

Efecto de alternativas biológicas para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares en semillero y primera etapa del desarrollo del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) en el municipio de Toledo, Norte de Santander.

Brayan Armando Araque Flórez

1094283265

Carlos Sneyder Sandoval Becerra

1005060128

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería Agronómica

Pamplona

2019

Efecto de alternativas biológicas para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares en semillero y primera etapa del desarrollo del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) en el municipio de Toledo, Norte de Santander.

Brayan Armando Araque Flórez

1094283265

Carlos Sneyder Sandoval Becerra

1005060128

Trabajo de investigación profesional presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniero Agrónomo

Director

Ingeniero Agrónomo Leónides Castellanos González MSc. PhD.

Profesor Asociado Universidad de Pamplona.

Universidad de Pamplona

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería Agronómica

Pamplona

2019

## **Dedicatoria**

*Especialmente, a Dios por regalarnos la vida y salud para culminar una etapa más de nuestras vidas logrando alcanzar los objetivos trazados, así mismo por su infinito amor y bondad.*

*A mis padres Marina Flórez Chávez y Irel Alberto Araque Rojas, a mi hermana Leydy Araque, a mis tías Margarita Flórez, Libia Araque y Fany Araque; a mi abuela María Resurrección Chávez (Q.E.D), mis primas Carelis y Carolina por el apoyo incondicional y acompañamiento permanente, por sus consejos, los valores forjados desde casa y por la motivación constante, por el ejemplo de trabajo honrado para hacer de este sueño una realidad.*

**BRAYAN ARMANDO ARAQUE FLÓREZ**

*A mis padres Rosalba Becerra y Carlos Alfonso Sandoval Torres, a mi esposa Diana Milena Gómez Sánchez por estar en los momentos más difíciles de esta etapa de mi vida y no dejarme desfallecer, por sus consejos, por su apoyo económico y acompañamiento, a mis hijas Caroll Valentina Sandoval Gómez y María Gabriela Sandoval Gómez por ser mi aliento para luchar día tras día, a mis hermanos y abuela Griselda Torres por su apoyo incondicional desde el primer momento de mi vida y motivación constante para hacer de este sueño una realidad.*

**CARLOS SNEYDER SANDOVAL BECERRA**

## **Agradecimientos**

Nuestras más extensas gratitudes a todos los Docentes y trabajadores del programa de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Pamplona, en especial a nuestro amigo y tutor de tesis Dr. Leónides Castellanos González por su acompañamiento constante, dedicación, compromiso y conocimientos brindados en cada etapa de este trabajo de investigación y así mismo culminar nuestro proyecto.

A nuestros jurados de tesis por sus consejos, compromiso y dedicación, desde su experiencia permitiéndonos realizar este trabajo de investigación, para formarnos como Ingenieros Agrónomos, gracias a todas las personas que nos acompañaron y fueron participes en esta etapa de nuestras vidas y que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de nuestras metas.

Al Ingeniero Agrónomo Cristhian Jair Villamizar Valencia por acercarnos a la Asociación de Productores De Comunidades Unidas De Toledo (ASPROCOMUNT) especialmente a los productores José Jorge Villamizar Ramón y al señor Jairo Parada, por su compromiso y disponibilidad permitiéndonos desarrollar nuestro proyecto de investigación en sus fincas.

A nuestros compañeros y amigos que nos brindaron su cariño incondicional en cada etapa compartida, para lograr este sueño.



Pamplona, 1 de 2019

Señores:

**COMITÉ DE TRABAJO DE GRADO**

Departamento de Agronomía  
Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad De Pamplona

**Cordial Saludo**

Yo, Ingeniero Agrónomo **Leónides Castellanos González Msc. PhD.** Vinculado como docente tiempo completo ocasional del programa de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Pamplona me permite dar a conocer el apoyo como tutor académico de los estudiantes **Brayan Armando Araque Flórez con CC: 1094283265** y **Carlos Sneyder Sandoval Becerra con CC 1005060128**, en su trabajo de grado que lleva como título. **Efecto de alternativas biológicas en semillero y primera etapa del desarrollo del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) en el municipio de Toledo, Norte de Santander.** Permiso dar el aval para realizar la sustentación final del proyecto de investigación. Dicho trabajo es requisito para optar el título de Ingeniero Agrónomo.

Agradecemos su atención.

**Atentamente**

**Leónides Castellanos González Msc. PhD.**  
Docente, Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad de Pamplona.



## Tabla de contenido

Capítulo I .....	16
1.1 Planteamiento del problema .....	16
1.2 Justificación .....	17
1.3 Delimitación .....	18
1.4 Objetivos .....	19
1.4.1 Objetivo general .....	19
1.4.2 Objetivos específicos .....	19
Capitulo II .....	20
2. Marco de referencia .....	20
2.1 Antecedentes .....	20
2.2 Marco contextual .....	21
2.2.1 El Departamento Norte de Santander .....	21
2.2.1.1 La Provincia de Pamplona. ....	22
2.2.1.2 Municipio de Toledo.....	23
2.2.1.3 Sector agrícola .....	25
2.3 Marco teórico .....	25
2.3.1 Origen del lulo. ....	25
2.3.2 Botánica del lulo. ....	25

2.3.3 Taxonomía y variedades existentes. ....	26
2.3.4 Principales plagas y enfermedades del cultivo de lulo. ....	26
2.3.5 <i>Meloidogyne incognita</i> .....	27
2.3.5.1 Síntomas.....	27
2.3.6 Marchitez vascular .....	28
2.3.6.1 Síntomas.....	29
2.3.7 <i>Bacillus subtilis</i> .....	29
2.3.7.1 Enfermedades que controla.....	30
2.3.8 <i>Trichoderma harzianum</i> .....	31
2.3.8.1 Enfermedades que controla.....	31
2.4 Marco legal .....	31
2.4.1 Acuerdo No.186.....	31
Capitulo III.....	33
3. Metodología .....	33
Localización.....	33
Selección de los aislamientos antagonistas.....	33
3.2 Comparación de la eficiencia de los antagonistas <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> , micorrizas y materia orgánica para prevenir las enfermedades radiculares del lulo ( <i>Solanum quitoense</i> Lam) variedad castilla en condiciones de semillero en el municipio de Toledo Norte de Santander .....	34

Diseño experimental .....	34
Tratamientos .....	34
VARIABLES EVALUADAS .....	36
3.3. Comparación de la eficiencia de los antagonistas <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Trichoderma</i> <i>harzianum</i> , micorrizas y materia orgánica para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares del lulo ( <i>Solanum quitoense</i> Lam) variedad castilla en la etapa inicial del desarrollo de las plantas en campo en el municipio de Toledo Norte de Santander.....	
	40
Diseño experimental .....	40
Tratamientos .....	40
VARIABLES EVALUADAS .....	42

## Lista de tablas

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en semillero .....	35
Tabla 2. Dosis de cada uno de los tratamientos en semillero .....	35
Tabla 3. Diseño del experimento bloques completamente aleatorizado.....	36
Tabla 4. Descripción de los tratamientos en etapa inicial de desarrollo del cultivo .....	40
Tabla 5. Dosis de cada uno de los tratamientos en etapa inicial de desarrollo del cultivo .....	41
Tabla 6. Diseño del experimento bloques completos al azar (4 réplicas).....	41
Tabla 7. Resultado del análisis estadístico de la altura de la planta en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos .....	49
Tabla 8. Resultado del análisis estadístico del número de hojas en plantas de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.....	50
Tabla 9. Resultado del análisis estadístico del diámetro del tallo en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.....	51
Tabla 10. Resultado del análisis estadístico del volumen de raíces en plantas de lulo en etapa de semillero entre los diferentes tratamientos. ....	52
Tabla 11. Resultado del análisis estadístico de la Incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i> en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.....	54
Tabla 12. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de micorrización visual en plantas de lulo en etapa de semillero en el muestreo de la semana número 7 entre los diferentes tratamientos .....	54
Tabla 13. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de colonización total en plantas de lulo en etapa de semillero en el muestreo de la semana número 7 entre los diferentes tratamientos. .	55

Tabla 14. Resultado del análisis estadístico de la altura de la planta en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos. ....	56
Tabla 15. Resultado del análisis estadístico del diámetro del tallo de la planta en el cultivo de lulo en etapa inicial del desarrollo en diferentes muestreos quincenalmente entre los diferentes tratamientos. ....	57
Tabla 16. Resultado del análisis estadístico del número de hojas en el cultivo de lulo en etapa inicial del desarrollo en diferentes muestreos quincenalmente entre los diferentes tratamientos	58
Tabla 17. Resultado del análisis estadístico de la Incidencia de Fusarium oxysporum en el cultivo de lulo en la etapa inicial de desarrollo en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos. ....	60
Tabla 18. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de micorrización visual en plantas de lulo en etapa inicial del desarrollo en el muestreo de la semana número 13 después del transplante entre los diferentes tratamientos. ....	61
Tabla 19. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de colonización total en plantas de lulo en etapa inicial del desarrollo en el muestreo de la semana número 13 después del transplante entre los diferentes tratamientos .....	62

### **Lista de figuras**

Figura 1. Principales problemas fitosanitarios presentes en los productores de ASPROCOMUNT. ....	46
--	----

Figura 2. Principales controles para el manejo de problemas fitosanitarios en los productores de ASPROCOMUNT .....	47
Figura 3. Diagnóstico del uso de alternativas biológicas en los productores de ASOPROCOMUNT. ....	48
Figura 4. Incidencia del patógeno <i>Fusarium oxysporum</i> en plantas de lulo en etapa de semillero en los diferentes tratamientos.....	53
Figura 5. Incidencia del patógeno <i>Fusarium oxysporum</i> en plantas de lulo en etapa inicial de desarrollo en los diferentes tratamientos.....	59

## Resumen

En Colombia, el cultivo de lulo (*Solanum quitoense* L.) presenta un estatus fitosanitario extenso con un sin número de enfermedades que limitan su producción y ocasionan pérdidas económicas, como las causadas por *Fusarium oxysporum*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora infestans*, *Meloidogyne* spp., *Neoleucinodes elegantalis*. Norte de Santander aporta altas producciones de esta fruta, siendo uno de los frutales con mayor potencial en la región Andina, El objetivo del trabajo fue evaluar alternativas biológicas en semillero y primera etapa del desarrollo del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el municipio de Toledo, Norte de Santander. Tanto en semillero como en la primera etapa de desarrollo del cultivo, se utilizaron cinco tratamientos biológicos comparados con un testigo de la siguiente forma: *Trichoderma harzianum* + micorrizas + materia orgánica, *Trichoderma harzianum* + materia orgánica sin micorrizas, *Bacillus subtilis* + micorrizas + materia orgánica, *Bacillus subtilis* + materia orgánica sin micorrizas, materia orgánica + micorrizas y un testigo. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado en el semillero con 4 réplicas con 100 plantas como unidad experimental y en campo un diseño en bloque al azar con 4 parcelas de 10 plantas como unidad experimental donde se evaluaban tres. Se aplicaron dosis de *Trichoderma harzianum* 1g/planta, *Bacillus subtilis* 1g/planta, micorrizas 50g/planta y materia orgánica 10g/planta. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas, volumen de raíz, y porcentaje de micorrización visual y porcentaje de colonización total. Los productores de la asociación ASOPROCOMUNT informaron que los principales problemas fitosanitarios que presentan en lulo son la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* (73%), nemátodos (50%), la asociación de marchitez vascular y nematodos (20%); así mismo se evidenció que no realizan un manejo integrado del cultivo, desconociendo las alternativas biológicas y teniendo

como primera opción el control químico. Las plantas de lulo tanto en la etapa de semillero como en campo cuando fueron tratadas con *B. subtilis* + micorrizas + materia orgánica incrementaron su altura, por el contrario, *Trichoderma harzianum* + micorrizas + materia orgánica fue más influyente en la variable diámetro del tallo. Se presentó baja incidencia de marchitez vascular tanto en condiciones de semillero como de campo, sin embargo, se observó una tendencia a presentarse menor nivel de la enfermedad en los tratamientos donde participaba *Trichoderma* o las micorrizas, solas o mezclada con *Bacillus subtilis*.

## Introducción

El lulo (*Solanum quitoense* Lam) es un arbusto originario de la cordillera de los Andes, ampliamente cultivado desde Chile a México, siendo los principales productores Perú, Ecuador, Colombia, Panamá, Costa Rica y Honduras (Gobernación del Huila, 2006). Esta especie produce una fruta con alta demanda en los mercados nacionales e internacionales dadas sus características y propiedades nutricionales (ICA, 2011). En Colombia se cultivan las variedades: *S. quitoense quitoense* (sin espinas), *S. quitoense septentrional* (con espinas) y el híbrido La Selva obtenido a partir del cruzamiento del lulo de perro (*Solanum hirtum* Vahl) con el lulo de Castilla *Solanum quitoense* Lam (ICA Corpoica, 1999).

El área total establecida en Colombia en cultivos de lulo, reportada por la ENA para el año 2013, fue de 8.372 hectáreas, y de estas 3.889 hectáreas en etapa productiva con una producción de 34.635 toneladas de fruta. El mayor productor fue el departamento del Huila con 18.357 toneladas, seguido por los departamentos de Boyacá, Magdalena y Santander (DANE-ENA, 2014).

El lulo de castilla es afectado por hongos, bacterias, virus y nematodos (Gómez, 1997) Reportes en Ecuador sobre la marchitez causada por *Fusarium oxysporum*, afirman que el hongo reduce la vida útil de la planta en un 50% (Revelo y Sandoval, 2003) Algunos estudios señalan que el problema con este patógeno, es aún mayor ya que existe una interacción entre éste y *Meloidogyne incognita*, lo que generalmente incrementa la incidencia de la marchitez, al facilitar la penetración del hongo, causando pérdidas económicas a los agricultores (CORPOICA, 2002). Por tal motivo se hizo necesaria una investigación en cuanto a evaluar alternativas biológicas en campo que busquen la estimulación de la planta y la prevención de problemas fitosanitarios

radiculares en el cultivo de lulo en las etapas de semillero y en la etapa inicial del desarrollo de las plantas en campo.

## Capítulo I

### 1.1 Planteamiento del problema

El cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) genera ingresos semanales, factor que estabiliza la economía familiar. Es un frutal con mercados importantes en Colombia y Ecuador, y de interés para mercados internacionales. En Colombia es un factor esencial en la economía familiar campesina, constituye la principal fuente de ingresos para cerca de 12.000 familias en Colombia y otras 19.000 en Ecuador (Fontagro, 2006).

Los frutales como productos de alto valor, son considerados una alternativa para mejorar la calidad de vida de los agricultores y consumidores, tanto desde el punto de vista económico como nutricional. La producción mundial de frutas tropicales para el año 2008 fue estimada en 87.2 millones de toneladas (FAO, 2009). En el último decenio, las tasas de crecimiento medio de la producción de frutas, alcanzó un 5%. América Latina participa con 21% en la producción mundial de frutas (FAO, 2008).

