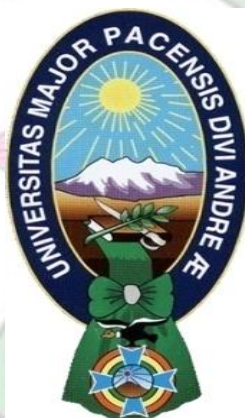


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE TRES NIVELES DE RHIZOBIUM EN SEMILLAS  
DE PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum*) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
DE COTA COTA**

**PEDRO ANTONIO PLATA BURGOA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2019**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**

**FACULTAD DE AFRONOMÍA**

**CARRERA DE INGENIERIA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE TRES NIVELES DE RHIZOBIUM EN SEMILLAS  
DE PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum*) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL  
DE COTA COTA**

Tesis de grado  
Presentado como requisito  
Para optar al Título de  
Ingeniero Agrónomo

**Pedro Antonio Plata Burgoa**

**Asesor:**

**Ing. M. Sc. Marcelo Tarqui Delgado** \_\_\_\_\_

**Tribunal Revisor**

**Ing. Agr. M. Sc. Ph.D. José Yakov Arteaga García** \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. William Alex Murillo Oporto** \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. M. Sc. Juan Javier Quino Luna** \_\_\_\_\_

**APROBADA**

**Presidente del Tribunal Revisor** \_\_\_\_\_

**La Paz - Bolivia**

**2019**

## DEDICADO A:

### Ing. Melany Gutiérrez Hurtado

Quiero disculparme con el resto de personas que también son merecedoras de la dedicación de este trabajo, pero tengo una razón seria para no hacerlo.

La Ing. Melany, es una persona muy fuerte, inteligente, que inspira confianza e incentiva a hacer las cosas bien, además es mi mejor amiga en el mundo, pues ha estado conmigo en cada etapa importante de mi vida, y a la presentación de este Trabajo de Tesis La Ing. Melany vive en Honduras y está preparándose para destacar aún más profesionalmente.

Y si esta explicación no es suficiente, quiero dedicarle este trabajo de tesis al amor de mi vida. **MELANY GUTIERREZ HURTADO**



## AGRADECIMIENTOS

Primero quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de vivir, respirar y poder ver el cielo todos los días.

A:

Mis padres Jhonny Abel Plata Michel, Roscio Aleyda Burgoa Fernández, por todo el esfuerzo que implica mi crianza y educación, por forjar buenos valores en mí y en mi familia, por impulsar todos los días mi educación hasta lograr mi profesionalización, por persistir y no desfallecer en sus objetivos de lograr un hogar estable y desear para sus hijos una vida plena.

Mis hermanas Pamela L. Plata Burgoa, Melvy R. Plata Burgoa, Laura V. Plata Burgoa y Anabel R. Plata Burgoa, por acompañarme en los largos días de estudio y tener la capacidad de sobrellevar mi albedrío en todas y cada una de las etapas de mi vida además por todo el tiempo que compartí con ellas.

Mi familia cercana, Solange Burgoa Fernández, Flavio Cabrera Tapia, Morelia Torrez Burgoa, por creer en mí esfuerzo y acompañar toda mi carrera universitaria siempre con fe, con un abrazo y una sonrisa.

Mi familia Burgoa, Gabriela Carvajal (Gaby), Aracely, Libia, Willy, Malena, los llevo siempre en la mente y corazón.

Mis, abuelos Willy Burgoa Gandarillas (+), Petronila Fernández Castro (+); Abelino Plata Lazcano (+), Lucy Michel Avalos. Por el ejemplo que dejaron a toda mi familia.

Las autoridades Facultativas, Ing. M.Sc. Félix Fernando Manzaneda Delgado, Ing. M.Sc.Ph.D. Jose Yakov Arteaga García, por dirigir a la facultad de agronomía por el rumbo correcto y adecuado y sobre todo por considerarme parte de sus amigos.

A todos y cada uno de mis docentes, por destacar la profesión, la noble labor de enseñar su vocación de servicio y ser para cada uno de sus estudiantes un ejemplo.

A mis compañeros y amigos a los cuales tuve la fortuna de conocer en la facultad y compartir bellos momentos, que con seguridad quedaran guardadas en la memoria, en las aulas y pasillos de nuestra querida facultad.

No quiero olvidarme de nadie, así que cualquiera que lea este documento y me recuerde, por favor  
siéntase  
identificado.

## ÍNDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                  | 1  |
| 1.1. Antecedentes .....                                | 2  |
| 1.1.1. Planteamiento del problema.....                 | 3  |
| 1.2. Justificación .....                               | 3  |
| 2. OBJETIVOS .....                                     | 4  |
| 2.1. Objetivo general .....                            | 4  |
| 2.2. Objetivos específicos .....                       | 4  |
| 2.3. Hipótesis.....                                    | 5  |
| 3. REVISION BIBLIOGRAFICA.....                         | 5  |
| 3.1. Generalidades.....                                | 5  |
| 3.2. Concepto de germinación.....                      | 6  |
| 3.3. Fisiología de germinación.....                    | 6  |
| 3.4. Factores que influyen durante la germinación..... | 7  |
| a) Viabilidad.....                                     | 7  |
| b) Agua .....  | 8  |
| c) Gases.....  | 8  |
| d) Temperatura .....                                   | 8  |
| e) Luz.....  | 9  |
| f) Factores hormonales .....                           | 9  |
| g) Dormición .....                                     | 10 |
| 3.5. Fases de la germinación .....                     | 11 |
| 3.5.1. Imbibición.....                                 | 11 |
| 3.5.2. Germinación “sensu stricto”.....                | 12 |

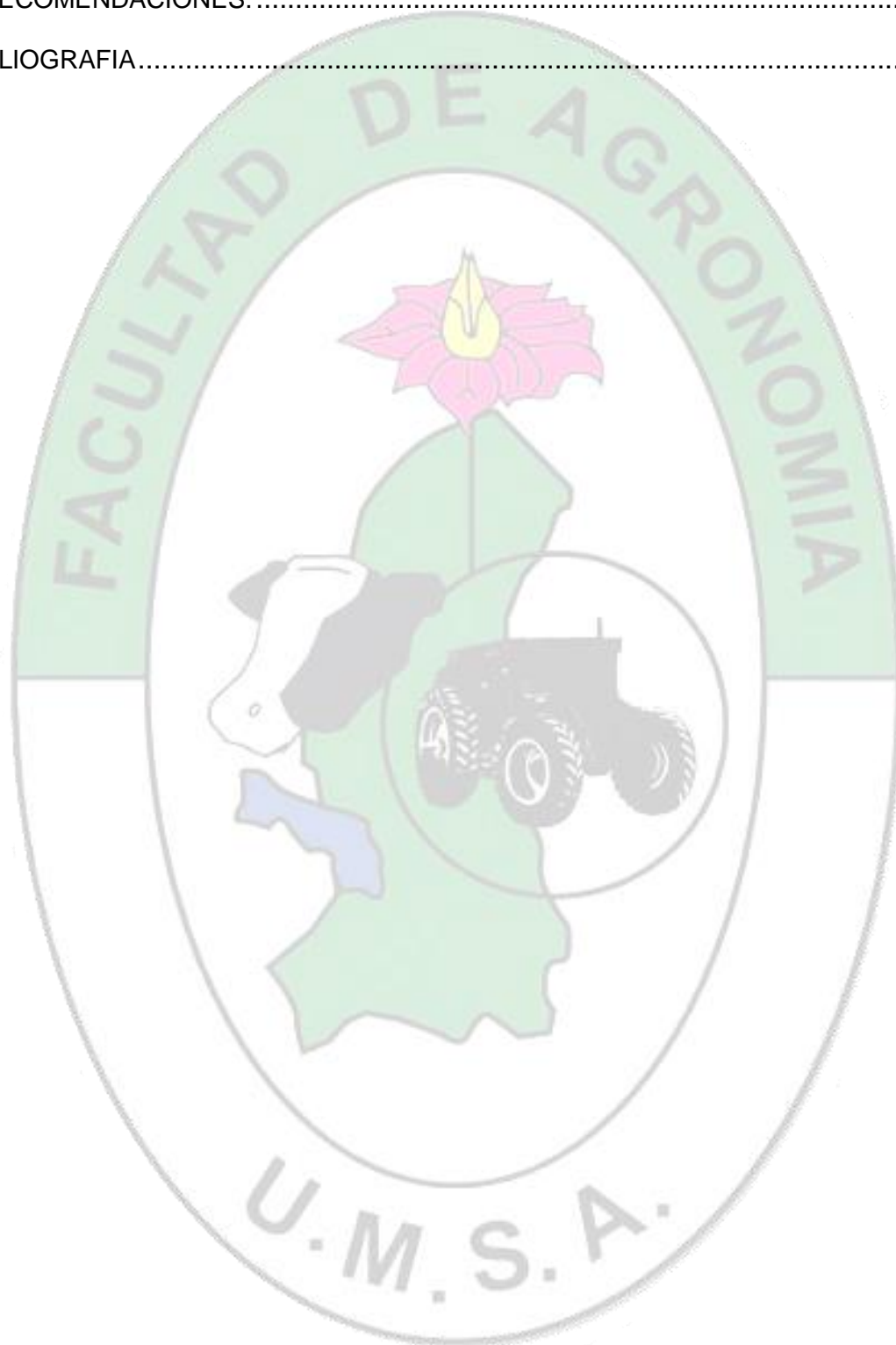
|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.5.3. | Fase de crecimiento .....   | 12 |
| 3.6.   | Movilización de reservas .....  | 13 |
| 3.6.1. | Movilización de glúcidos .....  | 13 |
| 3.6.2. | Movilización de proteínas.....  | 13 |
| 3.6.3. | Movilización de lípidos.....  | 14 |
| 3.7.   | Valor nutricional.....  | 14 |
| 3.8.   | Cultivo de Pimiento Morrón.....                                       | 16 |
| 3.8.1. | Descripción Botánica.....   | 16 |
| 3.8.2. | Clasificación Taxonómica .....  | 18 |
| 3.8.3. | Características Edafoclimaticas.....                                  | 19 |
| 3.8.4. | Manejo del Cultivo.....   | 22 |
| 3.8.5. | Plagas y enfermedades .....   | 27 |
| 3.9.   | Microorganismos .....   | 31 |
| 3.9.1. | Microorganismos Promotores de Crecimiento de las Plantas (PGRP) ..... | 32 |
| 3.9.2. | Solubilización de Fósforo.....  | 34 |
| 3.9.4. | Biofertilizantes .....  | 36 |
| 3.9.5. | Rhizobium .....   | 37 |
| 3.9.6. | Inoculante N2 .....   | 38 |
| 4.     | LOCALIZACIÓN.....   | 39 |
| 4.1.   | Características de la zona.....                                       | 39 |
| 4.1.1. | Ubicación .....   | 39 |
| 4.1.2. | Topografía.....   | 39 |
| 4.1.3. | Vegetación .....  | 39 |
| 4.2.   | Características de producción .....                                   | 40 |
| 4.2.1. | Clima .....   | 40 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.2. Suelo .....   | 40 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS .....                                | 40 |
| 5.1. Materiales.....   | 40 |
| 5.1.1. Material de estudio .....                             | 40 |
| 5.1.2. Material de campo.....                                | 40 |
| 5.1.3. Material de escritorio .....                          | 41 |
| 5.2. Metodología.....  | 41 |
| 5.2.1. Preparación de almacigueras .....                     | 41 |
| 5.2.2. Preparación y desinfección del sustrato .....         | 42 |
| 5.2.3 Selección de semillas, variedades y desinfección ..... | 44 |
| 5.2.4. Aplicación de rhizobium .....                         | 46 |
| 5.2.5. Siembra .....   | 51 |
| 5.2.6. Riego .....   | 52 |
| 5.2.7. Desmalezado.....                                      | 53 |
| 5.2.8 Toma de datos.....                                     | 53 |
| 5.3. Análisis estadístico .....                              | 54 |
| 5.3.2. Variables de respuesta .....                          | 55 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                              | 57 |
| 6.1. Porcentaje de emergencia.....                           | 57 |
| 6.2. Velocidad de crecimiento.....                           | 59 |
| 6.3. Longitud de raíz.....                                   | 61 |
| 6.4. Volumen radicular.....                                  | 62 |
| 6.5. Diámetro de raíz.....                                   | 64 |
| 6.6. Altura de planta .....                                  | 65 |
| 6.7. Diámetro del tallo.....                                 | 67 |

7. CONCLUSIONES ..... 68

8. RECOMENDACIONES..... 69

9. BIBLIOGRAFIA..... 71





## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Ubicación Geográfica De La Estación Experimental De Cota Cota. .... | 39 |
| Figura 2 Almacigueras De Madera Forrada Con Agrofilm .....                   | 42 |
| Figura 3 Suelo Agrícola .....  | 43 |
| Figura 4 Arena para el sustrato .....  | 43 |
| Figura 5 Compost para el sustrato.....                                       | 44 |
| Figura 6 Fotografía frontal envase de semillas.....                          | 45 |
| Figura 7 Fotografía posterior envase de semillas .....                       | 45 |
| Figura 8 Inoculante N2 fotografía frontal del producto .....                 | 47 |
| Figura 9 Inoculante N2 fotografía Posterior del producto .....               | 47 |
| Figura 10 Semillas para cada tratamiento .....                               | 48 |
| Figura 11 Pesado de Inoculante N2.....                                       | 48 |
| Figura 12 Inoculante N2 para cada Tratamiento .....                          | 49 |
| Figura 13 Agua para disolver el inoculante .....                             | 49 |
| Figura 14 Inoculación de las semillas.....                                   | 50 |
| Figura 15 Semillas inoculadas.....   | 50 |
| Figura 16 Medición para tratamientos .....                                   | 51 |
| Figura 17 Siembra Por tratamientos. ....                                     | 52 |
| Figura 18 Siembra Por tratamientos .....                                     | 53 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1. Composición por 100 gramos de porción comestible .....   | 15 |
| Cuadro 2. Croquis experimental .....                               | 55 |
| Cuadro 3. Análisis De Varianza Para Porcentaje De Emergencia ..... | 57 |
| Cuadro 4. Comparación De Medias Del Porcentaje De Emergencia ..... | 58 |
| Cuadro 5. Promedio Altura De Planta .....                          | 59 |
| Cuadro 6. Altura De Planta .....                                   | 59 |
| Cuadro 7. Velocidad De Crecimiento .....                           | 60 |
| Cuadro 8. Análisis De Varianza Para Longitud De Raíz .....         | 61 |
| Cuadro 9. Comparación De Medias Para Longitud De Raíz .....        | 62 |
| Cuadro 10. Análisis De Varianza Para Volumen Radicular .....       | 63 |
| Cuadro 11. Análisis De Varianza Para Diámetro De Raíz .....        | 64 |
| Cuadro 12. Análisis De Varianza Para Altura De Planta. ....        | 65 |
| Cuadro 13. Comparación De Medias Para Altura De Planta .....       | 66 |
| Cuadro 14. Análisis De Varianza Para Diámetro Del Tallo .....      | 67 |
| Cuadro 15. Comparación De Medias Para Diámetro Del Tallo .....     | 68 |

# EFFECTO DE LA INOCULACIÓN DE TRES NIVELES DE RHIZOBIUM EN SEMILLAS DE PIMIENTO MORRÓN (*Capsicum annuum*) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE COTA COTA

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio de la agricultura los productores de alimentos han tenido como objetivo incrementar los rendimientos de sus producciones, para logara tal efecto han utilizado una variedad de técnicas y tecnologías, que les han permito conseguir buen resultado en sus rendimientos, pero en muchos de los casos han tenido un efecto contraproducente contra el suelo, agua y medio ambiente en general.

