correspondientes en base a los resultados del análisis físico químico del suelo.
- **Germinación en almácigueras.** La germinación se efectuó en bandejas germinadoras colocando las semillas certificadas a una profundidad prudente, poco tiempo después de la preparación del terreno. Luego realizaron los cuidados necesarios para germinarlas y obtener los plantines hasta obtenerse plantas con cualidades necesarias para el trasplante.
- **Trasplante a campo.** El trasplante se realizó después que las plantas alcanzaron los 15 cm de altura aproximadamente, momento ideal para que las plantas no sufran ningún tipo de estrés luego de ser llevados a campo.

3.3.4.1. Labores culturales

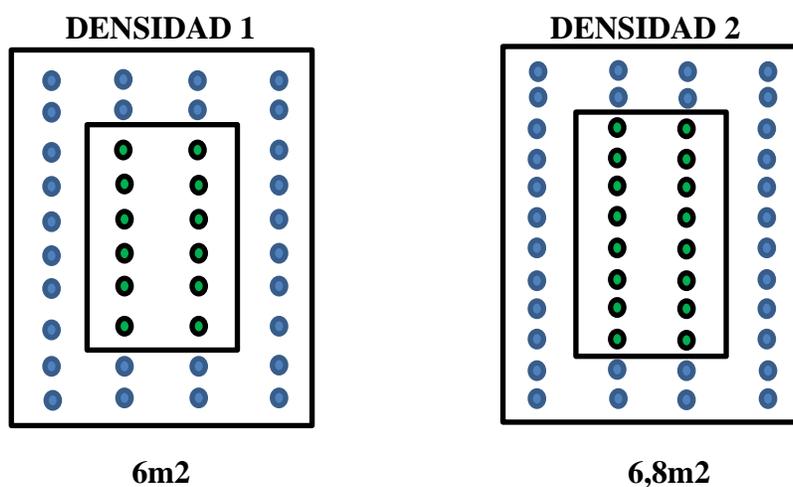
- **Aporque.** Se hizo el aporque con una azada, una vez que las plantas alcanzaron los 40 a 50 cm de altura aproximadamente.
- **Control de malezas.** El control de malezas se efectuó manualmente cada cierto tiempo buscando evitar la competencia por nutrientes y luz con el cultivo.
- **Control fitosanitario.** Este control se realizó con una mochila pulverizadora Jacto utilizando insecticidas y fungicidas de faja verde para controlar las plagas

(pulgón saltador *Bactericera cockerelli* Sulc, mosquita blanca *Trialeurodes vaporariorum*, araña roja *Tetranychus urticae*, y otros) y enfermedades (marchitez *Verticillium dahliae*, tizon tardío *Phytophthora infestans*, tizon temprano *Alternaria solani*, y otros) que afecten al cultivo, considerando que el Híbrido Nativo posee resistencia a al *Verticillium albo-atrum*, *Verticillium dahliae*, *Fusarium oxysporum*, Nemátodos (*Meloidogyne spp*) y Peste negra (TSWV, *Tomato spotted wilt virus*) que lo hacen una planta sana.

- **Suministro de riego.** Se efectuó el riego por gravedad, para proveer la necesidad hídrica del cultivo en función a la evapotranspiración.
- **Fertilización.** La fertilización se realizó antes de la plantación, sin embargo, el Bocashi de Azola fue aplicado en dos ocasiones, antes del trasplante y en el aporque.
 - **Fertilización química.** La fertilización química se lo realizó en base a la oferta del suelo, extraída del análisis de suelo obtenida en laboratorio, tomando en cuenta un rendimiento estimado en 100 Ton/Ha, utilizando la urea como fuente de nitrógeno y potasa como fuente de potasio para satisfacer el requerimiento faltante.
 - **Fertilización orgánica.** Para la fertilización orgánica se realizó los mismos cálculos de la oferta del suelo, sin embargo, para cubrir los requerimientos al pie de la letra se necesitaba de una cantidad extremadamente alta del bocashi, por lo que se recurrió a la búsqueda de bibliografía y basado en trabajos similares con bocashi se tomó como referencia la dosis aplicada, ya que según fuentes bibliográficas el aporte de una fertilización orgánica es mucho más eficiente a comparación de una convencional. Un suelo con manejo orgánico presenta una mayor cantidad de materia orgánica (Gomiero *et al.* 2011).
- **Poda.** No se realizó ya que se trata de un Híbrido determinado, no obstante, se hizo la poda de las hojas cercanas al suelo.
- **Atado.** Según bibliografía consultada la aplicación de tutores en tomates determinados es electiva ya que puede o no ser aplicado.

- **Aclareo.** Se realizó un aclareo de frutos leve debido a que algunas ramas tenían un poco de exceso de número de frutos cuajados, esto con el fin de frutos de buen tamaño.
- **Cosecha.** La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron la madurez comercial necesaria tomando en cuenta el área de cosecha necesaria para una buena evaluación.

Gráfico 2. Área de cosecha en las dos densidades de plantación



3.3.5. Variables agronómicas en estudio

Para el estudio del desarrollo y la fenología del cultivo se determinó evaluar la siguiente variable:

- **Altura de plantas.** Se realizaron evaluaciones periódicamente a partir de los 30 días después del trasplante (ddt), cada 15 días hasta los 60 días ddt. alcanzando tres mediciones en total las mediciones se tomarán en centímetros.

Buscando evaluar la capacidad productiva del cultivo sometida a los diferentes tratamientos, se evaluaron las siguientes variables:

- **Peso de los frutos.** Se realizó el pesaje de los frutos de cinco plantas elegidas al azar en una balanza de precisión en todas las cosechas, para extraer el

promedio en gramos (g), considerando que en este cultivo la cosecha es escalonada.

