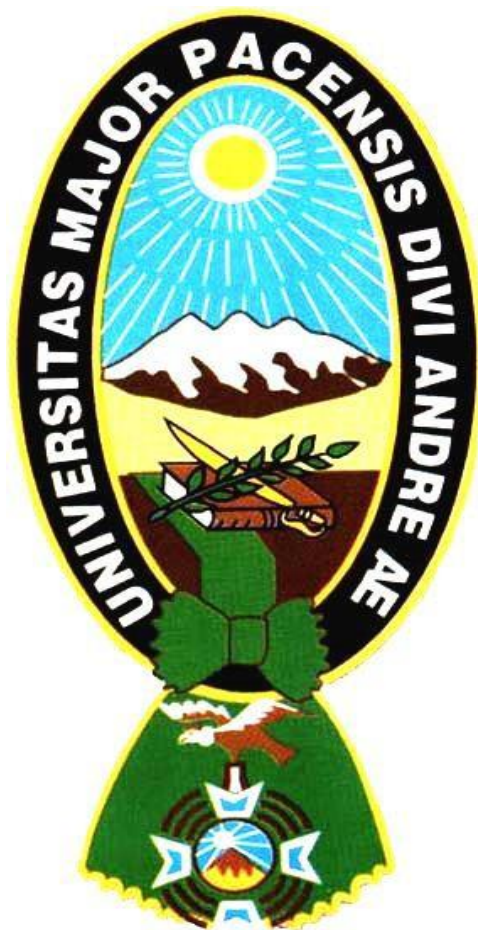


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN  
AGROPECUARIA**



**TESIS DE GRADO**

**PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CON TRES NIVELES  
DE BIOL EN AMBIENTE PROTEGIDO EN ACHOCALLA PROVINCIA  
MURILLO DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

**Presentado por:**

**Roberto Oscar Quispe Huarachi**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN  
AGROPECUARIA**

**PRODUCCIÓN DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) CON TRES NIVELES DE  
BIOL EN AMBIENTE PROTEGIDO EN ACHOCALLA PROVINCIA MURILLO  
DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

*Tesis de grado presentado como  
requisito parcial para optar el título de  
Ingeniero en Producción y  
Comercialización Agropecuaria.*

**ROBERTO OSCAR QUISPE HUARACHI**

**Tutor:**

Ing.M.Sc . Brígido Moisés Quiroga Sossa

**Tribunal Examinador:**

Ing.M.Sc. José Eduardo Oviedo Farfán

Ing.M.Sc. Mario Wilfredo Peñafiel Rodríguez

Ing.M.Sc. Luis Fernando Machicao Terrazas

**Aprobado**

Presidente Tribunal Examinador



## **DEDICATORIA**

A Dios por darme esta oportunidad de acabar mis Estudios, a mis padres David Quispe y Salome Huarachi, a mis hermanos Silvio y Hernan por su apoyo moral e incondicional que me brindaron.

A mi esposa Sumilda B. a mi hijita Helen que supieron comprenderme y apoyarme en la culminación de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al acabar una etapa de mi vida y empezar un nuevo rumbo, quiero agradecer a las personas que hicieron posible la realización de mi tesis de grado con su colaboración y apoyo.

En principio a nuestra casa superior de estudios la Universidad Mayor de San Andrés, a la Facultad de Agronomía CIPyCA, que me concedió una formación académica y a cada uno de los docentes por la enseñanza compartida a lo largo de la vida universitaria.

Un especial agradecimiento al Ing.M.Sc. Brigido Moises. Quiroga Sossa, (tutor), por su cooperación, comprensión, entendimiento, fuerza moral y sugerencias durante todo el proceso de elaboración de la presente tesis.

A los miembros del tribunal revisor: Ing.M.Sc. José Eduardo Oviedo Farfán, Ing.M.Sc. Mario Wilfredo Peñafiel Rodríguez, Ing.M.Sc. Luis Fernando Machicao Terrazas, quienes me ayudaron mediante sus observaciones, indicaciones y puntualizaciones durante el seguimiento del siguiente trabajo de investigación, permitiendo perfeccionar la presentación final de la tesis.

A la comunidad religiosa cisterciense por brindarme confianza a M. Asunta Steinberger por permitir realizar el trabajo de investigación, en los predios que tienen en municipio de Achocalla.

A mi familia por todo el amor que me brindan, por la fuerza que me transmiten para que enfrente la vida con valentía, por todo esto y muchas cosas más.

¡Gracias!

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>IV</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>VI</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>VII</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VIII</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivos .....	2
1.1.1. Objetivo general .....	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	2
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Características del cultivo de tomate .....	3
2.1.1. Origen .....	3
2.1.2. Importancia del cultivo de tomate .....	3
2.1.3. Clasificación taxonómica .....	4
2.1.4. Descripción botánica .....	4
2.1.4.1. Sistema radicular.....	4
2.1.4.2. Tallo .....	5
2.1.4.3. Hojas .....	5
2.1.4.4. Flores .....	5
2.1.4.5. Fruto.....	6
2.1.5. Fases fenológicas .....	6
2.1.6. Variedades .....	7
2.1.7. Manejo del cultivo.....	8
2.1.7.1. Almácigo .....	8
2.1.7.2. Trasplante .....	8
2.1.7.3. Aporque.....	9
2.1.7.4. Tutorado.....	9
2.1.7.5. Poda.....	9
2.1.7.6. Riego.....	9
2.1.7.7. Plagas y enfermedades.....	10
2.1.7.8. Cosecha .....	10
2.1.7.9. Rendimiento .....	11
2.2. Condiciones Agroecológicas .....	11
2.2.1. Suelo .....	11
2.2.2. Requerimiento del cultivo .....	12
2.2.2.1. Clima.....	13
2.2.2.2. Temperatura.....	13
2.2.2.3. Humedad.....	13
2.2.2.4. Luminosidad y fotoperiodo .....	14
2.2.2.5. Fertilización .....	14

2.3.	Abono orgánico .....	14
2.4.	Abono orgánico líquido .....	15
2.4.1.	El biol .....	16
2.4.1.1.	Digestión anaeróbica.....	16
2.4.1.2.	Análisis químico del biol .....	17
2.4.1.3.	Aplicación de biol .....	18
2.4.1.4.	Relación biol días a la floración .....	18
2.4.1.5.	Relación biol en altura de planta .....	19
2.4.1.6.	Relación biol (No.) de frutos .....	19
2.4.1.7.	Relación biol diámetro de fruto .....	20
2.4.2.	Rendimiento de tomate con aplicación de biol.....	20
2.4.3.	Gallinaza .....	21
2.4.4.	Importancia de las leguminosas .....	22
2.4.5.	Composición química de alfalfa.....	23
<b>3.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODO .....</b>	<b>24</b>
3.1.	Localización del área de estudio .....	24
3.2.	Características ecológicas.....	25
3.2.1.	Clima .....	25
3.2.2.	Suelos .....	25
3.2.3.	Temperatura.....	25
3.2.4.	Precipitación.....	25
3.3.	Material experimental .....	25
3.3.1.	Material vegetal .....	25
3.3.2.	Material orgánico.....	26
3.3.3.	Materiales de campo .....	26
3.3.4.	Materiales de gabinete .....	26
3.4.	Método .....	27
3.4.1.	Descripción del ambiente .....	27
3.4.2.	Procedimiento experimental .....	27
3.4.2.1.	Preparación de suelo.....	27
3.4.2.2.	Toma de muestra del suelo .....	28
3.4.2.3.	Almácigo .....	28
3.4.2.4.	Trasplante .....	29
3.4.3.	Labores culturales .....	29
3.4.4.	Elaboración de biol .....	29
3.4.4.1.	Aplicación de biol .....	30
3.4.4.2.	Tutorado.....	31
3.4.4.3.	Aporque y control de malezas .....	31
3.4.4.4.	Poda.....	32
3.4.4.5.	Riego.....	32
3.4.4.6.	Cosecha .....	32
3.4.4.7.	Toma de datos .....	33
3.4.5.	Diseño experimental.....	33
3.4.5.1.	Factor de estudio o tratamientos .....	34
3.4.5.2.	Croquis experimental.....	34
3.4.5.3.	Características del campo experimental.....	34

3.4.6.	Variables de respuesta .....	35
3.4.6.1.	Variables agronómicas .....	35
3.4.6.1.1	Altura de planta de Tomate (cm) .....	35
3.4.6.1.2	Diámetro de fruto de Tomate (cm) .....	35
3.4.6.1.3	Número de frutos de Tomate por planta (No) .....	36
3.4.6.2.	Variables fenológicas .....	36
3.4.6.2.1	Días a la floración (días).....	36
3.4.6.2.2	Días a la cosecha (días).....	36
3.4.6.3.	Variable de rendimiento.....	36
3.4.6.3.1	Peso de fruto de Tomate por planta (Kg).....	36
3.4.6.3.2	Rendimiento (Kg) .....	36
3.4.6.3.3	Análisis económico.....	37
3.4.6.3.4	Relación B/C .....	37
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
4.1.	Características químicas del biol en estudio .....	39
4.2.	Características químicas del suelo .....	39
4.3.	Variables agronómicas .....	40
4.3.1.	Altura de planta de Tomate (cm) .....	40
4.3.2.	Diámetro ecuatorial de fruto del Tomate a la cosecha (cm) .....	42
4.3.3.	Número de frutos de Tomate por planta (Nº) .....	44
4.3.4.	Variables fenológicas. ....	46
4.3.4.1.	Días a la floración del Tomate (No. días).....	46
4.3.4.2.	Días a la cosecha del Tomate (Días).....	47
4.3.5.	Variables de rendimiento.....	49
4.3.5.1.	Peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta) .....	49
4.3.5.2.	Rendimiento de tomate (kg/96m <sup>2</sup> ) .....	50
4.3.6.	Variables económicas. ....	52
4.3.6.1.	Análisis económico.....	52
4.3.6.2.	Beneficio bruto .....	52
4.3.6.3.	Costos variables.....	53
4.3.6.4.	Costos fijos.....	53
4.3.6.5.	Costos totales.....	54
4.3.6.6.	Beneficio neto.....	55
4.3.6.7.	Relación beneficio/costo (Bs/200m <sup>2</sup> ) .....	55
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Rendimiento promedio t/ha de cultivos en Bolivia .....	11
Cuadro 2.	Composición bioactiva del biol. Proveniente de estiércol (BE) y estiércol + alfalfa (BEA).....	17
Cuadro 3.	Contenido y solubilidad de elementos nutritivos en la gallinaza .....	22
Cuadro 4.	Composición química del alfalfa en hojas y tallo .....	23
Cuadro 5.	Análisis químico del biol.....	39
Cuadro 6.	Análisis químico del suelo .....	39
Cuadro 7.	Análisis de varianza para altura de planta del Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	41
Cuadro 8.	Comparación de medias según tukey (0,05) para altura de planta del Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido.....	41
Cuadro 9.	Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de fruto de Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido.....	43
Cuadro 10.	Comparación de medias según Tukey (0,05) para diámetro ecuatorial de fruto de Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido.....	43
Cuadro 11.	Análisis de varianza para el número de frutos del Tomate por planta (Nº) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	44
Cuadro 12.	Comparación de medias según Tukey (0,05) para número de frutos del Tomate por planta (No.) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	45
Cuadro 13.	Análisis de varianza para días a la floración (No. días) del Tomate bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	46
Cuadro 14.	Comparación de medias según Tukey (0,05) para días a la floración (Días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	46
Cuadro 15.	Análisis de varianza para días a la cosecha del Tomate (Días) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	47
Cuadro 16.	Comparación de medias según Tukey (0,05) para días a la cosecha del Tomate (Días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	48
Cuadro 17.	Análisis de varianza para peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	49



Cuadro 18. Comparación de medias según Tukey (0,05) para peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	49
Cuadro 19. Análisis de varianza para rendimiento del Tomate (kg/96m <sup>2</sup> ) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	50
Cuadro 20. Comparación de medias según Tukey (0,05) para rendimiento del Tomate (kg/96m <sup>2</sup> ), bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	51
Cuadro 21. Rendimiento de tomate (kg/ha), bajo tres niveles de biol en ambiente protegido .....	51
Cuadro 22. Beneficio bruto .....	52
Cuadro 23. Costos variables por tratamientos (Bs/200m <sup>2</sup> ) .....	53
Cuadro 24. Costos fijos por tratamiento .....	54
Cuadro 25. Costos totales por tratamientos .....	54
Cuadro 26. Beneficios netos por 200 m <sup>2</sup> . .....	55
Cuadro 27. Beneficio /Costo en 200m <sup>2</sup> .....	55

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Fases fenológicas del tomate .....	7
Figura 2.	ubicación del experimento .....	24
Figura 3.	Ambiente donde se realizó el experimento .....	27
Figura 4.	Remoción y nivelado del campo experimental.....	28
Figura 5.	Trasplante del tomate.....	29
Figura 6.	Aplicación del biol de gallinaza.....	30
Figura 7.	Tutorado del tomate .....	31
Figura 8.	Aporque y desmalezado.....	31
Figura 9.	Poda de la planta de tomate.....	32
Figura 10.	Cosecha del tomate.....	33
Figura 11.	Croquis del experimento .....	34
Figura 12.	Altura de planta del Tomate (cm) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	42
Figura 13.	Diámetro de fruto ecuatorial de Tomate (cm) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	44
Figura 14.	Número de frutos del Tomate por planta bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	45
Figura 15.	Días a la floración del Tomate (Días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	47
Figura 16.	Días a la cosecha de fruto del Tomate (No. días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	48
Figura 17.	Peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido .....	50

## ANEXOS

Anexo 1. Base de datos .....	66
Anexo 2. Costos de producción .....	68
Anexo 3. Análisis químico de biol T-3 .....	71
Anexo 4. Análisis químico de biol T-2 .....	72
Anexo 5. Análisis químico de biol T-1 .....	73
Anexo 6. Análisis químico de suelo en estudio.....	74
Anexo 7. Fotografías durante el desarrollo del trabajo de investigación .....	75
Anexo 8. Comparación entre tratamientos .....	76

## RESUMEN

El presente trabajo titulado: Producción de Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con tres niveles de biol en ambiente protegido, se realizó en la granja “Ecológica Monasterios Cisterciense Ave María”, Municipio de Achocalla (Comunidad Marquirivi, Zona Carcanavi), con el objetivo de evaluar la producción de Tomate con tres niveles de Biol, bajo un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 4 repeticiones, T-1 (Testigo), T-2 (2 kg de gallinaza, 1 kg de alfalfa/ 20 lt de agua), T-3 (4 kg de gallinaza, 1 kg de alfalfa/ 20lt de agua), T-4 (6kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/ 20 lt de agua). En altura de planta se destacan: T-4 con 125,83 cm, T-3 con 123,67 cm; en diámetro ecuatorial del fruto el T-4 con 6,88 cm, seguido de T-3 con 6,60 cm; en número de frutos T-4 con 32 frutos seguido de T-3 con 30 frutos; días a la floración el T-4 floreció en 40 días, seguido de T-3 en 45 días; días a la cosecha, T-4 en 105 días seguido de T-2 110 días; en peso de fruto por planta el T-4 con 3,78 kg/p, T-3 con 3,51 kg/p; en rendimiento, T-4 con 908,10 kg/96m<sup>2</sup>, seguido T-2 con 737,04 kg/96m<sup>2</sup>, T-3 con 715,24 kg/96m<sup>2</sup>, y T-1 (Testigo) con 550,92 kg/96m<sup>2</sup>, En el análisis económico el T-3 obtiene un mejor beneficio/costo con 2,36 Bs.