Este cultivo es generador de empleo y desarrollo industrial para jugos y pulpas, pero es evidente el déficit en la oferta del producto. La atención del sector industrial está focalizada en el lulo “la Selva” único cultivar reconocido en el país, por otro lado, la producción nacional para mercado fresco está determinada por el lulo Castilla; este material tiene características organolépticas muy apetecidas, pero altamente variable en calidad, principalmente debido a la falta de tecnologías como variedades y a un manejo agronómico aceptable y sostenible.

En el departamento de Nariño, la asociación de *Meloydogine* sp. y *F. oxysporum* ha sido una gran limitante para la productividad de esta fruta, reportando incidencias cercanas al 79% y pérdidas del 50% (Gelpud et al., 2010), encareciendo considerablemente los costos de

producción y obligando a los productores a buscar nuevas alternativas para el manejo de estos patógenos.

Como afirma Tamayo et al. (2003), hasta el momento no se conocen métodos de control efectivos para las plantas afectadas en campo por *F. oxysporum*, por lo tanto, es necesario implementar biocontroladores en el cultivo de lulo, que permitan obtener soluciones duraderas a los problemas radiculares mencionado anteriormente, los cuales son la causa de baja productividad de la especie y del detrimento de los ingresos de los agricultores.

El empleo constante de agroquímicos en países tropicales como Colombia, para el control integral de plagas y enfermedades que ponen en riesgo la producción agrícola, ha generado diversos impactos sobre el ambiente (Restrepo, 2015).

Acorde a lo anterior, este proyecto de investigación buscó evaluar el efecto de alternativas biológicas en semillero y primera etapa del desarrollo del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) y así mismo la posible prevención de enfermedades contra patógenos radiculares como lo son (*Meloydogine* sp. y *F. oxysporum*) que constituyen una gran limitante para la productividad de esta fruta, encareciendo notablemente los costos de producción y generando un impacto ambiental con el uso continuo de agroquímicos.

## **1.2 Justificación**

El cultivo del lulo es considerado una de las actividades agrícolas más promisorias para el país en el contexto de la internacionalización de la economía (González y Osorio, 2008). Sin embargo, el rendimiento de éste es relativamente bajo debido a problemas del cultivo, particularmente por problemas fitosanitarios.

La mezcla de hongos antagonistas como *T. harzianum* y micorrizas arbusculo-vesiculares (MAV) ofrecen buenas posibilidades de antagonismos que solos o en mezcla pueden ser efectivos en el control biológico de fitopatógenos de la raíz en hortalizas (Datnoff et al., 1995)

Una alternativa para disminuir la contaminación por el uso de agroquímicos sintéticos en el manejo de enfermedades del suelo es el uso de antagonistas del género *Bacillus*, ya que son considerados los más eficaces por sus propiedades de inhibición de fitopatógenos del suelo (Hernández et al., 2010).

Múltiples cepas de la especie *B.subtilis* se han reportado como bioestimulantes y biocontroladoras, generando interacciones positivas con las plantas y mejorando la productividad del cultivo (Kumar et al., 2011).

En las condiciones edafoclimáticas del municipio de Toledo no se han realizado estudios de investigaciones relacionadas con el efecto de alternativas biológicas como cepas de micorrizas arbusculares (certificadas introducidas y/o nativas), usos de los antagonistas *T. harzianum* y *B. subtilis* para la bioestimulación del cultivo y posible reducción de los daños producidos por nematodos endoparásitos del género *Meloidogyne* sp. y la enfermedad radicular *Fusarium oxysporum*, los cuales ofrecen elementos importantes para el manejo de estos problemas sanitarios limitantes en la producción del cultivo de lulo.

### **1.3 Delimitación**

Con el presente trabajo se solventaron las deficiencias de investigación en cuanto alternativas biológicas para el manejo del cultivo de lulo que presentan los productores del municipio de Toledo especialmente a la asociación ASPROCOMUT (Asociación de Productores de Comunidades Unidas de Toledo), con el propósito de optimizar el desarrollo de alternativas biológicas en la prevención de enfermedades radiculares e incrementar la producción de este

importante producto para la región. Con esta investigación se obtuvieron varios alcances de tipo científico para lograr un mejor desarrollo del cultivo, proporcionando al productor las bases necesarias para un óptimo manejo de alternativas biológicas en las etapas de semillero y vegetativa del cultivo y, finalmente, docente, ya que se implementaron metodologías para la presentación de investigaciones técnico científicas.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar el efecto de alternativas biológicas para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares en semillero y primera etapa del desarrollo del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam) en el municipio de Toledo, Norte de Santander.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Diagnosticar la percepción de los agricultores sobre las principales enfermedades de lulo y las alternativas biológicas de manejo en la asociación ASOPROCOMUNT.
2. Comparar la eficiencia de los antagonistas *B. subtilis*, *T. harzianum*, micorrizas y materia orgánica para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares del lulo (*Solanum quitoense* Lam) variedad castilla en condiciones de semillero en el municipio de Toledo Norte de Santander.
3. Comparar la eficiencia de los antagonistas *B. subtilis*, *T. harzianum*, micorrizas y materia orgánica para para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares del lulo (*S. quitoense* Lam) variedad castilla en la etapa inicial del desarrollo de las plantas en campo en el municipio de Toledo Norte de Santander.

## Capítulo II

### 2. Marco de referencia

#### 2.1 Antecedentes

Estudios realizados en el Municipio de Dolores Hidalgo, Guanajuato, México sobre *Bacillus* spp. como biocontrol en un Suelo Infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su efecto en el desarrollo y rendimiento del Cultivo de Chile (*Capsicum annuum* L.) donde se obtuvo la aplicación de las bacterias incrementó la altura de la planta en un 20% y el rendimiento al final del cultivo en 270%. También, se redujo la incidencia en 80% y severidad de pudrición de raíz en 39% respecto al testigo (Guillen et al.,2006).

Un estudio realizado en la comunidad Pamar Chacrin de la parroquia San Bartolomé cantón Sigsig, Ecuador sobre la evaluación de dos especies de *Trichoderma* para el manejo de enfermedades fúngicas que afectan al cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) a nivel radicular, *Trichoderma* (*T. harzianum* (Rifai) y *T. koningii* (Qudem)), para el manejo de *Phythium* sp. y *Fusarium* sp. en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* Mill) a nivel radicular y en su desarrollo en condiciones de invernadero en los seis primeros meses del cultivo, utilizando tres dosis: una baja (El 25 % menos de la dosis recomendada), una media (20cm<sup>3</sup>/l, dosis comercial recomendada), una alta (25 % más de la dosis comercial recomendada) y una dosis extra (30% más de la dosis comercial recomendada). Los resultados mostraron a *Trichoderma harzianum* (Rifai) en dosis de 20 cm<sup>3</sup>/l ser la especie más eficiente para controlar a *Phythium* sp. y *Fusarium* sp. a nivel de semillero y vivero. También se observa diferencias estadísticas significativas de las especies de *Trichoderma* frente a los testigos en las variables peso seco de la planta y peso fresco de raíz (Ríos, 2016).

Un estudio en invernadero en Tunja, Colombia con plantas de lulo, se inocularon con Mycobiol® (combinación de *Glomus* sp., *Entrophospora colombiana* y *Acaulospora mellea*) y con *Scutellospora heterogama*, *Acaulospora mellea* y *Glomus* spp., individualmente. Sobre la mitad de las plantas micorrizas, se extendió una malla polisombra. A las plantas control no se les aplicaron micorrizas ni sombra. Tanto *Glomus* sp. como *S. heterogama* indujeron plantas 55% más altas que aquellas que no habían sido micorrizadas. Las plantas, en pleno sol tratadas con *S. heterogama*, Mycobiol, *Glomus* sp. y *A. mellea*, presentaron, respectivamente, 290%, 186%, 142% y 124,2% más área foliar que las plantas control. Se produjo una reducción de 37% en el peso específico de las hojas en plantas expuestas a la sombra, en relación con las plantas micorrizadas a plena exposición. Bajo sombra, las plantas disminuyeron 27% la acumulación de materia seca en relación con las plantas micorrizadas a libre exposición. Las plantas a pleno sol inoculadas con *S. heterogama* y con *Glomus* sp. produjeron 153% y 132% más materia seca que las plantas control. La inoculación con micorrizas compensó el efecto negativo de la sombra sobre el crecimiento de las plantas (Casierra et al., 2013).

## **2.2 Marco contextual**

### **2.2.1 El Departamento Norte de Santander**

El departamento Norte de Santander es un territorio heterogéneo formado por seis subregiones entre las cuales está la Provincia de Pamplona o región sur occidental con dos municipios Pamplona y Pamplonita, posee variedad de pisos térmicos y tipos de suelos además de una gran diversidad de accidentes geográficos- Está situado entre los 6°58' y 9°18' de latitud norte y los 72°03' y 73°35' de longitud occidental del meridiano Greenwich, se encuentra al nororiente del país y es atravesado por la cordillera oriental (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2006).

El departamento tiene una extensión de 22,130 km, que equivale al 1.91% del territorio nacional, se divide en 40 municipios y 108 corregimientos, distribuidas en seis subregiones que son: Norte; Tibú, Bucarasica, El Tarra y Sardinata; Oriental; Cúcuta, El Zulia, Los Patios, Puerto Santander, San Cayetano y Villa del Rosario; Occidental; Abrego, Cáchira, Convención, El Carmen, Hacarí, La Esperanza, La Playa, Ocaña, San Calixto y Teorema; Centro; Arboledas, Cucutilla, Gramalote, Lourdes, Salazar Santiago y Villacaro; Sur oriental; Bochálema, Chinácota, Durania, Herrán; Ragonvalia, Labateca y Toledo y Sur Occidental o provincia de Pamplona; Cécota, Chitagá, Mutíscua, Pamplona, Pamplonita y Silos, que representan el 2,4% de la superficie total del país y el 10,3% de la Región Andina (MADR, 2006).

La posición geográfica del departamento y la provincia está ligada a la relación de Colombia con Venezuela, en el intercambio comercial y la captación de recursos financieros entre estos dos países. Un papel destacadísimo ha desempeñado el Área Metropolitana de Cúcuta y los municipios de Herrán y Puerto Santander. Esta proximidad con Venezuela le permite desarrollar cultivos frutícolas con posibilidades de comercialización en este país

#### **2.1.1.1 La Provincia de Pamplona.**

Está situada en las coordenadas 72°39' de longitud al oeste de Greenwich y a 7°23' de latitud norte. Pamplona, limita al Norte con Pamplonita y Cucutilla, al sur con los municipios de Cécota y Mutiscua, al oriente con Labateca y al occidente con Cucutilla. Posee una extensión total de 318 Km<sup>2</sup>, una altitud de la cabecera municipal de 2.200 metros sobre el nivel del mar y temperatura media 16°C. Distancia de referencia: 75 kilómetros de San José de Cúcuta y 124 kilómetros de Bucaramanga.

La provincia de Pamplona la conforman los municipios de Chitagá, Cacota, Silos, Mutíscua, Pamplonita y Pamplona, siendo una región netamente agropecuaria y con predominio de lo rural sobre lo urbano, Norte de Santander aparece en el puesto 10 dentro de los departamentos que siembran lulo, con un área sembrada de aproximadamente 424 hectáreas, que posicionan al departamento Norte de Santander con una participación en el país del 4%, no solamente por área sembrada sino también por productividad por planta (Agronet, 2015).

### **2.1.1.2 Municipio de Toledo**

El municipio de Toledo Norte de Santander posee una superficie de 157.790,95 hectáreas que equivalen al 7.176% de la superficie total del Departamento. Dado que su localización geográfica corresponde al sector centro – nororiental del territorio colombiano, sobre el flanco/vertiente oriental de la cordillera Oriental, en las estribaciones de la Sierra Nevada del Cocuy, compartiendo la frontera con la República Bolivariana de Venezuela en un tramo de 72,16 kilómetros, el municipio presenta un relieve básicamente montañoso con una reducida parte del piedemonte llanero; conformando por el establecimiento múltiple de zonas de vida y aportando, con un sistema hidrológico abundante, grandes cantidades de agua a la cuenca del Orinoco. El municipio está conformado por 87 veredas y tres centros poblados; según El Esquema de Ordenamiento Territorial, aprobado mediante Acuerdo 021 del 19 de agosto de 2001: San Bernardo de Bata, Samoré y Gibraltar, está organizado en cuatro zonas administrativas de la siguiente manera:

Zona Administrativa 1: Comprende el área urbana, el Corregimiento Menor de La Loma y los corregimientos menores auxiliares de La Unión y Román estos últimos creados por Decreto 023 del 27 de Febrero de 2.000.

Zona Administrativa 2. Comprende El Corregimiento Especial de San Bernardo de Bata, los Corregimientos Menores de San Alberto y el Ceibal. Este último creado mediante decreto 039 del 27 de Junio de 1.997.

Zona Administrativa 3: Comprende El Corregimiento Especial de Samoré y el Corregimiento Menor de La Mesa. Zona Administrativa 4: Comprende El Corregimiento Especial de Gibraltar y el Corregimiento Menor del Margua.

El Municipio de Toledo, limita por el norte con los municipios de Chinácota, Herrán y la República de Venezuela; por el oriente, con Venezuela y el municipio de Herrán; por el sur, con el municipio de Cubará, Departamento de Boyacá, siendo el río Cobaría su límite natural; y por el occidente, con los municipios de Labateca, Chinácota, Pamplonita y Chitagá. La cabecera Municipal de Toledo dista de la Ciudad de Cúcuta 98 kilómetros.

Su territorio se enmarca desde los 350 m.s.n.m. en la zona sur o del Sarare en las riveras de los ríos Cubugón y Cobaría, en los límites con el departamento de Boyacá hasta los 3600 m.s.n.m en el Alto de Mejué, 3400 mts. En el Alto de la Piedra del Águila o 3200 en el Páramo de Santa Isabel, lo que en consecuencia le permite tener en su territorio una variada expresión de las zonas de vida; desde el bosque húmedo tropical en la parte sur del municipio hasta el bosque muy húmedo montano en la zona alta del parque Nacional Natural del Tamá en el norte del municipio. La cabecera municipal está a una altura promedio de 1626 m.s.n.m., tomada esta medida en el atrio del Templo Parroquial San Luís de Toledo, con una temperatura promedio de 19 grados centígrados. ((Plan de Desarrollo Territorial Municipio de Toledo)

### **2.1.1.3 Sector agrícola**

Las actividades del sector agropecuario, a pesar de sus bajos rendimientos en sistemas extensivos tradicionales, representa el eje dinamizador de la economía rural, teniendo como principales líneas la caficultura, ganadería bovina doble propósito, caña panelera, cítricos, plátano, lulo, Cacao y especies menores (Plan de Desarrollo Territorial Municipio de Toledo)

## **2.3 Marco teórico**

### **2.3.1 Origen del lulo.**

El lulo (*Solanum quitoense* var. *septentrionale*) es un frutal originario de la zona central de Colombia, Panamá y Costa Rica (Heiser, 1972), cultivado y consumido principalmente en Ecuador, Colombia y América Central (Medina et al., 2009). Su producción se da principalmente conforme a esquemas de economía campesina (Ríos et al., 2002).