- **Número de frutos.** Se realizó un conteo de todos los frutos cosechados por planta a los 120 ddt.
- **Calibre de los frutos.** De manera similar que, en el peso de los frutos, se hizo la medición del mayor diámetro del fruto en la zona ecuatorial o en zonas circundantes a la misma, con un vernier en centímetros (cm).
- **Rendimiento.** El rendimiento fue estimado después de terminar con la cosecha en kilogramos por unidad experimental posteriormente convertido a (Tn/Ha).

3.3.6. Análisis estadístico

Los datos recolectados fueron sometidos a una prueba de distribución de Shapiro Wilk, y se confirmó la homogeneidad de las varianzas mediante el Test de Barlett. Posteriormente los datos confirmados como paramétricos, fueron sometidos a un Análisis de Varianza (5 % y 1 % de probabilidad de error) para luego compararse sus medias por medio del Test de Tukey al 5 % de probabilidad de error

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. VARIABLES AGRONÓMICAS EN ANÁLISIS

4.1.1. ALTURA DE PLANTA

La variable agronómica altura de planta se evaluó desde la plantación hasta los 60 días cada 15 días. El crecimiento vegetativo del tomate híbrido con crecimiento determinado comprende los primeros 45 días desde la siembra de la semilla, después de los cuales la planta continua su desarrollo continuo. A esta etapa le siguen cuatro semanas de crecimiento rápido (López M., 2016).

Tabla 3 Datos recogidos en campo sobre la altura de plantas a los 30 días (cm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (F0 D1)	16,73	20,03	17,94	54,69	18,23
T2 (F0 D2)	23,33	21,16	22,70	67,19	22,40
T3 (F1 D1)	21,21	18,81	27,75	67,78	22,59
T4 (F1 D2)	20,28	24,70	19,79	64,76	21,59
SUMA	81,54	84,70	88,18	254,41	21,20

La media general de altura a los 30 días es de 21,20 cm de longitud.

Los promedios de altura correspondiente a los primeros 30 días de desarrollo mostrados en la Tabla 3, van desde 16,73 cm obtenidos con el T1 (F0 D1) en el primer bloque, asimismo observamos que el T1 en los tres bloques se mantuvo con los promedios más bajos con 16,73 - 20,03 cm y 27,75 cm de longitud obtenidos. El mejor promedio se obtuvo utilizando el T3 (F1 D1) con 27,75 cm de longitud en el tercer bloque siendo este el promedio con el valor más alto.

Los promedios generales de todos los tratamientos se mantuvieron entre 18,23 cm a 22,59 cm de longitud.

Tabla 4. Niveles de fertilización y densidad de plantas: Altura de plantas a los 30 días.

	D1	D2	TOTALES	MEDIA
F0	54,69	67,19	121,88	20,31
F1	67,78	64,76	132,54	22,09
TOTALES	122,46	131,95	254,41	
MEDIA	20,41	21,99		

Tal como podemos observar en la Tabla 4, los promedios de los niveles de fertilización sobrepasan los 20 cm de longitud utilizando una Fertilización convencional (F0) y una Fertilización basada en Bocashi de Azola (F1) respectivamente. En las densidades de plantación de igual manera los promedios superan los 20 cm de longitud.

Tabla 5. Análisis de varianza: Altura a los 30 días (cm).

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	37,03	12,34	1,23^{ns}	4,76	9,78
BLOQUES	2	5,51	2,76	0,28^{ns}	5,14	10,92
ERROR	6	59,98	10,00			
F. FERTILIZACIÓN (F)	1	9,47	9,47	0,95^{ns}	5,99	13,75
FACTOR DENSIDAD (D)	1	7,50	7,50	0,75^{ns}	5,99	13,75
INTERACCIÓN (F / D)	1	20,05	20,05	2,01^{ns}	5,99	13,75
TOTAL	11	102,52				

ns = No existen diferencias significativas

Coefficiente de variación = 14,76%

De acuerdo a la Tabla 5, análisis de varianza ANOVA, observados a los 30 días decimos que no hay diferencias significativas en los tratamientos, de igual manera en los bloques se puede observar que no existen diferencias estadísticas, en factor fertilización y densidad ocurre lo mismo, asimismo en la interacción de ambos factores las diferencias significativas no existieron, por lo que no fue necesario recurrir a una prueba de comparación de medias.

Tabla 6. Datos recogidos en campo sobre la altura de plantas a los 45 días (cm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (F0 D1)	40,02	50,53	49,28	139,83	46,61
T2 (F0 D2)	48,55	45,15	64,72	158,42	52,81
T3 (F1 D1)	37,28	33,50	50,62	121,40	40,47
T4 (F1 D2)	42,43	48,55	34,98	125,97	41,99
SUMA	168,28	177,73	199,60	545,62	45,47

A los 45 días según la Tabla 6 podemos observar que el crecimiento fue mucho más acelerado obteniéndose medias desde los 33,50 cm correspondiente al T3 hasta los hasta los 64,72 cm de longitud correspondiente al T2. Y se puede notar que la media general es de 45,99 cm de longitud.

Según CONSUMER, los fertilizantes químicos son por lo general de acción rápida y estimulan el crecimiento y vigor de las plantas a diferencia que los fertilizantes orgánicos necesitan de un proceso de descomposición. Lo que podría explicar que el T3, donde se aplicó fertilizantes químicos tuviera un desarrollo más acelerado.

Tabla 7. Niveles de fertilización y densidad de plantas: Altura de plantas a los 45 días (cm).

	D1	D2	TOTALES	MEDIA
F0	139,83	158,42	298,25	49,71
F1	121,40	125,97	247,37	41,23
TOTALES	261,23	284,38	545,62	
MEDIA	43,54	47,40		

Las medias individuales mostrados en la Tabla 7 donde los niveles de fertilización utilizando Fertilización convencional (F0) y una Fertilización basada en Bocashi de Azola (F1) a los 45 días tienen una diferencia de aproximadamente 8 cm de longitud no sobrepasando los 50 cm. De igual forma las medias en las densidades de plantación se mantienen entre el rango de 40 a 50 cm de longitud de tallo.