En la actualidad las ciencias agrícolas buscan mantener o incrementar la producción agropecuaria causando el menor daño medioambiental posible, es por este motivo que muchas instituciones y productores en general, han tomado el camino de los Biofertilizantes y su utilización como alternativa al uso de los fertilizantes convencionales.

El Nitrógeno es un nutriente fundamental para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por eso es tan importante este nutriente no sea escaso y se encuentre disponible en el suelo, el Nitrógeno es un elemento abundante en la naturaleza, se encuentra en la atmosfera y ocupa el 78% del volumen de la atmosfera terrestre en forma de  $N_2$ , la dificultad es que esta forma de nitrógeno no se encuentra disponible para las plantas, para que las plantas puedan asimilarlo el nitrógeno debe encontrarse en forma de  $NH_4^+$  (Amonio) y  $NO_3$  (Nitrato).

La Solubilización del fósforo es una de las funciones que se ha convertido en tema de investigación por su importancia para la agricultura. Entre los géneros bacterianos que poseen esta cualidad destacan *Bacillus sp*, *Stenotrophomonas sp*, *Pseudomonas sp*, *Rhizobium sp*, entre otros. La presencia de estas bacterias en el suelo aumentan la cantidad de diferentes iones, uno de ellos es el fosforo

que al ser hidrolizado con enzimas como las fitasas, facilitan la movilidad de este elemento en el suelo y lo transforman en un compuesto accesible para la planta.

El fósforo es uno de los requerimientos esenciales para el crecimiento y funcionamiento de la planta, esta se encuentra involucrado en el desarrollo de la raíz y el grano, además de procesos fisiológicos como la respiración, la glucólisis, la fotosíntesis entre otros, (Constanza *et al*, 2014).

Incrementar la producción de alimentos sin deterioro ambiental y buscar tecnologías limpias de bajo costo para los agricultores y productores, es un reto que enfrentan los investigadores en la actualidad, así como un uso racional de los recursos naturales e insumos agrícolas, utilizando alternativas de producción que no invasivos al medio ambiente, son indispensables para lograr un a agricultura sostenible y ambientalmente sana (Almaraz & Ferreira, 2002).

### **1.1. Antecedentes**

En la facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, se encuentran pocos trabajos de investigación orientados a la inoculación de semillas con *Rhizobium*, a continuación se mencionan algunos trabajos de investigación disponibles.

Churquina (1995), se refiere al efecto de la inoculación de seis cepas de *Rhizobium meliloti* y fertilización fosfatada en alfalfa, donde concluye que, la coloración del follaje ayuda a determinar la fijación biológica del nitrógeno atmosférico.

Además el mismo trabajo de investigación identifica la mejor cepa de *Rhizobium meliloti* que posee mejor asociación simbiótica con *Medicago sativa*

Santillana (2005), en su trabajo CAPACIDAD DEL *Rhizobium* DE PROMOVER EL CRECIMIENTO EN PLANTAS DE TOMATE (*Lycopersicum sculentum*) indica que las cepas de *Rhizobium* estimulan la germinación de las tomate y algunas de las cepas que utilizo estimularon el crecimiento de las plántulas de tomate

### 1.1.1. **Planteamiento del problema**

La relación simbiótica que tienen especies leguminosas con las bacterias del Género *Rhizobium*, se ha estudiado desde hace bastante tiempo atrás y es así que se impulsado, mejorado la producción y elevado los rendimientos en las últimas décadas.

Esta investigación se ha desarrollado y expandido tanto que muchas instituciones privadas y estatales en todo el mundo, se han dedicado a la producción de rizobacterias e inoculantes, tales como el CIAT (Centro de Investigación Agrícola tropical) en Bolivia, UPANIC (Unión de Productores Agrícolas de Nicaragua) en Nicaragua, entre otras.

Todos los estudios e investigaciones se han enfocado en relación simbiótica natural entre estas especies pero se ha descuidado el estudio de la relación de estos mismos microorganismos con otras especies vegetales en diferentes etapas de su fase fenológica.

### 1.2. **Justificación**

La actividad humana sin duda alguna ha impulsado el desarrollo e investigación de diferentes ramas de la ciencia pero quizá la agricultura es una de las más importantes y más estudiadas.

Dentro del entorno nacional e internacional, una problemática común es acortar los periodos e incrementar los volúmenes de producción, ya que el crecimiento poblacional mundial se multiplica exponencialmente cada año, y es vital lograr un suministro adecuado de alimentos, para ello se requiere desarrollar nuevas técnicas y tecnologías que vayan a satisfacer esta necesidad de la población nacional y mundial, sin desfavorecer el entorno medioambiental.

La relación simbiótica entre el *Rhizobium* y sus especies vegetales hospederas (Fabáceas) ha sido estudiada, desde hace tiempo atrás, desarrollando así avances importantes en la investigación y producción de muchas fabáceas, toda

esta investigación realizada ha sido documentada y muchas de las mismas ahora se consideran técnicas de producción recomendada para incrementar el rendimiento de los cultivos.

Por ahora no se cuentan con muchos trabajos investigación orientados a la interrelación entre Rhizobium y especies vegetales que no sean fabáceas, por esta razón no es fácil predecir el comportamiento que tienen las especies no fabáceas con la aplicación de Rhizobium, pero estudios realizados indican que los microorganismos juegan un papel importante dentro de los procesos que afectan la transformación de fósforo en el suelo y su disponibilidad para las plantas. En particular pueden solubilizar y mineralizar formas de fósforo orgánicas e inorgánicas (Fernández y Rodríguez, 2005).

Además el uso de microorganismos como inoculantes para movilizar fuentes de fósforo pobremente disponibles en el suelo constituye una alternativa para reducir la contaminación ambiental y mejorar la productividad de los cultivos (Fernández y Rodríguez, 2005).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el efecto de la inoculación de tres niveles de rhizobium en semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*) en la estación experimental de Cota Cota.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el comportamiento de las semillas de pimiento morrón con la aplicación de Rhizobium.
- Determinar el efecto de la inoculación de Rhizobium en las semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*).
- Determinar la dosificación apropiada de Rhizobium en el almácigo de pimiento morrón (*Capsicum annuum*).
- Realizar el análisis económico del experimento.

### 2.3.Hipótesis

- Ho. La aplicación de Rhizobium no tendrá efecto beneficioso en el cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annum*).
- Ha. La aplicación de Rhizobium tendrá efecto beneficioso en el cultivo de pimiento morrón (*Capsicum annum*).

## 3. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 3.1.Generalidades

El pimiento morrón originario entre Perú y Bolivia fue domesticada hace más de 600 años, y es en esa región donde aún se encuentran variedades silvestres tales como el chile soltero y el chile loco, actualmente es cultivada por sus frutos en climas tropicales y subtropicales de todo el mundo; existen innumerables formas, tamaño, colores y sabores de sus frutos, descritos y nombrados por la cultura popular que corresponden en realidad a esta misma especie (Rojas, 2009).

Según Carlos Bojacá y Oscar Monsalve, (2012) editores académicos del manual de producción de pimentón bajo invernadero, el pimentón es una planta cuyo origen botánico se encuentra en América del Sur, y desde ahí se expandió al resto de América Central y Meridional, especie que una vez descubierta por los españoles fue enviada a España en 1493 para luego extenderse a lo largo de los países de Europa, Asia, durante el siglo XVI. El pimiento morrón constituía un elemento básico en la alimentación de los aborígenes americanos y sus usos culinarios diferían en función a la variedad, algunas de las cuales eran de uso exclusivo de las clases altas.

La importancia del cultivo de pimiento morrón radica en su alto consumo por parte de la población boliviana que utiliza, principalmente en usos gastronómicos, el pimiento morrón (*Capsicum annum*) es una planta originaria del América del Sur en Perú y Bolivia, pertenece a la familia de las Solanáceas y su consumo es ampliamente aceptado en todo el territorio Boliviano y el mundo.

### **3.2. Concepto de germinación**

La germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En condiciones normales de laboratorio, la posterior rotura de cubiertas por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar. Sin embargo en condiciones de campo no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una planta normal (Pita y Pérez, Sin año).

Vega (2016), indica que la germinación es el regreso de a la vida activa de una plantita que se encuentra en la semilla con el crecimiento suspendido. Durante la maduración de la semilla, en el embrión adquiere un estado fisiológico y estructural que le otorga resistencia ante las condiciones ecológicas adversas con muy bajos niveles de actividad fisiológica.

El mismo autor cita a Matilla (2003), quien define la germinación como el conjunto de procesos metabólicos y morfogenéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula para velarse por sí misma y transformarse en una planta fotosintéticamente competente.

Sin embargo, este proceso fisiológico confiere a las semillas unas ventajas adaptativas de gran importancia ecofisiológica, ya que permite una adecuada distribución espacial y temporal de la germinación, asegurando que las condiciones medioambientales sean las más adecuadas para que esta se complete con éxito, Vega (2016).

### **3.3. Fisiología de germinación**

Pita y Pérez (sin año), en su manual de germinación de semillas mencionan que las semillas, son, en la mayor parte de las especies de interés agrícola, el principal mecanismo de reproducción, las semillas están constituidas por un embrión y por un compuesto de reserva (glúcidos, proteínas, lípidos), rodeados ambos por las cubiertas seminales, no obstante esta estructura general vari entre



diferentes especies principalmente en relación al tipo de compuestos de reserva y a las características de las cubiertas seminales.

Las semillas, una vez finalizado su desarrollo sobre la planta madre, permanecen en un estado de reposo hasta que se dan las condiciones favorables para la germinación, este estado puede venir determinado por la existencia de condiciones desfavorables o por la existencia de factores que actúan desde la propia semilla no permitiendo su germinación. En el primer caso se dice que la semilla se encuentra en un estado de quiescencia y en segundo que la semilla presenta dormición.

La imbibición de las semillas quiescentes, en condiciones óptimas de temperatura, oxigenación e iluminación, pone en marcha un conjunto de mecanismo fisiológicos que permiten su germinación y el posterior desarrollo de la plántula.

De acuerdo con Vega (2016), el proceso de germinación tiene tres requisitos básicos, que se detallan a continuación.

- i) La semilla debe ser viable, esto es, el embrión debe estar vivo y capaz de germinar.
- ii) La semilla debe ser puesta en condiciones ambientales favorables, siendo los factores esenciales: agua disponible, temperatura apropiada y provisión de oxígeno
- iii) Cuando las condiciones externas son favorables, deben superarse las condiciones internas que impiden la germinación.

### **3.4. Factores que influyen durante la germinación**

Vega (2016), denota que los factores que influyen en la germinación son

#### **a) Viabilidad**

Se define como la capacidad de germinar y de originar plántulas normales en condiciones ambientales favorables que presentan las semillas.

## **b) Agua**

La magnitud de la fase de la imbibición está determinada por tres factores: composición química de la semilla: las semillas ricas en proteína absorben gran cantidad de agua mientras que las oleaginosas absorben menos, la permeabilidad de la cubierta seminal y la disponibilidad de agua en el medio ambiente: la entrada de agua en el interior de las semillas da lugar a una dispersión de los coloides, rehidrata a las reservas alimenticias se transforman en sustancias asequibles al embrión en presencia de agua. La entrada de agua en el interior de la semilla se debe exclusivamente a una diferencia de potencial hídrico entre la semilla. Este potencial hídrico es mucho más bajo en semillas secas maduras que en el medio ambiente en condiciones normales.

## **c) Gases**

Tanto el CO<sub>2</sub> como el O<sub>2</sub> intervienen en los procesos de respiración y la fermentación, los cuales son productores de energía. La mayoría de las semillas germinadas con un 20% de O<sub>2</sub> y un 0.3 % de CO<sub>2</sub>, lo cual depende de las especies vegetales.

La mayoría de las semillas no pueden germinar si se aumenta la concentración de CO<sub>2</sub>.

## **d) Temperatura**

Las semillas solo germinan dentro de un cierto rango de temperatura el óptimo oscila entre 25° y 30°C. El límite inferior esta alrededor de los 0°C y el límite máximo se halla entre 40° y 50°C, y otras especies requieren alternancia periódica de temperatura.

## **e) Luz**

Las semillas pueden germinar tanto en luz como en oscuridad, las que requieren luz se llaman semillas fotoblásticas y pueden ser fotoblásticas positivas o negativas, si la luz promueve o inhibe la germinación.

De la luz interesa la intensidad, duración y composición, condiciones que son específicas de cada especie.

Existen varias hipótesis acerca de las consecuencias de la estimulación de la luz, en la germinación:

- La activación del metabolismo de los lípidos
- El control de la respiración
- La activación genética y la consiguiente síntesis de enzimas
- La síntesis de giberilinas
- Los cambios en la permeabilidad de la membrana.

La aplicación del ácido giberélico en algunas semillas fotoblásticas suple la necesidad de la luz para la germinación, de tal manera que la síntesis de giberilinas estaría involucrada en el fotocontrol de la germinación. Aun cuando aquella no sea efecto directo del estímulo luminoso.

Además de los factores mencionados con anterioridad, Pita y Pérez (sin año), incluyen como un factor importante los factores hormonales.

## **f) Factores hormonales**

Las hormonas vegetales tienen un relevante papel en la germinación de las semillas, sin embargo, a pesar de los numerosos estudios realizados, aún se desconocen la mayoría de los mecanismos implicados en su actuación. Desde el punto de vista de la germinación, las hormonas vegetales se pueden dividir en dos grandes grupos.

- I. Promotoras de la germinación
- II. Inhibidoras de la germinación

En el primer grupo destacan las giberelinas, capaces de promover la germinación de semillas tanto durmientes como no durmientes: por ello en muchos casos, se ha propuesto un papel clave de estas hormonas vegetales en los mecanismos fisiológicos relacionados con la germinación.

