



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE
LA AGRICULTURA**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AGROPECUARIO**

**TEMA: “LABORES AGRONÓMICAS EN EL CULTIVO DE PIMIENTA
(*Piper nigrum* L.) PARA DISMINUIR LA AFECCIÓN POR *Fusarium
solani* f. sp. piperis, EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.”**

AUTOR:

BAZURTO IBUJÉS, RAÚL DAVID

DIRECTOR:

Mgs. VACA PAZMIÑO EDUARDO PATRICIO

SANTO DOMINGO - ECUADOR|

2018



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación ***“LABORES AGRONÓMICAS EN EL CULTIVO DE PIMIENTA (*Piper nigrum* L.) PARA DISMINUIR LA AFECCIÓN POR *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS*”** realizado por el señor egresado ***RAÚL DAVID BAZURTO IBUJÉS***, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, técnicos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditar y autorizar al señor ***RAÚL DAVID BAZURTO IBUJÉS*** para que sustenten públicamente el mencionado tema.

Santo Domingo, 23 de Febrero del 2018

Ing. PATRICIO VACA, Mgs.

DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **RAÚL DAVID BAZURTO IBUJÉS**, con cédula de identidad N° 2300330525 declaro que este trabajo de titulación **“LABORES AGRONÓMICAS EN EL CULTIVO DE PIMIENTA (*Piper nigrum* L.) PARA DISMINUIR LA AFECCIÓN POR *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, ha si como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello, me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Santo Domingo, 23 de febrero del 2018

RAÚL DAVID BAZURTO IBUJÉS

C.C. 2300330525



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

AUTORIZACIÓN

YO, **RAÚL DAVID BAZURTO IBUJÉS**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“LABORES AGRONÓMICAS EN EL CULTIVO DE PIMIENTA (*Piper nigrum L.*) PARA DISMINUIR LA AFECCIÓN POR *Fusarium solani f. sp. piperis*, EN SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Santo Domingo, 23 de febrero del 2018

RAÚL DAVID BAZURTO IBUJÉS

C.C. 230033052-5

DEDICATORIA

A mi amado Dios por darme la fuerza y voluntad para cumplir mis objetivos y por guiarme por buen camino hacia el éxito profesional.

A mis queridos padres Silvana y Raúl, por darme la vida, educarme y criarme con cariño y amor.

A mis otros padres, Sefora y Jorge, que me han inculcado buenos valores desde mi niñez hasta ahora, además de apoyarme en todos los momentos de mi vida y siempre confiar en mí.

A mi tía Mónica, que gracias a su apoyo y cariño, se me facilitó la posibilidad de seguir con mis estudios académicos.

A mi estimado Ing. Duarte Robalino, que por su voluntad y paciencia me dio la posibilidad de realizar mis prácticas profesionales y gracias a ello poder culminar con mi carrera de ingeniería.

A toda mi familia, amigos y compañeros, por ser parte de mi vida y que gracias a su apoyo, logre culminar con esta fase de mi vida profesional.

Raúl David Bazurto Ibujés

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” extensión Santo Domingo y a todo su personal docente y administrativo, por permitir formarme profesionalmente y ser parte de una institución de alta calidad académica.

Al Ing. Patricio Vaca, por ser una gran persona y docente, agradezco su incondicional apoyo y confianza puesta en mí durante mi carrera profesional y para realizar este proyecto de investigación.

A los ingenieros Javier Romero, Vicente Anzules y Vinicio Uday por su valioso aporte al proyecto de investigación durante el proceso de implementación.

Al P.h.D. Santiago Ulloa que por su gestión y voluntad, me brindo la posibilidad para realizar este proyecto de investigación.

A mi familia y amigos por ser el pilar principal que me ha brindado las fuerzas suficientes para realizar mi trabajo de investigación y gracias por estar ahí conmigo en los buenos y malos momentos.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
CARÁTULA	
CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.4. OBJETIVOS	5
1.4.1. Objetivo General	5

1.4.2.	Objetivos Específicos.....	6
1.4.3.	OBJETIVO INSTITUCIONAL.....	6
1.4.4.	Hipótesis nula.....	6
1.4.5.	Hipótesis alterativa.....	6
2.1.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.2.	CULTIVO DE LA PIMIENTA	7
2.2.1.	Origen	7
2.2.2.	Clasificación Botánica	7
2.2.3.	Descripción Botánica.....	7
2.2.4.	Rendimiento.....	8
2.2.5.	Requerimientos Edafoclimáticos	8
2.2.6.	Principales Enfermedades Del Cultivo De Pimienta	9
2.2.6.1.	Fusariosis o pudrición radical	9
2.2.6.1.1.	Agente causal.....	9
2.2.6.1.2.	Descripción del agente causal.....	9
2.2.6.1.3.	Síntomas.....	10
2.2.7.	Vía de penetración e infección.....	10
2.2.7.1.1.	Método de propagación.....	10