## ABSTRACT

This work entitled: Tomato Production (*Solanum lycopersicum* L.) with three levels of biol in a protected environment, was carried out at the “Ecológica Cistercian Ave María Monasteries” farm, Municipality of Achocalla (Marquirivi Community, Carcanavi Zone), with the objective of evaluating the production of Tomato with three levels of Biol, under a completely random design with 4 treatments and 4 repetitions, T-1 (Control), T-2 (2 kg of chicken manure, 1 kg of alfalfa / 20 lt of water ), T-3 (4 kg of chicken manure, 1 kg of alfalfa / 20lt of water), T-4 (6kg of chicken manure, 1kg of alfalfa / 20 lt of water). For plant height, the following stand out: T-4 with 125.83 cm, T-3 with 123.67 cm; in equatorial diameter of the fruit, T-4 with 6.88 cm, followed by T-3 with 6.60 cm; in number of fruits T-4 with 32 fruits followed by T-3 with 30 fruits; days to flowering T-4 bloomed in 40 days, followed by T-3 in 45 days; days to harvest, T-4 in 105 days followed by T-2 110 days; in fruit weight per plant the T-4 with 3.78 kg / p, T-3 with 3.51 kg / p; in yield, T-4 with 908.10 kg / 96m<sup>2</sup>, followed by T-2 with 737.04 kg / 96m<sup>2</sup>, T-3 with 715.24 kg / 96m<sup>2</sup>, and T-1 (Control) with 550.92 kg / 96m<sup>2</sup>, for the economic analysis T-3 obtains a better benefit / cost with 2.36 Bs.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate es la hortaliza más difundida en todo el mundo, por su alto valor nutritivo su demanda se incrementa continuamente. El incremento anual de la producción en los últimos años se debe principalmente al aumento en rendimiento y en menor proporción al aumento de la superficie cultivada, es cultivado durante todo el año. En Bolivia el tomate es un cultivo ampliamente difundido y de mayor demanda en el mercado regional, particularmente en la ciudad de La Paz.

El tomate es una planta de clima cálido, no resiste heladas en ninguna etapa de su desarrollo, por tanto, las carpas solares son una alternativa para la producción de hortalizas. Para el agricultor es una preocupación constante incrementar la calidad y cantidad de sus cosechas, e indirectamente mejorar su ingreso económico. Una alternativa natural y económica, es el uso de Biol (bioabono líquido), compuesto formado por la fermentación de estiércol animal y vegetal, el cual, al margen de poseer nutrientes, tiene una propiedad bioestimulante (Fitoreguladores), elevada concentración de aminoácidos, mejoran el crecimiento radicular y foliar, floración y activa el vigor germinativo.

El biol toma gran importancia en la última década, el cual es utilizado en diferentes cultivos principalmente en cultivos intensivos. La aplicación del biol puede ser al follaje como al suelo. En aplicaciones foliares no debe aplicarse puro sino en diluciones del 25 al 75 % biol, con el cual se obtendrá altos rendimientos en la mayoría de los cultivos (Brechelt, 2004). En la actualidad los ensayos realizados en los cultivos asociados con el biol aún no han respondido las incógnitas sobre la concentración adecuada, por esta razón el trabajo pretende generar mayor información acerca del uso del biol en la producción de tomate. Paralelamente el uso de fertilizantes orgánicos líquidos en la producción de tomate es una forma eficiente para conservar la fertilidad del suelo y evitar el uso de fertilizantes sintéticos que contaminan y/o degradan los suelos. Para su preparación se utilizan insumos que se encuentran al alcance del agricultor como: el estiércol fresco, alfalfa y agua.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo general**

Evaluar la producción de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.), en respuesta a tres niveles de biol en ambiente protegido en la localidad de Achocalla Provincia Murillo Departamento de La Paz.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Describir las características agronómicas y fenológicas del tomate variedad Tropic en respuesta a la aplicación de tres niveles de Biol en ambiente protegido.
- Determinar el rendimiento del tomate variedad Tropic en respuesta a los tres niveles de biol en ambiente protegido.
- Determinar el beneficio/ costo de los tratamientos.

## **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Características del cultivo de tomate**

#### **2.1.1. Origen**

El origen del género *Lycopersicon*, se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile, pero fue en México donde se domesticó (FAO, 1991).

Santiago et al., (1998) mencionado por Paye, (2015) señala que el tomate tiene su centro de origen en América del Sur, entre el área de Perú y Ecuador, de donde se distribuyó a diferentes partes de América tropical. Fue introducido por primera vez en Europa a mediados del siglo XVI; a principios del siglo XIX se comenzó a cultivar comercialmente, se inició su industrialización y la diferenciación de las variedades para mesa y para industria.

Según Sarabia et al., (2004), indican que en nuestro país se cultiva en diversas zonas, especialmente en Valles (Tarija, Cochabamba, La paz) Sub Trópico (Yungas, Monteagudo), los valles centrales sub trópicos que alcanzan con una altitud desde los 1200 hasta los 1900 m.s.n.m. en los departamentos de Chuquisaca, Tarija, Cochabamba, Santa Cruz, en orden de producción nacional.

#### **2.1.2. Importancia del cultivo de tomate**

Cáceres (1984), menciona que el tomate es una hortaliza de importancia, tanto en lo económico como en lo social, por ser una especie de amplio uso para la preparación de ensaladas, además que es un alimento importante por su alto contenido de nutrientes, razón por la que es recomendado para diversas patologías, así como constituyente natural.



Así mismo Tiscornia (1974), Indica que el tomate es muy rico en vitamina C (28 mg por 100g fruto), complejo B y cantidad suficiente de las A y D. Su valor energético es de 0.23 calorías por gramo.

### 2.1.3. Clasificación taxonómica

Según Rojas (2001), la clasificación taxonómica del tomate es la siguiente:

- **REINO :** Vegetal
- **SUBREINO :** Tracheobionta
- **DIVISIÓN :** Magnoliophyta
- **CLASE :** Magnoliopsida
- **SUBCLASE :** Asteridae
- **ORDEN :** Solanales
- **FAMILIA :** Solanaceae
- **GÉNERO :** Lycopersicon
- **ESPECIE :** Esculentum
- **NOMBRE CIENTIFICO:** *Lycopersicon esculentum* L.

### 2.1.4. Descripción botánica

Nuez (2001), describe al tomate como cultivo comercial, perenne y muy sensible a las heladas. La parte comestible es el fruto.

#### 2.1.4.1. Sistema radicular

El sistema radicular de la planta presenta una raíz principal, pivotante que crece unos 3 cm al día hasta que alcanza los 60 cm de profundidad, simultáneamente se produce raíces adventicias y ramificaciones. Sin embargo, este es el sistema radicular, que surge cuando la planta se origina de una semilla, así cuando la planta procede de un trasplante, la raíz pivotante desaparece (Rodríguez, 1989).

#### **2.1.4.2. Tallo**

Es herbáceo, erguido en los primeros estadios de desarrollo, de una superficie angulosa y algo lignificado a medida que envejece. Puede alcanzar una altura de 2,5 m de longitud. Su superficie está cubierto de pelos agudos y glandulares que segregan una sustancia de un aroma muy característico (Rodríguez, 1989).

El tallo del tomate ramifica abundantemente. En la intersección de la hoja con el tallo se presentan yemas que dan lugar a los hijuelos, que pueden alcanzar similar altura a la del tallo principal, y estos tallos en general emiten raíces adventicias (Jaramillo, 1980).

#### **2.1.4.3. Hojas**

Son compuestas, se insertan sobre los diversos nudos, en forma alterna. El limbo se encuentra fraccionado en siete, nueve y hasta once foliolos. Al igual que el tallo están provistas de glándulas secretoras que liberan una sustancia aromática, su color es de un verde más o menos intenso con una superficie pubescente y su tamaño depende de la característica genética de la variedad (Rodríguez, 1989).

#### **2.1.4.4. Flores**

Es de color amarillo, formada por un pedúnculo cortó, el cáliz es gamosépalo, es decir con los sépalos soldados entre sí, y la corola gamopétala. El androceo tiene cinco o más estambres adheridos a la corola, con las anteras que forman un tubo. El gineceo presenta de dos a treinta carpelos que al desarrollarse darán lugar a los lóculos o celdas del fruto. Las flores se agrupan en inflorescencias de tipo racimoso (Rodríguez, 1989).

#### **2.1.4.5. Fruto**

Es una baya formada por los lóculos, las semillas y la piel. El pericarpio consiste en una carnosidad externa cubierta con la cáscara. La cáscara o piel puede ser amarilla, rosada o roja debido a la presencia de licopina y carotina. El color cambia de acuerdo al estado de madurez. La placenta, es la parte central del fruto. Entre el pericarpio y la placenta se encuentran las paredes del ovario y las semillas que forman una pulpa firme (Rodríguez, 1989).

Los frutos pueden ser ovalados, redondos, acorazonados o en forma de pera. El tamaño del fruto es muy variable, algunas variedades presentan frutos pequeños de poco peso y otras variedades tienen frutos grandes y de mucho peso (Rodríguez, 1989).

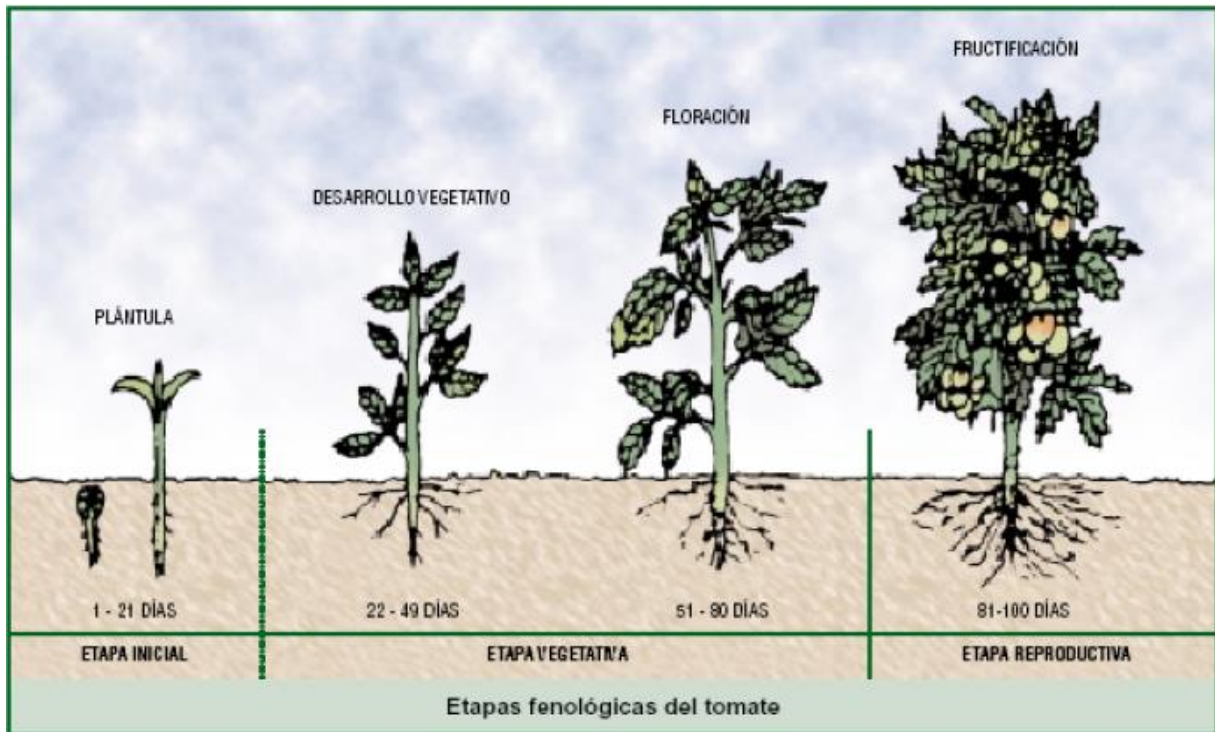
#### **2.1.5. Fases fenológicas**

Según Tecnológico Monterrey (2004), mencionado por Corazón (2008), indica que el cultivo de tomate tiene 3 fases durante su ciclo de vida:

Fase inicial: Comienza con la germinación de la semilla y se caracteriza por el rápido aumento en la materia verde; la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis.

Fase vegetativa: Esta etapa es la continuación de la fase inicial, pero el aumento en materia verde es más lento dura entre 25 a 30 días terminando con la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión.

Fase reproductiva: Inicia a partir de fructificación, durante 30 a 40 días y se caracteriza por que el crecimiento de la planta prácticamente se detiene y los frutos extraen de las plantas los nutrientes para su crecimiento y maduración.



**Figura 1. Fases fenológicas del tomate**

**Fuente:** Monterrey, (2004)

### 2.1.6. Variedades

Garay (1987), señala que las variedades de tomate pueden clasificarse como el tipo determinado, indeterminado, así como variedades de tipo intermedio. Su comportamiento dependerá del carácter genético, su adaptación a diferentes climas y condiciones de suelo. Para Van Haeff (1990), pueden clasificarse de acuerdo a la duración del ciclo de vida transcurriendo de 70 a 100 días entre el trasplante y la primera cosecha. Existen variedades precoces, tardías y las de duración intermedia. Rodríguez (2006), indica las variedades de tomate se clasifican de acuerdo a su destino, entre grupos: variedades de consumo fresco, variedades de uso industrial y variedades de doble propósito:

- Variedades de crecimiento indeterminado. El tallo producido a partir de la penúltima yema empuja a la inflorescencia terminal hacia afuera, de tal

manera que el tallo lateral parece continuación del tallo principal que le dio origen. Estos cultivares son ideales para establecer plantaciones en invernaderos. Son las que se recomienda para los sistemas hidropónicos intensivos.

- Variedades de crecimiento determinado. Tienen forma de arbusto; las ramas laterales son de crecimiento limitado y la producción se obtiene en un periodo relativamente corto. Esta característica es muy importante porque permite concentrar la cosecha en un periodo determinado según sea la necesidad del mercado. Las variedades de tomate rojo de crecimiento determinado inician su floración entre los 55 a 60 días después del sembrado.

### **2.1.7. Manejo del cultivo**

#### **2.1.7.1. Almacigo**

SEMTA (1993) mencionado por Gonzales (2006), indica que las semillas se almacigan en el mes de Julio o agosto, para esto es necesario calcular la cantidad requerida de plantas para saber cuántas semillas se necesitan. En un metro cuadrado de almacigo, se siembra 2.5 gramos de semilla, equivale a obtener entre 750 y 1000 semillas. La tierra se debe preparar para almacigo con tierra de buena textura para no causar roturas a las arcillas al sacar las plántulas para el trasplante, se debe desinfectar el almaciguero; la siembra se realiza a 0.5 cm de profundidad es necesario regar con frecuencia o mantener la humedad con una cubierta.

#### **2.1.7.2. Trasplante**

Guarro (1990), indica el trasplante se realiza cuando las plántulas tengan 3 a 4 hojas, en suelo húmedo, para evitar estrés hídrico. Para entre los 25 a 30 días después de la siembra se debe realizar esta operación en las horas más frescas del día o los

plantines alcancen de quince o veinte centímetros de altura, la plantación es de 45 centímetro, entre surco y 75 centímetro entre plantas.

### **2.1.7.3. Aporque**

Rodríguez (1989), señala el aporque permite controlar las malezas reduciendo así la competencia de humedad, luz, aire y facilita un mejor anclaje de las plantas. Para Van Haeff (1999), el aporque consiste en arrimar tierra al pie de las plantas. Los objetivos principales son: Evitar el vuelco de las plantas, Inducir la emisión de raíces adventicias, Aumentar el espacio para el desarrollo radicular, Controlar las malezas.

### **2.1.7.4. Tutorado**

Según Valadez (1993), los tomates necesitan de un soporte vertical, su función es mantener las plantas durante su desarrollo, normalmente se realiza después del surcado, una vara para cada planta clavando a una profundidad de 0.40 a 0.50 cm, los estacones es de 2 cm y 5 cm de diámetro.

### **2.1.7.5. Poda**

Blanco (2007), indica que las podas se realizan para aumentar el tamaño del fruto, aunque disminuye el total producido; esto para aumentar la aireación en las plantas, aunque también las posibilidades de golpe de sol, y facilitar las otras labores (Figura 2). Las podas consisten en eliminar semanalmente los chupones dejando unos 4 a 6 por mata y eliminar las hojas enfermas. Este material debe retirarse del campo inmediatamente. Generalmente se requiere de 8-9 deschuponadas por cosecha.