Las sustancias inhibidoras de la germinación son muy numerosas, destacando entre ellas el ácido abscísico, el cual impide, en un gran número de especies, la germinación tanto de semillas como de embriones aislados. Además, son numerosos los trabajos que relacionan directamente la presencia de ácido abscísico en las semillas con su incapacidad para germinar. Así en las semillas la germinación no tiene lugar hasta que se produce una disminución de concentración de hormona en los tejidos de sus semillas.

En algunas especies cultivadas la presencia de ácido abscísico impide la denominada viviparidad, fenómeno sobre el cual la semillas germinan sobre la planta madre cuando esta se humedece por causa de la lluvia o de una humedad ambiental elevada.

#### **g) Dormición**

La dormición es un estado fisiológico por el cual las semillas no son capaces de germinar aun cuando las condiciones ambientales sean favorables. Las causas de la dormición pueden radicar en las cubiertas seminales o en embrión.

En el primer caso, la dormición se manifiesta solamente en la semilla intacta mientras que el embrión aislado es capaz de germinar.

La semilla es durmiente porque los tejidos que rodean al embrión ejercen una restricción que esta no puede superar.

Los principales mecanismo por los cuales las cubiertas seminales imponen la dormición son las siguientes:

- Restricciones mecánicas
- Interferencia con la captación de agua
- Interferencia con el intercambio gaseoso
- Presencia de inhibidores en las cubiertas
- Interferencia a la salida de inhibidores

Por lo contrario en el segundo caso, el embrión es durmiente en sí mismo y la eliminación de las cubiertas seminales no conlleva su germinación.

La dormición de las semillas tiene una gran importancia ecológica al optimizar la distribución de la germinación tanto en el tiempo como en el espacio. En el tiempo, al estar impedida la germinación durante periodos más o menos largos y en el espacio.

Desde un punto de vista agrícola la dormición de las semillas presenta tanto aspectos negativos como positivos así pues la dormición que presentan algunos cultivares determina una germinación lenta y heterogénea que dificulta la obtención de plantas y el establecimiento del cultivo.

Así mismo otro aspecto negativo es que la dormición asegura la permanencia en el suelo, durante largos periodos de tiempo, de semillas malas hierbas que infectaran sistemáticamente los terrenos cultivados.

### **3.5. Fases de la germinación**

Pita y Pérez (sin año), en su manual de germinación de semillas, mencionan y las siguientes fases de la germinación.

#### **3.5.1. Imbibición**

La primera etapa de la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla desde el medio exterior a este proceso se denomina imbibición. La

hidratación de los tejidos de la semilla es un proceso físico con una duración variable según la especie considerada, este proceso es variable y está en función a la especie vegetal y las cubiertas seminales de cada semilla variando de entre minutos hasta horas.

Una vez que la semilla se ha hidratado, comienzan a activarse toda una serie de procesos metabólicos que son esenciales para que tengan lugar las siguientes etapas de la germinación. En esta fase de la germinación, si las condiciones del medio lo determinan, la semilla puede deshidratarse y reiniciar el proceso de germinación, u obstante en algunas semillas la deshidratación prolongada puede implicar la transformación de semillas en semillas “semillas duras”, que se caracterizan porque se imbiben muy lentamente, este fenómeno es frecuente en leguminosas.

### 3.5.2. **Germinación “sensu stricto”**

Una vez que la semilla se ha hidratado adecuadamente, se entra en una segunda etapa del proceso de germinación, la denominada fase de germinación “sensu stricto” (en sentido estricto), que se caracteriza entre otros hechos, porque se produce una disminución en la absorción de agua de las semillas. Durante esta etapa tiene lugar una activación generalizada del metabolismo de la semilla, lo cual es esencial para que se desarrolle la última fase del proceso de germinación, la fase de crecimiento.

### 3.5.3. **Fase de crecimiento**

En esta última fase de la germinación, paralelamente al incremento de la actividad metabólica, se produce el crecimiento y emergencia de la radícula a través de las cubiertas seminales.

Las semillas que han alcanzado la fase de crecimiento no pueden volver a etapas anteriores y en el caso de que las condiciones del medio no permitan que esta fase pueda seguir adelante, la semilla morirá.

Una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de la plántula, proceso complejo y variable según la especie, que implica un elevado gasto energético que se obtiene mediante la movilización de las reservas nutritivas de la semilla.

### **3.6. Movilización de reservas**

Los compuestos de reserva que se encuentran en las semillas son glúcidos, proteínas y lípidos, en mayor o menor proporción según la especie considerada. La movilización de estas reservas, durante la germinación, es un proceso esencial que permite la supervivencia de la semilla hasta que la plántula se desarrolle lo suficiente como para poder realizar la fotosíntesis.

#### **3.6.1. Movilización de glúcidos**

Los glúcidos y en concreto el almidón suelen ser los principales compuestos de reserva en algunas semillas.

La hidrólisis previa del almidón es imprescindible para obtener, a partir de las moléculas de glucosa que lo constituyen, la energía necesaria para la activación del metabolismo de la semilla. El proceso se inicia con la liberación por el embrión de giberilinas, hormonas vegetales que determinan la síntesis de los enzimas responsables de la degradación del almidón.

#### **3.6.2. Movilización de proteínas**

Las proteínas como compuesto de reserva, son características de muchas semillas, la movilización de proteínas provee a la semilla de aminoácidos, a partir de los que se obtiene la energía necesaria, con ello se suple la deficiencia de glúcidos que suelen presentar este tipo de semillas.

La degradación de las proteínas a aminoácidos es llevado a cabo por enzimas específicos denominados proteasas, que se sintetizan por la presencia de giberelinas liberadas por el embrión.

### 3.6.3. **Movilización de lípidos**

Los lípidos como compuestos de reserva están presentes en semillas de distintas especies, que por esta razón tienen una gran importancia agronómica. Los lípidos presentes en las semillas son esencialmente triglicéridos, que por la acción de las enzimas denominadas lipasas se degradan hasta sus componentes, glicerol y ácido graso, que se incorporan en el metabolismo energético de las semillas.

Todo lo anterior pone en manifiesto que, en cada caso, la movilización implica la degradación de los compuestos de reserva hasta unidades que puedan ser utilizadas por las semillas en la obtención de energía química.

### 3.7. **Valor nutricional**

El principal componente de pimiento es el agua, segundo los carbohidratos, lo que hace que sea una hortaliza con bajo aporte calórico. Es una buena fuente de fibra y al igual que la mayoría de las verduras su aporte de proteína es muy bajo y apenas aporta grasas.

En cuanto a su contenido en vitaminas, los pimientos son muy ricos en vitamina C, sobre todo los de color rojo, de hecho llegan a tener más del doble de la que se encuentra en frutas como las naranjas y las fresas, así mismo son buena fuente de carotenos entre los que se encuentra la capsantina pigmento con propiedades antioxidantes.



*Cuadro 1. Composición por 100 gramos de porción comestible*

|   |      |
|---|------|
| Energía (Kcal)                                    | 19,3 |
| Agua (ml)   | 92   |
| Proteínas (g)                                     | 0,9  |
| Hidratos carbono (g)                              | 3,7  |
| Fibra (g)   | 1,4  |
| Potasio (mg)                                      | 210  |
| Fósforo (mg)                                      | 25   |
| Magnesio (mg)                                     | 13,5 |
| Folatos (mcg)                                     | 25   |
| Vitamina C (mg)                                   | 131  |
| Vitamina A (mcg de Eq. de retinol)                | 67,5 |
| Vitamina E (mg)                                   | 0,8  |
| mcg = microgramos (millonésima parte de un gramo) |      |

### **3.8. Cultivo de Pimiento Morrón**

#### **3.8.1. Descripción Botánica**

##### **a) Porte**

El pimentón es una planta anual cultivada en zonas tropicales y templadas, la planta alcanza normalmente entre 0.30 y 0.80 m de altura pudiendo llegar hasta los 2 metros (Mamani, 2016)

Según la universidad nacional de Lujan. El pimiento es una planta herbácea de cultivo generalmente anual.

##### **b) Sistema radicular**

De la semilla germinada se forma una punta llamada ápice, que se abre paso en la tierra. Por encima van creciendo las raíces primarias, en un extremo tiene una cofia para penetrar el suelo. Alrededor se forman raíces secundarias más delgadas. Las raíces sirven para sujetar la planta al suelo y para absorber el agua y los nutrientes (Ríos, 2015)

La planta del pimiento morrón tiene un sistema radicular pivotante, profundo (dependiendo de la profundidad y la textura del suelo) y bien ramificado con numerosas raíces adventicias que horizontalmente pueden alcanzar un largo entre 50 cm a 1 m (Ríos, 2015).

El peso del sistema radicular es solo un 7 a 17 % del peso total de la planta en función del topo varietal y de las condiciones del cultivo. En las plantas de pimiento morrón jóvenes la proporción relativa del sistema radicular respecto a la biomasa total es mayor a las adultas (Ríos, 2015)

##### **c) Tallo**

El tallo sirve para soportar las hojas, las flores y los frutos también cumple funciones en el transporte del agua y nutrientes de las raíces a las hojas. (CEDEPAS, 2013)

El tallo es de crecimiento limitado y erecto con un porte que en término medio puede variar entre 0.5 y 1.5 m, cuando la planta adquiere cierta edad la planta se lignifica ligeramente

El tallo es de crecimiento limitado y erecto y se lignifica ligeramente, cuando la planta adquiere cierta edad. Su porte oscila entre 0,50 m a 2 m de altura, cuando se la cultiva en invernaderos. Se ramifica entre los 10 y 40 cm en dos o tres ramas, que a su vez se bifurcan en forma dicotómica. De las axilas de las hojas se originan tallos secundarios sobre los que se forman frutos, más tardíos que los que se forman sobre el tallo principal.

#### **d) Hojas**

Las hojas son enteras, ovales o lanceoladas, verde brillante, se insertan en el tallo en forma alternada. La mayor parte de los cultivares existentes pertenecen a la variedad *annuum*, presentando flores de corolas blancas, normalmente solitarias.

De acuerdo a Mamani (2016), las hojas son alternas color verde intenso y forma lanceolada, son lampiñas enteras y lanceoladas con un ápice muy pronunciado acuminado y peciolo largo o poco aparente: su inserción en el tallo es de forma alterna.

#### **d) Flores**

Según Ríos (2015) la función principal de la flor es la reproducción de la planta. En los pimientos morrones y los ajíes es la flores órgano reproductor masculino y femenino por eso se dice que son hermafroditas.

Las flores son hermafroditas, apareciendo solitarias en pequeños racimos, las flores son perfectos formándose en las axilas de las ramas; son de color blanco y a veces de color purpura. Poseen corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar. Su fecundación es claramente

autógama, no superando el porcentaje de alogamia del 10% (Bojacá y Monsalve, 2012).

Las flores están unidas al tallo por un pedúnculo pedicelo 10 a 20 mm de largo, con 5 a 8 costillas. Cada flor está constituida por un eje receptáculo y apéndices foliares que constituyen las partes florales. Tales como el cáliz constituido por 5 a 8 sépalos, formada por 5 a 8 pétalos androceo 5° 8 estambres y gineceo por 2 a 4 carpelos (Nuez, 2003).

#### **e) Fruto**

Zapata (2002), menciona que el fruto del pimiento morrón es una baya hueca, semicartilaginosa, deprimida y de color variable, algunas variedades van pasando por el verde al anaranjado y al rojo a medida que van madurando. Su tamaño es variable, pudiendo pesar desde escasos gramos hasta más de 500g y tiene una forma de cápsula llena de aire.

El fruto es una baya semicartilaginosa deprimida de color rojo o amarillo cuando está maduro, variable en forma dándose variedades alargadas o redondas y tamaños (1 ó 2 g y en algunas variedades hasta más de 500 g), algunos son de sabor dulce y otros de sabor picante debiéndose esta última a una sustancia llamada capsicina (C<sub>18</sub>H<sub>27</sub>O<sub>3</sub>).

#### **3.8.2. Clasificación Taxonómica**

La clasificación taxonómica del pimiento morrón (***Capsicum annuum***) de acuerdo a Rojas (2009):

DOMÍNIO: Eukarya

REINO: Plantae

DIVISIÓN: Angiospermas

CLADO: Gunneridas - Eudicotiledonidas

CLADO: Asteridas – Campanulidas

ORDEN: Solanales

FAMILIA: Solanaceae

GÉNERO: Capsicum

ESPECIE: *Capsicum annuum*

### 3.8.3. Características Edafoclimáticas

#### a) Temperatura

Como la mayoría de las hortalizas de fruto el pimiento morrón es de clima cálido, y su producción no es recomendable en el altiplano porque no es cultivo resistente a las heladas. Para alcanzar un buen desarrollo necesita temperaturas que oscilen entre los 20 y 25°C en el día y por la noche entre 16 y 18 °C.

Las altas temperaturas cuando van acompañadas de humedad relativa baja, provocan abscisión de flores y frutos recién cuajados, existe tolerancia hasta 40°C cuando la humedad es elevada, además es importante recalcar que las variedades de frutos más pequeños son resistentes al calor: Durante las primeras fases del desarrollo, básicamente en momentos de la floración y cuaje, es fundamental que la humedad del medio ambiente oscile entre el 50 y 70 por ciento (Mamani, 2016).

La temperatura óptima para la germinación es de 25 °C temperaturas menores a 15°C y mayores a 35°C no benefician la germinación, durante el crecimiento de la planta la temperatura diurna deberá estar entre 20 °C y 25°C y la temperatura nocturna deberá ser de 16°C y 18°C, en temperaturas menores a los 15 °C el crecimiento se reduce y cuando la temperatura es aún menor a 10°C el crecimiento se paraliza.

## **b) Luminosidad.**

El pimiento es una especie exigente en cuanto a luminosidad se refiere, ya que la falta de luz durante todo el ciclo vegetativo produce ailamiento, entrenudos largos y talos débiles (Mamani, 2016).

El pimiento morrón es muy exigente en luminosidad, tanto es su desarrollo vegetativo como en la floración y admite temperaturas más altas cuando aumenta la luminosidad, cuando hay poca luz los entrenudos se alargan, los tallos son más débiles y la planta florece menos además que las flores son más débiles (Solís, 2016).

López *et al* (1983), menciona que este cultivo es exigente a la luz, por lo que se desarrolla óptimamente entre las 12 y 15 horas de luz, de lo contrario y consecuentemente su ciclo vegetativo se prolonga.

## **c) Riego.**

El riego es indispensable en el cultivo de pimiento morrón (***Capsicum annuum***) es muy sensible a la falta de humedad. El rendimiento se ve afectado cuando el déficit de agua se produce durante la fase de floración hasta la maduración de los frutos. La falta de agua provoca abarquillamiento de las hojas y la aparición de algunos frutos con anomalías conocidas como necrosis apical, que desmejoran la calidad de los frutos.