Tabla 8. Análisis de varianza: Altura a los 45 días (cm).

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	276,79	92,26	1,35^{ns}	4,76	9,78
BLOQUES	2	129,02	64,51	0,94^{ns}	5,14	10,92
ERROR	6	409,60	68,27			
F. FERTILIZACIÓN (F)	1	215,76	215,76	3,16^{ns}	5,99	13,75
FACTOR DENSIDAD (D)	1	44,66	44,66	0,65^{ns}	5,99	13,75
INTERACCIÓN (F / D)	1	16,37	16,37	0,24^{ns}	5,99	13,75
TOTAL	11	815,41				

ns = No existen diferencias significativas

Coefficiente de variación = 18,17%

Las diferencias estadísticas entre los tratamientos no tienen significancia al 95% y 99% de confiabilidad, como se observa en la Tabla 8, de la misma forma en los bloques y en el caso de los factores en estudio, tanto los diferentes Niveles de fertilización como las Densidades de plantación, no presentaron diferencias estadísticamente significativas; también se pudo comprobar que no hay interacción entre los factores mencionados anteriormente.

Tabla 9. Datos recogidos en campo sobre la altura de plantas a los 60 días (cm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (F0 D1)	45,02	55,53	54,28	154,83	51,61
T2 (F0 D2)	53,55	50,15	69,72	173,42	57,81
T3 (F1 D1)	42,28	38,50	55,62	136,40	45,47
T4 (F1 D2)	47,43	53,55	39,98	140,97	46,99
SUMA	188,28	197,73	219,60	605,62	50,47

Los promedios de los diferentes tratamientos reflejados en la Tabla 9 a los 60 días tuvieron valores en torno a los 35 y 70 cm de longitud un rango bastante amplio, haciendo notar que el promedio más bajo de longitud de tallo fue obtenido utilizando el T3 y el promedio más alto fue obtenido con el T2 asimismo se demostró que en los tres bloques de este tratamiento estuvieron los promedios medianamente altos entre

valores de 50 a 70 cm aproximadamente. Por otra parte, los promedios más bajos fueron observados en los tratamientos T3 y T4 con promedios de 38, 50 y 39,98 cm de longitud en los bloques 2 y 3 respectivamente.

Tabla 10. Niveles de fertilización y densidad de plantas: Altura de plantas a los 60 días (cm).

	D1	D2	TOTALES	MEDIA
F0	154,83	173,42	328,25	54,71
F1	136,40	140,97	277,37	46,23
TOTALES	291,23	314,38	605,62	
MEDIA	48,54	52,40		

Los promedios en los niveles de fertilización observados en la Tabla 10, son de 46,23 cm de longitud en F0 (Fertilización en base a bocashi de azola) y 54,71 cm de longitud en F1 (Fertilización convencional). De igual manera en las densidades los valores observados son de 48,54 y 52,40 cm de longitud en las densidades 1 y 2 respectivamente.

Tabla 11. Análisis de varianza: Altura a los 60 días (cm).

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	276,79	92,26	1,35^{ns}	4,76	9,78
BLOQUES	2	129,02	64,51	0,94^{ns}	5,14	10,92
ERROR	6	409,60	68,27			
F. FERTILIZACIÓN (F)	1	215,76	215,76	3,16^{ns}	5,99	13,75
FACTOR DENSIDAD (D)	1	44,66	44,66	0,65^{ns}	5,99	13,75
INTERACCIÓN (F / D)	1	16,37	16,37	0,24^{ns}	5,99	13,75
TOTAL	11	815,41				

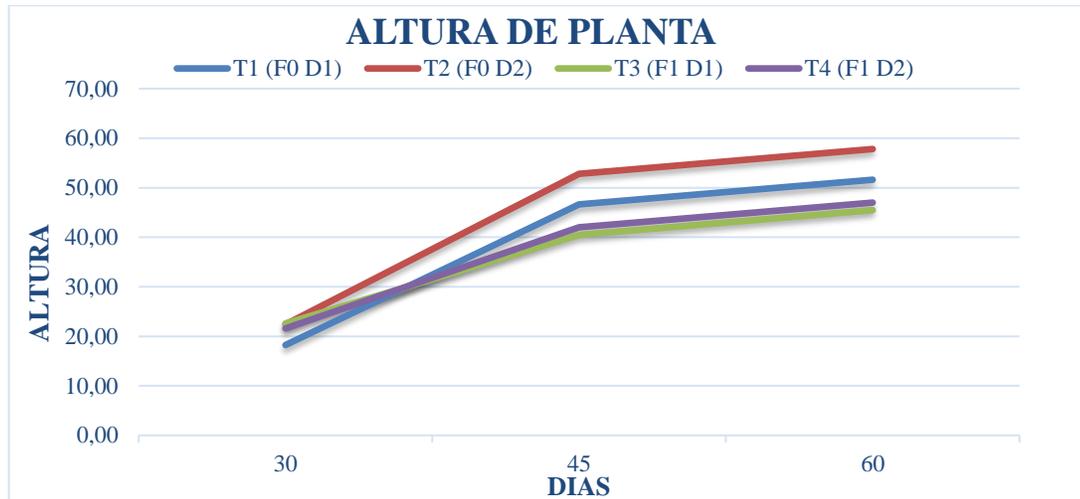
ns = No existen diferencias significativas

Coefficiente de variación = 16,37%

Así como podemos apreciar en la Tabla 11, no existe diferencias significativas en el análisis de varianza ANOVA al 5% ni al 1% del grado de error en los tratamientos, así también en los bloques y tampoco se apreciaron diferencias significativas en los demás

factores incluyendo la interacción entre los niveles de fertilización y en las densidades de plantación.