2.2.7.1.2.	Manejo de la enfermedad.....	11
2.2.7.1.2.1.	Manejo cultural	11
2.2.7.1.2.2.	Control químico	11
2.3.	OPCIONES COMERCIALES DE CONTROL DE <i>Fusarium</i>	13
2.3.1.	Hymexazol	13
2.3.1.2.	Grupo químico	14
2.3.1.3.	Acción Fitosanitaria	14
2.3.1.4.	Modo De Acción.....	14
2.3.2.	Propamocarb	14
2.3.2.1.	Composición porcentual	15
2.3.2.2.	Grupo Químico	15
2.3.2.3.	Acción Fitosanitaria	15
2.3.2.4.	Modo De Acción.....	15
2.3.3.	Cocteles Microbianos.....	16
2.3.3.1.	Composición	17
2.3.3.2.	Funciones	18
2.4.	LABORES AGRONÓMICAS.....	19
2.4.1.	Preparación Del Suelo.....	19

2.4.2.	Siembra	19
2.4.3.	Fertilización	19
2.4.4.	Riego	20
2.4.5.	Control De Malezas	20
2.4.6.	Control De Plagas Y Enfermedades	20
2.4.7.	Estrategias integradas para controlar enfermedades de plantas	20
2.4.7.1.	Métodos de control de enfermedades	21
2.4.7.1.1.	Métodos reglamentarios	21
2.4.7.1.2.	Métodos culturales	21
2.4.7.1.3.	Métodos biológicos	22
2.4.7.1.4.	Métodos químicos	22
3.1.	METODOLOGÍA	23
3.1.1.	Ubicación Del Lugar De Investigación.....	23
3.1.2.	Ubicación Política	23
3.1.3.	Ubicación Ecológica	23
3.1.4.	Ubicación geográfica	25
3.2.	MATERIALES	25
3.3.	MÉTODOS	26

3.3.1.	Diseño Experimental.....	26
3.3.2.	Análisis Estadístico.....	29
3.3.3.	Variables a Medir.....	30
3.3.4.	Métodos Específicos De Manejo Del Experimento.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....		35
4.1.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MATERIAL VEGETAL ENFERMO.....	35
4.2.	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL SUELO.....	35
4.3.	DIÁMETRO DE TALLO.....	37
4.4.	NÚMERO DE RAMAS PLAGIOTRÓPICAS.....	40
4.5.	PORCENTAJE DE PLANTAS ENFERMAS.....	42
4.6.	RENDIMIENTO EN Tn/ha.....	46
4.7.	ANÁLISIS ECONÓMICO B/C.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		51
5.1.	CONCLUSIONES.....	51
5.2.	RECOMENDACIONES.....	52
VI.	BIBLIOGRAFÍA.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No		Página
Cuadro 1.	Composición porcentual del Hymexazol.	13
Cuadro 2.	Composición porcentual del Propamocarb.	15
Cuadro 3.	Composición de microorganismos benéficos.	17
Cuadro 4.	Tratamientos aplicados en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección de <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.	27
Cuadro 5.	Análisis de varianza conducido en un diseño de bloques completamente al azar. ..	29
Cuadro 6.	Poblaciones iniciales y finales de microorganismos más relevantes en el suelo del ensayo de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.	36
Cuadro 7.	Análisis de varianza general para la variable diámetro de tallo (cm) en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas. ..	37
Cuadro 8.	Análisis de varianza para la variable número de ramas plagiotrópicas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.	40
Cuadro 9.	Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas enfermas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir	

la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas... ..	43
Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento en Tn/ha en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.....	47
Cuadro 11. Análisis económico B/C de los tratamientos.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No	Página
Figura 1. Ubicación geográfica de la cooperativa 30 de noviembre.	25
Figura 2. Prueba de Duncan 5% para la variable diámetro de tallo (cm) en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas. ...	38
Figura 3. Prueba de Duncan 5% para la variable número de ramas plagiotrópicas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas. ...	41
Figura 4. Prueba de Duncan 5% para la variable porcentaje de plantas enfermas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas. ...	44
Figura 5. Prueba de Duncan 5% para la variable rendimiento tn/ha en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (<i>Piper nigrum</i> L.) para disminuir la afección por <i>Fusarium solani</i> f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.	48