De acuerdo con el departamento de tecnología de producción vegetal de la universidad nacional de lujan, debe lograrse un nivel constante de humedad en el suelo dado que esta especie es sensible a las fluctuaciones de humedad.

Las deficiencias y excesos producen alteraciones fisiológicas irreversibles en los frutos, con la deshidratación y deficiencia en calcio. Es importante utilizar agua con bajo contenido de sales y el periodo crítico de humedad se da en la etapa de diferenciación floral.

Los riegos en el cultivo de pimiento morrón son necesarios e importantes para alcanzar buenos rendimientos y una óptima calidad de los frutos, se debe manejar con precaución este recurso ya que el exceso del mismo especialmente en suelos arcillosos puede provocar asfixia radicular y ataque de hongos a la altura del cuello de la planta (Mamani, 2016).

Algunos de los parámetros relacionados con el riego, tales como la frecuencia de riego están en función a algunas propiedades principalmente físicas que posee el suelo, Somos (1984), recomienda mantener a una capacidad de campo del 70 por ciento para alcanzar un buen rendimiento.

De acuerdo a Mamani (2016), que cita a Nuez *et al* (1996), la etapa más crítica de producción es la fase de la maduración del fruto y el gasto total de agua por campaña puede oscilar entre 8000 y 10000 m<sup>3</sup>/ha

Conforme a lo anterior expuesto Mamani (2016), indica que para regar una hectárea requiere aproximadamente 3000m<sup>3</sup> de agua, con un promedio de 8 a 12 riegos, recomendando entre 8 a 12 riegos ligeros pero frecuentes

El sistema de riego más recomendable para este cultivo es el riego por goteo, ya que se debe aportar riegos frecuentes de pequeño volumen, pues el suelo pierde casi por completo su función de reserva o almacén de agua y se convierte en transmisor entre el emisor y el gotero y la raíz del cultivo.

Algunas recomendaciones que se deben tomar en cuenta a la hora de regar son las siguientes. El pimiento precisa un poco más de humedad que la berenjena y el tomate así mismo es preciso un especial control en la uniformidad de la humedad del suelo y en suelos enarenados o con algún tipo de acolchado la humedad se conserva más y se consigue una mejor regulación de la misma siempre y cuando reguemos en el momento oportuno (Solís, 2016).

#### **d) Suelo**

(Solís, 2016). Describe algunos los parámetros y propiedades que el suelo debe poseer para lograr

Al pimiento morrón le favorece los suelos sueltos franco arenosos con bastante aireación y profundos con un pH entre 6,5 y 7, neutro o ligeramente ácido además de suelos con abundante porcentaje de materia orgánica, fósforo y nitrógeno el pimiento morrón es menos resistente a la salinidad, cuando esto sucede la planta desarrolla poco y los frutos obtenidos son de menor tamaño (Mamani, 2016).

Se deben descartar suelo con anegamiento, puesto que el pimiento morrón requiere de suelos con buen drenaje debido a su sensibilidad a la asfixia radicular (Mamani, 2016).

Cuando el suelo presenta elevado porcentaje de arcilla puede presentarse asfixia radicular que favorece al desarrollo de enfermedades fúngicas, ante esta situación es recomendable realizar una desinfección del suelo antes del trasplante

#### **3.8.4. Manejo del Cultivo**

##### **a) Siembra**

La semilla del pimiento morrón debe sembrarse en almácigos y no presenta ningún tipo de dormición. Dentro del rango de temperaturas óptimas (20 - 30°C) la germinación se produce entre los 8 y los 12 días posteriores a la siembra. Puede observarse algún grado de desuniformidad en la germinación, debido probablemente a factores relacionados con la senescencia seminal. Para que la emergencia sea más uniforme puede utilizarse semilla pre germinada o sometida a tratamientos de acondicionamiento osmótico (Torres, 2015).

La semilla de pimiento morrón requiere mayor periodo de tiempo que el tomate para la germinación y emergencia de la nueva plántula, en condiciones normales de agua, luz, oxígeno y temperatura, después de la germinación el crecimiento de



la plántula es lento y puede durar entre 35 y 45 días para lograr un desarrollo óptimo para su trasplante.

La plántula está en condiciones óptimas para el trasplante cuando ha alcanzado un crecimiento entre 8 y 10 cm, el tallo principal ha formado 4 – 8 hojas (Vallejo y Estrada, 2004).

La semilla del pimiento morrón es más pesada que la del tomate y otras hortalizas de su tipo de acuerdo al peso y por la densidad de la semilla se requiere alrededor de 250g de semilla por hectárea (Vallejo y Estrada, 2004).

Los plantines pueden producirse en macetas ya que las macetas poseen un mayor volumen de suelo lo que es beneficioso para este cultivo, ya que presenta un crecimiento lento y debe permanecer en almacigo, al entre 30 y 45 días para alcanzar un estado adecuado para el trasplante (Torres, 2015).

## **2. Trasplante**

El trasplante debe realizarse cuando la planta tiene entre 4 y 8 hojas verdaderas o tiene una altura de entre 8 y 10 cm, siendo conveniente que al momento de trasplante aun no haya aparecido el botón floral. Cuando se realiza el trasplante pueden romperse algunas raíces, si esto coincide con los meses de calor puede presentarse un retraso en el crecimiento y desarrollo de la planta para evitar tal efecto es recomendable regar las plántulas un días antes del trasplante

Los sitios de siembra deben estar acondicionados para el trasplante. En el caso de cultivos con acolchado, plástico, las líneas por goteo deben ser probadas previamente a la cobertura y el plástico roturado para definir los sitios del trasplante (Vallejo y Estrada, 2004).

Así mismo en el suelo se debe evitar la compactación por debajo de la capa arable y encontrarse bien desmenuzado en la superficie, la plantación puede realizarse en hileras simples o separadas a 90 cm entre si y una distancia entre

plantas de 40 a 50 cm, también puede realizarse un doble hilera dejando 1m entre los pasillos de cada par de hileras.

De todas maneras y es importante procurar que durante el proceso de trasplante no realizar daño en la plántula para que esta se establezca rápidamente en el sitio definitivo con mínimas pérdidas de producción (Vallejo y Estrada, 2004).

### **c) Aporque**

Es conveniente realizar el aporque para ayudar el apoyo de la planta al suelo, si se utiliza riego por goteo no es necesario hacerlo (Torres, 2005).

Durante el periodo de crecimiento vegetativo la labor consiste en remover el terreno, especialmente los surcos, para aumentar el volumen de tierra alrededor de los tallos profundizando así los surcos de plantación. La herramienta recomendada y utilizada con más frecuencia es la chuntilla, además se recomienda realizar esta labor con mucho cuidado para no dañar los tallos de la planta (Mamani, 2016).

Por otro lado, Vallejo y Estrada (2004), indican que los aporques no son muy inconvenientes porque pueden ocasionar daño en las raíces superficiales y favorece la entrada de microorganismos patógenos que son muy diseminados por el suelo o el agua de riego las construcción previa de surcos o camas de siembra levantadas a 25cm por encima del nivel del fondo del terreno garantizan un vigoroso crecimiento de raíces con menor riesgo de encharcamiento o excesos de humedad en las zonas cercanas a la raíz, haciendo innecesario los aporques. Si el sistema de siembra incluye una cobertura acolchado, esta labor no se practica en el cultivo.

### **d) Riego**

Debe lograrse un nivel constante de humedad en el suelo dado que esta especie es sensible a las fluctuaciones de humedad, las deficiencias o excesos causan alteraciones fisiológicas irreversibles en los frutos como la deshidratación o

deficiencia de calcio. Es importante utilizar agua de calidad con bajo contenido en sales. El periodo crítico de humedad de sal se da en la etapa de diferenciación floral.

#### e) Podas.

Según Mamani (2016), la poda consiste en la eliminación de las hojas del tallo principal que se encuentran por debajo de la primera cruz, así como los rebrotes y ramas débiles que impiden la iluminación y ventilación al interior de la planta ya que estos factores son importantes para una mayor floración.

Las podas permiten limitar el excesivo crecimiento vegetativo, estimular el equilibrio entre el desarrollo de la planta y el desarrollo de las flores y frutos, con una distribución más intensa hacia la parte central de la planta, con el fin de proteger los frutos del daño durante el llenado por rotura de ramas y escaldado por golpe de sol.

Todos los brotes o chupones formados por debajo de la primera ramificación se eliminan con el fin de darle mayor aireación a la parte baja de la planta, posteriormente se pueden ir eliminando ramas superiores con excesivo crecimiento lateral o con muy poca formación de flores. Estas ramas pueden ser muy poco productivas y se las conoce como ramas vegetativas o machorras.

Es también una práctica necesaria la realización de podas fitosanitarias de ramas, hojas y frutos, cuando se ha presentado ataques tempranos o muy intensos de plagas y enfermedades, especialmente el ácaro blanco (*poliphagotarsonemus latus*), araña roja (*Tetranychus sp*), mosca de los botones y terminales (*Prodiplosis sp*). También se deben realizar podas fitosanitarias cuando se presenta alta incidencia de añublo bacterial (*Xanthomonas campestris*), y mancha foliar o pudrición foliar o pudrición de frutos causados por (*Phytophthora sp*) (Vallejo y Estrada, 2004).

## **f) Cosecha**

Entre la siembra y la cosecha transcurren entre 70 y 90 días para la cosecha en verde, para cosechar rojo o amarillo 15 a 20 días más, para cosechar el fruto deben haber alcanzado la madurez fisiológica.

Cuando el fruto se cosecha en verde el rendimiento puede incrementar hasta un 20% más debido a que sacar los frutos aumenta el cuajado. La cosecha se realiza en forma manual y escalonada, el corte debe ser limpio cuidando que el pedúnculo y el cáliz queden adheridos al mismo, para realizar esta actividad es necesario utilizar tijeras bien afiladas que no produzcan daños ni al fruto ni a la planta, posteriormente se debe acumular los frutos en canastas que no produzcan daños y dejarlos en lugares sombreados y ventilados. El rendimiento promedio de este cultivo en condiciones de carpa puede alcanzar las 100Tn/Ha.

## **g) Post cosecha**

Par dar un buen manejo a las frutas y verduras después de la cosecha, debe considerarse el hecho que estos productos son orgánicos o estructuras vivas y que no solo se encuentran vivas cuando se hallan unidas a la planta, sino que después de la cosecha continúan estándolo y siguen funcionando los sistemas fisiológicos que operan durante su etapa de crecimiento en la planta. Por esta razón los procesos fisiológicos que más inciden en el deterioro de los frutos durante la post cosecha son la respiración y la transpiración. Estos procesos son acelerados por las condiciones de temperatura y humedad a la que se somete el producto durante las fases de la cosechas (USAID, 2008).

Los frutos una vez cosechados solamente con las reservas de nutrientes almacenados y como ya no puede reponerlos, en la medida en que se van agotando tales reservas, se produce el proceso de envejecimiento.

Mamani (2016), indica que la planta puede producir de 12 a 15 frutos durante la temporada de cosecha, de junio a septiembre lo que equivale a 1.5 a 2 Kg/m<sup>2</sup>; la época de la recolección dependerá de la siembra y el clima y va desde finales de

junio hasta octubre y noviembre, los más precoces estarán listos 60 días después del trasplante y las más tardías requieren 3 meses y los frutos se cortan dejando un rabillo de 2 a 3 cm.

En el mismo texto indica también que para la cosecha se debe ser muy cuidadoso al separar los frutos de las plantas ya que las ramas son muy tiernas y se parten con facilidad, por ello es recomendable el uso de tijeras, además que después de ser cortados los frutos deben ser colocados en cajas para ser transportados a su centro de distribución, se aspira un rendimiento de 20 tn /ha.

En algunos países la manipulación de frutos de pimiento morrón se efectúa seleccionando por calibres, dos o tres categorías, de acuerdo a la longitud, la uniformidad de color, la presencia de enfermedades en los frutos y presencia de daños.

De importancia fundamental en la conservación del pimiento morrón es el mantenimiento de humedades relativas altas. Para una conservación de larga duración, son convenientes temperaturas de 7 a 10 °C así como una humedad relativa del 85 al 90 por ciento, esto para mantener un periodo de almacenamiento de los pimientos morrones de 10 a 14 días

#### **3.8.5. Plagas y enfermedades**

Las bacterias invernan sobre los órganos sanos o infectados de las matas perennes, sobre las semillas, sobre los restos de los vegetales enfermos y sobre el suelo: se diseminan por la lluvia y llegan a la planta a través del viento del tejido parenquimático.

El Ambiente húmedo y las temperaturas elevadas favorecen el desarrollo de la enfermedad. Las lesiones se observan sobre tallo, hojas y frutos (Mamani, 2016).

Además las enfermedades que afectan el cultivo del pimiento morrón pueden provocar importantes pérdidas en el rendimiento y calidad de los frutos. Para que exista una enfermedad, se deben presentar tres factores que permiten en

desencadenamiento de esta: un hospedero susceptible, condiciones medioambientales que favorecen el desarrollo de una patología y un agente casual virulento. Dentro de estos últimos podemos tener hongos bacterias, virus y nematodos.

Cada patógeno es capaz de producir una serie de sintomatología y signos que nos permiten reconocer el agente causal. Al poder identificar correctamente estos síntomas, podemos establecer las mejores medidas de control pero se puede tener precaución, ya que pueden ser confundidos entre sí o con otros daños fisiológicos, como por ejemplo déficit nutricional o daños por el sol. Por este motivo es importante reconocer e identificar bien la sintomatología y los signos presentes de cada agente causal.

Dentro de las labores culturales para un adecuado control de las enfermedades se debe considerar mantener un constante monitoreo del cultivo. Para detectar cualquier sintomatología sospechosa, evaluar y diagnosticar la presencia de patógenos y posteriormente el avance dentro del cultivo (Pinto, 2018).

A continuación Pinto (2018), se describe las principales enfermedades que afectan el cultivo del pimiento morrón con una descripción de su sintomatología.

### **3.8.5.1. Enfermedades**

#### **a) *Phytophthora capsici* Leonian**

Esta enfermedad se caracteriza por presentar clorosis, marchitez y atizonamiento de la zona aérea de la planta donde en general, las hojas y frutos quedan adheridos, también pueden presentar necrosis o manchas localizadas que comienzan de color castaño oscuro a negro, adquiriendo una consistencia acuosa, tanto en tallos y hojas. A nivel de cuello y raíces presenta pudrición y formación de canchales castaño rojizo. En los frutos bajo condiciones de alta humedad se desarrollan pudriciones y se aprecia presencia de moho de color blanco. En las primeras etapas de desarrollo, puede desencadenar caída de plántulas.