Según (Lobo, 1991; Lobo y Medina, 1999), describen al lulo como una especie en proceso de domesticación, a pesar de tener más de 20 años de investigación a la fecha aún se encuentra en campos comerciales, materiales con características como estrecha adaptación ecológica, espinas en tallos y hojas, antocianina en diferentes órganos, frutos recubiertos por tricomas, latencia en las semillas y elevado número de semillas por baya, lo confirman (Lobo et al., 2007).

### **2.3.2 Botánica del lulo.**

El lulo es una planta herbácea, con tallos de color café a verde claro, tallo principal de 30 a 70 cm de largo y grosor de 2,0 a 6,0 cm. El punto de salida de las ramas secundarias se denomina mesa de formación y su aparición marca el inicio de la floración. Se generan 4 a 7 ramas secundarias, para tener plantas de 1,2 a 2,5 m de altura, Las hojas presentan tres estados de madurez: hojas basales grandes, coráceas y de color verde oscuro, las de la zona media de menor tamaño y de color verde claro, las apicales pequeñas de color lila, con muchas vellosidades,

todas dentadas una hoja pueden alcanzar 0,2 m<sup>2</sup> de área foliar. Hay materiales con mayor concentración de antocianinas presentando hojas verde-moradas. Las flores se agrupan en racimos de hasta 10 flores y su desarrollo es escalonado en el tiempo. La planta es andromóica, presentando flores hermafroditas en la parte proximal de las inflorescencias y masculinas en la porción distal (Miller y Digle, 2003). El cuajado de frutos inicia en el octavo a décimo mes y hay materiales que se pueden cosechar por más de 2 años. Los frutos son redondeados, achatados u ovalados, con diámetro entre 4,0 y 6,5 cm y con color amarillo a naranja en su cáscara y pulpa amarilla a verde, contiene gran número de semillas (400-1000) estas son fotoblásticamente positivas y exhiben fotolatenencia (Cárdenas et al., 2004). Una planta puede tener una producción de 2 kg por cosecha, generalmente maduran de uno a seis frutos por racimo.

### **2.3.3 Taxonomía y variedades existentes.**

La planta pertenece a la sección Lasiocarpa, clase que incluye diferentes especies tropicales (Bohs, 2004). El centro primario de diversidad genética del taxón comprende Colombia, Ecuador y Perú, encontrándose ampliamente cultivada entre los 1200 y 2300 msnm (Lobo y Medina, 2000; citado en: Lobo et al., 2007). *S. quitoense* presenta dos variedades botánicas, variedad quitoense, forma sin espinas encontrada en el sur de Colombia y Ecuador, y variedad septentrionale, forma con espinas encontrada en Colombia Central, Panamá y Costa Rica (Bedoya-Reina y Barrero, 2010).

### **2.3.4 Principales plagas y enfermedades del cultivo de lulo.**

Sufre de serias limitaciones de tipo fitosanitario. El nemátodo *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, que produce nódulos en la raíz reduce considerablemente la población del cultivar; el ataque del minador del fruto *Neoleusnodes elegantalis* (Guenée)

(Lepidoptera:Crambidae); la pudrición del fruto causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. y la pudrición algodonosa *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary; muerte de la planta causada por un patógeno que pertenece al género *Phytophthora* (Corpoica 2002; Tamayo, 2003).

### **2.3.5 *Meloidogyne incognita***

Es una especie de nematodos que constituyen una importante y abundante plaga en la mayoría de los cultivos. Estos atacan las raíces de las plantas, produciendo características agallas o nódulos; por lo que son considerados como parásitos internos de las raíces de cientos de especies vegetales, incluyendo muchas plantas de importancia agrícola. Los huevos son depositados dentro de una matriz gelatinosa en una masa que puede tener cientos de unidades. Los estados juveniles miden de 346 a 463  $\mu\text{m}$ . Los machos son vermiformes, con una longitud entre 1,2 y 2,0 mm. No son necesarios para la reproducción. La hembra es de color blanco, tiene forma de pera, con la parte posterior globosa y una longitud entre 510 y 690  $\mu\text{m}$  (Martínez et al., 2006).

#### **2.3.5.1 Síntomas**

Las plantas infestadas muestran un desarrollo aberrado del sistema radical caracterizado por la formación de agallas. Las agallas pueden medir desde 1 o 2 milímetros de diámetro en las raíces pequeñas y hasta 1 cm o más en las raíces grandes. Las raíces altamente infestadas son mucho más cortas que las sanas, tienen menos raíces laterales y pelos radicales. (Taylor et al., 1983). En cuanto al sistema aéreo, los síntomas de una planta infestada por *Meloidogyne* son similares a los que presenta una planta con otro tipo de daño en las raíces. Estos pueden ser: inhibición de la brotación, disminución del crecimiento y deficiencias nutricionales que se manifiestan como clorosis del follaje, ya que los nematodos interfieren la producción y translocación de sustancias provenientes de las raíces, como las hormonas giberelinas y citoquininas, y también de

substancias que regulan la fotosíntesis. Otro síntoma característico es la aparición de marchitez temporal a pesar de haber humedad adecuada en el suelo, debido al menor tamaño del sistema radical y a que los elementos vasculares en los nódulos se rompen y se deforman, interrumpiendo mecánicamente el flujo normal de agua y nutrientes. Como resultado, aparecen síntomas de deficiencia, los cuales conllevan a la disminución de los rendimientos, en dependencia de la severidad de la infestación del suelo (Mella, 2004).

### **2.3.6 Marchitez vascular**

Es una enfermedad causada por especies del género *Fusarium* consisten en marchitamientos vasculares, manchas y añublos de las hojas, pudrición de raíces y de tallos, pudrición de frutos, granos y semillas (Nelson, 1990). En el género *Fusarium* se han reconocido entre nueve y 78 especies, dependiendo del sistema taxonómico utilizado, el cual se basa principalmente en las características culturales de las colonias y de las esporas del hongo. La clasificación taxonómica del género es bastante controvertida según diversos taxónomos. Snyder y Hansen y Messian y Cassini reconocen nueve especies, Gordon considera 26 especies, Booth 44 especies, Wollenweber y Reinking 65 especies y Gerlach reconoce 78 especies (Nelson; 1990). Esto muestra la complejidad taxonómica del género *Fusarium*; por tal razón, la identificación de las especies debe ser hecha por expertos para evitar errores.

En lo referente al hongo *Fusarium oxysporum*, Smith (1992) afirma que es un saprofito abundante y activo del suelo que causa pérdidas en plantas pertenecientes a todas las familias importantes de angiospermas a excepción de las Gramíneas en regiones templadas o tropicales. Este patógeno invade el xilema de las raíces y tallos, y produce una enfermedad que interfiere fundamentalmente sobre el flujo ascendente del agua a través del xilema. Es evidente que las alteraciones vasculares en los marchitamientos se deben a más de un factor. Aun cuando el

patógeno sea la única causa de la enfermedad, algunos de los factores responsables del síndrome de ésta provienen directamente del patógeno, mientras que otros los origina el hospedero en respuesta al patógeno (Agrios, 1988).

#### **2.3.6.1 Síntomas**

El hongo causante inicia la infección en el sistema radical, penetrando por las lesiones causadas por las herramientas o los nematodos. Si se hace un corte transversal en el cuello de la raíz y el tallo, se observa una coloración rosada o morada oscura en los haces vasculares; este síntoma se manifiesta igualmente en raíces, ramas superiores y pecíolos de las hojas. Las plantas muestran flacidez y clorosis ascendentes en la medida en que el hongo *Fusarium oxysporum* invade los tejidos vasculares, hasta llegar a su muerte.

El patógeno parece afectar las plantas más débiles. Cuando el patógeno invade totalmente los vasos conductores o sistema vascular de la planta causa marchitez generalizada y posteriormente su muerte. Gómez, L (1997) en las hojas presentan amarillamiento y/o marchitez, en las ramas causa la muerte de las mismas en el tallo al interior de estos se presentan inicialmente áreas de color café y cuando este se corta transversalmente se observa una coloración negra en el sistema vascular en forma de anillo, situación que también se observa en los pecíolos (Tamayo et al., 2003)

#### **2.3.7 *Bacillus subtilis***

Es una bacteria Gram positiva, produce endospora las que son termorresistentes y también resiste factores físicos perjudiciales como la desecación la radiación los ácidos y los desinfectantes químicos, produce enzimas hidrofílicas extracelulares que descomponen polisacáridos, ácidos nucleicos permitiendo que el organismo emplee estos productos como fuente de carbono y electrones, producen antibióticos como la bacitricina, polimixina, gramicidina y circulina,

fermentan la caseína y el almidón, vive dentro de los límites de 55 a 70°C (González y Fragozo, 2002)

### **2.3.7.1 Enfermedades que controla**

Es un gran controlador biológico, *Bacillus subtilis* promueve el desarrollo de las plantas y previene las enfermedades del suelo causadas por *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* spp., *Verticillium* spp., *Sclerotinia sclerotiorum*, *Phytophthora capsici*, *Pythium* spp, y el nematodo nodulador de raíces (*Meloidogyne* spp.) y *Rhizoctonia solani*, agente causal de la enfermedad denominada “mal del tallito” (Calderón et al., 2002).

Según Gonzales y Fragozo (2002), señalan que la bacteria *Bacillus subtilis* no es potencialmente patógena, no produce endotoxinas y secreta proteínas al medio, algunas de ellas con propiedades antifúngicas, como la subtilinas y otros antibióticos de la familia iturinas. La subtilina secretada por *Bacillus subtilis* actúa sobre la pared celular de los hongos. Se ha demostrado que induce resistencia sistemática natural de la planta contra el patógeno bacteriano y fungoso propiedad llamada resistencia sistemática Adquirida SAR

Se utiliza industrialmente como bioinsecticida y biofungicida. *B. subtilis* se ha utilizado para el control biológico de *Phytophthora infestans*, *Phytophthora sojae* y *P. capsici* en suelos infestados por el patógeno en cultivos de frijol y tomate. (Filippov y Kuznetzova ,1994).

Investigaciones recientes muestran que *Bacillus subtilis*, no solamente inhibe al patógeno, sino que, además, promueve el crecimiento de la raíz y la planta, e incrementan el contenido de lípidos, triglicéridos y esterol en las hojas del tomate (Nemec et al., 1998). Del mismo modo se ha utilizado en el tratamiento de semillas de cereales, algodón y maíz. En general *B. subtilis* es utilizado como un organismo antagonista en aplicaciones agronómicas.

### **2.3.8 *Trichoderma harzianum***

Fue caracterizado en las claves de Rifai en 1969. Es un hongo que se encuentra principalmente en el suelo, granos de interés agrícola, papel y textiles. Importante por su papel como controlador biológico frente a microorganismos fitopatógenos, promotor de crecimiento e inductor de defensa vegetal. Las colonias de esta especie, en una temperatura de 20-25°C, pueden alcanzar un diámetro mayor de 9 cm en 5 días. Inicialmente su crecimiento micelial es color blanco y de textura algodonosa y luego se van tornando a blanco-verdosas hasta llegar a un verde total con una textura aterciopelada levemente correosa. En algunas ocasiones se pueden observar estructuras de resistencia pequeñas, blanquecinas, algodonosas. (Samson et al., 2004; Sharna et al., 2009)

#### **2.3.8.1 Enfermedades que controla**

Según Chet (1987), el género *Trichoderma* fue reconocido como un antagonista al comprobar su acción como micoparásito, competir por espacio, nutrientes y producir antibióticos. En la actualidad varios autores mediante investigaciones realizadas comprobaron la efectividad del agente biocontrolador *Trichoderma* spp. contra enfermedades del suelo causadas por hongos fitopatógenos a diferentes cultivos, entre los que se encuentran *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium* spp., *Fusarium* spp. *Colletotrichum* spp., *Phytophthora* y *Phytium* spp. (González, 1996)

## **2.4 Marco legal**

El proyecto se regirá por la normatividad establecida por la Universidad de Pamplona la cual reglamenta las modalidades de trabajo de grado, en este caso se toma en cuenta las normas para investigación.

### **2.4.1 Acuerdo No.186**

Capítulo VI. Trabajo de grado.

*Artículo 35.-* Definición de Trabajo de Grado: En el Plan de Estudios de los programas, la Universidad establece como requisito para la obtención del título profesional, la realización por parte del estudiante, de un trabajo especial que se denomina “TRABAJO DE GRADO”, por medio del cual se consolida en el estudiante su formación integral, que le permite:

Diagnosticar problemas y necesidades, utilizando los conocimientos adquiridos en la Universidad.

Acopiar y analizar la información para plantear soluciones a problemas y necesidades específicas.

Desarrollar planes y ejecutar proyectos, que le permitan demostrar su capacidad en la toma de decisiones.

Formular y evaluar proyectos.

Aplicar el Método Científico a todos los procesos de estudio y decisión.

*Artículo 36.-* Modalidades de Trabajo de Grado: El Trabajo de Grado, puede desarrollarse en:

Investigación: Comprende diseños y ejecución de proyectos que busquen aportar soluciones nuevas a problemas teóricos o prácticos, adecuar y apropiar tecnologías y validar conocimientos producidos en otros contextos. Para los estudiantes que se acojan a esta modalidad, deberá presentar al Director de Departamento el anteproyecto que debe contener: propuesta para la participación en una línea de investigación reconocida por la Universidad, tutor responsable del Trabajo de Grado y cronograma, previo estudio y aprobación de la misma, del respectivo Grupo de Investigación. (Acuerdo No.186 del 02 de diciembre de 2005).

## Capítulo III

### 3. Metodología

#### Localización

Se desarrolló una investigación experimental en el municipio de Toledo Norte de Santander en el corregimiento de San Bernardo de Bata en dos fincas, la primera que corresponde al ensayo en semillero denominada La valvula, ubicada en la vereda Santa Ines con coordenadas N 7,15685 y W -72,39224 a una altura 1648 m.s.n.m y la segunda corresponde al ensayo en campo para la etapa vegetativa denominada El Rey ubicada en la vereda Alto del Oro con Coordenadas N 7,18288 y W -7242210 a una altura de 1725 m.s.n.m.

#### Selección de los aislamientos antagonistas

Como antagonistas, se utilizaron aislamientos comerciales de *Trichoderma harzianum* en concentración de  $1 \times 10^8$  UFC por gramo de producto, *Bacillus subtilis* en concentración de  $2 \times 10^9$  UFC por gramo de producto.