### **2.1.7.6. Riego**

Leey y Escobar (2001) citado por Agreda (2006), señala las necesidades hídricas del tomate son muy variables y dependen en la parte de la variedad (crecimiento

abierto). El estado del desarrollo del cultivo, tipo de suelo o sustrato, la topografía y las condiciones climáticas.

#### **2.1.7.7. Plagas y enfermedades**

Entre las plagas más comunes se encuentran: la Polilla del tomate, Trips, Vaquita de San Antonio, Arañuelas, Pulgón, Nematodos (INTA, Proyecto Capacitación a Distancia, 2001).

Calderón (1984), menciona que en Bolivia las enfermedades más comunes del tomate son el Mosaico del tomate por el virus del tabaco y virus del mosaico del pepino, podredumbre del fruto y mancha negra (*Glomerella cingulata*), Mildiu del tomate (*cladosporium fulvum*), Antracnosis del tomate (*Colletrotrichum gloesporioides*), Pudrición del fruto (*Aspergillus sp*), Podredumbre de los brotes florales, hojas, tallos y frutos (*Sclerotinia minor*, *Sclerotinium sclerotium*, Roya (*Puccinia pitteriana*), Mancha foliar o viruela del tomate (*Septoria lipersici*), Tizón temprano (*Alternaria solana*), Moho de las hojas (*Cladosporium fulvum*), Mildiu (*Erysiphe poligoni*) y Tizón (*Phytophthora infestans*).

#### **2.1.7.8. Cosecha**

La cosecha del tomate, debe realizarse manualmente; los frutos recolectados se clasifican según el tamaño y estado de madurez: verde maduro, pintón o rosado pintón avanzado y rojo maduro; también la cosecha depende del destino y la distancia al mercado, las variedades de crecimiento indeterminado se cosechan en forma escalonada, las de crecimiento determinado se cosecha manual en dos, tres o más pasadas (Vigliola,1989).

### 2.1.7.9. Rendimiento

Everhart et al; (2002) afirma que el rendimiento estimado del cultivo de tomate tiende con un promedio con buenas prácticas de manejo debe ser aproximadamente 27,22 kilogramos por cada hilera de 3,05 metros, es decir 2.97 kg. /m<sup>2</sup> o 12 a 15 toneladas por 4.046,9m<sup>2</sup>. Es decir 20 -25 ton. /ha. Campo abierto, de lo contrario en ambiente atemperado o invernadero se produce un promedio de 300 a 400 ton/ha. Sin embargo, MACA (2007), mencionado por Huanca (2011), dicen que el rendimiento promedio de productos agropecuarios a nivel nacional en toneladas por hectárea de los últimos cuatro años (MACA,2007).

**Cuadro 1.** Rendimiento promedio t/ha de cultivos en Bolivia

cultivos	2004	2005	2006	2007
Tomate	16.9	16.6	16.8	15.6
Papa	6.1	6	6.1	6
Cebolla	7.4	7.1	7.3	7.1
Yuca	10.1	10.1	9.8	10.1

**Fuente:** MACA, (2007)

## 2.2. Condiciones Agroecológicas

El tomate puede desarrollarse tanto en regiones tropicales de altura, subtropicales y templados, debiéndose a este su gran difusión (Arias, 1992).

### 2.2.1. Suelo

Vam Haeff (1998), indica que la planta de tomate se adapta fácilmente a toda clase de suelo sea cual sea la naturaleza y propiedades físicas del suelo siempre y cuando que sean ricas en materia orgánica y profundos. Por ser la planta muy ávida en



materia orgánica se desarrolla con dificultad en suelos carentes de ellos por más que se apliquen fertilizantes químicos en abundancia. Tiene un rango bastante amplio en la reacción o pH, este puede ser moderadamente ácido hasta ligeramente alcalino es decir de 6.0 a 7.5.

### **2.2.2. Requerimiento del cultivo**

Domínguez (1996), menciona que los efectos más importantes de los elementos principales sobre el desarrollo del tomate son:

**Nitrógeno.-** Tiene una acción directa sobre el desarrollo y la producción. No obstante, aplicado en exceso puede producir algunos efectos negativos sobre la calidad (frutos blandos, menor riqueza en azúcares, más frágiles, de más difícil conservación), así como la maduración, que puede retrasarse, esto se asocia con la aparición de pudrición del pedúnculo y la hinchazón del fruto.

**Fósforo.-** Este elemento debe aportarse aún en suelos ricos en él, dada su importancia para el desarrollo inicial del cultivo, debiendo, si es posible localizarlo, para que las plantas jóvenes encuentren un medio rico en este elemento. La escasez de este elemento en el período crítico comprendido entre los 15 y los 25 días posteriores a la nacencia o en la fase inicial del transplante puede llegar a retrasar la recolección en dos o tres semanas.

**Potasio.-** Está plenamente demostrada la acción de este elemento sobre la precocidad de la cosecha, el tamaño del fruto y el número de floraciones fértiles. Debido a que su absorción se realiza principalmente en las últimas semanas, y que debe mantenerse un equilibrio adecuado con el nitrógeno se aconseja en muchos casos fraccionar la aportación de este elemento de modo similar a como se hace con el nitrógeno sobre todo en los cultivos intensivos.

### **2.2.2.1. Clima**

Rodríguez (1989), señala que las condiciones climáticas tienen influencia en el ciclo de la planta, cuajado de los frutos, incidencia de plagas y enfermedades, calidad de los frutos y la producción. Al respecto Arias (1996), indica que el tomate es tolerante a las variaciones climáticas logrando desarrollar tanto en climas tropicales, subtropicales como templados, a esto se debería su éxito en los países de América Latina.

### **2.2.2.2. Temperatura**

Sánchez (2004), indica que la temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30 °C durante el día y entre 12 y 17 °C durante la noche. Temperaturas inferiores a 12–15 °C origina problemas en el desarrollo de la planta. Por lo tanto, Jano (2006), afirma que las temperaturas superiores a los 30 y 35 °C afecta al fructificación, por mal desarrollo de óvulos. Además, que a temperaturas superiores a 25 °C e inferiores a 12 °C la fecundación es defectuosa o nula.

### **2.2.2.3. Humedad**

Sánchez (2004), indica La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 % humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando a las flores. Para Rodríguez (1989), la humedad es un factor que influye sobre el crecimiento de los tejidos, transpiración, fecundación de las flores y desarrollo de las enfermedades criptogámicas, siendo preferibles humedades en el ambiente no superiores al 90%.

#### **2.2.2.4. Luminosidad y fotoperiodo**

Sánchez (2004), dice que los reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta. En los momentos críticos durante el período vegetativo resulta crucial la interrelación existente entre la temperatura diurna y nocturna y la luminosidad.

#### **2.2.2.5. Fertilización**

La fertilización y la cantidad de nutrientes a aportar a la planta es un aspecto muy sensible en el cultivo del tomate. En la actualidad, se promueve la técnica de la fertilización racional, donde se le entrega al suelo sólo lo que necesita, lo que implica una mayor eficiencia de uso de fertilizantes. Para efectuar con eficiencia un sistema de este tipo, es necesario conocer el tipo de suelo y realizar un análisis de nutrientes disponibles antes de trasplantar. Teóricamente, el tomate consume durante su cultivo entre 500 y 700 kg de nitrógeno, entre 100 y 200 kg de fósforo ( $P_2O_5$ ), de 1.000 a 1.200 kg de potasio ( $K_2O$ ) y de 100 a 200 kg de magnesio ( $MgO$ ) por hectárea. Es así como conociendo la reserva que hay en el suelo, se aplica sólo la diferencia para hacer una fertilización racional (Tattersall, 2007).

### **2.3. Abono orgánico**

Churquina et al, (2000), definen que la materia orgánica aumenta la fertilidad de los suelos, sostiene que es muy recomendable incorporar abonos orgánicos al momento de preparar la tierra por las ventajas que lleva consigo, la materia orgánica constituye un almacén de nutrientes en nitrógeno, fosforo, potasio y micro nutrientes, y facilita el aprovechamiento de las plantas. Se conocen también como abonos orgánicos todos aquellos residuos de origen orgánico, animal o vegetal que se utiliza para aumentar la fertilidad del suelo, el empleo de los abonos orgánicos se constituye en una de las bases principales de la agricultura.

Mientras tanto Fuentes (1999), indica que la materia orgánica es beneficiosa para los suelos porque: modifica las propiedades físicas: da soltura a los suelos arcillosos y une las partículas de los suelos arenosos, aumenta la capacidad de retención de agua. Facilita el drenaje, reduce la erosión, la formación de costras, evaporación, modifica las propiedades químicas: Aumentando la fertilidad de los suelos porque aporta elementos nutritivos cuando se mineraliza el humus junto a la arcilla constituye el complejo arcillo-húmico regula la nutrición de la planta permitiendo la fijación de los nutrientes. Modifica las propiedades biológicas: favorece la proliferación de microorganismos y aumenta considerablemente la cantidad de fauna del suelo. Favorece la respiración radicular, regula la actividad microbiana, favorece la solubilización de los compuestos minerales. A sí mismo para Agruco (1992), existen diferentes abonos utilizados como; el estiércol, compost, abono líquido, turba, gallinaza y abonos verdes incorporados al suelo, los microorganismos lo transportan y lo descomponen de modo que las plantas puedan utilizarlo.

#### **2.4. Abono orgánico líquido**

Según Restrepo (2002), el abono líquido o biofertilizantes o biopreparados, se originan a partir de la fermentación de materiales orgánicos, como los estiércoles de animales, restos vegetales, frutos, etc. La fermentación puede ocurrir con la presencia de oxígeno o sin la presencia de oxígeno. Originándose de la intensa actividad de los microorganismos que transforman los materiales orgánicos.

Los abonos líquidos contienen nitrógeno amoniacal, hormonas, vitaminas y aminoácidos, estas sustancias regulan el metabolismo vegetal, siendo complemento a la fertilidad del suelo mediante los desechos de materia orgánica resultante de la fermentación anaeróbica y como reguladores de crecimiento de las plantas que aplicados foliarmente de 20 – 50 % estimula el crecimiento y aplicados al cuello de la planta favorece el desarrollo radicular (Guerrero, 2003).

### **2.4.1. El biol**

Restrepo (2001), afirma que el biol o fertilizante líquido, es el resultado de un proceso de fermentación en ausencia de aire (anaeróbica) de restos orgánicos de animales y vegetales (estiércol y residuos de cosecha).

Medina (1992), indica que el biol es considerado como un fitoestimulante complejo que al ser aplicado a las semillas o al follaje de los cultivos, permite aumentar la cantidad de las raíces e incrementar la capacidad de fotosíntesis de las plantas, mejorando así sustancialmente la producción y la calidad de las cosechas. Así mismo, para Gomero, (1999), el biol no es más que abonos obtenidos en base a la fermentación de residuos orgánicos que generalmente se aplican foliarmente a la planta.

#### **2.4.1.1. Digestión anaeróbica**

Restrepo (2001), indica que para asegurar el ciclo biológico de las bacterias en el proceso de biodigestión anaeróbica, es necesario que se presenten las siguientes condiciones óptimas:

- Temperatura, las bacterias mesofilicas completan su ciclo biológico en el ámbito de 15-40°C con una temperatura óptima de 35 °C. Las bacterias termofilicas cumplen sus funciones en el ámbito de 35-60 °C con una temperatura óptima de 55 °C.
- Tiempo de retención, es el tiempo promedio en que la materia es degradada por los microorganismos. Se ha observado que, a un tiempo corto de retención, se produce mayor cantidad de biogás, pero con un residuo (biol) de baja calidad; para tiempos largos de retención se obtendrá una menor cantidad de biogás, pero con un residuo (biol) más degradados y con excelentes características como fuente de nutrientes.

### 2.4.1.2. Análisis químico del biol

Medina (1992), indica la composición química del biol está influenciada por el lugar y el tipo de alimentación del animal. El mismo autor menciona que el biol que elaboro alcanzó una composición química de un 2,6% de Nitrógeno, 1,5% de Potasio, 1,0% de Fósforo y 85% de Materia Orgánica.

**Cuadro 2.** Composición bioactiva del biol. Proveniente de estiércol (BE) y estiércol + alfalfa (BEA).

Componente	Unidad	BE	BEA
Sólidos totales	%	5.6	9.9
Materia orgánica	%	38.0	41.1
Fibra	%	20.00	26.2
Nitrógeno	%	1.6	2.7
Fósforo	%	0.2	0.3
Potasio	%	1.5	2.1
Calcio	%	0.3	0.4
Azufre	%	0.2	0.2
Ácido indol	mg/g	12.0	67.1
acético	mg/g	9.7	20.5
Giberelinas	mg/g	9.3	24.5
purina	mg/g	187.5	302.6
Tiamina (B1)	mg/g	83.5	210.1
Riboflavina (B2)	mg/g	33.1	110.7
Piridoxina (B6)	mg/g	10.8	35.8
Acido nicotínico	mg/g	14.3	45.6
Ácido fólico	mg/g	9.9	27.4
Cisterna	mg/g	56.6	127.1
Triptófano			

**Fuente:** Medina (1992)

Condori (2004), señala que el biol que elaboró en el Altiplano Central llegó a un contenido de 0,07% de Nitrógeno, 0,05% de Potasio, 6,52% de Fósforo y 0,71% de Materia Orgánica.

#### **2.4.1.3. Aplicación de biol**

Gomero (1999), indica que el biol puede ser utilizado en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anual y bianual o perennes, gramíneas, forrajes, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla o a la raíz; (Figura 3). No aplicar puro al follaje de las plantas, sino en diluciones. Para Alexandra (2007), el biol es un compuesto anaeróbico completo que puede ser utilizado como fertilizante, insecticida, fungicida, fitoregulador e inoculante.

#### **2.4.1.4. Relación biol días a la floración**

Heredia y cols. (1986), Citado por Brunet (1990), Menciona que algunos investigadores han demostrado que un nivel bajo de nitrógeno antes de la iniciación floral produce un florecimiento tardío y una disminución en el peso del frutos, y por el contrario, el número de flores y el florecimiento temprano de los racimos se ven influenciados positivamente por el nivel llevado de nitrógeno que se aplicó después de la iniciación floral.

Layme (2005), obtuvo un promedio de días a la floración en la variedad Tropic de 49.87 días con la aplicación de abono líquido de gallinaza. Cala (2004), reporto en su estudio de Efecto de la materia orgánica líquida, en sistemas de policultivo, en la Localidad de Coroico, obtuvo un valor promedio de número de días a la floración de 45.24 días.

#### **2.4.1.5. Relación biol en altura de planta**

CENTA (2000), menciona el nitrógeno favorece el desarrollo foliar y el crecimiento de las plantas, necesario para la formación de proteínas, clorofila, enzimas y aminoácidos, a través del proceso de fotosíntesis. El (P): favorece el desarrollo de las raíces al comienzo de la vegetación. (K): Factor de calidad. Regula las funciones de la planta, aumenta la resistencia a enfermedades, (Ca): influye en la formación de las paredes celulares, (Mg): forma parte de la clorofila y actúa en el metabolismo del fósforo el (B): necesario en pequeña cantidad, pero imprescindible para la vida de la planta.

Beltrán (1992) indica que, el nitrógeno causa un incremento en la altura de la planta especialmente en las densidades de siembras altas del cultivo, cuando mayor es la humedad del suelo, por ende, habrá la absorción necesaria según el requerimiento del cultivo.

Chilon (1997), afirma que el aporte de nitrógeno es importante para el desarrollo de la parte aérea, así como el fósforo proporciona el vigor y la fortaleza a la planta, también favorece la síntesis de compuestos orgánicos esenciales para la síntesis de proteínas, carbohidratos y lípidos.