Sobrevive en el suelo, principalmente como micelio asociado a tejido o resto de plantas afectado y también puede permanecer por varias semanas como oosporas. Su diseminación es principalmente por agua libre y viento y la infección favorece en suelos saturados por exceso de agua.

**b) *Fusarium oxysporum* f.sp.**

Se caracteriza por una rápida marchitez o amarillamiento parcial o total de la parte aérea de la planta. En la base de los tallos presencia de manchas necróticas de consistencia acuosa que se puede extender por los tejidos vasculares o raíces de la planta.

Este hongo es un habitante del suelo y puede persistir por largos periodos de tiempo. Se disemina principalmente por el escurrimiento superficial por exceso de riego o mal drenaje, como también por movimientos de tierra infectada en herramienta o maquinaria. Puede ser trasladada por semillas y almácigos infectados, los que deben ser tratados previo al establecimiento del cultivo

**c) *Alternaria alternata* (Fr) Keissler**

Presencia de manchas necróticas generalmente con anillos concéntricos de color castaño oscuro o verde oliva, en presencia de esporulación del patógeno. En el fruto se presentan manchas necróticas con halos rojizos o amarillos, generalmente con depresión del tejido afectado, con presencia de micelio y abundante.

Es capaz de sobrevivir con micelio o conidias en tejido afectado o epífita en la superficie de plantas de la misma especie que el hospedero. Se diseminan principalmente por el viento y plantas infectadas.

**d) *Xanthomona campestris* pv. *Vesicatoria***

Las plantas afectadas presentan atizonamiento y defoliación. En las hojas se observan manchas necróticas con un halo de amarillo. Los frutos presentan pequeñas manchas necróticas con un halo oscuro, con apariencia de sarna.

La presencia de esta bacteria se favorece con climas lluviosos y temperaturas cálidas. Sobrevive en el suelo asociado a restos de cultivos infectados. Se disemina por salpicado o escurrimiento de lluvias y semillas infectadas.

#### **e) Virosis**

En general las virosis presentan sintomatologías asociadas a cambios de coloración de hojas (moteados y mosaicos). Deformaciones de hojas y frutos, enanismo o crecimiento anormales de parte o toda la planta. En frutos se pueden presentar manchas cloróticas, amarillentas o necróticas.

Los virus con mayor presencia de pimentón con mayor presencia en la zona son los virus de mosaico del pepino y virus de bronceado del tomate.

### **3.8.5.2. Plagas**

#### **a) Afidos**

Los pulgones al clavar si estiletes en la planta con la finalidad de extraer la savia provocan deformaciones, amarillamiento, necrosis, detención del crecimiento y marchitamiento. Los daños son más severos en las plantas jóvenes, especialmente en épocas secas y temperatura elevada estos insectos secretan sustancias azucaradas apetecidas por las hormigas formando una melaza que sirve de sustrato para el desarrollo de la fumagina.

Esta capa oscura reduce la actividad fotosintética de la planta y mancha de frutos desmejorando la calidad.

#### **b) Nematodos**

Estos organismos viven en el suelo como larvas eclosionan cerca de las raíces, penetran y se adhieren al cilindro central. Las células crecen y los tejidos proliferan formando agallas de 2-4 mm de diámetro, donde se aloja un nematodo además de los nódulos, las raíces presentan ramificaciones excesivas, puntas dañadas y pudriciones producidas por bacterias y hongos saprofitos o fitopatógenos. En la parte aérea se observa una reducción del crecimiento,



síntomas de deficiencia de nutrientes con amarillamiento de hojas, marchitamiento excesivo y disminución del rendimiento, puede prevenirse con rotación de cultivos.

#### **c) Mosca blanca de los invernaderos**

Los ataques se inician con los brotes recién formados, donde las hembras depositan los huevos, el daño directo es provocado por la succión de savia por las ninfas.

El principal daño es el indirecto, donde las altas poblaciones de este insecto producen gran secreción de mielecilla, sobre esta se desarrolla la fumagina, causada por el hongo cladosporum.

#### **d) Araña bimaculada**

El daño se observa en las hojas en pequeños puntos amarillos, con un alto número de ellos, con presencia de teña. En ataques fuertes se produce clorosis, muerte de hojas y reducción de rendimiento

### **3.9. Microorganismos**

Hace trecientos años, Antonie van Leeuwenhoek observó por primera vez en un microscopio primitivo unos “pequeños animáculos” que ahora conocemos como microorganismos. Los microorganismos son los seres más primitivos y numerosos que existen en la tierra, colonizan todo el ambiente: suelo agua y aire, participan de forma vital en todos los ecosistemas y esta interacción continúa con las plantas, animales y el hombre.

Los microorganismos son la clave para el funcionamiento de los sistemas biológicos y el mantenimiento de la vida sobre el planeta, pues participan en procesos metabólicos, ecológicos y biotecnológicos de los cuales dependemos para vivir y enfrentar retos que se presenten en el futuro.

Estos retos son gigantescos en particular para satisfacer la demanda de alimentos y medicamentos además de resolver problemas ecológicos y de contaminación ambiental (Montaño *et al*, 2010).

Los microorganismos participan en procesos ecológicos que permiten el funcionamiento de los ecosistemas ya que estos son los principales actores en la descomposición de la materia orgánica y del ciclaje de nutrientes (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, entre otros), por otro lado en la fijación y ciclaje de nitrógeno estas implicadas bacterias simbióticas como “*Rhizobium*” la cual aporta nitrógeno a las plantas fabáceas (Montaño *et al*, 2010).

### **3.9.1. Microorganismos Promotores de Crecimiento de las Plantas (PGRP)**

Se denomina como PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) a un conjunto de bacterias que habitan en la rizosfera de las plantas y que producen en ellas todo tipo de beneficios, potencian su crecimiento mejorando la disponibilidad o la absorción de minerales y otro tipo de compuestos, que ayudan a la producción de hormonas necesarias en el desarrollo de los vegetales. Además protegen a plantas y cultivos de posibles agentes patógenos y combaten la contaminación de los suelos.

Estas características hacen de las PGPR bacterias muy estudiadas hasta el día de hoy por su potencial, no solo para la mejora en el crecimiento y rendimiento de los cultivos o en el ejercicio como agentes de biocontrol, sino también en una variedad de posibilidades tanto de descontaminación de suelos como de reforestación y recuperación de ecosistemas. También se está investigando cepas bacterianas modificadas genéticamente que mejoran la interacción con las plantas, cuando anteriormente las condiciones eran desfavorables (Benjumeda, 2017).

Benjumeda (2017), menciona que, el uso de PGPR tiene diferentes beneficios para la agricultura tales como:

- Reduce los costos de biorremediación disminuyendo la cantidad de fertilizantes y compost.
- Permite el establecimiento de plantas en zonas erosionadas donde previamente habían crecido.
- Mejora la salud de las plantas y el crecimiento en zonas erosionadas además que aumenta su tolerancia a la sequía y la salinidad.

En la rizosfera existen gran número de microorganismos que estable, en relaciones de simbiosis con las plantas. Estos microorganismos intervienen en el ciclo de algunos elementos minerales como el fósforo, el nitrógeno, el carbono, el hierro entre otros, y favorecen la nutrición de las plantas. A cambio se aprovechan de los exudados de las raíces en forma de ácidos orgánicos, mucílagos, aminoácidos o azúcares.

La Asociación Vida Sana, indica que PGPR favorecen el crecimiento de las plantas por diferentes mecanismos: síntesis de fitohormonas (fundamentalmente el ácido indolacético), promocionan el crecimiento de la raíz y la proliferación de los pelos radicales, inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos y producen sustancias quelantes del hierro (sideróforos) que aumentan su absorción por parte de las plantas. Además intervienen en la fijación del nitrógeno (bacterias fijadoras de nitrógeno) y aumentan la absorción de agua y nutrientes y la absorción del fósforo (micorrizas). A estos dos últimos grupos vamos a dedicar un apartado especial por su gran importancia en la vida de las plantas y en el desarrollo de una agricultura más sostenible.

Los mecanismos por los que las PGPR controlan los microorganismos patógenos son: la competencia por el nicho ecológico o sustrato, síntesis de compuestos químicos inhibitorios como los sideróforos, los antibióticos y las enzimas líticas destoxicadoras e inducción de resistencia en la planta.

Existen diferentes tipos de microorganismos que coadyuvan en la fertilidad del suelo, podemos mencionar a algunos como Rhizobium, Azotobacter, Anabaena.

### **3.9.2. Solubilización de Fósforo.**

La Solubilización del fosforo es una de las funciones que se ha convertido en un tema de investigación por su importancia para la agricultura.

El fósforo es uno de los elementos vitales para el desarrollo vegetal, sin embargo, esta se encuentra en baja disponibilidad en la corteza terrestre debido a que la movilidad en el suelo es restringida, de tal forma que la planta absorbe el elemento de su entorno específico en mínimas cantidades, esta condición ha generado interés por encontrar alternativas que faciliten la absorción por la raíces de las plantas y así incrementar la concentración disponible en la rizosfera.

En diferentes ecosistemas la reserva de fósforo se encuentra en las rocas, unido al oxígeno formando fosfatos. Cuando las rocas están expuestas al ambiente estos fosfatos se disuelven, de tal forma que son absorbidos fácilmente a través de las raíces de las plantas. La cantidad de fósforo en el suelo se expresa como  $P_2O_5$  y este se clasifica en fosforo orgánico y fósforo inorgánico, Constanza *et al* (2014).

La Solubilización de fósforo mineral es un proceso fundamentalmente con la producción y liberación de ácidos orgánicos por algunos microorganismos del suelo.

Las bacterias que solubilizan el fosfato utilizan diferentes mecanismos para convertir las formas solubles de fósforo en formas solubles, el primero de ellos está basado en la secreción de ácidos producidos en el metabolismo de los azúcares. Los microorganismos utilizan los azúcares que toman de los exudados de las raíces de las plantas, lo metabolizan y liberan ácidos orgánicos como el ácido butírico, oxálico, succínico, málico, que actúan como quelantes de cationes de calcio, que acompañan a la liberación de fosfatos a partir de compuestos fosfáticos insolubles (Goswami y cols, 2014).

Después del nitrógeno el fósforo es el nutriente más determinante para las plantas, irónicamente, los suelos los suelos pueden tener grandes reservas de

fósforo total. Pero la cantidad disponible para las plantas suele ser una pequeña porción de este. Esto se debe a que la vasta mayoría del fosforo se encuentra en formas insolubles (Benjumeda, 2017).

Los microorganismos que solubilizan el fosforo constituyen hasta un 40 por ciento de la población de bacterias en el suelo y una porción de ellos son aislados de la rizosfera. Diversos estudios han demostrado que la respuesta de las plantas a una inoculación microbial en muchos casos ha sido atribuida a mejorar la adquisición de fosforo por los mismos, esto ha generado un rango de microorganismos con un amplio potencial para incrementar la disponibilidad de fósforo (Fernández y Rodríguez, 2005).

### **3.9.3.1. Mecanismo de solubilización del fósforo**

Constanza *et al* (2014), describe que, desde 1908 se ha reportado que la Solubilización de fosfatos se debía a la producción extracelular de ácidos orgánicos los cuales, entre las funciones intervienen en la quimiotaxis microbiana y detoxificación de los metales. Los ácidos orgánicos son compuestos de bajo peso molecular entre los que se encuentran el ácido butírico, oxálico, succínico, málico, cítrico, entre otros, los cuales actúan sobre compuestos insolubles de fosfato inorgánico.

La presencia de ácidos orgánicos permite la acidificación del suelo facilitando la absorción de este elemento, poseen carga negativa formando complejos al quelar los iones metálicos, que se encuentra con el fósforo insoluble y se transforman en fósforo soluble para la planta. Por reacciones químicas bacterianas que son capaces de convertir el fosfato tricalcico  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  en fosfato di monobásicos asimilables para las plantas. Muchas bacterias utilizan la ruta metabólica de la glucosa para la producción de estos ácidos, provocando la liberación del fósforo al medio.

Las bacterias que se asocian con la producción de ácidos orgánicos que solubilizan fosfato son generalmente rizobacterias.

#### **3.9.4. Biofertilizantes**

Los Biofertilizantes o abonos biológicos están basados en microorganismos que promueven y benefician la nutrición y el crecimiento de las plantas, se trata generalmente de bacterias y hongos que se asocian de manera natural a las raíces de las plantas de una forma más o menos íntima. Estos microorganismos pueden facilitar de manera directa o indirecta, la disponibilidad de determinados nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, además producen sustancias denominadas fitohormonas promotoras del crecimiento, (Fernández y Rodríguez, 2005).

Carrillo *et al* (2017), indica que los Biofertilizantes son productos a base de microorganismos que viven normalmente en el suelo aunque en poblaciones bajas, al incrementar por medio de la inoculación artificial, son capaces de poner a disposición de las plantas, mediante su actividad biológica, una parte importante de las sustancias nutritivas que se necesitan para su desarrollo; así como para suministrar sustancias hormonales o promotoras del crecimiento. La importancia de estos bioproductores radica en su capacidad de suplementar o movilizar nutrientes con un mínimo uso de recursos no renovables que pueden aplicarse en pequeñas unidades para solucionar problemas locales y que no contaminen el medio ambiente.

El uso de los Biofertilizantes origina procesos rápidos consume poca energía y no contamina el medio ambiente. Su uso representa una importante alternativa para limitar el uso de abonos químicos menos rentables económicamente, a la vez que reduce su negativo impacto ambiental y mejora la productividad de los cultivos. A su vez los Biofertilizantes pueden ser de gran utilidad en la recuperación de los terrenos marginales para su aprovechamiento agrícola (Fernández y Rodríguez, 2005).

El crecimiento de las plantas puede ser en parte producto de las rizobacterias para ayudar a su continuo desarrollo, a través de diferentes mecanismos. Entre los principales mecanismos podemos citar; la fijación biológica de nitrógeno, la

Solubilización de fósforo, la producción de quelatos de hierro y la producción de fitohormonas que disparan reacciones claves en el crecimiento de las plantas, así como la estimulación de este crecimiento indirectamente por la síntesis de la enzima ACC deaminasa y la inhibición de crecimiento de microorganismos fitopatógenos a través de sustancias exudadas al suelo por ejemplo antibióticos (Fernández y Rodríguez, 2005).

### **3.9.5. Rhizobium**

Dentro de las bacterias simbióticas fijadoras de nitrógeno encontramos dos grupos de organismos, el primer grupo pertenecen a las bacterias móviles del suelo, que son atraídas a la raíz por compuestos que esta libera, (Calvo, 2011).