Se utilizaron aislamientos comerciales de micorrizas en un producto comercial con base en micorrizas arbusculares de los géneros *Glomus fasciculatum*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus mosseae*, *Glomus manihotis*, *Acaulospora rugosa* y *Entrophospora colombiana* en concentración de 300 esporas por gramo de producto. Además, se utilizó materia orgánica descompuesta ABIMGRA.

#### **3.1 Diagnosticar la percepción de los agricultores sobre las principales enfermedades de lulo y las alternativas biológicas de manejo en la asociación ASOPROCOMUNT.**

Mediante una encuesta a 15 productores de la asociación ASOPROCOMUNT (Asociación de Productores De Comunidades Unidas De Toledo) se le realizó un diagnóstico inicial sobre la identificación de los principales patógenos presentes en sus cultivos, sus principales manejos

para combatirlos e identificar cuáles son sus conocimientos acerca de alternativas biológicas en bioestimulación y prevención de problemas sanitarios (Ver Anexo 1).

Las respuestas se tabularon en Microsoft Excel y se determinaron los porcentajes, conformándose tablas gráficos complementados con un análisis descriptivo.

### **3.2 Comparación de la eficiencia de los antagonistas *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, micorrizas y materia orgánica para para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares del lulo (*Solanum quitoense* Lam) variedad castilla en condiciones de semillero en el municipio de Toledo Norte de Santander**

#### **Diseño experimental**

El experimento se realizó bajo un diseño completamente aleatorizado con seis tratamientos incluyendo un testigo y cuatro repeticiones con formadas por bandejas de 25 plantas de lulo variedad castilla como unidad experimental para un total de 100 plantas por tratamiento (Ver Anexo 2). La aplicación de los tratamientos se realizó en el momento de la siembra, en cada vaso con una aplicación del producto con dosis de correspondiente en cada uno de los tratamientos (Ver Anexo 3).

#### **Tratamientos**

En el diseño experimental se trabajaron con los antagonistas *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* y micorrizas vesículo arbuscular.

La aplicación de los tratamientos se realizó de la siguiente manera: la aplicación de las micorrizas se realizó en el momento de la siembra con la materia orgánica y los antagonistas *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* comerciales. Después cada quince días se aplicaron los antagonistas comerciales en dosis de 4 g/ litro en cada tratamiento.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en semillero

Tratamiento	Descripción
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Micorrizas.
T2	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.
T3	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Micorrizas.
T4	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.
T5	Materia orgánica + Micorriza.
T	Testigo.

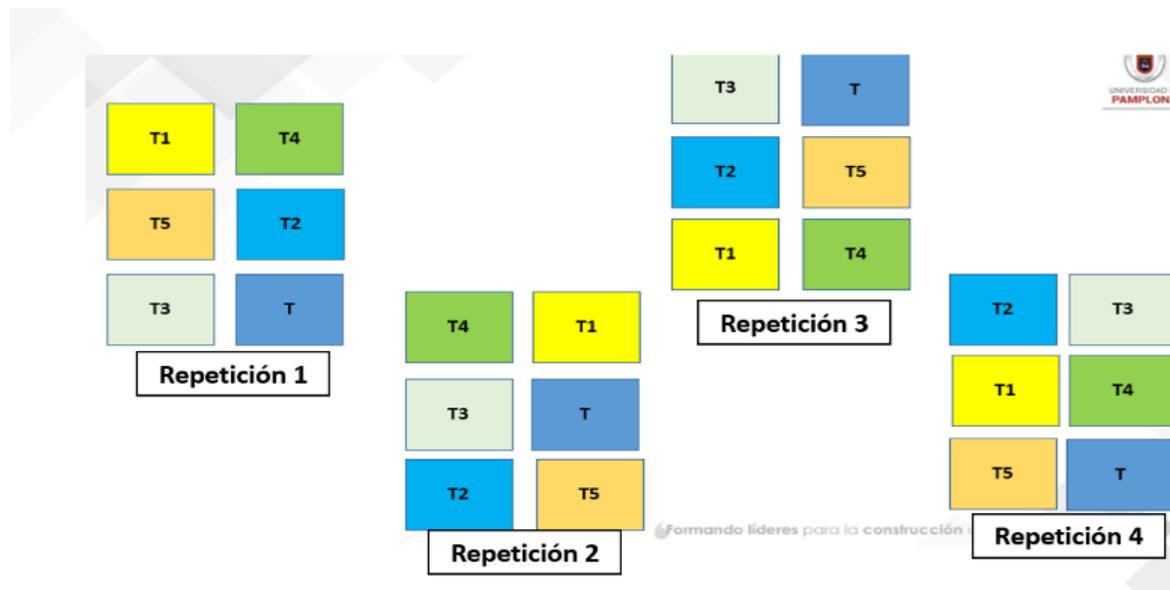
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Dosis de cada uno de los tratamientos en semillero

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Micorrizas.	1g +50g +10g /planta
T2	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.	1g+50g/planta
T3	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Micorrizas.	1g+50g+10g /planta
T4	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.	1g+10 g/planta

T5	Materia orgánica + Micorriza.	50g +10g/planta.
T	Testigo	.....

Tabla 3. Diseño del experimento completamente aleatorizado.



Fuente: Elaboración propia

### VARIABLES EVALUADAS

Se evaluaron las siguientes variables con una frecuencia de recolección de datos de ocho días.

#### Altura de la planta

Se determinaron en las dieciocho plantas seleccionadas al azar en cada una de los vasos, midiendo desde la base del sustrato, hasta el ápice de la última hoja.

#### Numero de hojas

Se desarrolló el conteo de las hojas en las dieciocho plantas seleccionadas al azar en cada una de los vasos, después de la emisión de las dos hojas verdaderas.

### **Diámetro de tallo**

Se midió en las 12 plantas marcadas en cada una de los tratamientos, midiendo al centímetro de la base del suelo mediante la utilización de un calibrador digital.

### **Volumen de la raíz**

Por el método de diferencia de volúmenes (Anexo 4), utilizando una probeta de 100 mililitros con una determinada cantidad de líquido se introdujo la planta con raíz hasta el cuello de misma al recipiente con el líquido utilizando la siguiente formula.

$$\text{Volumen raíz } V_r = (\text{Volumen Final} - \text{Volumen Inicial})$$

### **Incidencia de enfermedades radiculares**

Para evaluar la incidencia de la Marchitez vascular se utilizó la formula de Ogawa (1986) expresada en porcentaje de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Incidencia (I)} = (\text{N}^\circ \text{ de Individuos infectados} / \text{Total de individuos}) * 100$$

### **Cuantificación del nivel colonización de las raíces de lulo por hongos formadores de micorrizas arbusculares en los diferentes tratamientos**

#### **Aclarado y tinción de raíces**

Con el fin de facilitar la cuantificación de raíces colonizadas por los hongos HMA, se realizó el aclarado y tinción de raíces usando la metodología de tinción con azul de Tripano, propuesta por Phillips & Hayman (1970) con algunas modificaciones (Anexo 5). El procedimiento fue el siguiente:

- a. Se tomaron las raíces adventicias de una planta por tratamiento, colocándolas individualmente en bolsas pequeñas cada una;
- b. Se lavaron las raíces adventicias con abundante agua corriente para eliminar restos de suelo, y se sumergieron en solución de KOH al 10%, y se dejó en baño de María (90°C) durante 15 minutos;
- c. Seguidamente se lavaron con agua corriente, utilizando un colador para evitar pérdidas en el enjuague, se añadió KOH al 10% y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 10%, mezclados en proporción 1:1 (V/V), dejándolos durante 10 minutos en baño María (90°C);
- d. Se lavaron con agua corriente, se añadiendo la solución de HCL 1N, se dejó en baño María durante 10 minutos, y se lavaron nuevamente con agua.
- e. La tinción se realizó con solución de Azul de Tripano 0.05% en ácido acético-glicerol-agua (1:1:1), colocando las raíces al baño de María durante 10 minutos. Posteriormente, se retiró el colorante, se añadió la solución de ácido láctico-glicerol-agua, dejando las raíces en reposo para eliminar el exceso de colorante y por último se montaron en porta y cubreobjetos para observarlas al microscopio con gotas de la misma solución.

Después de realizada la tinción de las raíces, se siguió la metodología de intersección de campos en placa por Phillips & Hayman (1970), con algunas modificaciones. Consistió en colocar cinco fragmentos por planta de 1 cm de longitud cada uno en portaobjetos, de tal forma que los segmentos quedaran paralelos, se añadió lactoglicerol, se colocó el cubreobjetos y se observó en el objetivo a 10X con microscopio marca Zeiss Primo Star (Anexo 6).

La observación comienza por el extremo de la primera raíz, en este campo visual se indicó la presencia o no de colonización por HMA. Se pasó al siguiente campo en forma vertical y

nuevamente se indica si existe o no colonización. Se continua hasta recorrer 10 campos por raíz y 50 campos por planta, repitiendo el proceso en un total de dos plantas por tratamiento.

### **Porcentaje de colonización total**

Para el cálculo del porcentaje de colonización de los HMA por campos de observación microscópica se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de colonización total por HMA} = (C/T) \times 100$$

Donde:

C: número de campos colonizados por cualquier estructura de HMA

T: número total de campos observados

### **Porcentaje de micorrización visual**

Con el fin de especificar el porcentaje de micorrización por hifas, arbuscúlos y/o vesículas, se estimó visualmente el porcentaje estas estructuras en el campo de observación microscópica, tomando como 100% el tejido observado en 10x (Giovannetti & Mosse, 1980). El porcentaje de cada una de estas estructuras es el promedio de 50 campos observados por planta. Para el cálculo de este porcentaje de micorrización visual por HMA se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de micorrización visual por HMA} = \% \text{ HIFAS} + \% \text{ VESÍCULAS} + \% \text{ ARBÚSCULOS}$$

### **Análisis estadísticos de datos**

Los datos obtenidos se procesaron por medio de un análisis de varianza para cada ensayo, previa comprobación del supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Las medias se compararon por el test de Tukey ( $P < 0,05$ ). Se empleó el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 21 para Windows (IBM, 2012).

**3.3. Comparación de la eficiencia de los antagonistas *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, micorrizas y materia orgánica para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares del lulo (*Solanum quitoense* Lam) variedad castilla en la etapa inicial del desarrollo de las plantas en campo en el municipio de Toledo Norte de Santander**

**Diseño experimental**

El experimento se realizó bajo un diseño en bloques completos al azar, con seis tratamientos incluyendo un testigo y cuatro repeticiones para un total de 24 parcelas, cada parcela contó con 10 plantas para un total de 40 plantas por tratamiento cada parcela tendrá un área de 75 m<sup>2</sup> para un total de área de 1800 metros cuadrados.

**Tratamientos**

Las aplicaciones se realizaron al momento de la siembra en cada uno de los tratamientos en forma dirigida al volumen de las raíces (200 cm<sup>3</sup>) en dosis 4 g/l de agua con antagonistas comerciales, las micorrizas y la materia orgánica.

La frecuencia de aplicación de los antagonistas se realizó cada 15 días en drench con una dosis de 4 g/l en un volumen de 200 cm<sup>3</sup> por planta.

Tabla 4. Descripción de los tratamientos en etapa inicial de desarrollo del cultivo.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Micorrizas.
T2	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.
T3	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Micorrizas.
T4	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.

T5	Materia orgánica + Micorriza.
T	Testigo.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Dosis de cada uno de los tratamientos en etapa inicial de desarrollo del cultivo

Tratamiento	Descripción	Dosis
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Micorrizas.	4g+ 200g+100g /planta.
T2	<i>Trichoderma harzianum</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.	4g+200g/planta.
T3	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Micorrizas.	4g+ 200g+100g /planta.
T4	<i>Bacillus subtilis</i> + Materia orgánica + Sin micorrizas.	4g+200g/planta.
T5	Materia orgánica + Micorriza.	200g+100g/planta.
T	Testigo	.....

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Diseño del experimento bloques completos al azar (4 réplicas)

Bloque 1	T1	T2	T4	T3	T5	Testigo
Bloque 2	Testigo	T3	T5	T2	T4	T1
Bloque 3	T5	T4	Testigo	T1	T3	T2
Bloque 4	T2	T1	T4	T5	Testigo	T3

Fuente: Elaboración propia

### **Variables evaluadas**

Se evaluaron las siguientes variables con una frecuencia de recolección de datos de ocho días

#### **Altura de la planta**

Se determinó la altura en 18 plantas seleccionadas al azar en cada una de las parcelas, midiendo desde la base del suelo, hasta el ápice de la última hoja mediante la utilización de una cinta métrica (Anexo 7).

#### **Diámetro del tallo**

Se midió el diámetro del tallo en las 18 plantas seleccionadas al azar en cada una de las parcelas, midiendo a los 5 centímetros de la base del suelo mediante la utilización de un calibrador digital.

#### **Numero de hojas**

Se desarrolló el conteo de las hojas en las 18 plantas seleccionadas al azar en cada una de las parcelas, desde los 15 días después del trasplante.

## **Incidencia**

Para evaluar la incidencia de la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* utilizando la formula de Ogawa (1986) expresada en porcentaje de acuerdo a la ecuación:

$$\text{Incidencia (I)} = (\text{N}^\circ \text{ de Individuos infectados} / \text{Total de individuos}) * 100$$

## **Cuantificación del nivel colonización de las raíces de lulo por hongos formadores de micorrizas arbusculares en los diferentes tratamientos**

### **Aclarado y tinción de raíces**

Con el fin de facilitar la cuantificación de raíces colonizadas por los hongos HMA, se realizó el aclarado y tinción de raíces usando la metodología de tinción con azul de Tripano, propuesta por Phillips & Hayman (1970) con algunas modificaciones. El procedimiento fue el siguiente:

- a. Se tomaron las raíces adventicias de una planta por tratamiento, colocándolas individualmente en bolsas pequeñas cada una;
- b. Se lavaron las raíces adventicias con abundante agua corriente para eliminar restos de suelo, y se sumergieron en solución de KOH al 10%, y se dejó en baño de María (90°C) durante 15 minutos;
- c. Seguidamente se lavaron con agua corriente, utilizando un colador para evitar pérdidas en el enjuague, se añadió KOH al 10% y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al 10%, mezclados en proporción 1:1 (V/V), dejándolos durante 10 minutos en baño María (90°C);
- d. Se lavaron con agua corriente, se añadiendo la solución de HCL 1N, se dejó en baño María durante 10 minutos, y se lavaron nuevamente con agua.

e. La tinción se realizó con solución de Azul de Tripano 0.05% en ácido acético-glicerol-agua (1:1:1), colocando las raíces al baño de María durante 10 minutos. Posteriormente, se retiró el colorante, se añadió la solución de ácido láctico-glicerol-agua, dejando las raíces en reposo para eliminar el exceso de colorante y por último se montaron en porta y cubreobjetos para observarlas al microscopio con gotas de la misma solución.