#### **2.4.1.6. Relación biol (No.) de frutos**

Domínguez (1997), menciona que la nutrición vegetal es el proceso mediante el cual, la planta absorbe del medio las sustancias (minerales), que son necesarias para llevar a cabo su metabolismo, bajo condiciones climáticas adecuadas. Al respecto Layme (2005), obtuvo con aplicación de abono líquido de gallinaza un promedio de número de frutos 24 unidades en tomate con la variedad Tropic en Achocalla.

Cobiella (1995), citado por Fernández (1999), señala que aplicando abono orgánico líquido foliar a diferentes concentraciones en variedades de tomate y pimiento bajo



condiciones de campo, apreciaron un efecto estimulante y positivo en la altura y frutos.

Según Gonzales (2006), reporto un promedio de número de frutos de 9 unidades en la variedad Tropic. Con la aplicación de abono líquido (te de estiércol) en el cultivo de tomate.

#### **2.4.1.7. Relación biol diámetro de fruto**

Cadena (2014), menciona que la aplicación foliar produce que los nutrientes sean absorbidos con mayor eficiencia, debido a que los abonos foliares permanecen por mayor tiempo en contacto con la superficie de las hojas lo que provoca que la planta tenga mayor oportunidad de absorber el abono.

Según Restrepo (2001), quien menciona que este tipo de materia orgánica presenta fito hormonas que regulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, también contienen sustancias que degradan los compuestos del suelo para favorecer su pronta absorción por las plantas.

Al respecto Chilón (1997), indica que al variar factores se da posibilidad la mayor penetración de las gotas de solución en la superficie foliar, aumentando la posibilidad de absorción. A medida que aumenta la temperatura la cutícula se ablanda y el agua es más fluida, aumentando entonces la absorción de la solución nutritiva aplicada.

#### **2.4.2. Rendimiento de tomate con aplicación de biol**

Escobar (2013), menciona que es conocido que el alto contenido de ácidos fúlvicos y húmicos aumenta la reabsorción de los minerales que se encuentran en el suelo, como los son fósforo, nitrógeno, potasio, hierro, magnesio, molibdeno, entre otros.

Al respecto Humeres y Caraballo (1991), mencionan que los nutrientes tienen una acción directa sobre el crecimiento de las plantas, tamaño de fruto, número de flores etc. y en los procesos químicos – fisiológicos, junto al nitrógeno, potasio y fósforo intervienen en el mayor rendimiento, en la calidad de los frutos y la temprana maduración de los mismos.

Al respecto FAO (1989), menciona que se pueden obtener buenos resultados si se aplican elementos nutritivos y no se tiene presente un grupo de factores que hacen eficaz dicha fertilización, además afirma que los factores que influyen en el rendimiento del cultivo siendo las más importantes características físicas – químicas del suelo (contenido de nutriente, reacciones del suelo, textura, estructura capas impermeables), factores climáticos (lluvia, temperatura, intensidad luminosa), características del cultivo (requerimiento de nutrientes), actividad del hombre (rotación del cultivo, densidad de siembra, control plagas y enfermedades).

#### **2.4.3. Gallinaza**

La gallinaza principal fuente de nitrógeno para la fabricación de abonos fermentados, mejorando las características de la fertilidad del suelo. Principalmente contiene fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, dependiendo de su origen puede aportar otros minerales orgánicos en mayor o menor cantidad, mejoran las condiciones físicas del suelo Restrepo (2001).

En el Cuadro 3, muestra los porcentajes del contenido de cada elemento y el grado de solubilidad de estos, observándose que la gallinaza posee considerable porcentaje de solubilidad del nitrógeno (FAO, 1989).

### **Cuadro 3. Contenido y solubilidad de elementos nutritivos en la gallinaza**

Elemento	Contenido	Solubilidad%
Nitrógeno	3 %	30.34
Potasio	1.27%	31.5
Calcio	1.55%	5.17
Magnesio	0.57%	5.12
Hierro	2830 ppm	0.006
Manganeso	196 ppm	11.23
Cobre	32 ppm	12.5
Zinc	135 ppm	11.11
Fósforo	1.82%	203

**Fuente:** Lange (1980)

#### **2.4.4. Importancia de las leguminosas**

Rodríguez (2000), menciona que Las leguminosas son importantes porque mejora la estructura del suelo incorporan gran cantidad de N<sub>2</sub>O al suelo en simbiosis con las bacterias del genero Rhizobium y se utilizan como abonos verdes en los valles y cabeceras de valle como el tarwi, haba, alfalfa, platanillo, vicia, frijol, arveja, crotalaria, garrotilla y trébol, en cobertura, cuya finalidad es devolver a través de ellos sus nutrientes al suelo.

Weier, et al, (1989), indican que la simbiosis se produce cuando la planta y el Rhizobium establecen un dialogo molecular que prepara en las células de la raíz un habitat (nódulos y estructuras globularea), donde la bacteria se establece y evade la respuesta de defensa de la planta. En esta estructura se realiza el proceso de fijación del nitrógeno atmosférico que es reducido para crear amonio, compuesto utilizado por el frijol para crecer. Esta forma de fijación de nitrógeno equivale a una fertilización biológica anticontaminante porque no incrementa los nitratos en el suelo y promueve una agricultura sustentable. De acuerdo al Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT 1987), el nitrógeno está presente en los tejidos verdes de las plantas. Algunos suelos minerales tienen contenidos totales de nitrógeno muy

superiores a los requerimientos de los cultivos, casi todo este elemento se encuentra en la materia orgánica.

#### **2.4.5. Composición química de alfalfa**

Según Sánchez P. (2009), el cultivo de alfalfa proporciona elevados niveles de proteína, minerales y vitaminas de calidad, su valor energético también es alto, lo que está relacionado con el valor nitrogenado del forraje como se muestra en el cuadro 4.

**Cuadro 4. Composición química del alfalfa en hojas y tallo**

<b>%</b>	<b>HOJAS</b>	<b>TALLO</b>
Proteína bruta	24	10.7
Extracto Etéreo	3.1	1.3
Extracto no nitrogenado	45.8	37.3
Fibra bruta	16.4	44.4
Cenizas	10.7	6.3

Fuente: Infoagro (2007)

### 3. MATERIALES Y MÉTODO

#### 3.1. Localización del área de estudio

El Municipio de Achocalla es la tercera sección Municipal de la Provincia Murillo, departamento de La Paz, se encuentra en los paralelos 16°33" y 16°37" de latitud sur 68°06" y 68°11" longitud oeste, a una altura entre 3600 y 4200 m.s.n.m.

El presente estudio se realizó en la granja "Ecológica Monasterios Cisterciense AVE MARIA", situada en la comunidad de Marquirivi, localidad Achocalla.



Fuente: Google Earth,(2019)

Figura 2. ubicación del experimento

## **3.2. Características ecológicas**

### **3.2.1. Clima**

Achocalla por su localización y su característica fisiográfica esta subdividida en dos regiones bien diferenciadas por lo que el clima es variado presentando un clima de sub húmedo a semiárido (Palacios, 1999).

### **3.2.2. Suelos**

En la zona alta se puede distinguir suelos superficiales (30-40 cm), la textura media o moderadamente gruesa y con mucha grava. En la zona media los suelos son medianamente profundos (100 a 150 cm). Los suelos con textura media están limitados por fluctuaciones de la capa freática, correspondiendo a la mayor parte de los terrenos bajo riego (Palacios, 1999).

### **3.2.3. Temperatura**

SENAMHI (2004), indica que la zona se caracteriza por presentar un clima templado con temperaturas medias anuales de 15 °C y 19 °C, una temperatura máxima promedio 20.1 °C y temperatura mínima promedio 13.1 °C.

### **3.2.4. Precipitación**

La precipitación promedio de la zona es aproximadamente de 520.5 mm (SENAMHI, 2004).

## **3.3. Material experimental**

### **3.3.1. Material vegetal**

Semilla de tomate variedad Tropic bajo las siguientes características:

## **La variedad Tropic**

Es conocido como tomate redondo liso de fruto poco carnoso más jugoso, de forma casi redonda color rojo y tamaño mediano. Días a la maduración 80, con un peso promedio de 142 gramos, recomendada para consumo fresco.

### **3.3.2. Material orgánico**

Gallinaza

Alfalfa

### **3.3.3. Materiales de campo**

- Picotas
- Palas
- Rastrillos
- Turriles plásticos
- Tijera de podar
- Flexómetro
- Tutores individuales
- Chontillo
- Ovillos de pita de amarre
- Repicador
- Balanza
- Letreros de identificación
- Bidones
- Canastillas

### **3.3.4. Materiales de gabinete**

- Computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Bolígrafos
- Planillas de datos
- Marcadores
- Cuaderno de campo

### 3.4. Método

#### 3.4.1. Descripción del ambiente

Inicialmente se procedió al acondicionamiento de la carpa solar con una superficie total de 250 m<sup>2</sup>, 25.5 m de largo y 10 m de ancho, con estructura de ladrillo y cemento, tipo túnel alto de 2.50 m y de 1 m de alto, material de cubierta de agrofilm de 250 µ de espesor.



**Figura 3. Ambiente donde se realizó el experimento**

#### 3.4.2. Procedimiento experimental

##### 3.4.2.1. Preparación de suelo

La preparación del suelo se efectuó de forma manual un mes antes del trasplante, de esta manera evitar mediante la radiación solar la presencia de agentes no deseados como ser plagas y malezas, a una profundidad de 25 cm, de manera que se obtenga un suelo suelto para el trasplante, el prendimiento de las plántulas y una mejor distribución de la humedad.





**Figura 4. Remoción y nivelado del campo experimental**

#### **3.4.2.2. Toma de muestra del suelo**

Una vez preparado el suelo se procedió a tomar muestras del suelo de diferentes lugares, en este caso se delimitó los bloques, para luego avanzar a lo largo de las parcelas siguiendo el camino en zig-zag, evitando tomar muestras de los bordes de las parcelas.

Se tomaron 20 muestras en total del área experimental a 20 cm de profundidad para luego formar una muestra homogénea y representativa de la cual se tomó un kilo de suelo a través del cuarteo (Chilon, 1997).

#### **3.4.2.3. Almacigo**

El almacigo se realizó al voleo en un  $m^2$ , con un sustrato de: dos partes de tierra cernida del lugar, una parte de arena, una parte de turba y una parte de estiércol (2:1:1:1), previa desinfección se sembró a una profundidad de 0,5 cm, cubriéndose con una capa de tierra muy fina, posteriormente se cubrió con paja esparcida, culminando con un riego abundante.

#### 3.4.2.4. Trasplante

El trasplante a campo definitivo se efectuó después de 46 días, cuando las plántulas alcanzaron un promedio de altura de 20 cm en un suelo previamente humedecido se realizó la apertura de hoyos con un repicador, introduciendo las plántulas con pan de suelo, a una distancia de 0,50 m entre plantas y 0,50 m entre hileras.



**Figura 5. Trasplante del tomate**

#### 3.4.3. Labores culturales

Las labores culturales que se realizaron durante el ciclo vegetativo del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*), se enmarcaron al manejo tradicional en ambientes atemperados.

#### 3.4.4. Elaboración de biol

El biol se elaboró en tres turriles, con diferentes niveles de estiércol de gallinaza fresco y alfalfa lo cual describiremos a continuación:

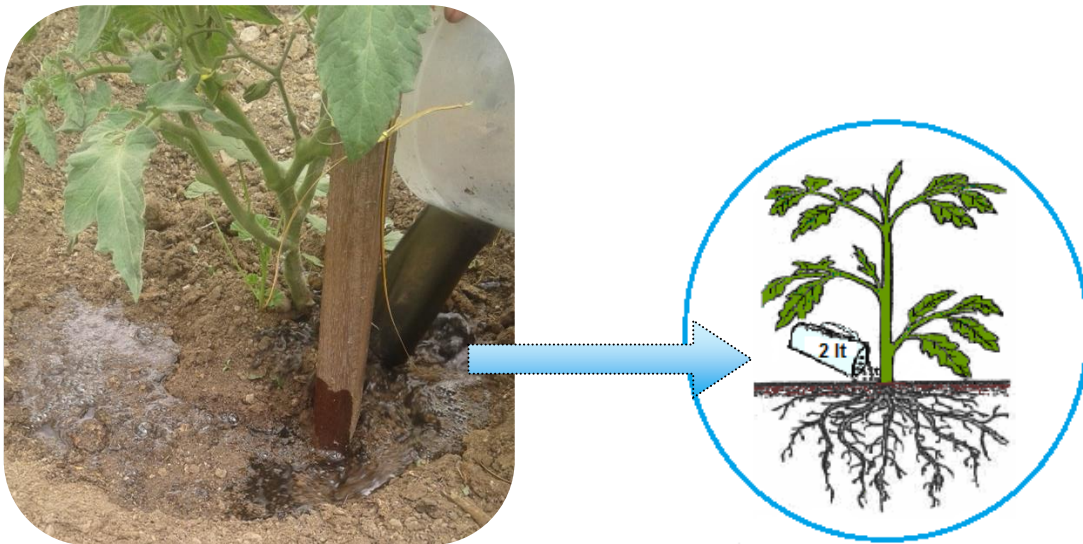
- **preparación 1.-** la primera preparación se elaboró con las concentraciones de 2 kg de gallinaza y un kilogramo de alfalfa.

- **Preparación 2.-** la segunda preparación con 4 kg de gallinaza y 1 kg de alfalfa
- **preparación 3.-** la tercera preparación se elaboró con 6 kg de gallinaza y 1 kg de alfalfa.

Todas las preparaciones se hicieron con una mezcla de 20 litros de agua, en turriles de 220 litros cada uno, adicionando con 200 gramos de melaza a cada nuestra, lo cual cumplió la función de reactivar los microorganismos presentes. El proceso de fermentación anaeróbico tuvo una duración de cuatro meses.

#### 3.4.4.1. Aplicación de biol

La aplicación de biol fue cada 15 días, en un volumen de 2 lt/planta, esta actividad se realizó a nivel del cuello de la planta de manera localizada en una concentración de 4 partes de agua por 1 de biol.



**Figura 6. Aplicación del biol de gallinaza**

### 3.4.4.2. Tutorado

El tutorado se realizó con estacas de eucalipto y caña hueca de 4 m de largo para cada hilera.



**Figura 7. Tutorado del tomate**

### 3.4.4.3. Aporque y control de malezas

Se realizó 2 aporques en el cuello de las plantas de tomate, utilizando suelo del medio del surco, una en la fase de desarrollo y la otra en la floración. El control de malezas se realizó cada quince días para evitar la competencia de nutrientes y favorecer el buen desarrollo del cultivo.



**Figura 8. Aporque y desmalezado**

#### **3.4.4.4. Poda**

Las podas se realizaron de forma manual y utilizando una tijera de podar, eliminando las hojas y los tallos laterales (chupones), a una altura aproximada de 0,40 m, para permitir el desarrollo de los tallos principales favoreciendo la aireación, iluminación y así evitar la propagación de plagas y enfermedades. Este trabajo se realizó en las primeras horas de la mañana.



**Figura 9. Poda de la planta de tomate**

#### **3.4.4.5. Riego**

El riego se realizó según la necesidad del cultivo, tomando en cuenta que en la fase de fructificación o maduración se disminuyó para que el fruto llegue a madurar perfectamente.

#### **3.4.4.6. Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual a medida que los frutos llegaron a la madurez comercial cuando el fruto presento color rosado blanquecino a rojo, aplicando un corte en el racimo de los frutos, al cosechar se separó por planta y por unidad experimental en canastillas para su posterior evaluación. Se realizó 4

cosechas cada 15 días, la primera cosecha se hizo a los 127 días después del trasplante.



**Figura 10. Cosecha del tomate**

#### **3.4.4.7. Toma de datos**

La selección de plantas para la toma de datos se realizó al azar de 7 plantas de tomate por unidad experimental, a partir de 5 días después del trasplante para luego etiquetarlos para su identificación.