Las bacterias del género *Rhizobium* son muy conocidas principalmente porque coadyuvan con la fertilidad del suelo, viven principalmente en simbiosis con especies vegetales de la familia Fabaceae, estas bacterias colonizan las raíces de las plantas formando nódulos.

Los *Rhizobios* captan el nitrógeno atmosférico y lo convierten en amonio, haciéndolo disponible para la planta, dependiendo del cultivo los *Rhizobios* pueden aportar entre 40 y 300 Kg/Ha/año

Estas bacterias viven en simbiosis con plantas como el frijol y otras fabáceas, sin causar daño alguno, ni perjudicar el crecimiento, desarrollo y productividad de las plantas, por lo contrario esta relación beneficia a las dos especies, la bacteria en las raíces de las plantas absorbiendo el fotosintato y a cambio fija el nitrógeno atmosférico haciéndolo asimilable para la planta.

Las bacterias del género *Rhizobium* tienen la capacidad de inducir en las raíces de las leguminosas la formación de estructuras especializadas llamadas nódulos dentro de las cuales en  $N_2$  atmosférico que es muy estable y relativamente inerte, se reduce a iones de amonio ( $NH_4$ ), fácilmente asimilable por la mayoría de las especies vegetales, (López *et al*, 2017).

Las especies del género *Rhizobium* son bacilos móviles Gram – negativos con pared celular flagelados (1 a 6 flagelos), aerobios que miden 0.5 – 0.9 x 1.2 – 3.0  $\mu\text{m}$  y pueden ser peritricales o subpolares. Las colonias generalmente son blancas o de color baige, circulares o convexas semitranslucidas u opacas y mucilaginosas, que miden de 2 a 4 mm de diámetro.

El estudio de la taxonomía de los *Rhizobium* se basa en varios aspectos como caracterización morfológica, bioquímica y fisiológica, entre otros y se pueden adelantar otros como eficiencia en la fijación de N, si no se ha demostrado que pertenecen al género *Rhizobium* e identifica sus características fenotípicas, (López *et al*, 2017).

### **3.9.6. Inoculante N<sub>2</sub>**

Es un bio fertilizante natural utilizado para mejorar la nutrición de las plantas y se aplica sobre la semilla al momento de la siembra, ayudando a obtener mayor productividad o mayor rendimiento en el cultivo

El inoculante N<sub>2</sub> es un producto biológico utilizado para mejorar la producción de las plantas y se aplica sobre la semilla al momento de la siembra, este producto está compuesto por turba estéril enriquecida que asegura la sobrevivencia de los *Rhizobios* durante un largo tiempo. Como mínimo contiene mil millones de bacterias por gramo de inoculante, los *Rhizobios* son eficientes en la fijación de nitrógeno atmosférico y específicos para cada leguminosa. (CIAT, S/Año).

El nitrógeno es un nutriente esencial e importante para la nutrición de las plantas, para que estas crezcan con alto contenido de proteínas. El laboratorio de rizobiología del CIAT (centro de investigación agrícola tropical), produce inoculantes de excelente calidad para diferentes especies de leguminosas.



## 1. 4. LOCALIZACIÓN

### 4.1. Características de la zona

#### 4.1.1. Ubicación

El trabajo de investigación se realizó en la Estación Experimental de Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. L.S. 16°32'12'' y L.O.68°03'49' como se observa en la figura 1.

**Figura 1 Ubicación Geográfica De La Estación Experimental De Cota Cota.**



#### 4.1.2. Topografía

Presenta una topografía accidentada con pendientes regulares a fuertes, en estos lugares se realizan terrazas con fines agrícolas y evitar la degradación del suelo. Los suelos son aluviales debido a la sedimentación del material arrastrado.

#### 4.1.3. Vegetación

En la zona se pueden encontrar especies vegetales como, eucalipto (*Eucaliptus glóbulos*), Acacias (*Acacia dealbata*, *Acacia retinodes*), chilca (*Baccharis*

*latifolia*), Queñua (*Polylepis racemosa*), retama (*Spartium junceum*), además de otras especies cultivables.

## **4.2. Características de producción**

### **4.2.1. Clima**

Al ser cabecera de valle el clima es templado, las temperaturas máximas que alcanza en verano son 35°C y en invierno baja hasta -3°C. Contando una temperatura promedio anual de 14°C. La precipitación pluvial media anual es de 488 mm y la humedad relativa es de 58%.

### **4.2.2. Suelo**

El suelo del área de la estación experimental de Cota Cota presenta una textura franco arcilloso, es un suelo profundo poroso con alto contenido de materia orgánica.

## **2. 5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. Material de estudio**

- Semillas de Pimiento Morrón
- Inoculante N2

#### **5.1.2. Material de campo**

- Herramientas de campo
- Regadera
- almaciguera
- Balanza analítica

- Vernier
- Palas
- Carretillas
- Sustrato para almacigo

### **5.1.3. Material de escritorio**

- laptop
- Paquete estadístico
- Material de escritorio en general
- Cámara fotográfica
- Cuaderno de notas
- Tablero
- Hojas bond
- Bolígrafos, lápices y marcadores
- Literatura consultada
- Calculadora
- Impresora

## **5.2. Metodología**

La duración del experimento duro alrededor de 36 días desde el almacigado hasta emergencia etapa adecuada antes del trasplante, para la evaluación no se consideró el trasplante al lugar definitivo de la planta, pues en la evaluación de este experimento solo se consideró la germinación y la emergencia.

### **5.2.1. Preparación de almacigueras**

Las almacigueras fueron fabricadas de tablas de madera de media pulgada de espesor con marco de perfiles de metal con una altura 1m. Se forro la base y las paredes de la almaciguera con agrofilm para evitar el drenaje excesivo y se perforo el mismo para evitar el estancamiento de agua.

*Figura 2 Almacigueras De Madera Forrada Con Agrofilm*



### **5.2.2. Preparación y desinfección del sustrato**

El sustrato se preparó con suelo agrícola, arena y compost, con una relación de 3: 1: 1, respectivamente con el objetivo de formar un sustrato ideal con buen drenaje y retención de humedad.

Los componentes del sustrato se mezclaron en una carretilla con la ayuda de una pala, cuando se logra una mezcla homogénea de los componentes se procede al llenado de las almacigueras, hasta que lograr al menos 15 cm de altura desde la base de la almaciguera

El sustrato de cada almaciguera deberá ser desinfectado con una pistola de calor que alcanza temperaturas de hasta 120°C eliminando de esta manera cualquier patógena existente en el mismo.

*Figura 3 Suelo Agrícola*



*Figura 4 Arena para el sustrato*



*Figura 5 Compost para el sustrato*



### **5.2.3 Selección de semillas, variedades y desinfección**

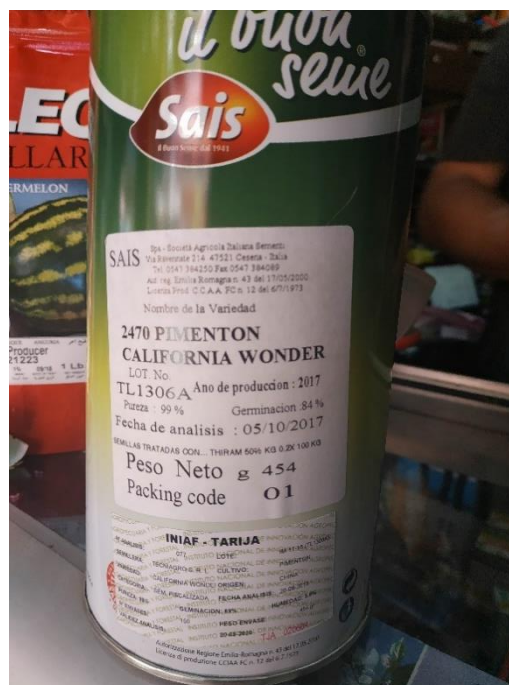
La variedad de pimiento morrón que se utilizó es la variedad “California Wonder”, puesto que es la variedad más utilizada por los productores y el experimento pretende ser aplicado por los mismos, pues se pretende disminuir el periodo de emergencia en las plántulas de pimiento morrón.

En primera instancia las semillas deberán lavarse con agua corriente, eliminando de esta manera los productos químicos de la certificación, luego lavar con agua destilada unas 10 veces, después sumergir las semillas en etanol al 70 % y dejar reposar por el lapso de algunos minutos y lavar con agua destilada, posteriormente agregar con hipoclorito de sodio de 2.25% y luego lavar 10 veces con agua destilada.

Figura 6 Fotografía frontal



Figura 7 Fotografía posterior envase de semillas



#### **5.2.4. Aplicación de Rhizobium**

Para este trabajo de investigación se utilizó inoculante de rhizobium N2 elaborado y envasado por el CIAT.

Se diferenciaron 4 tratamientos para cada tratamiento se pesó 5.5 g de semillas de pimiento morrón y se diluyó el rhizobium para 3 tratamientos para cada tratamiento diferentes concentraciones, se debe vaciar el contenido de la bolsa para posteriormente mezclarlo en agua limpia, distribuirlo uniformemente, dejar secar en la sombra y sembrar las semillas lo antes posible. A continuación se detallan los tratamientos y la concentración del inoculante N2.

Para el Tratamiento 0 no se utilizó inoculante N2

Para el Tratamiento 1 se utilizó 58 g de inoculante N2 en 58 ml de agua

Para el Tratamiento 2 se utilizó 58 g de inoculante N2 en 29 ml de agua

Para el Tratamiento 3 se utilizó 58 g de inoculante N2 en 19 ml de agua



Figura 8 Inoculante N2 fotografía frontal del producto



Figura 9 Inoculante N2 fotografía Posterior del producto



*Figura 10 Semillas para cada tratamiento*



*Figura 11 Pesado de Inoculante N2*



Figura 12 Inoculante N2 para cada



Figura 13 Agua para disolver el inoculante



Figura 14 Inoculación de las semillas.



Figura 15 Semillas inoculadas



### 5.2.5. Siembra

Teniendo la semilla desinfectada e inoculada procederemos a la siembra en los almacigueros de acuerdo al croquis del diseño experimental establecido, utilizando una densidad de siembra de 15 x 15 cm logrando de esta manera sembrar 15 semillas por hilera y 3 hileras por tratamiento.

Se debe tener especial cuidado para sembrar puesto que la semilla inoculada es difícil de manipular, esta acción debe realizarse con la ayuda de una minúscula vara de madera que facilita la siembra en cada hilera.

*Figura 16 Medición para tratamientos*



*Figura 17 Siembra Por tratamientos.*



### **5.2.6. Riego**

El riego de las almacigueras se realizó con frecuencia de tal manera, de que el sustrato permaneciera con la humedad adecuada, para la primera etapa de germinación, el suelo no debe mantenerse demasiado húmedo puesto que se corre el riesgo de que las semillas se pudran antes de germinar o emerger la frecuencia de riego en esta etapa fue de 2 a 3 veces por semana.

Para la segunda etapa después de la germinación y emergencia, de igual manera se debe tener especial cuidado con la humedad del suelo, ya que poca humedad favorece la marchitez de las plántulas y demasiada humedad genera estrés hídrico, estado que perjudica el desarrollo y crecimiento de las pequeñas plántulas. La frecuencia de riego en esta etapa fue de entre 3 y 4 veces por semana.

*Figura 18 Siembra Por tratamientos*



### **5.2.7. Desmalezado**

La limpieza del sustrato dentro de las almacigueras es una labor importante puesto que al ser un sustrato ideal el crecimiento de todo tipo de plantas es favorecido y perjudican el normal crecimiento y desarrollo de las plántulas de pimiento morrón.

El desmalezado en las almacigueras del pimiento morrón se realizó 2 veces vez por semana esto con el objetivo de eliminar plantas perjudiciales que perjudiquen el normal crecimiento. Este manejo se realizó de forma manual

### **5.2.8 Toma de datos**

Para la toma de datos se utilizó un cuaderno de notas y apuntes y se elaboraron tablas para facilitar la compilación de los mismos. Se debe estar pendiente del experimento, las observaciones fueron diarias después de la primera semana de

siembra posteriormente después de la germinación y emergencia, se tomaron los datos una vez por semana.

### **5.3. Análisis estadístico**

Para la evaluación de este trabajo se realizó un diseño completamente al azar (DCA), el factor de estudio será la concentración de inoculante N2 (Rhizobium), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones que se detallan a continuación.

El modelo lineal para un diseño completamente al azar viene dado por la siguiente ecuación lineal

$$Y = \mu + \alpha + \xi$$

Donde:

- $Y$  = una observación
- $\mu$  = media general
- $\alpha$  = efecto fijo del tipo de Rhizobium
- $\xi$  = Error experimental

### **Tratamientos**

- T0 Testigo estándar sin inoculante N2
- T1. Concentración - 58g de inoculante / 58ml de agua.
- T2. Concentración - 58g de inoculante/ 29ml agua.



- T3 Concentración - 58g de inoculante/ 14ml agua.

### 5.3.1. Croquis experimental

*Cuadro 2. Croquis experimental*

|       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
| T1 R1 | T2 R1 | T3R1  | T0 R1 |
| T0 R2 | T1 R2 | T2R2  | T3 R2 |
| T2 R3 | T3R3  | T1 R3 | T0 R3 |
| T0 R4 | T2 R4 | T3 R4 | T1 R4 |

### 5.3.2. Variables de respuesta

#### a) Porcentaje de emergencia

Se llama emergencia a la etapa fenológica que sucede a la germinación, etapa en la cual se observa la plántula sobre la superficie del suelo, esta variable es importante ya que permite evaluar el efecto y la incidencia del Rhizobium sobre la emergencia.

Se calcula con la relación del número de plántulas que han emergido y total de semillas sembradas, el resultado expresado en porcentaje.

#### b) Velocidad de crecimiento

Longitud que crecen las plántulas de pimiento morrón en un determinado periodo y se registró midiendo la longitud de las plántulas con una regla después de la emergencia una vez por semana durante 3 semanas.

### **c) Longitud de raíz**

Este dato se registró al finalizar el experimento después del día 36, se extrajo con mucho cuidado cada plántula con la finalidad de no dañar, ni romper las raíces de las, posteriormente se remojaron las raíces para quitar el exceso de suelo y de esa manera se pueda visibilizar con mayor claridad la longitud de la raíz.

Los datos se registraron con la ayuda de una regla, apoyando las raíces en una superficie plana que permita el alongamiento adecuado y sin dificultad de las raíces.

### **d) Volumen radicular**

Este variable se midió inmediatamente después de la variable anterior, llenando con agua una probeta donde se podía medir el volumen y sumergiendo las raíces y viendo el desplazamiento de agua dentro de la probeta, de acuerdo al principio de Arquímedes.