Después de realizada la tinción de las raíces, se siguió la metodología de intersección de campos en placa por Phillips & Hayman (1970), con algunas modificaciones. Consistió en colocar cinco fragmentos por planta de 1 cm de longitud cada uno en portaobjetos, de tal forma que los segmentos quedaran paralelos, se añadió lactoglicerol, se colocó el cubreobjetos y se observó en el objetivo a 10X con microscopio marca Zeiss Primo Star.

La observación comienza por el extremo de la primera raíz, en este campo visual se indicó la presencia o no de colonización por HMA. Se pasó al siguiente campo en forma vertical y nuevamente se indica si existe o no colonización. Se continúa hasta recorrer 10 campos por raíz y 50 campos por planta, repitiendo el proceso en un total de dos plantas por tratamiento.

Para el cálculo del porcentaje de colonización de los HMA por campos de observación microscópica se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de colonización total por HMA} = (C/T) \times 100$$

Donde:

C: número de campos colonizados por cualquier estructura de HMA

T: número total de campos observados

Con el fin de especificar el porcentaje de micorrización por hifas, arbuscúlos y/o vesículas, se estimó visualmente el porcentaje estas estructuras en el campo de observación microscópica,

tomando como 100% el tejido observado en 10x (Giovannetti & Mosse, 1980). El porcentaje de cada una de estas estructuras es el promedio de 50 campos observados por planta. Para el cálculo de este porcentaje de micorrización visual por HMA se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de micorrización visual por HMA} = \% \text{ HIFAS} + \% \text{ VESÍCULAS} + \% \text{ ARBÚSCULOS}$$

### **Análisis estadístico de los datos**

Los datos obtenidos se procesaron por medio de un análisis de varianza para cada ensayo, previa comprobación del supuesto de normalidad por la prueba de Kolmogorov Smirnov. Las medias se compararon por el test de Tukey ( $P < 0,05$ ). Se empleará el paquete estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 21 para Windows (IBM, 2012).

## Capítulo IV

### 4. Resultados y discusión

#### 4.1 Diagnóstico de la percepción de los agricultores sobre las principales enfermedades de lulo y las alternativas biológicas de manejo en la asociación ASOPROCOMUNT.

De acuerdo con los resultados de la encuesta para la pregunta número uno ¿Cuáles de los siguientes problemas fitosanitarios se le han presentada en su finca? Se puede afirmar que en hay un gran ataque del Pasador del fruto P.F causada por *Neoleucinodes elegantalis* presentándose en un 86% de las fincas encuestas, otro de los grandes problemas es la gota G ocasionada por *Phytophthora infestans* en un 80% de las fincas; La marchitez vascular M.V causada por *Fusarium oxysporum* presentándose en 73% de las fincas lo cual ha causado la erradicación de los cultivos, también se presentan problemas de Antracnosis A, Nematodos N y Moho blanco M.B pero solo por debajo del 50% de las fincas encuestadas; En un 20% de las fincas evaluadas se presenta la asociación de Marchitez vascular y nematodos. Figura 1

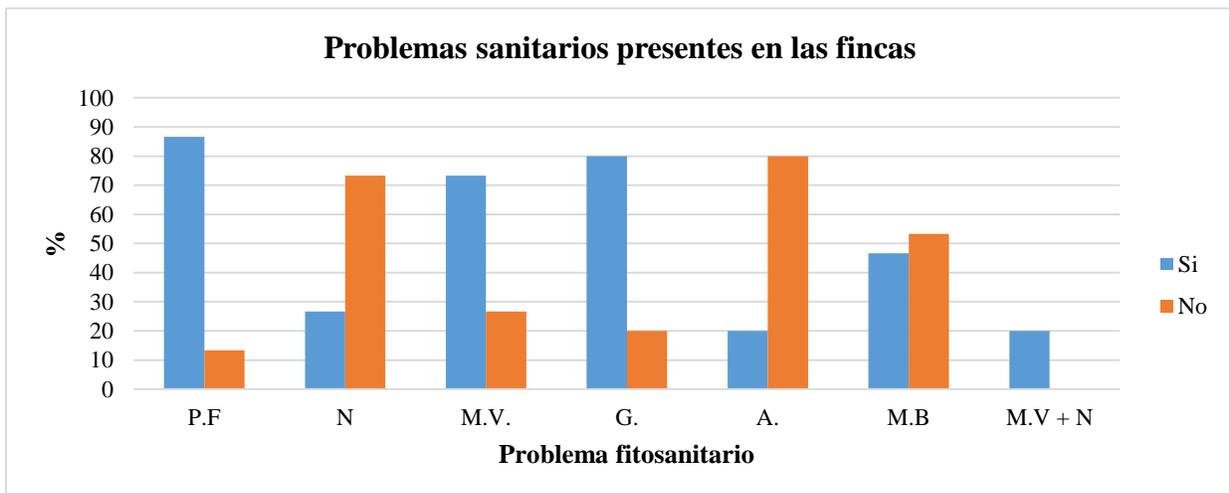


Figura 1. Principales problemas fitosanitarios presentes según los productores de ASPROCOMUNT.

PF (pasador del futo), N(nematodo), MV (Marchitez vascular), G (Gota), A (Antracnosis), M.B (Moho blanco), M.V. + N (Marchitez vascular + Nematodos).

De acuerdo con los resultados de la encuesta para la pregunta número dos ¿Cuáles son los controles más utilizados para el manejo de los problemas fitosanitarios? Se observa que el control más común es el control químico debido a que el 100% de los productores encuestados los realizan; sin embargo, el 6% productores encuestados utilizan el control mecánico y el control biológico lo cual conlleva a decir que en esta zona no realiza manejo integrado de plagas MIP. (Figura 2).

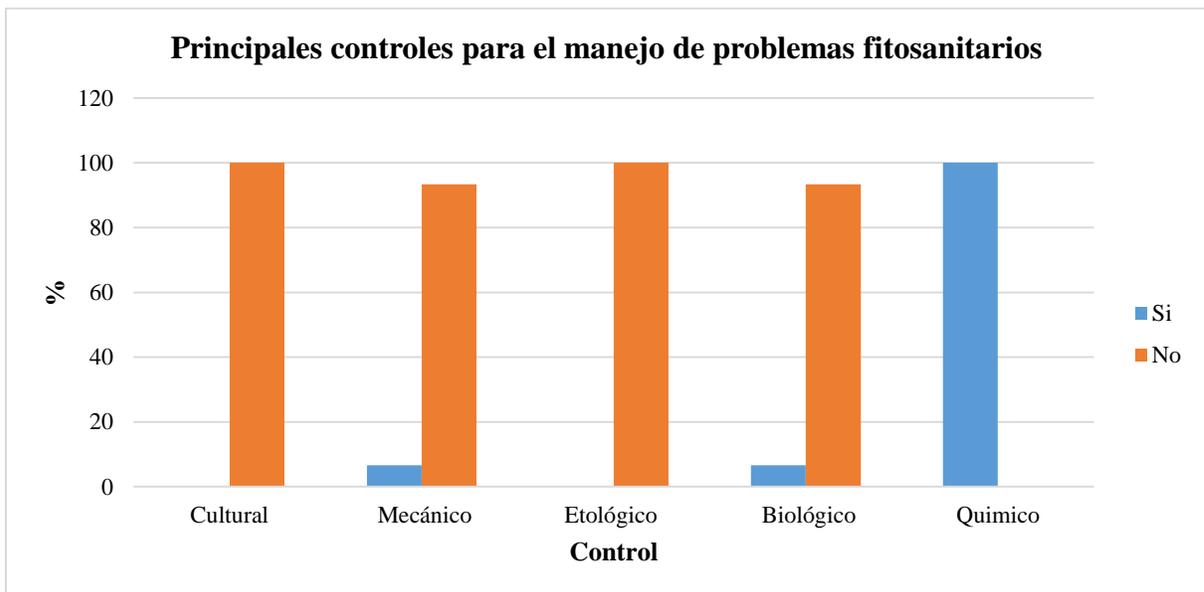


Figura 2. Principales controles para el manejo de problemas fitosanitarios según los productores de ASPROCOMUNT

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta en cuanto a conocimiento de alternativas biológicas se puede afirmar que los productores de la asociación ASPROCOMUNT en un 60% han tenido que erradicar los cultivos por alta incidencia de enfermedades; el uso de desinfectantes para las herramientas de poda es casi nulo debido a que solo un 6% realiza este proceso preventivo; el proceso de compostaje de la materia orgánica es muy bajo debido a que

solo un 13% realiza este proceso y que tampoco utilizan materia orgánica con registro ICA debido a que la mayoría de productores no aplican estos productos; la utilización de productos biológicos es muy baja solo el 6% lo realiza; hay un desconocimiento del 100% de la utilización de las micorrizas; pero que están dispuestos a utilizar en un 100% las alternativas biológicas que contribuyan a mejorar los rendimientos en la producción y también a la prevención de problemas sanitarios sobre todo los radicales quienes son los que mayor afectación a causado en esta zona. (Figura 3).

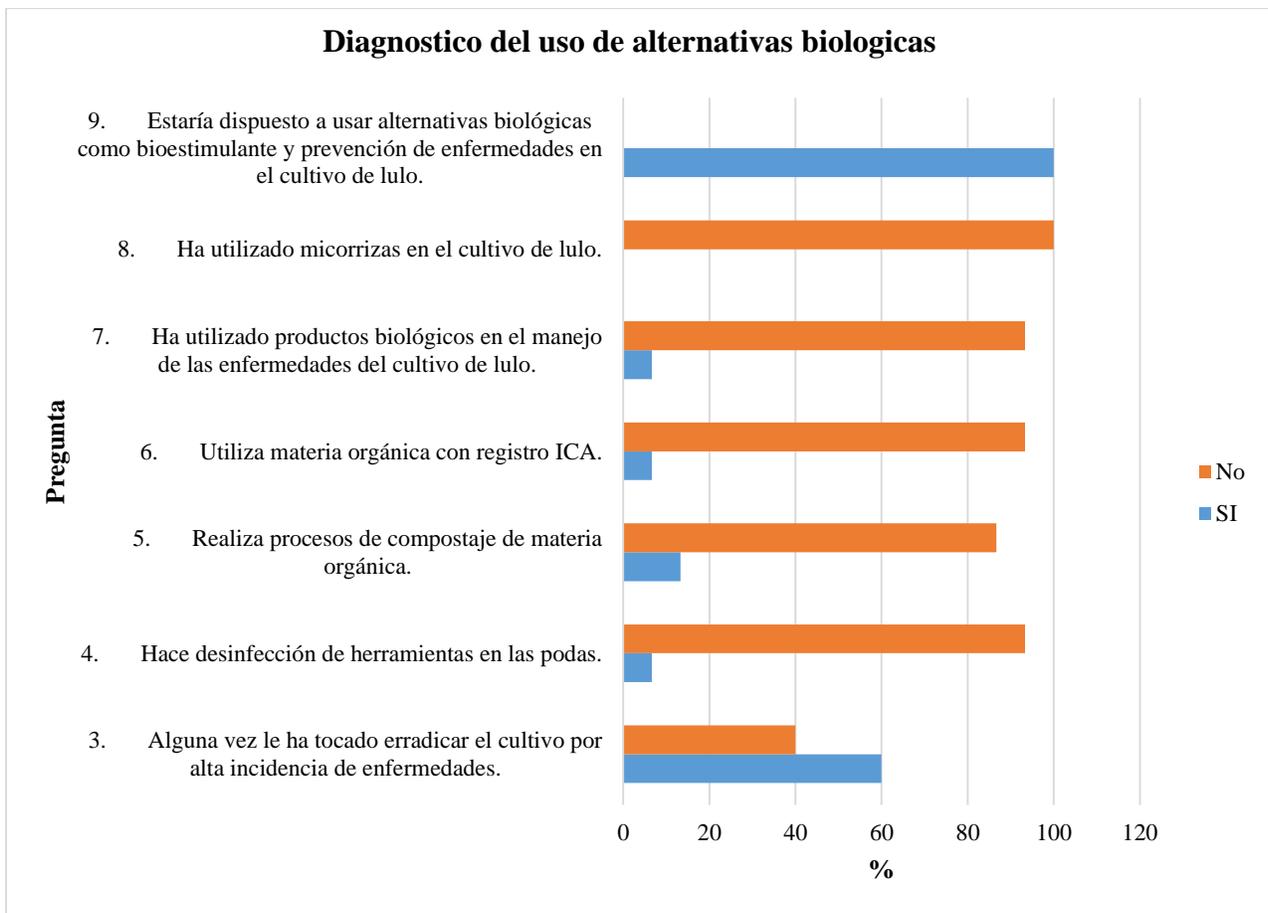


Figura 3. Diagnóstico del uso de alternativas biológicas en los productores de ASOPROCOMUNT.

#### 4.2 Comparación de la eficiencia de los antagonistas *Bacillus subtilis*, *Trichoderma*

*harzianum*, micorrizas y materia orgánica para para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares del lulo (*Solanum quitoense* Lam) variedad castilla en condiciones de semillero en el municipio de Toledo Norte de Santander.

##### Altura de la planta

Al analizar el resultado del ANOVA referente a la altura de la planta del lulo se pudo observar que hubo diferencia estadística en el transcurso del tiempo desde la semana uno y la semana ocho en los diferentes muestreos manifestando diferencia estadística entre los tratamientos alcanzando mayor valor el tratamiento de *B. subtilis* + Micorrizas + Materia orgánica frente al Testigo, el resto de los tratamientos quedaron intermedios desde el punto de vista estadístico ya que como se observa, los tratamientos con *T. harzianum* + sin micorrizas + materia orgánica manifestaron mayor altura superiores a *T. harzianum* + con micorrizas + materia orgánica y *B. subtilis* el tratamiento de Sin micorrizas + Materia orgánica no presento diferencia estadística frente al Testigo. (Tabla 7).

Tabla 7. Resultado del análisis estadístico de la altura de la planta en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Altura de la planta (cm)							
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Testigo	1,99c	2,27c	2,46c	2,67c	5,05a	3,20c	3,63c	4,10c
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	2,71ab	2,88b	3,13b	3,32b	3,60a	4,06b	4,60b	5,19b
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	2,61b	2,88b	3,12b	3,31b	3,66a	4,13b	4,60b	5,25b
<i>B. subtilis</i> + M.O.+ Micorrizas	3,20a	3,48a	3,79a	4,01a	4,37a	4,85a	5,34a	5,97a

<b><i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	2,95ab	3,20ab	3,42ab	3,61ab	3,90a	4,30b	4,80ab	5,31b
<b>Micorrizas + M.O.</b>	2,02c	2,22c	2,43c	2,66c	2,90a	3,27a	3,75c	4,16c
<b>C.V. (%)</b>	<b>18,5</b>	<b>17,4</b>	<b>14,89</b>	<b>13,74</b>	<b>79,33</b>	<b>11,3</b>	<b>10,19</b>	<b>9,24</b>
<b>Error típico*</b>	<b>0,24</b>	<b>0,24</b>	<b>0,22</b>	<b>0,22</b>	<b>1,55</b>	<b>0,22</b>	<b>0,22</b>	<b>0,23</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

### Numero de hojas

El número de hojas en los diferentes tratamientos utilizados se observó que no se presentó diferencia estadística en ningún tratamiento, sin embargo, se pone de manifiesto que el tratamiento *B. subtilis* + micorrizas + materia orgánica fue el que alcanzó mayor número de hojas de las plantas relativamente desde la semana uno hasta la semana 7, pero sin diferir estadísticamente (Tabla 8).