Gráfico 1. Altura de plantas (cm).



Tal como podemos observar en el Gráfico 1 el comportamiento del desarrollo de la longitud de tallos desde el día 30 hasta el día 60 tuvo un comportamiento similar en todos los tratamientos sin embargo podemos observar que el mayor crecimiento fue denotado entre los días 30 y 45 como se indica en el gráfico tuvo un comportamiento más vertical y a partir del día 45 a los 60 el comportamiento demostrado fue más horizontal en todos los tratamientos. Asimismo, se puede apreciar que el tratamiento con el mejor comportamiento fue el T2 (F0 D2) alcanzando un promedio de 57,81 cm de longitud de tallo, de igual forma se puede ver un comportamiento curioso en el T1 (F0 D1) donde observamos que comenzó con el promedio más bajo de 18,23 cm de longitud pero que a los 60 días alcanzó el segundo mejor promedio de entre todos los tratamientos superando de esta forma a los tratamientos T3 (F1 D1) y T4 (F1 D2) los cuales tuvieron un comportamiento muy similar.

Curiosamente se demostró que los tratamientos con el nivel de fertilización Testigo F0 (Fertilización convencional) respondieron mejor en la variable de longitud de tallo, a diferencia de los tratamientos con el nivel de fertilización F0 (BOCASHI DE Azola)

tuvieron un crecimiento similar hasta los 45 días, sin embargo, luego demostraron reducción en el desarrollo de la longitud de tallo.

De acuerdo a un artículo sobre sobre la aplicación de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del tomate se tuvieron datos más inferiores a los 60 días. Luna *et al.* (2015) dio como resultado los valores de 14,72, 22,32 y 58,84 cm a los 30, 45 y 60 días respectivamente utilizando vermicompost. Similares resultados para la altura de la planta fueron obtenidos por Vázquez *et al.* (2015) cuando aplicaron compost y té de compost en el crecimiento del cultivo del tomate y con Arteaga *et al.* (2006) en un experimento de campo, al trabajar con la variedad de tomate Amalia y diferentes diluciones de humus líquido extraído de vermicompost.

Según Luna *et al.* (2015) el desarrollo de la altura con el uso de abonos orgánicos se le atribuye a su composición. La estimulación del desarrollo de la altura con el uso de abonos orgánicos en esta etapa del crecimiento vegetativo de la planta, se corresponde con la fase de rápido crecimiento, esto pudiera garantizar una mayor productividad tanto biológica como agronómica en las posteriores etapas del crecimiento de este cultivo.

Al parecer los incrementos de este indicador de crecimiento pudieran estar relacionados con la composición de los abonos orgánicos. Los componentes de los abonos orgánicos son fundamentalmente sustancias húmicas, de las cuales se conocen sus efectos y participación en los distintos procesos fisiológicos-bioquímicos en las plantas, con intervención positiva en la respiración y velocidad de las reacciones enzimáticas del Ciclo de Krebs, lo cual propicia una mayor producción de ATP, así como también en efectos selectivos sobre la síntesis proteica y aumento de la actividad de diversas enzimas (Nardi *et al.*, 2002).

4.1.2 DIÁMETRO TRANSVERSAL DE LOS FRUTOS

Tabla 12. Datos recogidos en campo sobre el Diámetro transversal de los frutos (cm).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (F0 D1)	5.39	5.97	5.81	17.17	5.72
T2 (F0 D2)	5.80	5.58	5.93	17.31	5.77
T3 (F1 D1)	6.30	5.77	6.00	18.07	6.02
T4 (F1 D2)	6.22	6.09	5.79	18.10	6.03
SUMA	23.71	23.42	23.53	70.65	5.89

Los Diámetros encontrados bordean los seis centímetros en la totalidad de los tratamientos Tabla 12. Por otra parte, los tratamientos 3 y 4 destacaron con promedios muy similares de 6,02 y 6,03 cm respectivamente; mientras que el tratamiento 1 (Fertilización convencional/20000 plantas*Ha⁻¹) demostró el promedio más bajo de entre todos (5,72cm). El promedio general del diámetro transversal de los frutos fue de 5,89 cm.

Salguero (2016), reportó diámetros transversales de frutos muy superiores a los hallados en la presente investigación utilizando variedades híbridas tipo “riñón” o “manzano”, con valores entre 7,98 y 10,45 cm; esta superioridad se debió a la diferencia entre las variedades tipo “perita” como lo es Nativo F1 y tipo “manzano”.

Tabla 13. Niveles de fertilización y densidades de plantación: Diámetro transversal de los frutos (cm).

	D1	D2	TOTALES	MEDIA
F0	17,17	17,31	34,48	5,75
F1	18,07	18,10	36,17	6,03
TOTALES	35,24	35,41	70,65	
MEDIA	5,87	5,90		

Como se presenta en la Tabla 13, el Diámetro que los Niveles de fertilización presentan son de 5,75 y 6,03 cm utilizando una Fertilización convencional (F0) y una

Fertilización basada en Bocashi de Azola (F1) respectivamente. Ya en el caso de las Densidades de plantación, los diámetros observados fueron inferiores a los seis centímetros.

En una investigación con la variedad riñón se obtuvo datos algo parecidos, aunque un tanto superiores, donde se lograron promedios de entre 6,5 y 7,4 cm de diámetro utilizando humus de lombriz más agrostemín y bocashi más ácido húmico respectivamente (Gómez, 2000).

Es importante destacar lo planteado por Gómez *et al.* (2000), donde indica que la influencia del potasio como elemento fundamental para el buen desarrollo de los frutos, además pudiera haber provocado que los frutos bajo la acción de los abonos orgánicos, se comportaran de forma superior con respecto al control. Pues las concentraciones del elemento potasio en este producto pudieran satisfacer las necesidades de este elemento a los cultivos de tomate.