RESUMEN

Evaluar el efecto de alternativas para el manejo de *Fusarium* spp en pimienta es vital para mejorar los rendimientos del cultivo. La investigación fue realizada en Santo Domingo parroquia Luz de américa las coordenadas del área de investigación son x:682636; y: 9954154, la altitud 253 msnm, temperatura de 23,6 °C, y HR 91 %. Se identificó el agente *Fusarium solani* var piperis. mediante análisis de laboratorio en la Estación Experimental Pichilingue INIAP. La literatura menciona que crear condiciones favorables para el establecimiento de hongos benéficos es una alternativa viable para la protección de los cultivos, el área del ensayo fue 1584 m². Se probaron cinco métodos de control de *Fusarium* spp; labores agronómicas, labores agronómicas + propamocarb, labores agronómicas + hymexazol, Labores agronómicas + microorganismos comerciales y Labores agronómicas + Propamocarb + Microorganismos comerciales. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de plantas enfermas, número de ramas plagiotrópicas, diámetro de tallo y rendimiento en tn/ha. Los mejores tratamientos para el control de fusariosis fueron: Hymexazol, Propamocarb y Propamocarb + microorganismos comerciales más labores agronómicas. El tratamiento propamocarb presentó mejor estimulación al desarrollo de ramas plagiotrópicas y mejores rendimientos en tn/ha. El tratamiento Hymexazol presentó mejor diámetro de tallo. El tratamiento Propamocarb es el más rentable ya que por cada dólar invertido se genera \$ 1,42, el tratamiento Hymexazol genera por cada dólar de inversión \$ 1,33 aplicar labores agronómicas combinadas con los fungicidas mencionados previene la afección por *Fusarium* en pimienta, mejora la calidad de la planta y mejora los ingresos económicos.

PALABRAS CLAVE:

- **PIMIENTA**
- **FUSARIUM PIMIENTA**
- **NUSOIL**
- **PROPAMOCARB**
- **HYMEXAZOL**

ABSTRACT

To evaluate the effect of alternatives for the management of *Fusarium* spp on pepper is vital to improve crop yields. The investigation was conducted in Santo Domingo parish Luz de America the coordinates of the research area are x: 682636; and: 9954154, the altitude 253 masl, temperature of 23.6 ° C, and RH 91%. HE identified the agent *Fusarium solani* var *piperis*. through laboratory analysis in the INIAP Pichilingue Experimental Station. The literature mentions that creating conditions favorable for the establishment of beneficial fungi is a viable alternative for the protection of crops, the test area was 1584 m². Five methods of control of *Fusarium* spp were tested; agronomic work, agronomic work + propamocarb, agronomic work + hymexazole, agronomic work + commercial microorganisms and agronomic work + Propamocarb + commercial microorganisms. The variables evaluated were: percentage of diseased plants, number of plagiotropic branches, stem diameter and yield in tn / ha. The best treatments for the control of fusariosis were: Hymexazol, Propamocarb and Propamocarb + commercial microorganisms plus agronomic work. The propamocarb treatment presented better stimulation to the development of plagiotropic branches and better yields in tn / ha. The Hymexazol treatment presented better stem diameter. The Propamocarb treatment is the most profitable since for every dollar invested \$ 1.42 is generated, the Hymexazole treatment generates \$ 1.33 for each dollar of investment, applying agronomic tasks combined with the aforementioned fungicides prevents the *Fusarium* affection in pepper, improves the quality of the plant and improves the economic income.

KEYWORDS:

- **PEPPER**
- **FUSARIUM SPP**
- **COMMERCIAL MICROORGANISMS**
- **PROPAMOCARB**
- **HYMEXAZOL**

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

La pimienta (*Piper nigrum* L.) es una de la especias más comercializada en el mundo. Además del uso en la alimentación, la pimienta se utiliza en la medicina. El consumo de pimienta es útil para el ser humano tanto en su nutrición así como en su salud. La pimienta es un antioxidante natural que mejora la circulación sanguínea reduciendo el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, y además actúa en la prevención el cáncer, entre otros beneficios (Andújar & Moya, 2009).

Los mayores productores y exportadores de pimienta son Vietnam (98 494 Tn), Indonesia (45 760 Tn), Brasil (40 529 Tn), Malasia (18 206 Tn), India (14 049 Tn), Sri Lanka (4 853 Tn), Ecuador (3 705 Tn), China (3 529 Tn), Madagascar (1 000 Tn) y Tailandia (500 Tn) (Rivadeneira & Haro, 2009).

Los mayores importadores de pimienta son Estados Unidos (46 616 Tn), Alemania (17 518 Tn), Países Bajos (12 772 Tn), Francia (8 847 Tn), Reino Unido (6 458 Tn) y otros (113 013 Tn) (Benitez & Lopez, 2002).

En el Ecuador, la pimienta negra fue introducida a inicios de la década de 1970. Se llega a conocer las plantas de pimienta, principalmente en la Amazonía, pero el verdadero eje

productivo comienza en la zona del Carmen y Valle Hermoso produciéndose en monocultivos con miras de exportación. En el Ecuador existe un total de 929,68 ha de pimienta en monocultivo y 123,50 ha de pimienta negra en cultivos asociados, desarrollándose en algunas zonas como en el noroccidente de Pichincha (Sto. Domingo, Puerto Quito), Manabí (El Carmen, Chone, Flavio Alfaro, Santa Ana, Junín, Portoviejo, San Plácido, Calderón, Puerto Cayo), Esmeraldas (Quinindé, La Concordia), Los Ríos (Quevedo), Guayas (El Triunfo) y en la Amazonía Ecuatoriana (Coca, Tena) (Cordova, 2012).