Tabla 8. Resultado del análisis estadístico del número de hojas en plantas de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos

Tratamiento	Numero de hojas			
	S1	S3	S5	S7
<b>Testigo</b>	2,58a	2,91a	3,08a	3,41a
<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas</b>	3,41a	3,50a	3,58a	3,75a
<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	2,91a	3,41a	3,58a	3,75a
<b><i>B. subtilis</i> + M.O.+ Micorrizas</b>	3,16a	3,50a	3,75a	3,83a
<b><i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	2,58a	3,16a	3,41a	3,66a
<b>Micorrizas + M.O.</b>	3,00a	3,25a	3,41a	3,66a
<b>C.V. (%)</b>	<b>24,13</b>	<b>21,06</b>	<b>18,37</b>	<b>19,61</b>
<b>Error típico*</b>	<b>0,35</b>	<b>0,34</b>	<b>0,31</b>	<b>0,36</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

### Diámetro del tallo

Al analizar por medio del ANOVA el diámetro del tallo en los diferentes tratamientos utilizados se observó que no se presentó diferencia estadística en ningún tratamiento desde la semana uno hasta la semana 7, sin embargo en la semana ocho presentó una diferencia estadística siendo *T. harzianum* + micorrizas + materia orgánica quien presentó el mayor diámetro de tallo en comparación con el testigo, lo que pone en evidencia que el *T. harzianum* presenta bioestimulación en la formación del diámetro del tallo (Tabla).

Tabla 9. Resultado del análisis estadístico del diámetro del tallo en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Diámetro del tallo (cm)			
	S2	S4	S6	S8
Testigo	0,13a	0,15a	0,23a	0,36b
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	0,14a	0,17a	0,24a	0,39a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	0,13a	0,16a	0,24a	0,38ab
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas	0,15a	0,17a	0,25a	0,38ab
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas	0,14a	0,16a	0,24a	0,38ab
Micorrizas + M.O.	0,13a	0,16a	0,24a	0,38ab
C.V. (%)	0	0	0	8,21
Error típico*	0	0	0	0,01

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

### Volumen de la raíz

Al analizar por medio del ANOVA el volumen de raíces en los diferentes tratamientos utilizados se observó que no se presentó diferencia estadística sin embargo se observa un mayor volumen de raíces en el tratamiento de micorrizas + materia orgánica con respecto a los demás tratamientos. (Tabla

10)

Tabla 10. Resultado del análisis estadístico del volumen de raíces en plantas de lulo en etapa de semillero entre los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Volumen de raíces (ml <sup>3</sup> )
	<b>S7</b>
<b>Testigo</b>	3,66a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	6,00a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	3,66a
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas	5,66a
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas	4,66a
<b>Micorrizas + M.O.</b>	8,00a
<b>C.V.</b>	<b>57,9</b>
<b>Error típico*</b>	<b>22,63</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

Como lo afirma Bastelleros (2004), en estudios con micorrizas también encontró que el género *Glomus* estaba presente en la mayoría de especies estudiadas y lo catalogó como una de las MVA más competitivas y efectivas para el crecimiento de las plantas, ayudando fortalecer incremento de raíces; Por otra parte también se confirma por una investigación realizada por (Cuesta et al, 2009) donde el volumen de raíz alcanzado con la inoculación dual de *Glomus* sp- *B. subtilis* donde se obtiene mayor absorción por parte de *Glomus* sp. del fósforo solubilizado por *Bacillus subtilis* quienes pertenecen a géneros fosfolubilizadores y potenciación de la síntesis de auxinas, ya que estas bacterias también producen dichas hormonas, que son consideradas estimuladoras del crecimiento vegetal.

### **Incidencia de problemas radiculares**

La incidencia de la marchitez vascular por *F. oxysporum* en las plantas de lulo con los seis tratamientos dieron como resultado para la etapa de semillero que en las tres primeras semanas no se presentó ataque del patógeno, sin embargo en la cuarta y séptima semana hubo una

incidencia que osciló entre 2,5% al 7,5%. Los tratamientos que contenían el antagonista en comparación con el testigo muestran que los tratamientos *Trichoderma harzianum* + Micorrizas + Materia orgánica, *B. subtilis* + sin micorrizas + materia orgánica y micorrizas + materia orgánica no presentaron ningún ataque del patógeno, en cambio los tratamientos *T. harzianum* + sin micorrizas + materia orgánica y *B. subtilis* + micorrizas + materia orgánica presentaron incidencias del 2,5% del patógeno.

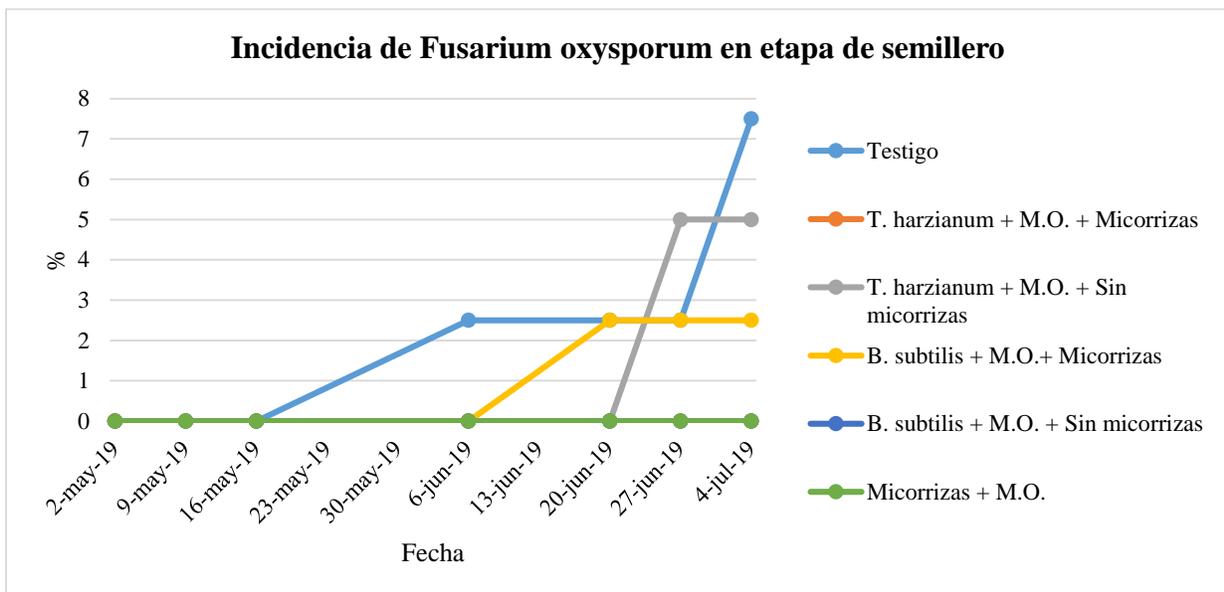


Figura 4. Incidencia del patógeno *Fusarium oxysporum* en plantas de lulo en etapa de semillero en los diferentes tratamientos.

La incidencia de la enfermedad en el testigo puede explicarse por el potencial de inóculo que se puede encontrar en el sustrato, ya que no tienen ningún tipo de tratamiento de prevención anterior al trasplante de las plantas

Al analizar el resultado del ANOVA referente a la incidencia de *Fusarium oxysporum* la planta del lulo se pudo observar que no hubo diferencia estadística en el transcurso del tiempo desde la semana uno y la semana seis en los diferentes muestreos sin embargo en la semana 7 se pudo observar menor incidencia en los tratamientos *T. harzianum* + M.O. + Micorriza, *B. subtilis*

+ M.O + Sin micorrizas y Micorrizas + M.O que difirieron del testigo y no del resto de los tratamientos (Tabla 11).

Tabla 11. Resultado del análisis estadístico de la Incidencia de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	Incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i>					
	S1	S3	S4	S5	S6	S7
<b>Testigo</b>	0,20a	0,20a	0,24a	0,24a	0,24a	0,49a
<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas</b>	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20b
<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,34a	0,34ab
<b><i>B. subtilis</i> + M.O.+ Micorrizas</b>	0,20a	0,20a	0,20a	0,24a	0,24a	0,24ab
<b><i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20b
<b>Micorrizas + M.O.</b>	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20b
<b>C.V. (%)</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11,56</b>	<b>55,6</b>	<b>55,6</b>	<b>79,17</b>
<b>Error típico*</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

### Porcentaje de micorrización visual

Al analizar por medio del ANOVA el porcentaje de micorrización en los diferentes tratamientos utilizados se observó que hubo diferencia estadística entre los tratamientos, los mejores tratamientos en porcentaje de micorrización visual fue de micorrizas + materia orgánica; seguidos de *B. subtilis* + M.O. con micorrizas (Anexo 9), aunque este último difirió del testigo y no del resto de los tratamientos (Tabla 12).

Tabla 12. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de micorrización visual en plantas de lulo en etapa de semillero en el muestreo de la semana número 7 entre los diferentes tratamientos

Tratamiento	Micorrización visual (%)
	S7
Testigo	0,26c
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	0,56b
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	0,50b
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas	0,61ab
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas	0,49b
Micorrizas + M.O.	0,82a
C.V. (%)	<b>11,61</b>
Error típico*	<b>0,03</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey

### Porcentaje de colonización total

Al analizar por medio del ANOVA el porcentaje de colonización total en los diferentes tratamientos utilizados se observó que no hubo diferencia estadística, los mejores en cuanto porcentaje de colonización fue micorrizas + materia orgánica (Tabla 13).

Tabla 13. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de colonización total en plantas de lulo en etapa de semillero en el muestreo de la semana número 7 entre los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Colonización total (%)
	S7
Testigo	0,61a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	1,24a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	1,09a
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas	1,31a
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas	1,30a
Micorrizas + M.O.	1,35a
C.V. (%)	<b>33,67</b>
Error típico*	<b>0,19</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey

Estos estudios en general concuerdan con los realizados por (Cuesta et al 2009) donde las plántulas de *Swietenia macrophylla* x *mahagoni* resultaron micorrizadas con la inoculación de *Glomus mosseae* y respondieron positivamente a la adicción conjunta de hongo micorrizógeno– bacteria: *Glomus mosseae*-*Bacillus subtilis* y *Glomus mosseae* - *Pseudomonas fluorescens*, lo cual se puede decir que en este experimento también sucedió lo mismo destacando que *B. Subtilis* si permite que haya micorrización.

#### **4.3 Comparación de la eficiencia de los antagonistas *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum*, micorrizas y materia orgánica para la bioestimulación de la planta y posible prevención de las enfermedades radiculares del lulo (*Solanum quitoense* Lam) variedad castilla en la etapa inicial del desarrollo de las plantas en campo en el municipio de Toledo Norte de Santander.**

##### **Altura de la planta**

Al analizar el resultado del ANOVA referente a la altura de la planta del lulo se pudo observar que hubo diferencia estadística en el transcurso del tiempo desde la semana uno y la semana trece en los diferentes muestreos manifestando diferencia estadística entre los tratamientos alcanzando mayor valor el tratamiento de *B. subtilis* + Micorrizas + Materia orgánica frente al Testigo, el resto de los tratamientos quedaron intermedios desde el punto de vista estadístico ya que como se observa, los tratamientos con *T. harzianum* + sin micorrizas + materia orgánica manifestaron mayor altura superiores a *T. harzianum* + con micorrizas + materia orgánica y *B. subtilis* + Sin micorrizas + Materia orgánica. (Tabla 14).

Tabla 14. Resultado del análisis estadístico de la altura de la planta en el cultivo de lulo en etapa de semillero en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.

TRATAMIENT O	Altura de la planta (cm)						
	S1	S3	S5	S7	S9	S11	S13
Testigo	4,45d	6,65d	8,91d	11,32c	13,52c	15,93c	18,21c
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	6,21c	8,34b	10,87c	13,28b	15,60b	17,99b	20,27b
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	6,23c	8,36b	10,67c	13,11b	15,49b	17,94b	20,08b
<i>B. subtilis</i> + M.O.+ Micorrizas	7,23a	9,55a	12,23a	14,61a	16,95a	19,36a	21,65a
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas	6,70b	8,76b	11,13b	13,45b	15,72b	18,05b	20,40b
Micorrizas + M.O.	4,59b	6,78d	9,35d	11,7c	13,83 c	16,30c	18,61c
C.V. (%)	<b>4,72</b>	<b>3,89</b>	<b>3,54</b>	<b>3,25</b>	<b>2,97</b>	<b>2,86</b>	<b>2,92</b>
Error típico*	<b>0,21</b>	<b>0,22</b>	<b>0,25</b>	<b>0,21</b>	<b>0,22</b>	<b>0,25</b>	<b>0,29</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

Estos resultados concuerdan con estudios realizados por Tejeda et al., (2012) donde *Bacillus subtilis* se comporta como el parámetro fundamental por su incidencia sobre la velocidad del crecimiento y el desarrollo total de la planta, a consecuencia de una mayor actividad fotosintética representando una bioestimulación en la planta.

### Diámetro del tallo

Al analizar por medio del ANOVA el diámetro del tallo en los diferentes tratamientos utilizados se observa que no se presenta diferencia estadística en ningún tratamiento desde la semana uno hasta la semana trece (Tabla 15).

Tabla 15. Resultado del análisis estadístico del diámetro del tallo de la planta en el cultivo de lulo en etapa inicial del desarrollo en diferentes muestreos quincenalmente entre los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Diámetro del tallo (cm)						
	S1	S3	S5	S7	S9	S11	S13
Testigo	0,46a	0,66a	0,84a	1,03a	1,42a	1,70a	1,99a

<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas</b>	0,47a	0,63a	0,82a	1,07a	1,45a	1,73a	1,95a
<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	0,49a	0,67a	0,85a	1,13a	1,50a	1,77a	1,96a
<b><i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas</b>	0,48a	0,67a	0,86a	1,20a	1,59a	1,87a	2,05a
<b><i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	0,47a	0,66a	0,87a	1,20a	1,58a	1,85a	2,05a
<b>Micorrizas + M.O.</b>	0,46a	0,66a	0,84a	1,10a	1,50a	1,80a	2,03a
<b>C.V. (%)</b>	<b>0</b>	<b>1,5</b>	<b>1,17</b>	<b>14,34</b>	<b>11,26</b>	<b>8,65</b>	<b>8,17</b>
<b>Error típico*</b>	<b>0</b>	<b>0,005</b>	<b>0,005</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,02</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

### Numero de hojas

El número de hojas en los diferentes tratamientos utilizados se observó que no se presentó diferencia estadística en ningún tratamiento (Tabla 16).