Tabla 14. Análisis de Varianza: Diámetro transversal de los frutos (cm).

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	0.24	0.08	1.03^{ns}	4.76	9.78
BLOQUES	2	0.01	0.01	0.07^{ns}	5.14	10.92
ERROR	6	0.47	0.08			
F. FERTILIZACIÓN (F)	1	0.24	0.24	3.04^{ns}	5.99	13.75
FACTOR DENSIDAD (D)	1	0.00	0.00	0.03^{ns}	5.99	13.75
INTERACCIÓN (F / D)	1	0.00	0.00	0.01^{ns}	5.99	13.75
TOTAL	11	0.72				

ns = No existen diferencias significativas

Coefficiente de variación = 4,76%

Las diferencias estadísticas entre los tratamientos no tienen significancia al 5% y 1% de probabilidad de error, tal como se muestra en la Tabla 14, de la misma manera, el efecto de los bloques no fue significativo sobre el diámetro transversal de los frutos. En el caso de los factores en estudio, tanto los diferentes Niveles de fertilización como las

Densidades de plantación, no presentaron diferencias estadísticamente significativas; también se pudo comprobar que la interacción entre los mencionados factores no es considerable. El coeficiente de variación de 4,76% dejó entrever que el conjunto de datos recolectados en campo fue homogéneo, con una dispersión muy baja.

Aunque los tratamientos son iguales estadísticamente, existe una diferencia notoria entre los niveles de fertilización, en donde los mejores promedios fueron observados en los tratamientos con la fertilización basada en Bocashi de Azola (F1), demostrando que con una fertilización orgánica se obtienen calibres de frutos superiores a una fertilización convencional (F0) independientemente de la densidad de plantación utilizada.

4.1.3. NÚMERO DE FRUTOS POR PLANTA

Tabla 15. Datos recogidos en campo sobre el Número de frutos por planta.

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (F0 D1)	40,00	34,75	43,25	118,00	39,33
T2 (F0 D2)	45,75	37,50	37,25	120,50	40,17
T3 (F1 D1)	35,75	46,75	35,00	117,50	39,17
T4 (F1 D2)	38,75	29,25	31,50	99,50	33,17
SUMA	160,25	148,25	147,00	455,50	37,96

Observando la Tabla 15, de número de frutos por planta podemos ver que los promedios son un tanto variados, aunque el rango máximo no sobrepasa las 18 unidades de frutos yendo de 29,25 a las 46,75 unidades de fruto por planta, por otro lado, se puede notar que los promedios generales van desde las 33,17 unidades de fruto por planta hasta las 40,17 unidades de fruto por planta no habiendo una diferencia amplia entre ambos extremos de los valores obtenidos.

Tabla 16. Niveles de fertilización y densidades de plantación: Número de frutos por planta

	D1	D2	TOTALES	MEDIA
F0	118,00	120,50	238,50	39,75
F1	117,50	99,50	217,00	36,17
TOTALES	235,50	220,00	455,50	
MEDIA	39,25	36,67		

Tal como se puede apreciar en la Tabla 16, los promedios en los niveles de fertilización son muy similares, habiendo una diferencia de 3 unidades de frutos por planta, de igual manera en el factor densidades tenemos valores que difieren en 3 unidades de frutos por planta, en ambos factores los promedios menores bordean las 36 unidades de frutos por planta y los promedios mayores en ambos factores casi alcanzan las 40 unidades de frutos por planta.

Según Luna M. (2016), utilizando humus de lombriz más ácido húmico se logró un promedio de 23,88 número de frutos por plantas a diferencia del testigo fue con el que se logró el mayor promedio.

Esto puede estar relacionado con el efecto del conjunto de fitohormonas presentes en los abonos orgánicos aplicados, fundamentalmente a las auxinas como plantea Garcés, (2002) y de las sustancias húmicas de baja masa molar a las cuales se les atribuyen propiedades semejantes a estas fitohormonas presentes en los abonos orgánicos (Galy, 2000; Clapp *et al.*, 2000).

Tabla 17. Análisis de varianza: Número de frutos por planta.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	93,56	31,19	0,97^{ns}	4,76	9,78
BLOQUES	2	26,76	13,38	0,42^{ns}	5,14	10,92
ERROR	6	192,66	32,11			
F. FERTILIZACIÓN (F)	1	38,52	38,52	1,20^{ns}	5,99	13,75
FACTOR DENSIDAD (D)	1	20,02	20,02	0,62^{ns}	5,99	13,75
INTERACCIÓN (F / D)	1	35,02	35,02	1,09^{ns}	5,99	13,75
TOTAL	11	312,98				

ns = No existen diferencias significativas

Coefficiente de variación = 14,93%

La Tabla 17, Análisis de Varianza (ANOVA) de las unidades de frutos por planta, demuestran que no existen diferencias significativas en los tratamientos aplicados al 95 y 99% de confiabilidad, de igual manera en los bloques no existe diferencias estadísticas en ninguna de las probabilidades de error, ocurre lo mismo en los factores de niveles de fertilización y densidad y por último no tenemos diferencias significativas en la interacción, por lo que no es necesario recurrir a ninguna prueba de comparación de medias.

4.1.4. PESO PROMEDIO DE FRUTOS

Tabla 18. Datos recogidos de Peso Promedio de frutos (g).

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (F0 D1)	115,77	117,37	114,74	347,88	115,96
T2 (F0 D2)	112,28	112,10	114,85	339,23	113,08
T3 (F1 D1)	134,23	122,46	130,07	386,75	128,92
T4 (F1 D2)	131,49	129,32	136,58	397,39	132,46
SUMA	493,76	481,25	496,23	1.471,25	122,60

De acuerdo a los datos observados en la Tabla 18, podemos ver que los datos van desde los 112,10 g presente en el T2 hasta los 136,58 g presente en el T4 dentro de los bloques dos y tres respectivamente.