#### **3.4.5. Diseño experimental**

Se empleó un diseño completamente al azar constituidos por 3 tratamientos más 1 testigo y 4 repeticiones totalizando 16 unidades experimentales.

Bajo el siguiente modelo lineal (Peñañiel, 2020).

$$\chi_{ij} = \mu + t_j + EE_{ij}$$

Dónde:

$\chi_{ij}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media general

$\tau_j$  = Efecto  $j$ -ésimo tratamiento

$EE_{ij}$  = Error experimental

### 3.4.5.1. Factor de estudio o tratamientos

Tratamiento T-1 = Testigo

Tratamiento T-2 = 2 kg de gallinaza, 1 kg de alfalfa/20lt de agua

Tratamiento T-3 = 4 kg de gallinaza, 1 kg de alfalfa/20lt de agua

Tratamiento T-4 = 6 kg de gallinaza, 1 kg de alfalfa/20lt de agua

### 3.4.5.2. Croquis experimental

Las unidades experimentales fueron establecidas de la siguiente manera:

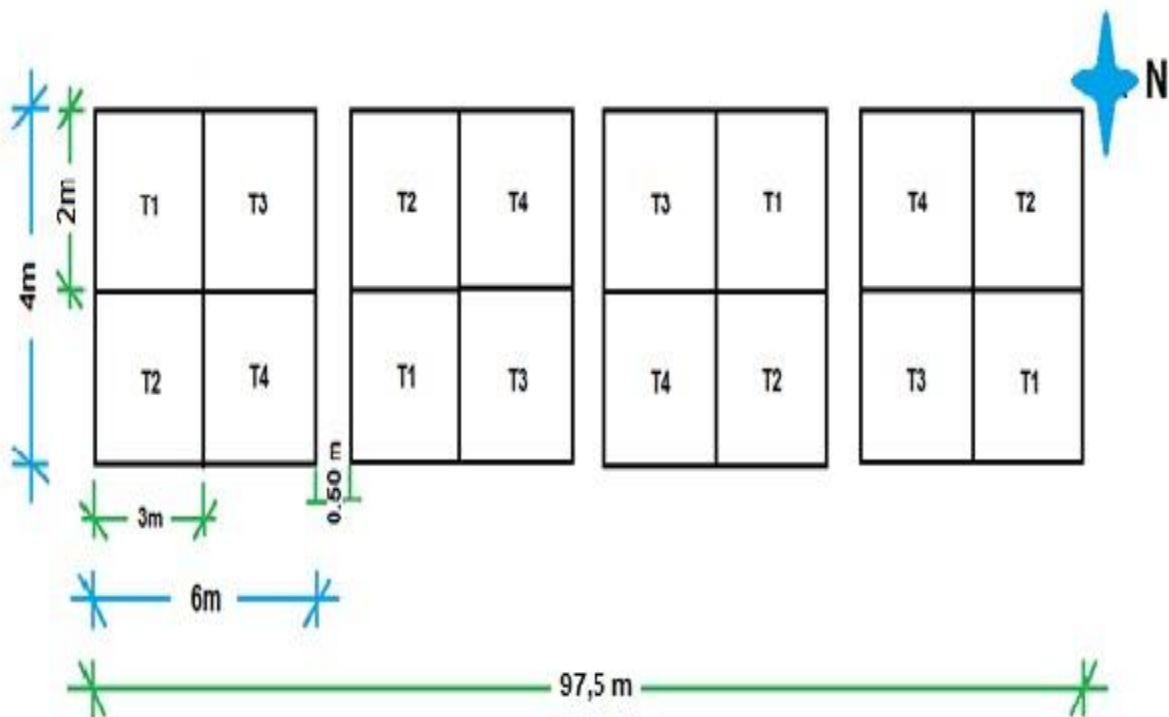


Figura 11. Croquis del experimento

### 3.4.5.3. Características del campo experimental

El ensayo se implantó en la Comunidad de Marquirivi, las características del ensayo fueron:

Número total de tratamientos:	4
Número de repeticiones:	4
Área total del experimento:	97,5 m <sup>2</sup>
Número de unidades experimentales:	16
Largo de unidad experimental:	2 m
Ancho de unidad experimental:	3 m
Área de unidad experimental:	6 m
Distancia entre hilera:	0,50 m
Distancia entre planta:	0,50 m
Número de hileras:	2
Número de plantas por hilera:	5
Número de plantas evaluadas por unidad experimental:	5
Superficie de ensayo:	96m <sup>2</sup>

### **3.4.6. Variables de respuesta**

#### **3.4.6.1. Variables agronómicas**

##### **3.4.6.1.1 Altura de planta de Tomate (cm)**

Se tomaron registros de altura de planta a la cosecha (5 plantas por unidad experimental), con un flexómetro desde el cuello de la planta hasta el ápice superior de la planta en cm.

##### **3.4.6.1.2 Diámetro de fruto de Tomate (cm)**

Para registrar el diámetro de frutos, se realizaron mediciones diametrales de los frutos, a la cosecha, el mismo se expresó en centímetros (cm).



### **3.4.6.1.3 Número de frutos de Tomate por planta (No)**

El conteo de frutos se hizo, una vez que se tuvo todos los frutos cosechados por planta.

### **3.4.6.2. Variables fenológicas**

#### **3.4.6.2.1 Días a la floración (días)**

Esta variable se tomó en el momento en que más del 50% de las plantas iniciaron a florecer por tratamiento.

#### **3.4.6.2.2 Días a la cosecha (días)**

La cosecha se realizó cada siete días cuando los frutos adquirieron su madurez fisiológica y presentando un tono de coloración pintón (coloración a rojo), una coloración a rosado. Se cosecharon por planta y por unidades experimentales separadamente en bolsas de polietileno independientes para su posterior pesaje, medición y registro.

### **3.4.6.3. Variable de rendimiento**

#### **3.4.6.3.1 Peso de fruto de Tomate por planta (Kg)**

Se evaluó a la primera cosecha, se realizó el pesaje de los frutos por planta expresado estos valores en kg/planta.

#### **3.4.6.3.2 Rendimiento (Kg)**

Se evaluó al concluir el ciclo productivo del tomate, se sumó todos los pesos de todas las cosechas hasta la última cosecha por tratamiento la cual fue en kg/96 m<sup>2</sup>.

### 3.4.6.3.3 Análisis económico

El análisis económico, fue efectuado según la metodología propuesta por Perrin *et al.* (1988), que recomienda el análisis de costos variables, beneficios brutos, beneficios netos. Los resultados fueron ajustados al 10% por efecto del nivel de manejo, multiplicando el precio de mercado por la cantidad de producto de cada tratamiento, determinando el beneficio bruto.

$$\mathbf{BB = R * P}$$

Dónde:

**BB** = Beneficio bruto

**R** = Rendimiento

**P** = Precio de venta

Restando los costos variables totales se obtuvieron los beneficios netos, con los cuales se trazó la curva de beneficios netos

$$\mathbf{BN = BB - CP}$$

Dónde:

**BN** = Beneficio neto

**BB** = Beneficio bruto

**CP** = Costo de producción

### 3.4.6.3.4 Relación B/C

En la definición de Arias (1996), la razón beneficio/costo sirve para medir la capacidad que tiene la aplicación de un tratamiento alternativo y 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

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características químicas del biol en estudio

En el Cuadro 5, se presentan los resultados del análisis de Biol, realizado en el Laboratorio de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear “ABEN”. (Anexo 3,4,5).

**Cuadro 5. Análisis químico del biol**

Tratamientos	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%Na	Bo ppm	pH
T-1(2kg gallinaza,1kg alfalfa/20lt)	0,150	0,001	0,09	0,82	0,02	0,03	2,90	7,89
T-2(4kg gallinaza,1k alfalfa/20lt)	0,270	0,007	0,17	0,74	0,02	0,06	5,60	7,65
T-3(6kg gallinaza,1kg alfalfa/20lt )	0,230	0,002	0,10	0,71	0,01	0,06	7,68	7,68

**Fuente:** Laboratorio ABEN (2019)

### 4.2. Características químicas del suelo

De acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear “ABEN” (Anexo 6), presenta los siguientes resultados (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Análisis químico del suelo**

Parámetros	Resultados	Unidades
Clase Textura	Franco	
pH	7,07	-----
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	31,21	meq/100g
Nitrógeno total (N)	0,52	%
Fósforo asimilable (P)	34,22	ppm
Potasio (K)	3,52	meq/100g
Calcio (Ca)	9,18	meq/100g
Magnesio ( Mg)	8,89	meq/100g

**Fuente:** Laboratorio “ABEN” (2019)

El suelo presenta: arena 47%, arcilla 24%, limo 29%, grava 16, 8% con una textura franca, aceptable según Vigliola y Aitken (1987), el tomate se puede cultivar en una amplia gama de suelos, lográndose precocidad en suelos francos o franco arenosos, en suelos pesados se debe mejorar su estructura mediante abonos. Al respecto Vam Haeff (1998), el tomate se adapta a toda clase de suelos, siempre y cuando estos sean ricos en materia orgánica y sean profundos.

El pH 7,07 se encuentra dentro del rango aceptable para el cultivo de tomate. Vam Haeff (1998), señala que el tomate puede producirse en suelos con rango bastante amplio de pH, este puede ser moderadamente ácido hasta ligeramente alcalino o sea de 6,0 a 7,5.

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) es alta con 31,21 meq/100 g suelo, el complejo coloidal arcillo-húmico se caracteriza por tener un alto grado de retención y cambio de cationes impidiéndose la lixiviación de nutrientes y así mismo permitiendo el almacenamiento de nutrientes para las plantas.

El porcentaje de nitrógeno total fue de 0,52 %, en un porcentaje mayor según Chilón (1997), indica que en un porcentaje mayor al 0.2% de nitrógeno está en niveles altos, el suelo y el cultivo pueden verse favorecidos tanto en su estructura como en el rendimiento mismo del cultivo.

El contenido de fósforo asimilable fue de 34,22 ppm, son considerados como medio y el potasio 3,52 meq/100 g de suelo los cuales son altos.

### **4.3. Variables agronómicas**

#### **4.3.1. Altura de planta de Tomate (cm)**

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 7) para altura de planta de tomate (cm), existe diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V.) 3,73%, se encuentra dentro de un rango aceptable.

Ochoa (2016), indica la confiabilidad de la información y el buen manejo de las unidades experimentales.

**Cuadro 7. Análisis de varianza para altura de planta del Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

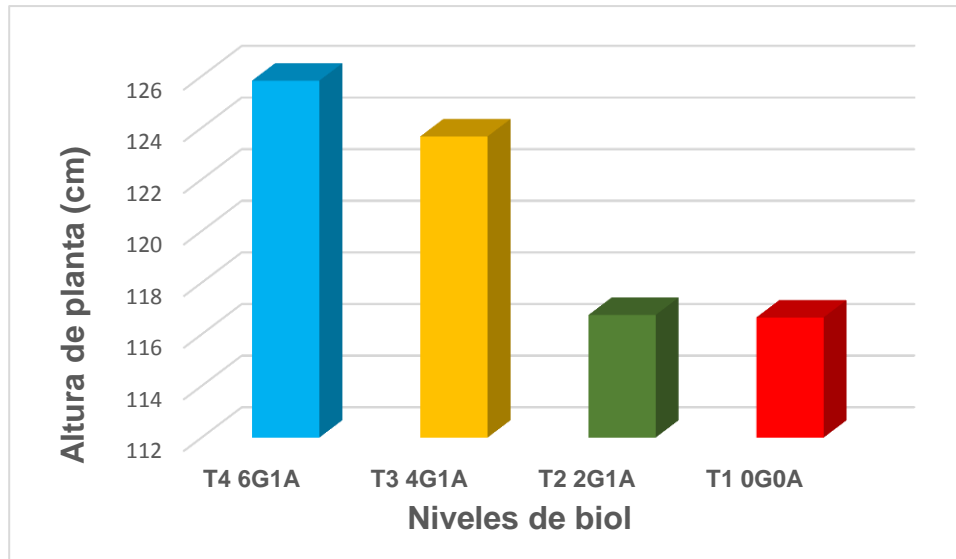
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	268,3	3	89,43	4,4	0,0262
Niveles Biol	268,3	3	89,43	4,4	0,0262
Error	243,66	12	20,3		
Total	511,96	15			

**Cuadro 8. Comparación de medias según tukey (0,05) para altura de planta del Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

<b>Niveles Biol</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>			
T4 6G1A	125,83	4	2,25	A		
T3 4G1A	123,67	4	2,25	A	B	
T2 2G1A	116,75	4	2,25	A	B	C
T1 0G0A	116,66	4	2,25	A		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La comparación de medias según Tukey (0,05) para la altura de planta (cm) del Tomate (Cuadro 8) expresa: los tratamientos T-4 con 125.83 cm de altura, es similar al tratamiento T-3, con 123.67 cm de altura y este es superior al tratamiento T-2 con 116.75 cm de altura, el tratamiento T-1 con 116,66 cm presenta la menor altura de planta (Fig. 12).



**Figura 12. Altura de planta del Tomate (cm) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Layme (2005), con aplicación de abono líquido de gallinaza reportó 122.92 cm. Gonzales (2006), reporto una altura de 120,33 cm. con aplicación de abono líquido en la variedad Tropic. Valero (2004), con tres niveles de fertilización orgánica, reportó 77,38 cm.

#### **4.3.2. Diámetro ecuatorial de fruto del Tomate a la cosecha (cm)**

El análisis de varianza (ANVA) para diámetro de fruto del Tomate a la cosecha (Cuadro 9), presenta diferencia estadística altamente significativa ( $P < 0,01$ ) entre tratamientos, con un coeficiente de variación (C.V.) 5,24%, valor que indica la confiabilidad de los datos.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para diámetro ecuatorial de fruto de Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Modelo	28,33	3	9,44	105,6	<0,0001
Niveles Biol	28,33	3	9,44	105,6	<0,0001
Error	1,07	12	0,09		
Total	29,4	15			

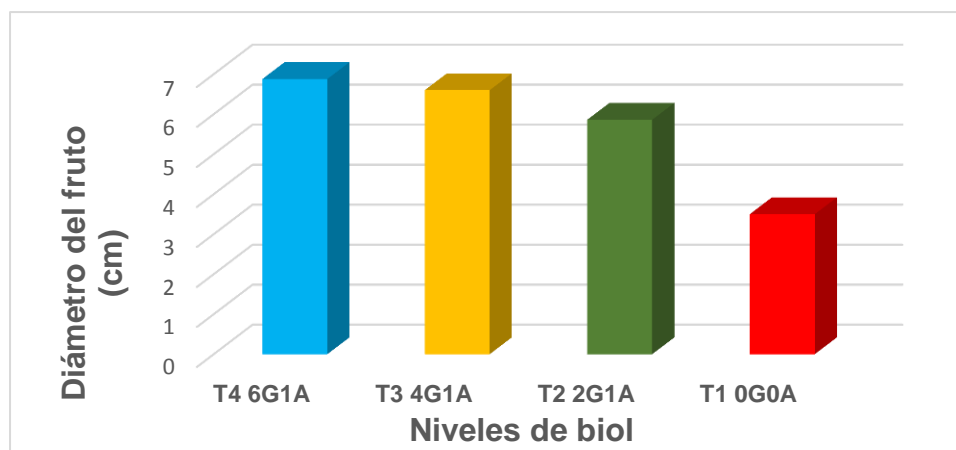
**Cuadro 10. Comparación de medias según Tukey (0,05) para diámetro ecuatorial de fruto de Tomate (cm) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

<b>Niveles Biol</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E.</b>	
T4 6G1A	6,88	4	0,15	A
T3 4G1A	6,6	4	0,15	A
T2 2G1A	5,86	4	0,15	B
T1 0G0A	3,5	4	0,15	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La comparación de medias según Tukey (0,05) para el diámetro de fruto del Tomate (cm), establece tres grupos (Cuadro 10) donde los tratamientos T-4 con 6.88 cm de diámetro de fruto es similar al tratamiento T-3, con 6.6 cm, el T-2 forma un grupo con 5.86 cm de diámetro y finalmente el menor diámetro corresponde al tratamiento T-1 con 3.5 cm (Fig. 13).