Tabla 16. Resultado del análisis estadístico del número de hojas en el cultivo de lulo en etapa inicial del desarrollo en diferentes muestreos quincenalmente entre los diferentes tratamientos

Tratamiento	Número de hojas						
	S1	S3	S5	S7	S9	S11	S13
<b>Testigo</b>	3,33a	3,83a	3,83a	3,83a	3,83a	3,83a	4,41a
<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas</b>	3,66a	4,50a	4,50a	4,50a	4,50a	4,50a	4,66a
<b><i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	3,50a	3,91a	3,91a	3,91a	3,91a	3,91a	4,25a
<b><i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas</b>	3,83a	4,08a	4,08a	4,08a	4,08a	4,08a	4,50a
<b><i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas</b>	3,91a	4,25a	4,25a	4,25a	4,25a	4,25a	4,41a
<b>Micorrizas + M.O.</b>	3,58a	4,08a	4,08a	4,08a	4,08a	4,08a	4,41a
<b>C.V. (%)</b>	27,02	20,19	20,19	20,19	20,19	11,46	13,76
<b>Error típico*</b>	0,49	0,41	0,41	0,41	0,41	0,23	0,3

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

### Incidencia de problemas radiculares

La incidencia de la marchitez vascular causada por *F. oxysporum* en las plantas de lulo con los seis tratamientos dieron como resultado para la etapa inicial de desarrollo de la planta de lulo que en las cinco primeras semanas no se presentó ataque del patógeno, sin embargo en las etapas seis y séptima semana hubo una incidencia que osciló entre 2,5% al 5% de incidencia del patógeno en las plantas de lulo en campo (Anexo 9). Los tratamientos que contenían el antagonista en comparación con el testigo muestra que los tratamientos *T. harzianum* + M.O + micorrizas, *T. harzianum* + M.O + Sin micorrizas *B. subtilis* + M.O + micorrizas y Micorrizas + M.O. no presentaron ningún ataque del patógeno, en cambio el tratamiento *B. subtilis* + M.O + Sin micorrizas presentó incidencias del patógeno del 2,5%, pero más eficiente comparación con el testigo quien fue quien mayor incidencia presentó con un 5%.

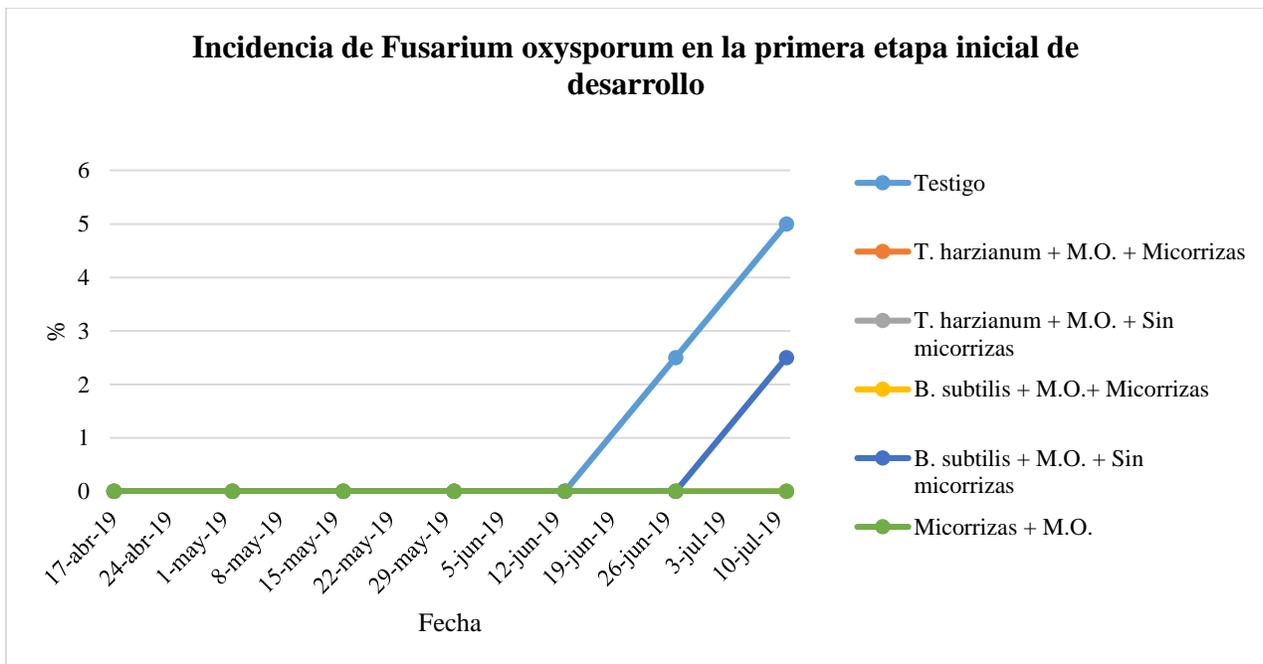


Figura 5. Incidencia del patógeno *Fusarium oxysporum* en plantas de lulo en etapa inicial de desarrollo en los diferentes tratamientos.

Al analizar el resultado del ANOVA referente a la incidencia de *Fusarium oxysporum* la planta del lulo se pudo observar que no hubo diferencia estadística en el transcurso del tiempo desde la semana uno hasta la semana nueve en los diferentes muestreos. (Tabla 17)

Tabla 17. Resultado del análisis estadístico de la Incidencia de *Fusarium oxysporum* en el cultivo de lulo en la etapa inicial de desarrollo en diferentes muestreos semanalmente entre los diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	Incidencia de <i>Fusarium oxysporum</i>				
	S1	S5	S9	S11	S13
Testigo	0,20a	0,20a	0,20a	0,24a	0,34a
<i>T. harzianum</i> + M.O. sin micorrizas	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a
<i>T. harzianum</i> + M.O. sin micorrizas	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a
<i>B. subtilis</i> + M.O. con micorrizas	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a
<i>B. subtilis</i> + M.O. Sin micorrizas	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,24a
Micorrizas + M.O.	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a	0,20a
C.V. (%)	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11,56</b>	<b>46,61</b>
Error típico*	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0,05</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

Como afirma Harman et al., (2004) las cepas de *Trichoderma* spp. están asociadas con raíces y sus ecosistemas, con capacidad de colonizar raíces de plantas por mecanismos similares a los de los hongos micorrizales y producir compuestos que estimulan el crecimiento como citoquininas, zeatinas y giberilinas (GA3); así como promover mecanismos de defensa en plantas como sucedió en este experimento donde *T. harzianum* actuó muy eficientemente para la prevención de *Fusarium oxysporum* en la etapa inicial de desarrollo del cultivo de lulo.

### Porcentaje de micorrización visual

Al analizar por medio del ANOVA el porcentaje de micorrización en los diferentes tratamientos utilizados se observó que hubo diferencia estadística entre los tratamientos donde los tratamientos que mejor porcentaje de micorrización visual fueron de micorrizas + materia orgánica, *B. subtilis* + M.O. + micorrizas y Micorrizas + M.O., aunque no difirieron de estos *T. harzianum* + M.O. + Sin micorrizas y *B. subtilis* + M.O. + Micorrizas (Tabla 18).

Tabla 18. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de micorrización visual en plantas de lulo en etapa inicial del desarrollo en el muestreo de la semana número 13 después del transplante entre los diferentes tratamientos

Tratamiento	Micorrización visual (%)
	<b>S13</b>
<b>Testigo</b>	0,39b
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	0,76a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	0,65ab
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas	0,53ab
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas	0,44b
<b>Micorrizas + M.O.</b>	0,76a
<b>C.V. (%)</b>	<b>47,28</b>
<b>Error típico*</b>	<b>0,13</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

La respuesta a la micorrización del tratamiento estos *T. harzianum* + M.O. + Sin micorrizas presupone la existencia de micorrizas nativas con cierta capacidad de micorrización del lulo en la zona de estudio.

Estos estudios concuerdan con otras investigaciones por (Roveda et al 2009 y Casierra et al 2013) debido a que el incremento en las poblaciones de esporas en el suelo está determinado por los ciclos de esporulación del micelio extraradical de las micorrizas arbusculares, que puede ser inducida en condiciones de estrés hídrico. De igual forma, no existe una relación entre las

poblaciones de micorrizas en el suelo y los beneficios que genera en la planta, sin embargo, se observa que la micorrización por HMA fue muy baja en la mayoría de los tratamientos, también se concuerda con estudios realizados por (Rodriguez et al 2005) Señálala que la interacción de HMA-*Trichoderma harzianum* sugieren que el efecto de la interacción entre los microorganismos sobre la planta hospedera es de tipo neutral lo cual causa que la micorrización sea baja.

### Porcentaje de colonización total

Al analizar por medio del ANOVA el porcentaje de colonización total en los diferentes tratamientos utilizados se observó que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos (Tabla 19).

Tabla 19. Resultado del análisis estadístico del porcentaje de colonización total en plantas de lulo en etapa inicial del desarrollo en el muestreo de la semana número 13 después del trasplante entre los diferentes tratamientos

TRATAMIENTO	Colonización total (%)
	<b>S13</b>
<b>Testigo</b>	0,93a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Micorrizas	1,30a
<i>T. harzianum</i> + M.O. + Sin micorrizas	1,18a
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Micorrizas	1,15a
<i>B. subtilis</i> + M.O. + Sin micorrizas	1,07a
<b>Micorrizas + M.O.</b>	1,17a
<b>C.V. (%)</b>	<b>29,69</b>
<b>Error típico*</b>	<b>0,16</b>

Fuente: Elaboración propia.

\* Letras desiguales en las columnas difieren para  $P \leq 0,05$  por la prueba de Tukey.

Estos estudios concuerdan con los estudios realizados por Gutiérrez et al., (2009) donde el porcentaje de colonización fue relativamente bajo donde se señala que los factores más importantes que pudieron haber influido para que las plantas sobrevivieran son los ambientales, por ejemplo, el procedimiento de aclimatación gradual a la temperatura y a la concentración de CO<sub>2</sub> para que las plantas adquirieran una actividad fotosintética adecuada a las condiciones en campo.

## Conclusiones

Los productores de la asociación ASOPROCOMUNT informaron que los principales problemas fitosanitarios que presentan en lulo son la marchitez vascular M.V causada por *Fusarium oxysporum* (73%), Nematodos (50%), la asociación de Marchitez vascular y nematodos (20%); así mismo se evidenció que no realizan un manejo integrado del cultivo, desconociendo las alternativas biológicas y teniendo como primera opción el control químico.

Las plantas de lulo en la etapa de semillero cuando fueron tratadas con *B. subtilis* + micorrizas + materia orgánica incrementaron su altura, por el contrario, *Trichoderma harzianum* + micorrizas + materia orgánica fue más influyente en la variable diámetro del tallo.

En la primera etapa del cultivo se obtuvo mayor tasa de crecimiento (altura y diámetro del tallo), con el tratamiento *Bacillus subtilis* + micorrizas + materia orgánica, mientras que *Trichoderma harzianum* + micorrizas + micorrizas demostró mejores resultados en la variable diámetro del tallo.

Se presentó baja incidencia de marchitez vascular tanto en condiciones de semillero como de campo, sin embargo, se observó una tendencia a presentarse menor nivel de la enfermedad en los tratamientos donde participaba *Trichoderma* o las micorrizas, solas o mezclada con *Bacillus subtilis*.

Se observó mayor micorrización en todos los tratamientos donde se aplicó micorrizas, aunque se observó infección en raíces donde se aplicó *Trichoderma* sola, lo que da un indicio de que existen micorrizas nativas con cierto nivel de eficiencia en la zona.

## Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos en semillero y en campo en las fincas la válvula y el rey en el municipio de Toledo N. de S. capacitar a la Asociación de Productores De Comunidades Unidas De Toledo (ASPROCOMUNT), en las veredas Santa Inés, Alto el Oro, Urapal y Mira lindo.

Motivar a los productores del cultivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) hacer uso de alternativas biológicas como *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y las micorrizas como biofertilizante que contribuyen a la bioestimulación y posible prevención de enfermedades limitantes del cultivo, teniendo como primera opción en el manejo integrado el uso de biocontroladores.

Exponer los resultados obtenidos a los productores de lulo para darles a conocer que los mejores efectos se obtuvieron con el tratamiento *Bacillus subtilis* + micorrizas + materia orgánica con dosis de *Bacillus subtilis* 1g/planta, micorrizas 50g/planta y materia orgánica 10g/planta para semillero y *Bacillus subtilis* 4g/planta, micorrizas 200g/planta y materia orgánica 100g/planta.

## Referencias bibliográficas

- Alcaldía Municipal de Toledo. (2016). Plan de desarrollo Municipal 2016-2019. Recuperado en Julio 05 de 2019. De [https://toledonortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/toledonortedesantander/content/files/000003/120\\_acuerdounidosparaavanzartoledo\\_3.pdf](https://toledonortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/toledonortedesantander/content/files/000003/120_acuerdounidosparaavanzartoledo_3.pdf).
- Bastelleros, W., Unirrago, A., Cadena, C., Cadena J. (2004) Evaluacion de hongos formadores de micorrizas vesiculo arbusculares (MBA) en la etapa de almacigo de cacao (*Theobroma cacao* l.), en Tumaco, Nariño. Revista de ciencias agrícolas 6(1) pp.
- Bedoya-Reina O., Barrero L. (2010) Preliminary assessment of COSII gene diversity in lulo and a relative species: Initial identification of genes potentially associated with domestication. *Gene*. Jun, 458(1–2): 27-36.
- Bohs L. A (2004) Chloroplast DNA Phylogeny of Solanum Section Lasiocarpa. *Systematic Botany*. Jan, 29(1): 177-187.
- Calderon (2002). Aislamiento y caracterización de *Bacillus* sp como fijadores biológicos de nitrógeno y solubilizadores de fosfatos en dos muestras de biofertilizantes comerciales. Trabajo de grado para optar al título de Microbiólogo Agrícola y Veterinario. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Colombia.
- Cardenas, W.; Zuluaga, M.L.; Lobo, M. 2004. Latencia en semillas de lulo (*Solanum quitoense* Lam) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (*Solanum betaceum*) Cav. Sendt) como aspecto básico para la conservación y el monitoreo de la viabilidad de las colecciones. *Plant Genetic Resources Newsletter* 139:31-41.

Casierra-Posada, Fánor, Peña-Olmos, Jaime, Peñaloza, Juan, & Roveda, Gabriel. (2013).

INFLUENCIA DE LA SOMBRA Y DE LAS MICORRIZAS SOBRE EL  
CRECIMIENTO DE PLANTAS DE LULO (*Solanum quitoense* Lam.). Revista U.D.C.A  
Actualidad & Divulgación Científica, 16(1), 61-70. Retrieved February 28, 2019, from  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S012342262013000100008&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012342262013000100008&lng=en&tlng=es).