El promedio general más elevado se obtuvo utilizando el tratamiento T4 (F1 D2) tratamiento con fertilización en base a Bocashi de Azola con una densidad de plantación de 25.000 plantas/Ha y el segundo mejor promedio se obtuvo con el tratamiento T3 (F1 D1) tratamiento con fertilización en base a Bocashi de Azola y una densidad de plantación de 20.000 plantas/Ha. El dato curioso se puede percibir que los dos promedios más altos fueron obtenidos por los tratamientos que contenían una fertilización orgánica en base a bocashi de azola. Sin embargo, los promedios más bajos fueron obtenidos con los tratamientos T1 (F0 D1) y T2 (F0 D2), donde ambos comparten en común la fertilización convencional.

Tabla 19. Niveles de fertilización y densidades de plantación: Peso promedio de frutos (g).

	D1	D2	TOTALES	MEDIA
F0	347,88	339,23	687,11	114,52
F1	386,75	397,39	784,14	130,69
TOTALES	734,63	736,61	1.471,25	
MEDIA	122,44	122,77		

Observando la tabla 19, los promedios separados de los factores niveles de fertilización y densidad podemos ver que los niveles de fertilización presentan promedios muy distintos entre 114,52 y 130,69 g de peso por fruto, recalcando el dato curioso de los promedios observados en la tabla anterior, donde el mayor promedio fue obtenido con la fertilización orgánica en base a Bocashi de azola y el menor promedio fue obtenido con la fertilización convencional, por otro lado ocurrió algo diferente con el factor densidad, donde los promedios fueron casi los mismos difiriendo en menos de 1 g, dando a entender que el factor densidad no generó ninguna diferencia entre los promedios.

Tabla 20. Análisis de varianza: Peso promedio de frutos (g)

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	815,96	271,99	21,77**	4,76	9,78
BLOQUES	2	32,28	16,14	1,29^{ns}	5,14	10,92
ERROR	6	74,96	12,49			
F. FERTILIZACIÓN (F)	1	784,65	784,65	62,81**	5,99	13,75
FACTOR DENSIDAD (D)	1	0,33	0,33	0,03^{ns}	5,99	13,75
INTERACCIÓN (F / D)	1	30,98	30,98	2,48^{ns}	5,99	13,75
TOTAL	11	923,20				

ns = No existen diferencias significativas

Coefficiente de variación = 2,88%

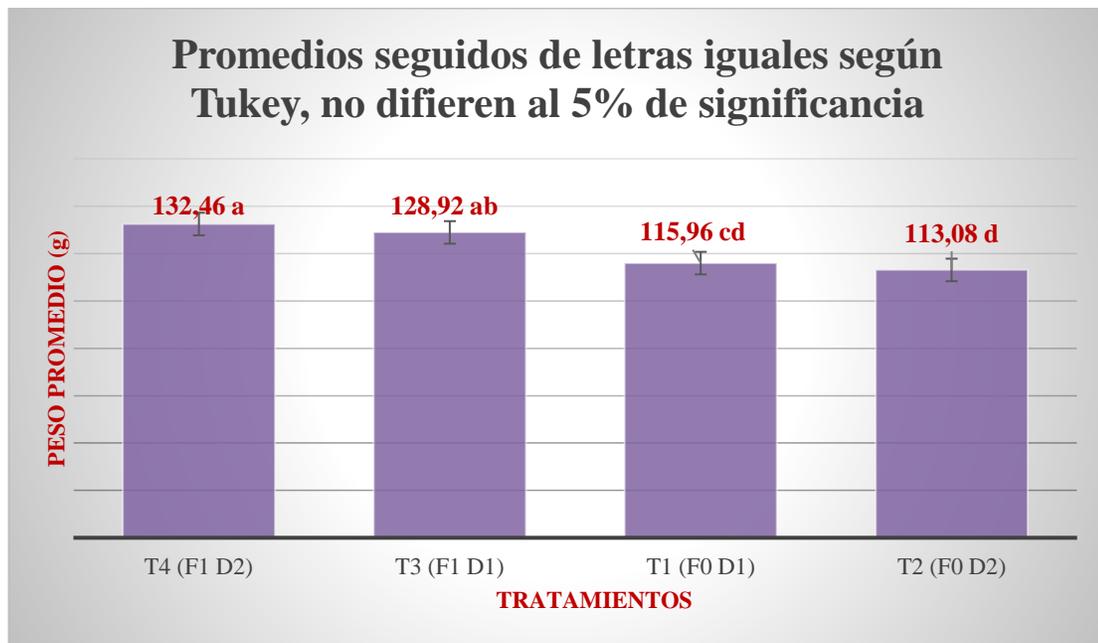
Según a la tabla 20, donde presentamos el Análisis de Varianza (ANOVA), podemos ver que existe diferencias altamente significativas en los tratamientos, aunque no encontramos diferencias estadísticas en los bloques, asimismo la fertilización presenta

diferencias altamente significativas al igual que se demostró en la tabla anterior, por otro lado, vemos que el factor densidad se mantiene al igual que en la tabla anterior donde no se evidenciaron ninguna diferencia entre los promedios.

En una investigación utilizando una fertilización convencional, se logró los siguientes datos en cuanto al peso de frutos, el tratamiento con el mayor promedio alcanzó un promedio general de 129,10 g, mientras el promedio más bajo alcanzo un valor de 58,33 gr, utilizando variedades híbridas de tomate.

Según Gómez 2000, este efecto pudo estar ligado al aporte de diferentes abonos orgánicos empleados que intervienen en la nutrición de la planta, que, al encontrarse en concentraciones apropiadas, propiciarían una adecuada ganancia en la masa de los frutos, como de igual manera en sus diámetros.