**Figura 13. Diámetro de fruto ecuatorial de Tomate (cm) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Layme (2005), con aplicación de abono líquido de gallinaza reportó 6.07 cm. Gonzales (2006), 4,21 cm, con te de estiércol. Machicado (2000), reportó para la zona del Altiplano diámetros de 3,0 a 3,5 cm para las variedades Tropic y Rio Grande.

#### 4.3.3. Número de frutos de Tomate por planta (Nº)

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 11), el número de frutos (No.) por planta presenta diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos. El coeficiente de variación se encuentra de un rango aceptable con 10.6 %.

**Cuadro 11. Análisis de varianza para el número de frutos del Tomate por planta (Nº) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

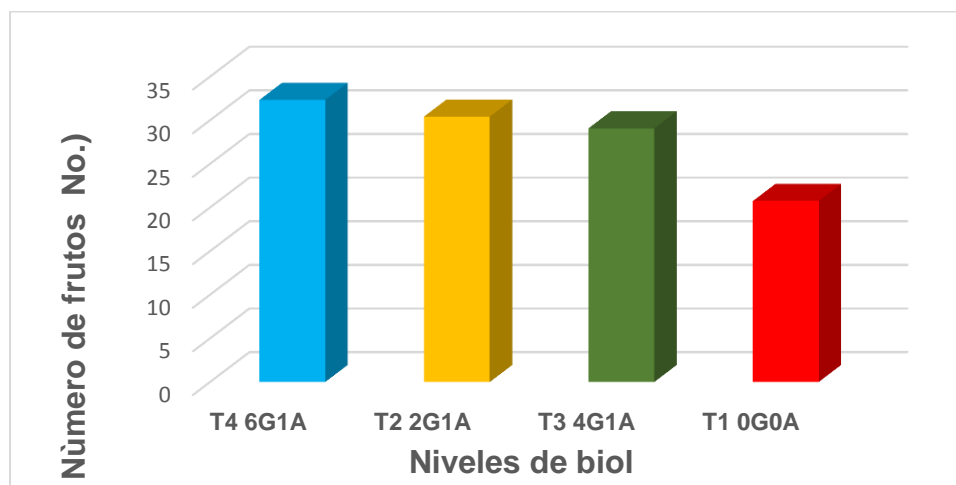
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	312,91	3	104,3	11,72	0,0007
Niveles Biol	312,91	3	104,3	11,72	0,0007
Error	106,8	12	8,9		
Total	419,71	15			

**Cuadro 12. Comparación de medias según Tukey (0,05) para número de frutos del Tomate por planta (No.) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Niveles Biol	Medias	n	E.E.	
T4 6G1A	32,33	4	1,49	A
T2 2G1A	30,42	4	1,49	A
T3 4G1A	29,08	4	1,49	A
T1 0G0A	20,75	4	1,49	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La comparación de medias (Cuadro 12) según Tukey (0,05) para el número de frutos del Tomate por planta, se diferencian dos grupos: el primero con los valores más altos, los tratamientos T-4 con 32.33 número de frutos por planta, el T-3 con 30.42, seguido del T-2 con 29.02, el segundo grupo con el menor número de frutos lo representa el T-1 con 20.75 frutos (Fig. 14).



**Figura 14. Número de frutos del Tomate por planta bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Layme (2005), con aplicación de abono líquido de gallinaza obtuvo 24 frutos por planta. Gonzales (2006), reporto 9 frutos con la aplicación de té de estiércol.

#### 4.3.4. Variables fenológicas.

##### 4.3.4.1. Días a la floración del Tomate (No. días)

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 13), días a los floración no presenta diferencia estadística significativa ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos, el coeficiente de variación se encuentra en un rango aceptable con 14,05%.

**Cuadro 13. Análisis de varianza para días a la floración (No. días) del Tomate bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

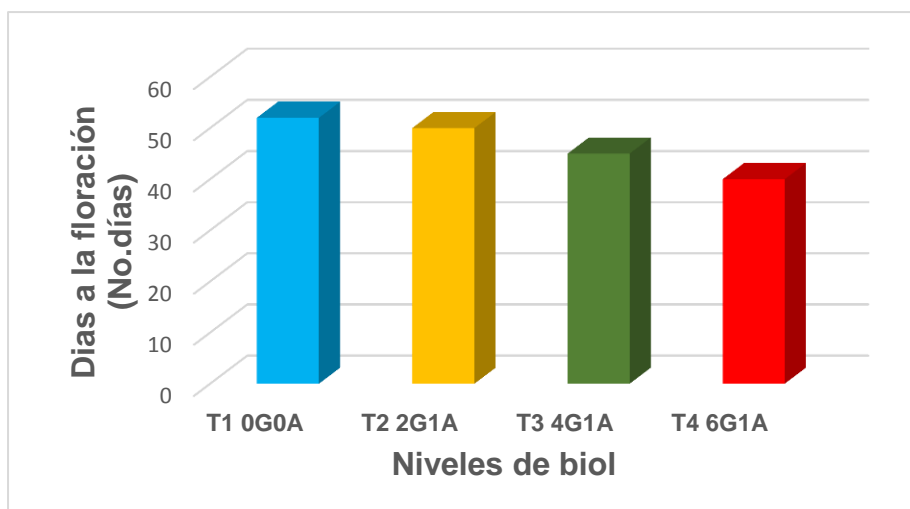
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	347	3	115,67	2,68	0,0941
Niveles Biol	347	3	115,67	2,68	0,0941
Error	518	12	43,17		
Total	865	15			

**Cuadro 14. Comparación de medias según Tukey (0,05) para días a la floración (Días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Niveles Biol	Medias	n	E.E.	
T1 0G0A	52	4	3,29	A
T2 2G1A	50	4	3,29	A
T3 4G1A	45	4	3,29	A
T4 6G1A	40	4	3,29	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La comparación de medias según Tukey (0,05) para días a la floración corrobora el análisis de varianza (Cuadro 14), todos los tratamientos forman un solo grupo, sin embargo se destaca el T-4 con 40 días a la floración, seguido del tratamiento T-3 con 45 días, el T-2 con 50 días, finalmente el T-1 con mayor días a la floración con 52 días (Fig. 15).



**Figura 15. Días a la floración del Tomate (Días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Layme (2005), obtuvo 49,87 días a la floración con la aplicación de abono líquido de gallinaza. Cala (2004), con aplicación materia orgánica líquida obtuvo a los 45.24 días. Gonzales (2006), con aplicación de abono (2kg de estiércol en 20L) reportó 40 días. Pomier (1998), reporta floración a los 54 días.

#### 4.3.4.2. Días a la cosecha del Tomate (Días)

**Cuadro 15. Análisis de varianza para días a la cosecha del Tomate (Días) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	347	3	115,67	7,01	0,0056
Niveles Biol	347	3	115,67	7,01	0,0056
Error	198	12	16,5		
Total	545	15			

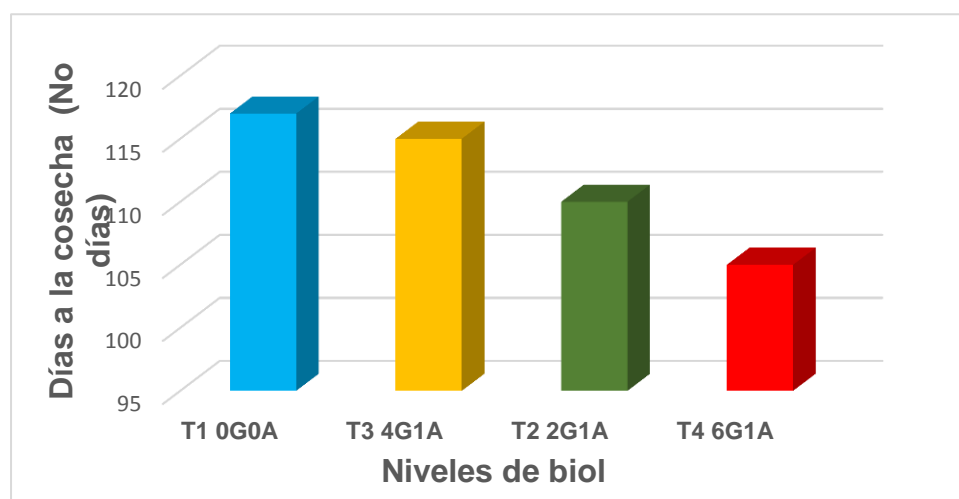
De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 15), el efecto de niveles de biol, presentó significancia estadística significativa ( $p < 0.05$ ), con un coeficiente de variación (C.V.) de 3,63%.

**Cuadro 16. Comparación de medias según Tukey (0,05) para días a la cosecha del Tomate (Días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Niveles Biol	Medias	n	E.E.		
T1 0G0A	117	4	2,03	A	
T3 4G1A	115	4	2,03	A	
T2 2G1A	110	4	2,03	A	B
T4 6G1A	105	4	2,03	B	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La comparación de medias (Cuadro 16), según Tukey (0,05) establece al tratamiento T-4 con la menor cantidad de días a la cosecha con 105 días, seguido del tratamiento T-2, con 110 días, el tratamiento T-3 con 115 días, finalmente el tratamiento T-1 con 117 días (Fig. 16).



**Figura 16. Días a la cosecha de fruto del Tomate (No. días) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Layme (2005), con aplicación de abono líquido de gallinaza obtuvo 120 días a la cosecha. Gonzales (2006), reporto 109 días con aplicación de abono (2kg de estiércol en 20 lt de agua).

#### 4.3.5. Variables de rendimiento

##### 4.3.5.1. Peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta)

**Cuadro 17. Análisis de varianza para peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,04	3	1,68	9,24	0,0019
Niveles Biol	5,04	3	1,68	9,24	0,0019
Error	2,18	12	0,18		
Total	7,23	15			

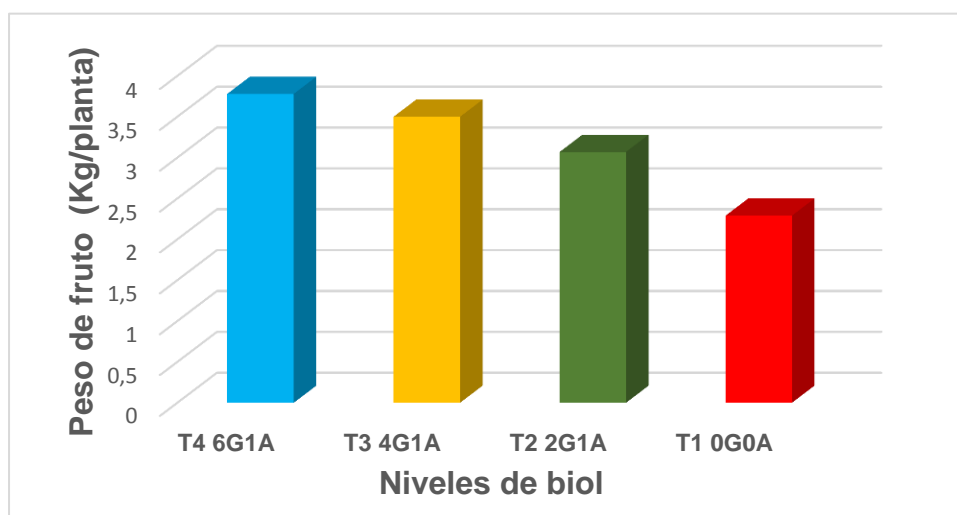
De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 17), para peso de fruto del Tomate existe diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos. El coeficiente de variación (C.V.) se encuentra dentro del rango establecido con 6.57%.

**Cuadro 18. Comparación de medias según Tukey (0,05) para peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

Niveles Biol	Medias	n	E.E.		
T4 6G1A	3,78	4	0,21	A	
T3 4G1A	3,5	4	0,21	A	
T2 2G1A	3,07	4	0,21	A	B
T1 0G0A	2,29	4	0,21		B C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

En la comparación de medias según Tukey (0,05) (Cuadro 18), el T-4 presenta mayor peso con 3,78 kg/planta, seguido del tratamiento T-3 con 3,5 kg/planta, el tratamiento T-2 con 3,07 kg/planta y el testigo T-1 presenta el menor peso por planta, con 2,29 kg/planta (Fig.17).



**Figura 17. Peso de fruto del Tomate por planta (kg/planta) bajo tres niveles de biol, en ambiente protegido**

Layme (2005), con aplicación de abono líquido de gallinaza obtuvo 2.48 kg/planta. Gonzales (2006), reporto 2.25 kg /planta con te de estiércol. Cala (2004), consiguió 1.51 kg/planta con aplicación de humus líquido.

#### 4.3.5.2. Rendimiento de tomate (kg/96m<sup>2</sup>)

**Cuadro 19. Análisis de varianza para rendimiento del Tomate (kg/96m<sup>2</sup>) bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	256151	3	85383,7	19,93	0,0001
Niveles Biol	256151	3	85383,7	19,93	0,0001
Error	51404,4	12	4283,7		
Total	307555	15			

De acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 19), las variabilidades originadas por los tratamientos son estadísticamente significativos ( $p < 0.05$ ). Presenta un coeficiente de variación (C.V.) de 8,99%.

**Cuadro 20. Comparación de medias según Tukey (0,05) para rendimiento del Tomate (kg/96m<sup>2</sup>), bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

Niveles Biol	Medias	n	E.E.	
T4 6G1A	908,1	4	32,72	A
T2 2G1A	737,04	4	32,72	B
T3 4G1A	715,24	4	32,72	B
T1 0G0A	550,92	4	32,72	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )

La comparación de medias según Tukey (Cuadro 20), establece tres grupos: el tratamiento T-4 forma el primer grupo con el rendimiento más alto 908,10 kg/96m<sup>2</sup>, seguido del tratamiento T-2 y T-3 que forman el segundo grupo con un rendimiento de 737,04 y 715,24 kg/96m<sup>2</sup> respectivamente. El tercer grupo formado por el T-1 con 550,92 kg/96m<sup>2</sup>.

**Cuadro 21. Rendimiento de tomate (kg/ha), bajo tres niveles de biol en ambiente protegido**

Tratamientos	Rendimiento kg/ha
T4	94593
T3	76775
T2	74504
T1	57387

En el cuadro 21 se puede observar el rendimiento en kg/ha, teniendo así el tratamiento T-4 con una diferencia significativa en rendimiento con 94593 kg/ha,



puesto que el T3 y T2 tuvieron similar rendimiento con 76775 y 74504 kg/ha, y por último el tratamiento T1 con 57387 kg/ha.

Layme (2005), con aplicación de abono líquido de gallinaza obtuvo, 1710.81 kg/ 200 m<sup>2</sup> equivalente a 85540 Kg/ha. Gonzales (2006), obtuvo rendimientos de 67080 Kg/ha (2kg de estiércol/20lt de agua) con aplicación de abono líquido. Mamani (1999), en un sistema hidropónico en invernadero bajo diferentes niveles de nutrientes en altiplano norte reportó 95400 Kg/ ha.

#### 4.3.6. Variables económicas.

##### 4.3.6.1. Análisis económico

##### 4.3.6.2. Beneficio bruto

El beneficio bruto se determinó multiplicando el rendimiento ajustado al 10% para 200 m<sup>2</sup>, por el precio promedio por kilogramo.

**Cuadro 22. Beneficio bruto**

Rendimiento	Tratamientos			
	T-1	T-2	T-3	T-4
<b>Rendimiento promedio (Kg/200m<sup>2</sup>)</b>	1147,75	1490,08	1535,5	1891,88
<b>Rendimiento ajustado (-10%)</b>	1147,65	1489,98	1535,4	1891,78
<b>Precio (Bs/Kg)</b>	3	3	3	3
<b>Beneficio bruto (Bs/200m<sup>2</sup>)</b>	<b>3442,95</b>	<b>4469,94</b>	<b>4606,2</b>	<b>5675,34</b>

Precio local de venta de tomate variedad Tropic 3Bs/ kg.