### **e) Diámetro de la raíz**

Al ser una especie dicotiledónea, el pimiento morrón posee raíces con un eje central principal, el cual se determinó con la ayuda de un vernier o calibrador.

### **f) Altura de planta**

La altura de planta se registró durante todo el periodo de crecimiento y desarrollo de la plántula hasta antes del trasplante, pero el dato que se utilizó para el análisis de varianza fue la altura final, que se registró el día 36.

### **g) Numero de hojas verdaderas**

Los datos de esta variable se registraron contando el número de hojas verdaderas de cada plántula al momento de terminar el experimento, para utilizar los datos posteriormente en un análisis estadístico que determine la correlación que existiera entre la aplicación de rhizobium y el número de hojas verdades en cada plántula

## h) Diámetro del tallo

Esta variable se registró con la ayuda de un vernier o calibrador al momento de finalizar el experimento. Midiendo el diámetro de cada plántula de cada muestra y de esta manera ver la eficiencia de la inoculación de rhizobium

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los objetivos planteados sobre el efecto de la inoculación de Rhizobium en semillas de pimiento morrón y la evaluación sobre la eficiencia de las mismas se obtuvieron los siguientes resultados.

### 6.1. Porcentaje de emergencia

El análisis de varianza realizado para el porcentaje de emergencia mostrado en el cuadro 2, indica que existe significancia y variabilidad entre los tratamientos, lo que prueba que la concentración de Rhizobium tiene efecto en el porcentaje de emergencia.

*Cuadro 3. Análisis De Varianza Para Porcentaje De Emergencia*

| Fuente de Variabilidad              | Grados de Libertad | Sumatoria de Cuadrados | Cuadrado Medio | P-Valué | Significancia |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------|----------------|---------|---------------|
| Niveles de Inoculación de Rhizobium | 3                  | 542.19                 | 10.73          | 0.0444  | *             |
| Error Experimental                  | 12                 | 593.75                 | 49.48          |         |               |
| Total                               | 15                 | 1135.94                |                |         |               |
| Coeficiente de Variabilidad         |                    | 12.44                  |                |         |               |

El coeficiente de variabilidad es de 12.44 % este valor indica que los datos del diseño experimental para la variable porcentaje de emergencia, son valores confiables e indican un buen manejo de las unidades experimentales.

*Cuadro 4. Comparación De Medias Del Porcentaje De Emergencia*

| Niveles de Inoculación Rhizobium | de de Media | Agrupación de medias |
|----------------------------------|-------------|----------------------|
| T3                               | 65.0        | A                    |
| T2                               | 57.5        | AB                   |
| T1                               | 55.0        | AB                   |
| T0                               | 48.75       | B                    |

En el cuadro 3 se observa la comparación de medias de cada tratamiento donde la aplicación del Rhizobium e inoculación en las semillas de pimiento morrón, tuvo un mejor efecto en el tratamiento T3, logrando un mejor promedio para el porcentaje de emergencia, logrando un promedio de 65 % para cada repetición.

Según refiere Delgado (2015), el abonado fosfórico puede llegar a influir en la germinación de algunas especies, además que se ha detectado la influencia del abonado fosfórico en la germinación en la población de algunas especies vegetales.

Estos son explicables, entre otras causas por la acción que ejercen las rizobacterias sobre la activación de procesos metabólicos que se llevan a cabo en las semillas, producto de la secreción de sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal tales como las giberelinas, las cuales son las encargadas de

activar la síntesis de enzimas hidrolíticas que ocurre en el endospermo, Torres (2003).

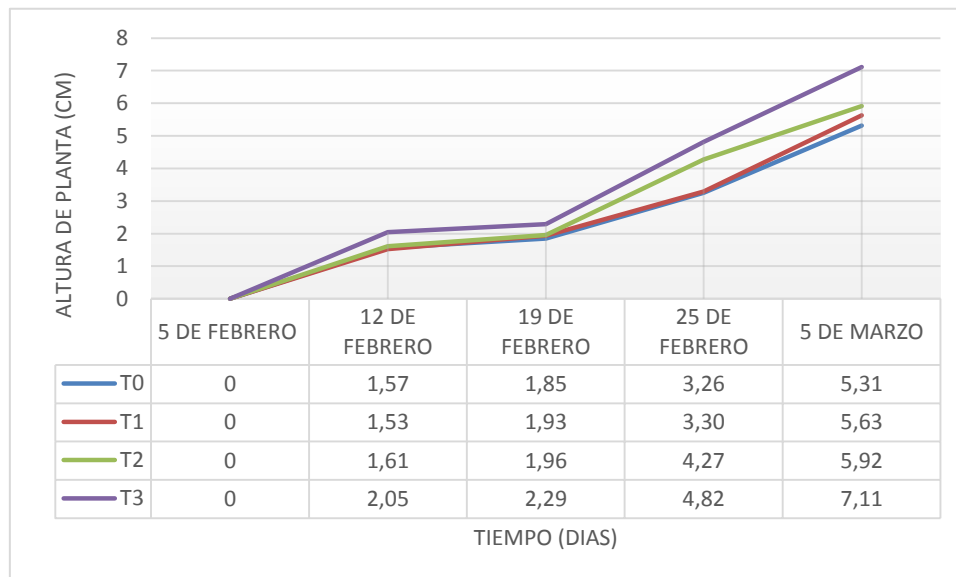
## 6.2. Velocidad de crecimiento.

El cuadro 4, muestra el promedio de altura de planta de cada tratamiento por fechas, en ese cuadro se ve reflejado que las plántulas que crecieron más rápido fueron aquellas que recibieron el tratamiento 3

*Cuadro 5. Promedio Altura De Planta*

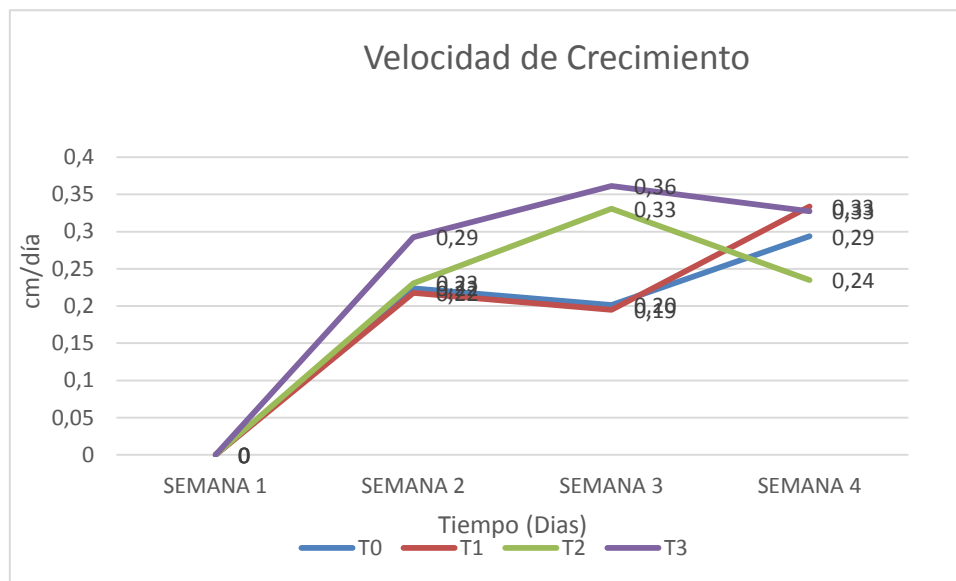
| FECHA         | T0   | T1   | T2   | T3   |
|---------------|------|------|------|------|
| 5 DE FEBRERO  | 0    | 0    | 0    | 0    |
| 13 DE FEBRERO | 1,57 | 1,53 | 1,61 | 2,05 |
| 12 DE FEBRERO | 1,82 | 1,73 | 1,81 | 2,21 |
| 20 DE FEBRERO | 3,26 | 3,69 | 3,90 | 4,82 |
| 26 DE FEBRERO | 5,48 | 5,83 | 5,47 | 6,86 |

*Cuadro 6. Altura De Planta*



Tras realizar en análisis estadístico correspondiente se puede observar que las semillas inoculadas con el tratamiento 3, crecieron y desarrollaron con mayor rapidez durante esta etapa fenológica. Logrando de esta manera una mayor altura de planta para el trasplante.

*Cuadro 7. Velocidad De Crecimiento*



El cuadro 6 muestra la velocidad de crecimiento promedio por día de cada semana, reflejando nuevamente que el tratamiento 3 acelero la velocidad de crecimiento de las semillas inoculadas con esta concentración de inoculante N2.

Se puede observar que en la semana 1, el total de las semillas inoculadas creció con una velocidad relativamente similar, situación que Pita y Pérez, (sin año), explican que una vez que la radícula ha roto las cubiertas seminales, se inicia el desarrollo de las plántulas, proceso complejo y variable según las especies, que implica un elevado gasto de energía que se obtiene de la movilización de las reservas nutritivas de las semillas

Lo que significa que en este periodo (semana 1) las plántulas utilizaron los nutrientes que almacenaban en las semillas a razón de esto el crecimiento fue más o menos uniforme.

### 6.3. Longitud de raíz.

El cuadro 5 muestra el análisis de varianza para la variable longitud de raíz y muestra significancia y variabilidad entre los tratamientos

*Cuadro 8. Análisis De Varianza Para Longitud De Raíz*

| Fuente de Variabilidad              | Grados de Libertad | Sumatoria de Cuadrados | Cuadrado Medio | P-Valuó | Significancia |
|-------------------------------------|--------------------|------------------------|----------------|---------|---------------|
| Niveles de Inoculación de Rhizobium | 3                  | 24.15                  | 8.05           | 0.0304  | *             |
| Error Experimental                  | 12                 | 23.07                  | 1.92           |         |               |
| Total                               | 15                 | 47.22                  |                |         |               |
| Coeficiente de Variabilidad         |                    | 13.75                  |                |         |               |

El coeficiente de variabilidad es de 13.75 % este dato indica que las unidades experimentales tuvieron un adecuado manejo y los resultados son razonables para la variable longitud de raíz debido a que se encuentra dentro de un rango aceptable cercano a 12%.

*Cuadro 9. Comparación De Medias Para Longitud De Raíz*

| Niveles de Inoculación Rhizobium | de Media | Agrupación de medias |
|----------------------------------|----------|----------------------|
| T3                               | 11.55    | A                    |
| T2                               | 11.05    | AB                   |
| T1                               | 9.00     | BC                   |
| T0                               | 8.75     | C                    |

En el cuadro 9, se muestran los promedios de las distintas etapas de aplicación del Rhizobium para la variable longitud de raíz, las cuales indican que el mejor tratamiento para esta variable es el T3, y no muestran diferencia estadística entre los tratamientos T2 y T1, resultando el T0 como el menos recomendable.

Santillana (2005), indica que las bacterias del género Rhizobium se caracterizan por su habilidad de facilitar directa o indirectamente el desarrollo de la raíz, la estimulación directa puede incluir la fijación de nitrógeno, la producción de hormonas y la producción de enzimas de sideróforos y Solubilización de fosfatos.

#### **6.4. Volumen radicular**

El análisis de varianza efectuado para la variable volumen radicular que se muestra en el cuadro 7, indica que no existe significancia entre los tratamientos, no hay variabilidad entre los tratamientos, lo que indica que para esta variable utilizar cualquier concentración o nivel de rhizobium no tendrá efecto en la variable de volumen radicular.



Cuadro 10. Análisis De Varianza Para Volumen Radicular

| Fuente de Variabilidad           | de Grados de Libertad | Sumatoria de Cuadrados | Cuadrado Medio | P-Valuó | Significancia |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|---------|---------------|
| Niveles de Inoculación Rhizobium | 3                     | 0.59                   | 0.20           | 0.1019  | NS            |
| Error Experimental               | 12                    | 0.91                   | 0.08           |         |               |
| Total                            | 15                    | 1.50                   |                |         |               |
| Coeficiente de Variabilidad      |                       | 9.88                   |                |         |               |

El coeficiente de variabilidad para este análisis es de 9.88% lo que indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, ya que se encuentra dentro del rango aceptable por debajo de 12%.

Al no existir variabilidad estadística ni significancia en los resultados no es necesario realizar pruebas de medias, que indican cual es el mejor tratamiento para la variable volumen radicular.

Con respecto al volumen radicular y el desarrollo de su biomasa tiene fuertes repercusiones en la capacidad que tienen las plantas para asimilar nutrientes del suelo, puesto que representa un mayor exploración por parte de las raíces, igualmente se ha demostrado que ciertas rizobacterias son capaces de sintetizar y mineralizar nutrientes que influyen de manera importante en el desarrollo de las raíces (Sánchez, 2011).

## 6.5. Diámetro de raíz

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro de raíz no muestra diferencia significativa entre los tratamientos, puesto los resultados no son significativos, lo que indica que para la variable diámetro de raíz no existe efecto de la aplicación de Rhizobium que influyan en el diámetro de la raíz de las plántulas.

*Cuadro 11. Análisis De Varianza Para Diámetro De Raíz*

| Fuente de Variabilidad              | de Grados de Libertad | Sumatoria de Cuadrados | Cuadrado Medio | P-Valú | Significancia |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|--------|---------------|
| Niveles de Inoculación de Rhizobium | 3                     | 0.34                   | 0.11           | 0.1192 | NS            |
| Error Experimental                  | 12                    | 0.56                   | 0.05           |        |               |
| Total                               | 15                    | 0.90                   |                |        |               |
| Coeficiente de Variabilidad         |                       | 14.02                  |                |        |               |

Al no existir variabilidad en los resultados no es necesario realizar las pruebas de comparación de medias.

## 6.6. Altura de planta

Para la variable altura de planta se realizó el análisis de varianza con la información colectada y los resultados se muestran a continuación en el cuadro 10, que muestra un comportamiento diferente a las dos variables analizadas con anterioridad

Para la variable altura de planta el resultado del análisis de varianza da como resultado altamente significativo, lo que muestra que la inoculación de Rhizobium en semillas de pimiento morrón tiene un efecto positivo en el crecimiento vegetativo y la altura de las plántulas de mencionada especie cultivar.

*Cuadro 12. Análisis De Varianza Para Altura De Planta.*

| Fuente de Variabilidad           | de Grados de Libertad | Sumatoria de Cuadrados | Cuadrado Medio | P-Valués | Significancia |
|----------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|----------|---------------|
| Niveles de Inoculación Rhizobium | 3                     | 5.99                   | 2.00           | 0.0042   | **            |
| Error Experimental               | 12                    | 3.17                   | 0.26           |          |               |
| Total                            | 15                    | 9.15                   |                |          |               |
| Coeficiente de Variabilidad      |                       | 8.11                   |                |          |               |

El coeficiente de variabilidad es de 8.11, lo que indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, lo que indica que los datos son confiables ya que se encuentran por debajo de 12%.