Gráfico 2. Peso promedio de frutos (g).

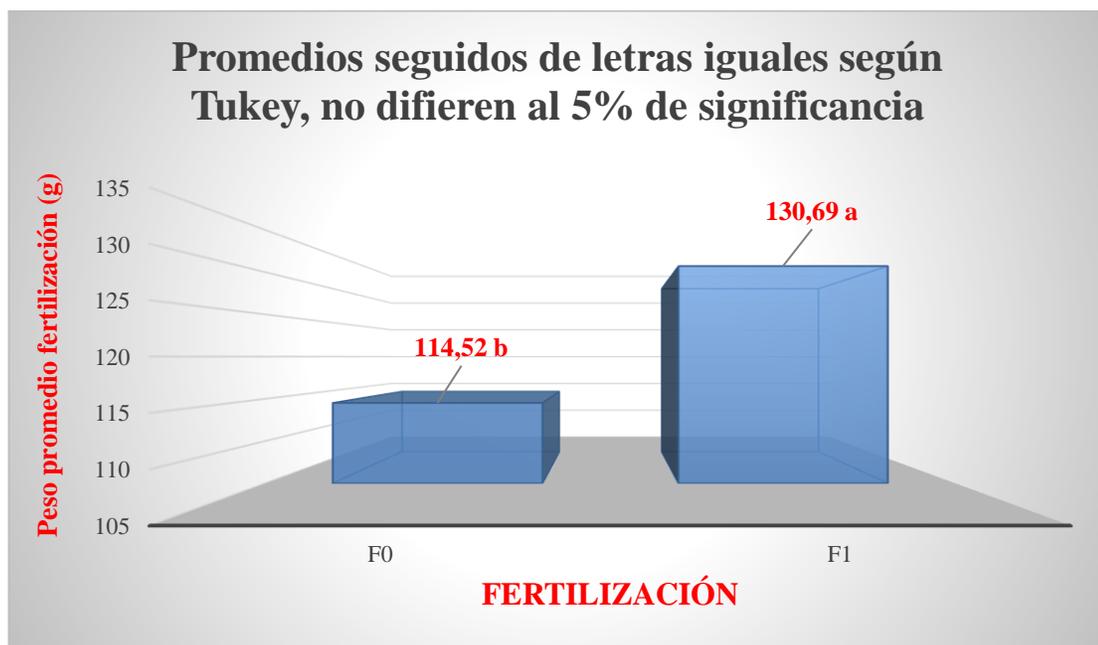


Según el Gráfico 2 presentado podemos observar que el mejor tratamiento es el tratamiento T4 (F1 D2) con un promedio de 132,46 g utilizando un tratamiento con una fertilización orgánica en base a Bocashi de Azola y una densidad de 25.000 plantas/Ha,

seguido del tratamiento T3 (F1 D1) tratamiento con una fertilización orgánica en Base Bocashi de Azola y una densidad de plantación de 20.000 plantas/Ha obteniendo un promedios de 128,92 g, a diferencia de los demás tratamientos T1 (F0 D1) y T2 (F0 D2) donde los promedios no sobrepasaron los 116 gramos y ambos fueron tratados con una fertilización convencional.

También podemos concluir que la densidad no causó ninguna diferencia estadística entre los tratamientos aplicados.

Gráfico 3. Peso promedio de frutos factor fertilización (g).



Tal como se puede observar en el Gráfico 3, podemos evidenciar que las diferencias son elevadas entre ambos promedios, llegando a la conclusión que el mejor peso promedio se obtuvo con utilizando una fertilización en base a Bocashi de azola, esto muestra que la fertilización orgánica da mejores resultados en cuanto a las características del fruto.

4.1.5. RENDIMIENTO TONELADA POR HECTÁREA

Tabla 21. Datos recogidos de rendimiento (Tn/Ha)

TRATAMIENTOS	BLOQUES			SUMA	MEDIA
	I	II	III		
T1 (F0 D1)	55,57	48,94	59,55	164,06	54,69
T2 (F0 D2)	77,05	63,06	64,17	204,28	68,09
T3 (F1 D1)	57,58	68,70	54,63	180,91	60,30
T4 (F1 D2)	76,43	56,74	64,53	197,70	65,90
SUMA	266,63	237,44	242,88	746,95	62,25

Los datos tabulados en la Tabla 21, nos muestran que en el rendimiento de Tn/Ha, hubo una cierta diferencia entre el valor mínimo con relación al valor mayor. El valor mínimo dio como resultado utilizando el tratamiento T1 (F0 D1) que tuvo un valor de 16,73 Tn/Ha utilizado el tratamiento con fertilización convencional y una densidad de planeación de 20.000 plantas/Ha a diferencia del valor más alto el cual alcanzó un promedio de 27,75 Tn/Ha observado en el tratamiento T3 (F1 D1) más específicamente en el tercer bloque aplicando un tratamiento con fertilización orgánica en base a bocashi de azola y la misma densidad del tratamiento con el menor promedio.

Por otra parte, pudimos observar, sin embargo, que en las medias generales de todos los tratamientos el comportamiento fue similar con valores que no sobrepasaron las 23 Tn/Ha en el caso del tratamiento T3 (F1 D1).

Tabla 22. Niveles de fertilización y densidades de plantación: Rendimiento (Tn/Ha)

	D1	D2	TOTALES	MEDIA
F0	164,06	204,28	368,34	61,39
F1	180,91	197,70	378,61	63,10
TOTALES	344,97	401,98	746,95	
MEDIA	57,50	67,00		

Las medias individuales vistos en la tabla 22, en el caso de los dos factores en estudio mostraron un comportamiento similar en ambos casos tanto en el factor niveles de

fertilización como en el factor densidad donde los valores fueron 20,31 Tn/Ha y 22,09 Tn/Ha en los niveles de fertilización y 20,41 Tn/Ha y 21,99 en el factor densidad. No habiendo grandes diferencias entre los promedios alcanzados.