De acuerdo al cuadro 22, el tratamiento T-4 obtiene el mejor beneficio bruto, con 5675,34 Bs/200 m<sup>2</sup>, seguido del T-3 con 4606,2 Bs/200m<sup>2</sup>, el tratamiento el T-2 4469,94 finalmente el testigo T-1 con 3442,95 Bs/200m<sup>2</sup>.

#### 4.3.6.3. Costos variables

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos comparados, la mano de obra utilizado para las actividades productivas que varían entre los tratamientos.

**Cuadro 23. Costos variables por tratamientos (Bs/200m<sup>2</sup>)**

Ítems	Tratamientos			
	T-1	T-2	T-3	T-4
Insumos	1,80	38,86	68,86	98,86
Mano de obra	237,5	237,5	237,5	237,5
Labores culturales	325	375	375	375
Cosecha	75	75	75	75
<b>Total costo variable</b>	<b>639,3</b>	<b>726,36</b>	<b>756,36</b>	<b>786,36</b>

En el (cuadro 23), muestra los costos variables los tratamientos T-4, T-3 y T-2 los cuales presentan los costos más altos debido a la utilización de estiércol de gallinaza y alfalfa, mientras que en el tratamiento testigo (T-1) son los más bajos por la utilización de mano de obra y costo de la semilla.

#### 4.3.6.4. Costos fijos

Los costos fijos tienen una vida útil mayor a un año, son aquellos que se mantienen para cada año. Para este trabajo se han tomado en cuenta los costos de herramienta y otros gastos.

**Cuadro 24. Costos fijos por tratamiento**

Ítems	Tratamiento			
	T-1	T-2	T-3	T-4
Costo de carpa solar	1353,12	1353,12	1353,12	1353,12
Herramientas	120,68	120,68	120,68	120,68
Otros gastos (10%)	147,38	147,68	147,68	147,68
<b>Total costo fijos</b>	<b>1621,18</b>	<b>1621,18</b>	<b>1621,18</b>	<b>1621,18</b>

#### 4.3.6.5. Costos totales

Los costos totales son la suma de costos de producción o variables y los costos fijos tal como se observa en el cuadro 25.

**Cuadro 25. Costos totales por tratamientos**

Ítems	Tratamientos			
	T-1	T-2	T-3	T-4
Costos variables	639,3	726,36	756,36	786,36
Costos fijos	1621,18	1621,18	1621,18	1621,18
<b>Total costos</b>	<b>2.260,48</b>	<b>2.347,54</b>	<b>2.377,54</b>	<b>2.407,54</b>

En el cuadro anterior se puede observar los costos totales, en los cuales el tratamiento T-4 tuvo el costo más alto, con 2.407,54 Bs. Seguido por el tratamiento T-3 con 2.377, 54 Bs. el tratamiento T-2 con 2.347,54 Bs y tratamiento T -1 con 2.260,48 Bs.

#### 4.3.6.6. Beneficio neto

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción, menos los costos variables y fijos.

**Cuadro 26. Beneficios netos por 200 m<sup>2</sup>.**

Ítems	Tratamientos			
	T-1	T-2	T-3	T-4
Beneficio bruto (kg/200m <sup>2</sup> )	3442,95	4469,94	4606,2	5675,34
Total, costos	2.260,48	2.347,54	2.377,54	2.407,54
<b>Beneficio neto (kg/200m<sup>2</sup>)</b>	<b>1.182,47</b>	<b>2.122,4</b>	<b>2.228,66</b>	<b>3.267,8</b>

Realizando el análisis de los beneficios netos (Cuadro 26). El T-4 (6kg gallinaza, 1kg de alfalfa en 20Lt de agua) fue de 3267,8 Bs/200 m<sup>2</sup> que presenta mayor beneficio neto, el menor beneficio neto se obtuvo con el T-1 (testigo) con 1182,47 Bs/200 m<sup>2</sup>.

#### 4.3.6.7. Relación beneficio/costo (Bs/200m<sup>2</sup>)

La relación Beneficio/ Costo se estima dividiendo el beneficio bruto sobre los costos totales, como se observa a continuación:

**Cuadro 27. Beneficio /Costo en 200m<sup>2</sup>**

Ítems	Tratamientos			
	T-1	T-2	T-3	T-4
Beneficio bruto (kg/200m <sup>2</sup> )	3442,95	4469,94	4606,2	5675,34
Total, costos	2.260,48	2.347,54	2.377,54	2.407,54
<b>Beneficio/Costo (Bs)</b>	<b>1,52</b>	<b>1,90</b>	<b>1,94</b>	<b>2,36</b>

Como se puede observar en el (Cuadro 27). Los tratamientos tienen valores mayores a 1, lo cual indica que son rentables. El tratamiento T-4 tiene beneficio- costo de 2,36 es decir que por cada Bs invertidos se recupera 1,36 Bs. En cambio, el tratamiento testigo T-1 presenta un beneficio costo de 1,52 Bs indica que también es rentable. Estos resultados nos indican que económicamente es rentable producir tomates variedad Tropic en invernaderos utilizando tres niveles de biol con (gallinaza y alfalfa).

## 5. CONCLUSIONES

La mayor altura de planta de Tomate corresponde al tratamiento T-4 (6 kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 125,83 cm, seguido del T-3 (4 kg de gallinaza, 1 kg de alfalfa/20lt de agua) con 123,67 cm, el T-2 (2kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 116,75 cm, la menor altura corresponde a T-1 (Testigo) con 116,66 cm.

El mayor diámetro ecuatorial del fruto de Tomate se obtuvo con el tratamiento T-4 (6kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 6,88 cm, seguido por el T-3 (4kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/20L de agua) con 6,60 cm, el T-2 (2kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 5,86 cm. El menor diámetro obtuvo T-1 (Testigo) con 3,5 cm.

En el número de frutos por planta se destacan los tratamientos: T-4 (6kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 32 frutos, seguido del T-3 (4kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 30 frutos, el T-2 (2kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 29 frutos y finalmente el T-1 (Testigo) con 20 frutos.

Para días a la floración, el tratamiento T-4 (6kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) floreció en menor tiempo, en 40 días, seguido por el tratamiento T-3 (4kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) en 45 días, .el T-2 (2kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) en 50 días, y el T-1 (Testigo) con mayor días a la floración con 52 días.

Los días a la cosecha se destacó tratamiento T-4 (6kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) se cosechó a los 105 días, seguido del tratamiento T-2 (2kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) a los 110 días, el T-3, (4kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) en 115 115 días, el T-1 se cosechó en el mayor número de días con 117 días.

El mayor peso de fruto se obtuvo con el T-4 (6kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 3,78 kg/ planta, seguido de T-3 (4kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20lt de agua)

con 3,51 kg/planta, el T-2 (2kg gallinaza, 1kg de alfalfa /20L de agua) con 3,07 kg/planta y el T-1 (Testigo) con 2,29 kg/planta.

El rendimiento de tomate fue mayor en T-4 (6kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/20lt de agua) con 908,10 kg/96 m<sup>2</sup>, seguido de T-2 (2kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/20lt de agua) con 737,04 kg/96 m<sup>2</sup>, T-3 (4kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/20lt de agua) obtuvo 715,24 kg/96 m<sup>2</sup>, el menor rendimiento corresponde a T-1 con 550,92 kg/ 96 m<sup>2</sup>.

En la medida que se incrementa los niveles de biol, las variables evaluadas responden favorablemente al desarrollo del cultivo.

El mayor beneficio/costo (B/C) presentó el tratamiento T-4 (6kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/20lt de agua) con 2,36 Bs, seguido por el tratamiento T-3 (4kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/20lt de agua) con 1,94 Bs, el tratamiento T-2 (2kg de gallinaza, 1kg de alfalfa/20lt de agua) fue 1,90 Bs y por último el tratamiento T-1 (testigo) 1,52 Bs.

## **6. RECOMENDACIONES**

Ampliar los trabajos de investigación en el cultivo de tomate con diferentes niveles de biol, en cuanto a rendimientos y periodo cortos de cultivo.

Por lo tanto, se recomienda investigar aplicaciones con este producto en otro tipo de cultivo en otra variedad de tomate y en otras hortalizas como lechuga, brócoli, pimentón entre otros.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- ABEN, 2019. Agencia Boliviana de Energía Nuclear.
- Agruco, 1995. Revista de Agricultura No 26. Universidad Mayor de San Simón, Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias "Martín Cárdenas" Cochabamba, Bolivia. 45 – 47 pp.
- Agreda, A. 2006 estudio del comportamiento agronomico de dos variedades de tomate (*lycopersicum esculentum*), producido orgánicamente, bajo dos ambientes de cultivo, en ecosistema de cabecera de valle. caso comunidad de totorani del municipio de sipe sipe. p. 21.
- Alexandra, V. 2007. El control orgánico de plagas y enfermedades de los cultivos y la fertilización natural del suelo-guía práctica para los campesinos en el bosque seco. Perú y Ecuador. p. 35
- Arias. 1992. Producción post cosecha, procesamiento y comercialización del ajo, Cebolla y tomate. Santiago de Chile, Chile. FAO. 104 p.
- Arias, C. J. 1996, Producción, poscosecha, procedimiento y comercialización del ajo, cebolla y tomate. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile.
- Blanco, M. 2007 aplicación de abono líquido en el cultivo ecológico del tomate (*lycopersicon esculentum miller*), variedad cherry en condiciones de campo. p 15.
- Brunet, L. R. (1990). La producción de tomates en condiciones de hidroponía. Ministerio de Cultura. Editorial Científico-Técnica, Ciudad de La Habana p 30.
- BRECHELT, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Primera Edición. Ed: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas Para América Latina (RAP-AL). República Dominicana. p. 28.
- Cala, D .E. (2004). Efecto de distintas fuentes de materia orgánica líquida en sistema de policultivo de tomate en la Localidad de Coroico. Tesis de grado. Facultad de Agronomía UMSA La Paz, Bolivia. 77pp.
- Casseres, E. 1984 Producción de hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 337 pp.
- CIAT. 1987. Estudio fisiológico en especies forrajes. Santa Cruz, Bolivia. p. 40-45.
- CIPCA, 2002. Abonos, insecticidas y fungicidas orgánicos. 1ra. Edición La Paz, Bolivia 13 - 26 pp.

- Corazón, F.2008. efecto de dos metodos de trasplante en la produccion de dos variedades de tomate (*licopersicon esculentum miller*) en la provincia sud yungas del departamento la paz.
- Chilon, E. 1997. Fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Ediciones CIDAT. La Paz - Bolivia. p 185.
- Chilon, E. 1996. Manual de fertilidad de suelos y nutrición de plantas. Practica de campo, inventario y laboratorio. CIDAT. La Paz. Bolivia. p 41– 45.
- Churquina, G.O. V.A 2000. Apuntes de Investigación. Centro de Investigación en Línea Organizada. La Paz, Bolivia.. Manejo ecológico de suelos. Lima, Perú. RAAA (Red de acción en alternativa al uso de agroquímicos). p 28, 109, 189.
- DOMÍNGUEZ, A. 1996. Tratado de fertilizantes. Ed. Mundi prensa Madrid -España. Pp. 37-49, 180-190.
- Everhart, E., Jauron, R. y Haynes, C. 1991. El huerto doméstico Guía de Horticultura de Iowa State University. Esta publicación y muchas otras están disponibles en <http://www.extension.iastate.edu/pubs/>
- Escobar, H.; Lee, R. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Fundación Universidad de Bogota Jorge Tadeo Lozano. Bogota, Col. 127 p. Cuadernos de centros de investigación de asesoráis agroindustriales (CIAA).
- FAO. 1991, Segunda Prueba Regional de Adaptación de cultivares de tomate para el mercado Fresco. Santiago Chile.
- Fernández, R. A. (1999). Efecto del estiércol bovino y humus de lombriz sobre el crecimiento del pimiento Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. 2 pp..
- Fuentes, J. 1999 Manual práctico de manejo del suelo y de los fertilizantes.
- Garay, R. 1993. “Guía para producir tomate industrial”. Folleto N° / NAVOJOA, Sonora, México
- Gonzales, M. A. (2006), Aplicación de abono liquido en el cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum L.*), bajo ambiente protegido en la Localidad de Choquenaira. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 40-85 p.
- GUERRERO, A., 2003. El suelo, los abonos y la fertilización de los cultivos. Ed. Mundi Prensa. Madrid – España. Pp. 1 – 44.
- Gomero, O. 1999. Manejo Ecológico de Suelos. Conceptos y Técnicas. Editorial. Grafica Estefany. Lima, PE. p. 189 – 201.

- Guarro, E. 1990 Horticultura Practica. Primera Impresión. Editorial Albatros Saci. Buenos Aires República de Argentina. 153 P.
- Huanca, S. 2011 evaluación de diez y siete variedades de tomate (*lycopersicum esculentum mill.*) en el rendimiento final de cosecha y post cosecha en el departamento de Chuquisaca.
- INTA, 2001. Proyecto de capacitación a distancia. Curso a distancia. Producción de hortalizas en invernáculo Modula 4
- Jaramillo, VJ. 1980. Manual de hortalizas. 1 ed. Bogotá, CO, ICA.p. 555.
- Layme, T.V. (2005), Aplicación de abono liquido de gallinaza en el cultivo de tomate (*Lycopersicum sculentum*), bajo ambiente protegido Achocalla. Tesis de grado Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 38-70 p.
- MACA (Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, BO) 2002. Producción de tomate. La Paz, Bolivia. MACA. s.p.
- Machicado, V. (2000). Evaluación de características agronómicas y rendimiento de tres cultivares de tomate con y sin poda en ambientes protegidos. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo UMSA. La Paz, Bolivia.
- Mamani, F. 1999. Evaluación del cultivo hidropónico de dos variedades de tomate (*Lycopersicum sculentum Millar*) en invernadero, bajo diferentes niveles de nutrientes en el Altiplano norte. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. p 134.
- Medina, A. 1992. El Biol: Fuentes de fitoestimulantes en el desarrollo agrícola. Cochabamba, Bolivia. UMSS – GTZ. p 57 – 77.
- NUEZ, F. 2001. El Cultivo del Tomate. Ed. Mundi Prensa, Madrid, España. pp. 793.
- OCHOA, R. 2016. Diseños experimentales. 2da. edición Pp 59.
- PALACIOS, N. (1999). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) en el suelo bajo carpa solar Municipio de Achocalla Provincia Murillo Departamento de La Paz-Bolivia. P. 105
- Paye, 2015. Evaluación del comportamiento productivo de tomate (*lycopersicon esculentum mill*) a diferentes niveles de nitrógeno con fertirriego y su efecto residual en los frutos comerciales, UMSA. 5 pp.
- Peñafiel, w. 2020 diseños experimentales con evaluaciones sensoriales y ejemplos en el sas e infostat. 1ra. edición. pp 261

- Pomier, O. 1998. Evaluación agronómica de cuatro variedades híbridas de tomate bajo ambientes atemperados en provincia Los Andes. Tesis Lic. Ing. Agr. La Paz, Bolivia. Facultad de Agronomía, UMSA. 127 p.
- Restrepo, J. (2002). Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares IICA. San José, Costa Rica 1 – 46 pp.
- Rodríguez, R. 1989. El cultivo moderno del tomate. Madrid, España. Mundi – Prensa. s.p.
- Rodríguez, O. 2000. Abonos verdes. Resultados alcanzados por el proyecto laderas. Cochabamba – Bolivia. pp. 89 – 91
- Rojas, F. 2001. “Catalogo de plantas”. Primera Edición. Ed. Facultad de Agronomía U.M.S.A. La Paz, Bolivia. pp. 69.
- Sanchez, P. 2009. “EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN PRODUCTOS ENRIQUECIDOS CON CONCENTRADO FOLIAR DE ALFALFA (*Medicago sativa* L. var. *Moapa*). Buena Vista – MEXICO.
- Sánchez, C. 2004. “Cultivo y Comercialización de Hortalizas”, Editorial Ripalme. Lima, Perú. pp. 60-61, 128-130.
- SARAVIA, T.A. 2004. Producción de Hortalizas. Sucre – Bolivia.
- SEMTA, 1993, Guía de Manejo de Cultivos Protegidos. Servicios Múltiples de tecnologías Apropriadas. La Paz, Bolivia. 80 – 81 pp.
- SERVICIO NACIONAL DE METEORLOGIA (SENAMI) 2004.
- Tiscornia, J. 1974. “Hortalizas de fruto”. Ed. Albatros S.A. Buenos Aires, Argentina. pp 10– 70.
- Tattersall. 2007. Tomate: Producción moderna de tomate para procesamiento no. 203. Consultado 28 de julio de 2019. Disponible en: <http://www.tattersall.com>.
- Valdez, L. (1995). Evaluación Agroecológica de la Tecnología Andina del Jiri, su formación y uso en el cultivo de papa Cochabamba –Bolivia 110pp.
- Valero, M. L. (2004), Evaluación agronómica de ocho variedades de tomate bajo sistemas de rotación y tres niveles de fertilización orgánica. Tesis de grado Facultad de Agronomía UMSA La paz – Bolivia 65 - 70 pp.
- Van Haeff, J.N.M. (1998). Manual para la educación agropecuaria Tomates. Editorial Trillas. México.