Cuadro 13. Comparación De Medias Para Altura De Planta

| Niveles de Inoculación de Rhizobium | Media | Agrupación de medias |
|-------------------------------------|-------|----------------------|
| T3                                  | 7.30  | A                    |
| T2                                  | 6.40  | B                    |
| T0                                  | 5.90  | B                    |
| T1                                  | 5.73  | B                    |

La prueba de comparación de medias (DUNCAN) para la variable altura de planta muestra que de todos los tratamientos aplicados al experimento el T3 es el que más influye en el crecimiento caulinar de las plántulas de pimiento morrón en esta etapa fenológica.

Santillana *et al* (2005), menciona que se demostró que las cepas de Rhizobium utilizadas en su estudio mejoraron el rendimiento de su cultivo, además que verificó que las cepas de Rhizobium mejoran la germinación y promueven el crecimiento de las semillas de tomate (*Lycopersicum sculentum*).

Santillana (2012), refiere que en su experimento el 89 % de las cepas Rhizobium estimularon el crecimiento de las plantas de la parte aérea. La acción promotora de crecimiento de las cepas de Rhizobium en las plantas es posiblemente a la habilidad

de los Rhizobium para producir hormonas como el ácido indol acético, ácido giberélico y citoquininas, sustancias reguladoras del crecimiento de las plantas.

### 6.7. Diámetro del tallo

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro del tallo detallado en el cuadro 12 muestra un resultado altamente significativo, lo que muestra que para esta variable la aplicación de Rhizobium tiene un efecto altamente significativo.

*Cuadro 14. Análisis De Varianza Para Diámetro Del Tallo*

| Fuente de Variabilidad              | de Grados de Libertad | Sumatoria de Cuadrados | Cuadrado Medio | P-Valú | Significancia |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|--------|---------------|
| Niveles de Inoculación de Rhizobium | 3                     | 2.25                   | 0.75           | 0.0049 | **            |
| Error Experimental                  | 12                    | 1.24                   | 0.10           |        |               |
| Total                               | 15                    | 3.49                   |                |        |               |
| Coeficiente de Variabilidad         |                       | 8.99                   |                |        |               |

El coeficiente de variabilidad en el análisis de varianza es de 8.99, lo que indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales y de esta manera haciendo confiables los datos obtenidos.

*Cuadro 15. Comparación De Medias Para Diámetro Del Tallo*

| Niveles de Inoculación Rhizobium | de de Media | Agrupación de medias |
|----------------------------------|-------------|----------------------|
| T3                               | 4.05        | A                    |
| T0                               | 3.65        | A                    |
| T2                               | 3.60        | A                    |
| T1                               | 3.00        | B                    |

Así mismo la prueba de comparación de medias para la variable diámetro de tallo muestra que el tratamiento más efectivo es el T3, por otro lado también muestra que no existe diferencia estadística entre los tratamientos T3, T0, T2.

## **7. CONCLUSIONES**

Una vez obtenidos los resultados y realizados los análisis estadísticos e interpretaciones se llegó a las siguientes conclusiones.

- Las semillas de pimienta morrón inoculadas con Rhizobium no mostraron algún efecto negativo en ninguno de los tratamientos durante la germinación, la emergencia y la etapa fenológica de crecimiento vegetativo antes de trasplante, así mismo se pudo observar que la aplicación de este inoculante afecta positivamente en variables cualitativas como ser el color de las plántulas, que presentan un color verde intenso y uniforme en toda y en todas las plántulas. Además se pudo observar la no presencia de plagas ni enfermedades en las plántulas durante el crecimiento y desarrollo en el almacigo, aspectos pragmáticos visualizados en campo.

- Tras la aplicación de del inoculante de Rhizobium en las semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum*), se puede ver un efecto positivo en algunas de las variables estudiadas, tales como porcentaje de emergencia, longitud de raíz, altura de planta, diámetro del tallo. Estos resultados muestran que la aplicación del inoculante es efectivo para acelerar el periodo de emergencia, gracias a que las bacterias del genero Rhizobium solubilizan el fósforo y esto influye en la germinación y emergencia de las plántulas de pimiento morrón.
- Después de realizar las pruebas y evaluar los resultados de cada tratamiento se puede evidenciar objetivamente que para incrementar la eficiencia de la inoculación y lograr aspectos positivos sobre nuestro almacigo, el tratamiento recomendó para lograr buenos resultados es el T3, con una concentración de 58g de inoculante/ 14ml agua, esta concentración logro resultados más óptimos.
- Realizado rodo el trabajo de investigación se determinó el siguiente detalle de gastos de acuerdo al siguiente cuadro.

## 8. RECOMENDACIONES.

En función a las conclusiones y los resultados obtenidos se recomienda que:

- Se recomienda utilizar alta concentración de inoculante de Rhizobium en semillas de pimiento morrón, puesto que el Rhizobium hace simbiosis con las especies de fabáceas y el pimiento morrón al no pertenecer a esta familia se requiere de mayores concentraciones para lograr beneficios en el almacigo.
- Debido a que el Rhizobium no actúa como una especie hospedante en las raíces de las plantas de las especies que nos son fabáceas, es recomendable utilizar el inoculante en el agua de riego para de esta manera aportar frecuentemente la población de rhizobium en el sustrato

- Al lograr resultados visuales cualitativos óptimos se recomienda también darle continuidad, trabajado con este producto en las siguientes fases fenológicas para evaluar el comportamiento agronómico del pimiento morrón hasta la etapa de la cosecha
- Efectuado el análisis económico se observa el costo de la aplicación de rhizobium en las semillas de pimiento morrón, no es significativo ni incrementa los costos de producción de manera representativa, por lo contrario los beneficios que conlleva la utilización de este inoculante son beneficiosos.



### 3. 9. BIBLIOGRAFIA

Acuña N. O. (S.A.). El Uso De Biofertilizantes En La Agricultura. Presentación En Pdf (Adobe Reader Touch). Laboratorio De Bioquímica De Procesos Orgánicos.

#### 4. **Arias, N. M. (2010). Los Microorganismos: Pequeños Gigantes.**

Asociación Vida Sana. (S.A.) Microorganismos Del Suelo Y Biofertilización. Crops For Better Soil” Life 10 Env Es 471. Apuntes En Pdf (Adobe Reader Touch). Consultado En Línea:

Badillo M. Y Almaraz Suárez J.J. (2015). Influencia De Rizobacterias En La Germinación Y Vigor De Semillas De Chile Jalapeño (*Capsicum annuum* L. ‘Var. Grande’). Artículo Científico. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Programa De Edafología. Colegio De Posgraduados. Mexico

Bernarda Cuadrado, G. R. (2009). Caracterización De Cepas De Rhizobium.

Cabrera, F. A. (Sin Año). *Producción De Hortalizas De*. Bogota, Colombia.

Cc-25-9 Negro. Artículo Científico. Universidad De Matanzas “Camilo Cienfuegos”. Delegación Provincial De La Agricultura En Matanzas. Matanzas, Cuba.

Cerruffo, L. I. (2011). Adaptación De Cinco Híbridos De Pimiento (*Capsicum annuum* L.) En La Zona De Catarama, Cantón Urdaneta Provincia De Los Ríos.

Fernández, M. T., & Rodríguez, H. (2005). El Papel De La Solubilización De Fósforo En Los Biofertilizantes Microbianos.

García, J. M.-F. (Sin Año). Germinación De Semillas.

García, S. C. (2011). Bacterias Simbióticas Fijadoras De Nitrógeno.

Grageda, O.A.; Diaz, A.; Peña J.J.; Vera, J. (2012). Impacto De Los Biofertilizantes En La Agricultura. Campo Experimental Bajío. Centro De Investigación Y De Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional. Guanajuato, México.

- Gutiérrez, R. T. (2003). Influencia De La Inoculación De Rizobacterias Sobre La Germinación De Semillas De Frijol Común (*Phaseolus Vulgaris* L.).
- Héctor Ii. Bojacá, Carlos R., & Monsalve, O. (2012). *Manual De Produccion De Pimnetón Bajo Invernadero* . Bogota, Colombia.
- Hernandez, E. M. (2014). Efecto Del Pre- Acondicionamiento De Semillas En El Crecimiento Y Desarrollo De Plántulas De Pimiento Morrón (*Capsicum Annuum* L.) Usando Soluciones Organicas.
- José De J. López-Alcocer, R. L.-I.-E.-M.-A.-P. (2017). Caracterización Morfológica Y Bioquímica De Cepas De *Rhizobium* Colectadas En Frijol Común Silvestre Y Domesticado.
- José De J. López-Alcocer, Rogelio Lépiz-Ildefonso, Diego R. González-Eguiarte, Ramón Rodríguez-Macias, Eduardo López-Alcocer Y Víctor Olalde-Portugal. (2017). Caracterización Morfológica Y Bioquímica De Cepas De *Rhizobium* Colectadas En Frijol Común Silvestre Y Domesticado. Guadalajara, México
- Liriano, R.; Núñez, D.; Barceló, R. (2012). Efecto De La Aplicación De *Rhizobium* Y Mycorriza En El Crecimiento Del Frijol (*Phaseolus vulgaris* L) Variedad
- López, D. B. (2011). *Efecto De La Inoculación Con Bacterias Promotoras De Crecimiento Vegetal Sobre El Cultivo De Tomate (*Solanum lycopersicum* Var. Sofía) Bajo Invernadero*. Bogota, Colombia.
- Lucía Constanza Corrales Ramírez, M. (2014). Solubilización De Fosfatos: Una Función Microbiana.
- Lucía Constanza Corrales Ramírez, M. (S.F.). Solubilización De Fosfatos: Una Función Microbiana.
- Mamani, J. P. (2016). *Evaluación Del Comportamiento Agronomico De Dos Variedades De Pimenton (*Capsicum annuum* L.) En Tres Densidades De Siembra Bajo Ambientes Atemperados En El E.S.F.M. "Warisata" - La Paz*. La Paz, Bolivia .

- Muñoz, D. B. (2017). *Bacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal*. Sevilla, España.
- Nery Santillana, C. A. (2005). Capacidad Del Rhizobium De Promover El Crecimiento En Plantas De Tomate (*Lycopersicum sculentum*).
- Nuncio Orta G.; Mendoza Villarreal R.; Robledo Torres V.; Vázquez
- Pino, M. T. (2018). *Pimientos Para La Industria De Alimentos E Ingredientes* . Santiago, Chile.
- Proinpa;Ita;Giz;University Hohenheim. Compiladores, Jäger, M.; Jiménez, A.; Amaya, K. (S.A.). Las Cadenas De Valor De Los Ajies Nativos De Bolivia. Proyecto “Rescate Y. Promoción De Ajies Nativos En Su Centro De Origen” Para Bolivia. Bioersity International. Bolivia.
- Rodriguez, D. (2010). Aplicación De Microorganismos Beneficiosos En Agricultura. Consejería De Innovación, Ciencia Y Empresa, Ifapa. Instituto De Investgacion Y Formación Agraria Y Pesquera. Andalucía, España.
- Sánchez, J. D. (2009). Evaluacion Del Desarrollo Fenologico Del Pimiento Morrón (*Capsicum annum L.*) En Diferentes Cubiertas Plásticas Para Invernadero.
- Santillana Nery, Z. D. (2012). Capacidad Promotora Del Crecimiento En Cebada (*Hordeum vulgare*) Y Potencial Antagónico De *Rhizobium Leguminosarum* Y *Rhizobium Etl.* *Scielo*.
- Santillana Nery, Zúñiga Doris, Arellano Consuelo. (2012). Capacidad Promotora Del Crecimiento En Cebada (*Hordeum vulgare*) Y Potencial Antagónico De *Rhizobium Leguminosarum* Y *Rhizobium Etl.* Montevideo, Uruguay.
- Sergio Calvo García. (2011). Bacterias Simbióticas Fijadoras De Nitrógeno. España, Salamanca

Sosa, Y. C. (2017). Efecto Del Lebame En La Germinación De Semillas De Tomate (Solanum lycopersicum).

Torres, F. (2015). Respuestas Del Pimiento Morrón (Capsicum Annum L.) A La Biofertilizacion, Fertilización Tradicional Y Acolchado Plástico En Condiciones De Casa Sombra. Tesis De Grado. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.

Universidad Nacional De Luján. Departamento De Tecnología. Producción Vegetal Iii (Horticultura).

Urbano, J. M. (2015). Influencia Del Fósforo En La Germinación De Las Malas Hierbas .

Vallespir, A. N. (S.F.). El Papel De La Solubilización De Fósforo En Los Biofertilizantes Microbianos.

Vega, I. F. (2016). Fisiología De La Reproduccion.

Velazquez, L. (2009). Evaluar La Produccion De Biomasa En Invernadero Con Azospirillum Sp. En Dos Variedades De Tomate (Lycopersicum sculentum Mill.). Tesis De Grado. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.

Vicente, J. (2015). Guia Rápida De Manejo De Infostat. Facultad De Agronomia Carrera De Ingenieria En Produccion Y Comercialización Agropecuaria. Viacha, El Alto, Bolivia.

Zuñagua, P. X. (2015). *Efecto De Tres Niveles De Humus De Lombriz En Tres Variedades De Pimiento (Capsicum annuum L.) Bajo Carpa Solar En El Centro Experimental De Cota Cota*. La Paz, Bolivia.

[www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/Catedras/oleo/apuntes/pimiento/ecofisiologia.pdf](http://www.agro.unc.edu.ar/~paginafacu/Catedras/oleo/apuntes/pimiento/ecofisiologia.pdf)

Centro de Investigaciones Agronómicas. Consultado en línea:  
[www.cep.unep.org/repcar/capacitacion-y-concienciacion/cenat/biofertilizantes.pdf](http://www.cep.unep.org/repcar/capacitacion-y-concienciacion/cenat/biofertilizantes.pdf)

[http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CROPS-FOR-BETTER-SOIL\\_formation-5.pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CROPS-FOR-BETTER-SOIL_formation-5.pdf)

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwik-53Xi->

[TXAhUBSt8KHbUpAKAQFgg3MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.hort.unlu.edu.ar%2Fsites%2Fwww.hort.unlu.edu.ar%2Ffiles%2Fsite%2FPimiento.pdf&usg=AOvVaw2TdYtRRCaJqnFAE6\\_ouTOT](TXAhUBSt8KHbUpAKAQFgg3MAM&url=http%3A%2F%2Fwww.hort.unlu.edu.ar%2Fsites%2Fwww.hort.unlu.edu.ar%2Ffiles%2Fsite%2FPimiento.pdf&usg=AOvVaw2TdYtRRCaJqnFAE6_ouTOT)