Tabla 23. Análisis de varianza: Rendimiento Kg/Ha

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	SC	CM	F Calculada	F tabulada	
					5%	1%
TRATAMIENTOS	3	325,33	108,44	1,78^{ns}	4,76	9,78
BLOQUES	2	120,49	60,24	0,99^{ns}	5,14	10,92
ERROR	6	364,56	60,76			
F. FERTILIZACIÓN (F)	1	8,79	8,79	0,14^{ns}	5,99	13,75
FACTOR DENSIDAD (D)	1	270,80	270,80	4,46^{ns}	5,99	13,75
INTERACCIÓN (F / D)	1	45,74	45,74	0,75^m	5,99	13,75
TOTAL	11	810,38				

ns = No existen diferencias significativas

Coefficiente de variación = 12,52%

Observando la Tabla 23, Análisis de varianza (ANOVA), para la variable rendimiento Tn/Ha, vemos que no se tuvo diferencias significativas entre los tratamientos, de igual manera analizando los bloques no se encontraron diferencias estadísticas, asimismo observando los factores fertilización y densidad tampoco se encontró diferencias significativas ni en la interacción de ambos factores, debido a ello no se recurrió a una prueba de comparación de medias. Asimismo, observando el coeficiente de variación podemos decir que se encuentra dentro del rango aceptado, por lo tanto, la investigación no presentó datos extremadamente dispersos, ya que el rango alcanzado por los datos estuvo entre los 54,69 y 68,09 Ton/Ha. Se obtuvieron datos similares en una investigación con valores entre 47,17 y 54,47 Ton /Ha,. Este comportamiento puede estar dado por el incremento de nutrientes en el suelo al aplicarle el abono. Al respecto (Saldaña et al. 2014).

4.1.6 ANÁLISIS ECONÓMICO

Se hizo los cálculos de producción en base a una hoja de costos con todos los insumos, mano de obra, equipos y herramientas utilizados durante el proceso que duro esta investigación y se obtuvo los siguientes costos en bolivianos para la producción de una hectárea:

TOTAL, FERTILIZACIÓN CONVENCIONAL (Bs/Ha)	104.175,00
TOTAL, FERTILIZACIÓN ORGÁNICA (Bs/Ha)	124.725,00

Para calcular la relación beneficio/costo, se tomó en cuenta el precio de 50 Bs por caja de tomate vendido directamente en el punto de producción. Y basándonos en ello obtuvimos lo siguiente:

Tabla 24. Análisis económico

TRATAMIENTOS	Coste Total (Bs/Ha)	Beneficio (Bs)	R B/C
T1 (F0 D1)	104175,00	136718,47	1,31
T2 (F0 D2)	104175,00	170232,61	1,63
T3 (F1 D1)	124725,00	150759,21	1,21
T4 (F1 D2)	124725,00	164749,42	1,32

En base a los precios del tomate en el mercado (Mercado Campesino) se tiene una relación beneficio costo de 1,31 y 1,63 respectivamente en la fertilización convencional utilizando ambas densidades T1 (F0 D1) – T2 (F0 D2), y por el otro lado tenemos una relación beneficio costo de 1,21 y 1,32 respectivamente en la fertilización orgánica T3 (F1 D1) – T4 (F1 D2) utilizando ambas densidades.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Bajo las condiciones y parámetros puestos en este experimento podemos concluir que:

- En cuanto a la altura de plantas se observó un crecimiento parejo en las tres evaluaciones realizadas en todos los tratamientos (30, 45 y 60 días), de la misma forma los factores no influenciaron en la altura de las plantas de forma individual.
- Respecto al número de frutos por planta podemos ver que los datos son un tanto uniformes ya que no se aprecia datos demasiado dispersos, esto demuestra que la densidad no fue un factor que presentó diferencias estadísticas o dicho de otro modo un factor determinante en este experimento.
- Con relación al peso promedio de los frutos podemos observar que sí tenemos datos muy dispersos por lo que recurriendo a una prueba de comparación de medias concluimos que los tratamientos más sobresalientes fueron los aplicados con fertilización orgánica mostrando que con una fertilización orgánica (Bocashi de azola) el efecto en las características de los frutos es bastante evidente.
- En cuanto al rendimiento (Ton/Ha) no existe demasiadas diferencias entre los valores obtenidos a partir de los tratamientos, sin embargo, podemos concluir que la fertilización orgánica (Bocashi de azola) se muestra estadísticamente igual a la fertilización convencional, lo que pone en evidencia que esta podría ser una buena alternativa tomando en cuenta los beneficios de usar una fertilización orgánica.
- Realizando el análisis económico podemos concluir que el tratamiento T2 (F0 D2) fertilización convencional con una densidad de 25.000 plantas/Ha posee mayor

rentabilidad con poco más de 60 centavos, a diferencia de los demás que tienen rentabilidades bajas.

Recomendaciones

- Se recomienda aplicar una densidad de 25.000 plantas/Ha en el cultivo del tomate ya que el rendimiento es mejor y no influye en el diámetro ni peso del fruto comparado con la densidad de 20.000 plantas/Ha.
- Para obtener frutos con mayor peso se recomienda utilizar la fertilización orgánica con Bocashi de azola, ya que la diferencia del peso de frutos comparado a una fertilización convencional es muy considerable.
- Se recomienda seguir con la investigación utilizando otros parámetros de evaluación, ya que con la fertilización orgánica (Bocashi) se vieron interesantes resultados tales como la resistencia a plagas y enfermedades y las características del fruto, asimismo la fertilización orgánica además de alcanzar rendimientos similares a una fertilización convencional es una alternativa para una producción más sana y mucho más amigable con el medio en que vivimos.