Van Haeff, N. 1992 Manual para la Producción Agropecuaria Tomates. Editorial Trillas. México D. F. p 45 – 48.

Vigliola, M. 1989. Manual de hortalizas. Ed. Hemisferio sur S.A. Buenos Aires - Argentina. P 155 – 161.

Weier, et al. 1989. Botánica, biblioteca científica tecnológica, primera edición 1989 impreso en México editorial LIMUSA, S.A. de C.V. Capítulo 21 Bacterias. Facultad de Agronomía U.M.S.A. 547 p.

ANEXOS

## Anexo 1. Base de datos

### Altura de planta (cm)

Tratamiento	I	II	III	IV
T-0	114,3	117,67	118,33	116,33
T-1	121,33	111,67	115,67	118,33
T-2	129,33	121,33	117,33	126,67
T-3	125,00	134,00	121,00	123,33

### Diámetro de fruto a la cosecha (cm)

Tratamiento	I	II	III	IV
T-0	3,05	3,28	4,14	3,51
T-1	6,07	5,47	6,14	5,76
T-2	6,37	6,63	6,59	6,82
T-3	6,81	6,80	7,00	6,89

### Número de frutos (Nº)

Tratamiento	I	II	III	IV
T-0	22,00	20,00	21,33	19,67
T-1	32,67	25,33	29,33	34,33
T-2	26,33	26,33	31,33	32,33
T-3	33,00	32,00	35,65	28,67

### Días a la floración (días)

Tratamiento	I	II	III	IV
T-0	47	57	48	56
T-1	45	60	45	50
T-2	42	48	35	55
T-3	37	43	35	45

### Días a la cosecha

Tratamiento	I	II	III	IV
T-0	118	116	120	114
T-1	105	115	108	112
T-2	110	120	114	116
T-3	100	110	102	108

### Peso de fruto planta (kg/planta)

Tratamiento	I	II	III	IV
T-0	2,86	1,60	2,68	2,03
T-1	3,53	2,75	2,88	3,12
T-2	4,07	2,99	3,63	3,31
T-3	4,09	3,55	3,84	3,64



### Rendimiento (kg/96m<sup>2</sup>)

Tratamiento	I	II	III	IV
T-0	587,12	484,48	543,92	588,16
T-1	747,92	759,28	691,20	749,76
T-2	775,60	719,76	570,24	795,36
T-3	983,76	851,52	922,56	874,56

### Anexo 2. Costos de producción

#### Costos fijos en 100m<sup>2</sup>

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)	AÑO DE VIDA ÚTIL	DEPRECIACIÓN ANUAL
Turril	Unidad	3	30	90	3	<b>30,00</b>
Pala	Unidad	1	45	45	4	<b>11,25</b>
Picota	Unidad	2	45	90	4	<b>22,50</b>
Rastrillo	Unidad	2	35	70	4	<b>17,5</b>
Chontilla	Unidad	3	8	24	3	<b>8</b>
Caña hueca	Unidad	380	0,30	114	5	<b>22,80</b>
Carretilla	Unidad	1	250	250	5	<b>50</b>
Balanza de reloj	Unidad	1	200	200	1	<b>200</b>
<b>Costos fijos</b>				<b>883</b>		
<b>Total depreciación anual</b>						<b>362,05</b>
<b>Numero de meses del año</b>						<b>12</b>
<b>Depreciación mensual</b>						<b>30,17</b>
<b>Ciclo de producción</b>						<b>2</b>
<b>Costo fijo total de ciclo de producción</b>						<b>60,34</b>

## Costos variables

COSTOS VARIABLES PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE					
COSTOS DE PRODUCCIÓN (Bs) (Para 1 Año)			SUPERFICIE TOTAL (100m <sup>2</sup> )		
ACTIVIDAD COSTOS CULTIVO DEL	ITMS	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO Bs	COSTO TOTAL Bs
Insumos	Semilla	onza	0,042	40	1,68
T-1	Gallinaza	kg	15	1	15
T-2	Gallinaza	kg	30	1	30
T-3	Gallinaza	kg	45	1	45
	Alfalfa	kg	22,5	0,35	7,9
<b>SUB- TOTAL</b>					<b>98,58</b>
Mano de obra					
Elaboración del Biol	Preparación del Biol	jornal	2	25	50
Preparación del terreno	Limpieza	jornal	2	25	50
	Removido	jornal	2	25	50
	Rastreo y Nivelado	jornal	0,5	25	12,5
Almacigo	Almacigo	jornal	1	25	25
	siembra	jornal	1	25	25
	Riego	jornal	1	25	25
<b>SUB-TOTAL</b>					<b>237,5</b>
Labores Culturales	Apertura de Surcos	jornal	1	25	25
	Trasplante	jornal	2	25	50
	Deshierbe	jornal	2	25	50
	Aporque	jornal	2	25	50
	Tutorado	jornal	2	25	50
	Amarrado	jornal	2	25	50
	Riego	jornal	2	25	50
	Aplicación de Biol	jornal	2	25	50
<b>SUB -TOTAL</b>					<b>375</b>
Cosecha	Cosecha	jornal	2	25	50
	Selección	jornal	1	25	25
<b>SUB -TOTAL</b>					<b>75</b>
<b>TOTAL</b>					<b>786,08</b>

**COSTOS DE CONTRUCCION, PARA CARPA SOLAR  
MODELO DOBLE AGUA  
SUPERFICIE**

**2AGUA  
20X10m= 200 m<sup>2</sup>**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	TOTAL (Bs)
<b>TERRENO MATERIAL NO LOCAL</b>				<b>55680</b>
<b>Sobre cimiento y columnas de Ho.Co</b>				<b>1.472,8</b>
Cemento	bolsa	20	55	1100
Alambre de Amarre	kg	8	10	80
Vigas de 2" x 3"x 2,6 m	pieza	16	18.3	292,8
<b>CUBIERTA</b>				<b>5.203,4</b>
Agrofilm de 250 μ x 4x 50m,	metro	72	40	2880
lineales	pieza	16	25	400
Callapos 4" x 3,50m	kg	2	14	28
Clavos 6"	pieza	8	55	440
Ventana 0,80x0,50m	pieza	1	125	125
Puerta 0,90x1,60m	pieza	2	4	8
Bisagra de 3"	pieza	20	3	60
Bisagra de 2"	pieza	54	17	918
Palos de 2" x 2" x 3,50m	pieza	25	8,5	212,5
Tabla de 3"x1x3m	caja	2	11	22
Tachuela	metro	210	0,1	21
Hilo cáñamo	metro	28	1,3	36,4
Cinta de agrofilm	metro	35	1,5	52,5
Soga plástica de sujeción 3/16				
<b>MATERIAL LOCAL</b>				<b>4.200</b>
Ladrillo 21 x 14 x 9cm	pieza	2500	1	2500
Arena común	metro <sup>3</sup>	10	80	800
Piedra para cimiento	metro <sup>3</sup>	10	90	900
<b>MANO DE OBRA</b>				<b>1.100</b>
Trazado de excavación	jornal	2	50	100
Vaciado de cemento	jornal	4	50	200
Construcción de muro	jornal	10	50	500
Techado	jornal	4	50	200
Colocado de puerta /ventanas	jornal	2	50	100
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>67.656,20</b>
t/c				6,96
Total dólares				9.720,72
Depreciación 5 años				13.531,20
Costo total por ciclo				1.353,12

### Anexo 3. Análisis químico de biol T-3



## ANALISIS QUIMICO DE ABONOS ORGANICOS

INTERESADO : **ROBERTO OSCAR QUISPE HUARACHI**  
PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ*  
*Provincia : MURILLO*  
*Municipio : ACHOCALLA*

N° SOLICITUD: 078/2019  
FECHA DE RECEPCION : 09 /Diciembre /2019  
FECHA DE ENTREGA : 30/Diciembre /2019

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE BIOL : T-3*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AO-017-01 /2019	pH	7,68	-	Potenciometría
AO-017-02 /2019	Nitrógeno total	0,230	%	Kjeldahl
AO-017-03 /2019	Calcio	0,71	%	Absorción atómica
AO-017-04 /2019	Magnesio	0,01	%	Absorción atómica
AO-017-05 /2019	Sodio	0,06	%	Emisión atómica
AO-017-06 /2019	Potasio	0,10	%	Emisión atómica
AO-017-07 /2019	Fósforo	0,002	%	Espectrofotometría UV-Visible
AO-017-08 /2019	Boro	6,03	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES.- NINGUNA

Rocío G. Choque Mamani  
QUÍMICO AMBIENTAL  
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

## Anexo 4. Análisis químico de biol T-2



### ANALISIS QUIMICO DE ABONOS ORGANICOS

INTERESADO : *ROBERTO OSCAR QUISPE HUARACHI*  
PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ*  
*Provincia : MURILLO*  
*Municipio : ACHOCALLA*

N° SOLICITUD: *078/2019*  
FECHA DE RECEPCION : *09 /Diciembre /2019*  
FECHA DE ENTREGA : *30/Diciembre /2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE BIOL : T-2*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AO-016-01 /2019	pH	7,65	-	Potenciometría
AO-016-02 /2019	Nitrógeno total	0,270	%	Kjeldahl
AO-016-03 /2019	Calcio	0,74	%	Absorción atómica
AO-016-04 /2019	Magnesio	0,02	%	Absorción atómica
AO-016-05 /2019	Sodio	0,06	%	Emisión atómica
AO-016-06 /2019	Potasio	0,17	%	Emisión atómica
AO-016-07 /2019	Fósforo	0,007	%	Espectrofotometría UV-Visible
AO-016-08 /2019	Boro	5,60	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES.- NINGUNA

Rocio G. Choque Mamani  
QUÍMICO AMBIENTAL  
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

## Anexo 5. Análisis químico de biol T-1



ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA



Agencia  
Boliviana de  
Energía  
Nuclear

### ANALISIS QUIMICO DE ABONOS ORGANICOS

INTERESADO : *ROBERTO OSCAR QUISPE HUARACHI*  
PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ*  
*Provincia : MURILLO*  
*Municipio : ACHOCALLA*

Nº SOLICITUD: *078/2019*  
FECHA DE RECEPCION : *09/Diciembre/2019*  
FECHA DE ENTREGA : *30/Diciembre/2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE BIOL : T-1*

Nº Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
AO-015-01 /2019	pH	7,89	-	Potenciometría
AO-015-02 /2019	Nitrógeno total	0,150	%	Kjeldahl
AO-015-03 /2019	Calcio	0,82	%	Absorción atómica
AO-015-04 /2019	Magnesio	0,02	%	Absorción atómica
AO-015-05 /2019	Sodio	0,03	%	Emisión atómica
AO-015-06 /2019	Potasio	0,09	%	Emisión atómica
AO-015-07 /2019	Fósforo	0,001	%	Espectrofotometría UV-Visible
AO-015-08 /2019	Boro	2,90	ppm	Espectrofotometría UV-Visible

OBSERVACIONES.- NINGUNA

*Rocío G. Choque Mamani*  
QUÍMICO AMBIENTAL  
AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza No. 987, esq. Peñaranda, Edificio Torre Soleil, Calacoto  
Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591-2) 2129754  
La Paz - Bolivia

● [www.aben.gov.bo](http://www.aben.gov.bo)

## Anexo 6. Análisis químico de suelo en estudio



Agencia  
Boliviana de  
Energía  
Nuclear

### ANALISIS QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO : *SUMILDA BERNA ALANOCA*  
 PROCEDENCIA : *Departamento : LA PAZ*  
*Provincia : MURILLO*  
*Municipio : ACHOCALLA*

NO SOLICITUD: *046/2019*  
 FECHA DE RECEPCION : *01/Octubre/2019*  
 FECHA DE ENTREGA : *15/Noviembre/2019*

DESCRIPCIÓN : *MUESTRA DE SUELO : MUESTRA 2*

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método	
AS-062-01 /2019	T E X T U R A	ARENA	43	%	Hidrómetro de Bouyoucos
AS-062-02 /2019		ARCILLA	24	%	Hidrómetro de Bouyoucos
AS-062-03 /2019		LIMO	33	%	Hidrómetro de Bouyoucos
AS-062-04 /2019		CLASE TEXTURAL	F	-	Hidrómetro de Bouyoucos
AS-062-05 /2019		GRAVA	16,3	%	Gravimetría
AS-062-06 /2019	pH en agua 1:5	7,13	-	Potenciometría	
AS-062-07 /2019	Calcio	Calcio	7,38	meq/100 g	Absorción atómica
AS-062-08 /2019		Magnesio	7,57	meq/100 g	Absorción atómica
AS-062-09 /2019		Sodio	4,27	meq/100 g	Emisión atómica
AS-062-10 /2019		Potasio	3,59	meq/100 g	Emisión atómica
AS-062-11 /2019	Suma de Bases	22,81	meq/100 g	Suma de bases	
AS-062-12 /2019	Capacidad de Intercambio Catiónico	29,94	meq/100 g	Cálculo numérico	
AS-062-13 /2019	% de Saturación	76,2	%	Cálculo numérico	
AS-062-14 /2019	Nitrógeno total	0,54	%	Kjeldahl	
AS-062-15 /2019	Fósforo asimilable	49,92	ppm	Espectrofotometría UV-Visible	

OBSERVACIONES,- \*\* Cationes de Cambio extraídos con Acetato de amonio 1 N.  
 C.I.C. Capacidad de Intercambio Catiónico.  
 CARBONATOS LIBRES; A: Ausente, P: Presente, PP: Presente en gran cantidad

#### CLASE TEXTURAL

F : Franco Y : Arcilloso FA : Franco Arenoso YL : Arcilloso Limoso  
 L : Limoso YA : Arcilloso Arenoso AF : Arenosos Franco FYL : Franco Arcilloso Limoso  
 A : Arenoso FYA : Franco Arcilloso Arenoso FY : Franco Arcilloso FL : Franco limoso

  
 Enrique Maldonado Alfaro  
 DIRECTOR DE SERVICIOS NUCLEARES  
 AGENCIA BOLIVIANA DE ENERGIA NUCLEAR

Calle Jaime Mendoza entre Enrique Peñaranda y José María Zalles, Edificio Torre Soleil N° 987 - Zona Calacoto  
 Telfs.: 2127178 • 2127160 Fax (+591) 2129754  
 La Paz - Bolivia

 [www.aben.gov.bo](http://www.aben.gov.bo)

## Anexo 7. Fotografías durante el desarrollo del trabajo de investigación



Aplicación del biol



Poda de la planta



Medición de la Planta y Fructificación



Maduración del Fruto



## Anexo 8. Comparación entre tratamientos





Cosecha de tomate