CORPOICA. (2002). Manual Técnico sobre el cultivo del lulo. 1era. Edición, Manizales. 103p.

Cuesta, I. Ferrer, A., Rengifo, E. (2009). Importancia de la inoculación dual de bacterias y  
*Glomus mosseae* sobre el crecimiento y micorrización de plántulas de *Swietenia*  
*macrophylla* x Mahagoni. Recuperado de:  
<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1064/cuf0112s.pdf>.

DANE-ENA (2014) El cultivo del lulo (*Solanum quitoense*), una fruta agradable y de gran valor  
nutritivo. Recuperado en Febrero 28 de 2019. De  
[https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos\\_factores\\_de\\_produccion\\_may\\_2014.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_may_2014.pdf).

Datnoff, L.E., Nemeček, S., and Pernezny, K. (1995). Biological control of *Fusarium* crown and  
root rot of tomato in Florida using *Trichoderma harzianum* and *Glomus intraradices*.  
*Biological Control* 5:427-431.

FAO, 2008, Mejoramiento de la Calidad e Inocuidad de las Frutas y Hortalizas Frescas: Un  
Enfoque Práctico.

FAO, 2009, Tropical fruits review of recent world market situation for bananas and tropical  
fruits. <http://www.fao.org/docrep/012/ak341e/ak341e14.htm>.

- FONTAGRO. 2006. Productores de lulo y mora competitivos mediante selección participativa de clones élite. Quito Ecuador. Ed LITOCENTRAL. 34 p.
- Gelpud, C., Mora, E., Salazar, C. y C, Betancourth. 2010. Acta agronómica. 60(1), 50-67.
- Gobernación del Huila, Secretaría de Agricultura y Minería (2006). Manual técnico del cultivo del lulo en el departamento del Huila. Recuperado en febrero 26 de 2019. De <http://www.huila.gov.co/documentos/M/manual%20tecnico%20del%20lulo%20en%20el%20Huila.pdf>.
- Gómez, L. E. (1997). Enfermedades del Cultivo de Lulo en el Tolima y Huila. Guía de Reconocimiento y Control. Boletín Técnico. Corpoica 6. C.i. Nataima. 36p
- González, V., y Fragoso, S. 2002. Bacillus subtilis. Recuperado en marzo 05 de 2019 en <http://www2.cbm.uam.es/microali/pdfs/Bsubtilis.pdf>
- González, M. (1996) Efecto antagónico de diferentes cepas de Trichoderma spp. sobre Fusarium spp. aislado de semilla de papa (Solanum tuberosum L.). En: Resúmenes V Jornada Científico Técnica de Sanidad Vegetal Cienfuegos. p. 3.
- Guillén-Cruz, R., & Hernández-Castillo, F., & Gallegos-Morales, G., & Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar-González, C., & Padrón-Corral, E., & Reyes-Valdés, M. (2006). Bacillus spp. como Biocontrol en un Suelo Infestado con Fusarium spp., Rhizoctonia solani Kühn y Phytophthora capsici Leonian y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (Capsicum annum L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24 (2), 105-114.
- Harman, G., Howell C., Viterbo A., Chet, I., Lorito, M. 2004. Trichoderma Species- Opportunistic, Avirulent Plant Symbionts. Nature Reviews. 43-56.
- Heiser, C.B. 1972. The relationships of the naranjilla, Solanum quitoense. Biotropica 4(2), 77-84.

- Hernandez, M., Hernandez, F., Lira, R., Gallegos G. (2010) Biocontrol de *Rhizoctonia solani* y *Fusarium* sp. con Microencapsulados de *Bacillus subtilis* y su Efecto en Crecimiento y Rendimiento de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Revista Agraria -Nueva Epoca, 6(7), 17-25.
- Hoyos, L., Cardona, A., Osorio W., Orduz, S. (2015) Efecto de diversos aislamientos de *Trichoderma* spp. en la absorción de nutrientes en fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en dos tipos de suelo Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas (9) 2 pp. 268-278.
- Instituto Colombiano Agropecuario –ICA– (2011). Manejo fitosanitario del cultivo del lulo. Recuperado en febrero 28 de 2019 de [http://www.ica.gov.co/getattachment/de9f2f66-898a-45b8-848d-0c49a23ca70c/manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-lulo-\(solanum.aspx](http://www.ica.gov.co/getattachment/de9f2f66-898a-45b8-848d-0c49a23ca70c/manejo-fitosanitario-del-cultivo-de-lulo-(solanum.aspx).
- Instituto Colombiano Agropecuario ICA y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA (1999). Lulo la Selva, primer material de lulo mejorado para Colombia. Recuperado en mayo 27 de 2014. De <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/Lulo.pdf>
- Lobo M., Medina C., Delgado O., Bermeo A. Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa*. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía. Jul - Dic (2007), 60(2): 3939-3964.
- Lobo, M. 1991. Perspectivas de siembra del lulo o naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.). Boletín Técnico. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. 2(2):125-132.
- MADR (Ministerio de agricultura y Desarrollo Rural, CO); gobernación de Norte de Santander; FNFH (Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola); Asohofrucol (Asociación

- Hortofrutícola de Colombia) y SAG (Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca). Plan frutícola nacional. Desarrollo de la fruticultura en el Norte de Santander. Equipo técnico plan frutícola nacional de Colombia. Ramiro Tafur Reyes, director nacional, Julio César Toro Mesa, director técnico, Armando Albarracín Medina, Coordinador PFN (Plan frutícola nacional) Norte de Santander y Eulalio García, asesor técnico. 2006. 52 p.
- Martínez, E.; Barrios G., Rovesti L y Santos R. (2006) Manejo Integrado de Plagas. Manual Práctico. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), Cuba.
- Medina, C. C. I.; Lobo, A. M. y Martínez, B. E. 2009. Revisión del estado del conocimiento sobre la función productiva del lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en Colombia. *Corpoica Cien. Technol. Agrop.* 10:167-179
- Mella, I. (2004). Evaluación de la resistencia a nematodos *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. en nuevos portainjertos para duraznero. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Fruticultura y Enología.
- Miller, J.S.; Dingle, P. 2003. Diversification on andromonoecy in *Solanum* section *Lasiocarpa* (Solanaceae): the roles of phenotypic plasticity and architecture. *American Journal of Botany* 90(5):707-715.
- Nelson, P. (1990). Taxonomy of fungi in the genus *Fusarium* with emphasis on *Fusarium oxysporum*. p. 27-35. In Re. Ploetz(ed.). *Fusarium wilt of banana*. American Phytopathological Society Press. St. Paul
- Nemec, S., Datnoff, L.E. and Strandberg, J. 1998. Efficacy of biocontrol agents in plating mixes to colonize plant roots and control root. *Crop Protection* 15:735-742.

- Osorio, W. y González O. (2008) Determinación de la dependencia micorrizal del lulo. Revista Acta biol. Colomb., Vol. 13 (2), 163 – 174.
- Restrepo., Montoya, M., (2015) F., Moreno, N., & Mejía, P. (2011). Impacto del manejo de agroquímicos, parte alta de la microcuena Chorro Hondo, Marinilla, 2011. Rev. Fac. Nac. Salud Pública, 26-35.
- Revelo, J. y Sandoval, P. (2003). Factores que afectan la producción y productividad de la naranjilla (*Solanum quitoense* Lam) en la región amazónica del Ecuador. Quito-Ecuador. 108p.
- Ríos G, Rodríguez JL, Franco G. 2002. Características socioeconómicas de los productores de lulo. En: Giraldo MJ, Franco G, editores. El cultivo del lulo. Manual técnico. Manizales, Colombia: Asohofrucol, Corpoica, Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola.
- Ríos, E. (2016). *Evaluación de dos especies de Trichoderma para el manejo de enfermedades fúngicas que afectan al cultivo del tomate (Solanum lycopersicum Mill) a nivel radicular en condiciones de invernadero.* (Tesis de maestría). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Rodriguez, T., Sanchez, J., Morales, E., Cruz F. (2006) Interacción micorrizas arbusculares *Trichoderma harzianum* (Moniliaceae) y efectos sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* (Poaceae). Rev. Acta Biológica Colombiana, Vol. 11 (1), 2006 pp 43 – 54.
- Roveda, G.; Ramírez, M.M.; Cabra, L.; Peñaranda, A. (2009). Biofertilización en el cultivo de la mora. En: Barrero, L. (ed) Caracterización, evaluación y producción de material limpio de mora con alto valor agregado. Corpoica. Produmedios. p.43-56.
- Tamayo P.J. (2003). Principales enfermedades de tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia. Boletín técnico 20. Convenio Corpoica – Alcaldía de Medellín. Rionegro Antioquia.

Tamayo, P., Navarro, R. y M, de la Rotta. 2003. Enfermedades del cultivo de lulo en Colombia

En: Boletín técnico N 18 Guía de diagnóstico y control. 2 ed. Rionegro, Antioquia:

CORPOICA,2003. 48p.

Tejada, G., Rodriguez J., Martinez, R., Garcia, R. Producción y efectividad de un biopreparado a

partir de *Bacillus subtilis* con actividad antagonista y estimuladora del crecimiento vegetal. Centro

de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), Cuba.

# Anexos

## Anexo 1. Encuesta

DIAGNOSTICO DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN CULTIVOS DE LULO Y PRÁCTICAS DE MANEJO UTILIZADAS POR AGRICULTORES DEL MUNICIPIO DE TOLEDO N.DE.S.

### ASPECTOS SOCIOECONOMICOS

Nombres: Rogve Apellidos: San Agre Documento de identidad: 88 305 307  
Vereda: La Colada Finca: Esperanza Numero de celular: 321 2944 888  
Área total cultivada: 900 planks Ha. Área cultivada en lulo: 1 Ha.

### ASPECTOS SANITARIOS

1. ¿Cuáles de los siguientes problemas fitosanitarios se le han presentada en su finca?



Pasador del fruto



Nematodos



Marchitez vascular



Antracnosis

ELABORO:  
BRAYAN ARMANDO ARAQUE FLOREZ  
CARLOS SNEIDER SANDOVAL BECERRA

DIAGNOSTICO DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS FITOSANITARIOS EN CULTIVOS DE LULO Y PRÁCTICAS DE MANEJO UTILIZADAS POR AGRICULTORES DEL MUNICIPIO DE TOLEDO N.DE.S.

MANEJO DE PROBLEMAS SANITARIOS

2. Cuáles son los manejos son los más utilizados para el manejo de los problemas sanitarios.

Cultural\_\_ Mecánico\_\_ Cultural\_\_ Etológico\_\_ Biológico\_\_ Químico

3. Alguna vez le ha tocado erradicar el cultivo por alta incidencia de enfermedades.

Si  No\_\_

4. Hace desinfección de herramientas en las podas.

Si\_\_ No

5. Realiza procesos de compostaje de materia orgánica.

Si\_\_ No

6. Utiliza materia orgánica con registro ICA.

Si  No\_\_

7. Ha utilizado productos biológicos en el manejo de las enfermedades del cultivo de lulo.

Si\_\_ No

8. Ha utilizado micorrizas en el cultivo de lulo.

Si\_\_ No

9. Estaría dispuesto a usar alternativas biológicas como bioestimulante y prevención de enfermedades en el cultivo de lulo.

Si  No\_\_

Observaciones:

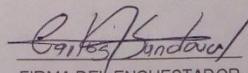
---

---

---

\*Roberto R. Santafec B

FIRMA DEL PRODUCTOR  
CC. 88305307

  
FIRMA DEL ENCUESTADOR  
CC.

ELABORO:  
BRAYAN ARMANDO ARAQUE FLOREZ  
CARLOS SNEIDER SANDOVAL BECERRA



*Anexo 2. Diseño experimental en semillero*



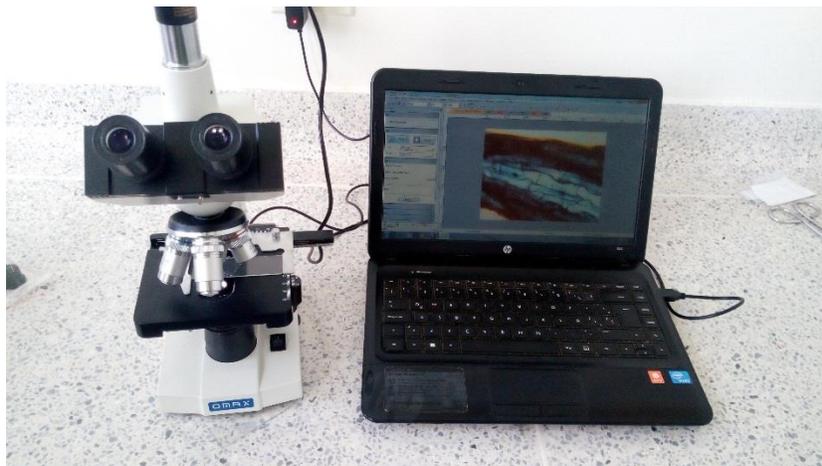
*Anexo 3. Aplicación del producto*



*Anexo 4. Medición del volumen de la raíz.*



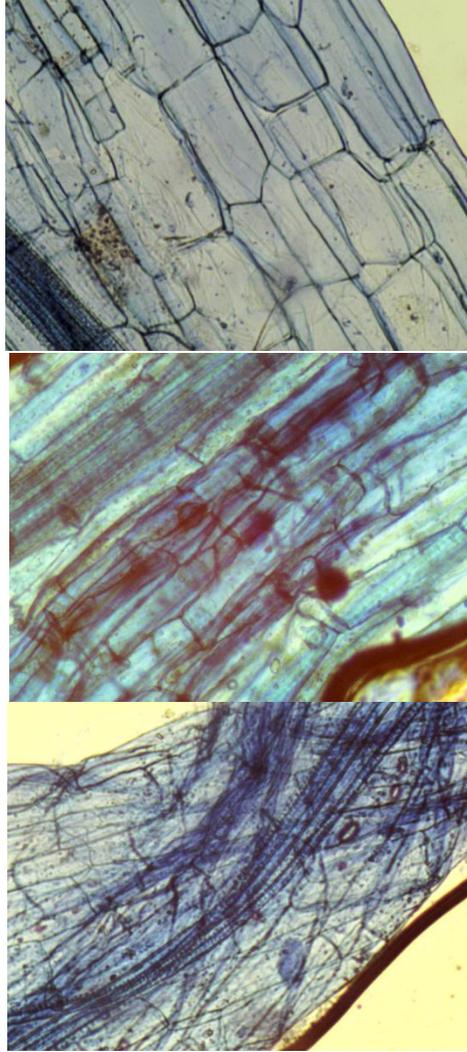
*Anexo 5. Tinción de raíces*



*Anexo 6. Observación de hifas, vesículas y arbusculos en el microscopio.*



*Anexo 7. Medición de altura en campo.*



*Anexo 8. Observación de testigo, vesículas y arbusculos*



*Anexo 9. Sintomatología de Fusarium oxysporum en campo.*