El Ecuador generó \$ 4 181 000, teniendo como principal mercado a Estados Unidos de Norteamérica con una exportación de 1 740 Tn y a Canadá con 397 Tn. También exporto a Colombia (176 Tn), Perú (125 Tn), Bolivia (0,42 Tn), Alemania (280 Tn), España (235 Tn) e Italia (88 Tn). De esta manera se ha identificado una marcada aceptación del producto a nivel internacional (Rivadeneira & Haro, 2009).

A pesar de que el cultivo de la pimienta tiene una producción considerable, este cultivo no logra expresar su potencial de producción ya que es afectado principalmente por hongos de suelo. La pudrición radical provocada por *Fusarium solani*, es la principal y más común enfermedad que ataca a la pimienta, causando pudriciones en el pie del tronco y las raíces (Andújar & Moya, 2009).

Esta enfermedad se complementa muchas veces por el uso indebido o la falta de agroquímicos, otras veces por no eliminar los residuos de cosechas anteriores o no atender adecuadamente las múltiples labores que demanda este cultivo, así también el

desconocimiento del manejo de este patógeno, entre otras razones hacen muchas veces de este sistema de producción un método contaminante con el ambiente (FAO, 2003).

Por tales motivos, para el control de enfermedades en especies vegetales, debe programarse la integración de todas las posibilidades de control, racionalizando el uso de productos fitosanitarios para causar el mínimo impacto ambiental y económico, así como también que los productos cosechados sean inocuos (FAO, 2000).

1.2. JUSTIFICACIÓN

El cultivo de la pimienta es importante en la agricultura de la región, puesto que tiene gran demanda en el mercado nacional e internacional. Su crecimiento en áreas de cultivo en el Ecuador es constante, así como en otras partes del mundo, puesto que es otra alternativa de cultivo, que le permite al agricultor diversificar su producción agrícola.

Las exportaciones de pimienta del Ecuador, muestran una tasa de crecimiento promedio anual del 60%, generando la motivación para su incremento con miras a satisfacer la demanda del sector externo (Cordova, 2012).

El clima y suelo de Santo Domingo los Tsáchilas, permite ser una zona productora de este cultivo, potencializando su producción y crecimiento.

Sus daños desencadenan una serie de afecciones generalmente de carácter irreversible, debido a la fácil diseminación de la enfermedad, su habilidad para colonizar suelos, sus eficientes mecanismos de diseminación y defensa, no realizar prácticas agronómicas adecuadas, la poca tecnología de producción, al uso inadecuado o inexistente de pesticidas, uso material de siembra no certificado, la falta de alternativas de control de la enfermedad por parte de los productores originando pérdidas económicas hasta del 100% (Villa, Pérez, Morales, Basurto, Soto, & Martínez, 2014).

El crear condiciones supresivas en los suelos, que eviten el desarrollo de este hongo, se convierte en una alternativa viable para reducir su incidencia (Hernan, 2011). Esto puede lograrse adicionando contenidos de materias orgánicas de calidad al suelo, ya que las actividades microbianas favorecen el establecimiento de hongos benéficos, dándose frecuentes interacciones entre microorganismos del suelo y hongos fitopatógenos (Guzman, 2005).

Debido a la falta de informaciones precisas relacionadas al manejo del *Fusarium sp*, el propietario de la plantación en cuestión se ve obligado a un constante empleo de pesticidas, que le significa un valor de \$360/ha/año, esto incrementa sus costos de producción hasta en un 41 %, que en si el problema principal es la muerte de plantas y la diseminación de la enfermedad, la contaminación ambiental y los daños a la salud, por lo que es necesario desarrollar alternativas probadas que permitan el manejo de esta enfermedad con mínimos impactos al ambiente, la salud y la economía.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la zona de Santo Domingo el ataque de *Fusarium* es el principal limitante en la producción de pimienta, lo que ocasiona una disminución en la producción y la muerte de plantas, causando pérdidas económicas al productor.

La fácil diseminación de la enfermedad, el no realizar prácticas agronómicas adecuadas, la poca tecnología de producción, uso inadecuado o inexistente de pesticidas, material de siembra no certificado, la falta de alternativas de control de la enfermedad por parte de los productores.

La producción de pimienta no ha logrado su potencial productivo, pérdida de plantas, mayor diseminación de la enfermedad, limitación de nuevos emprendimientos, consumos de agroquímicos, estimulación de la migración del campesino y sus familias a la zona urbana, desencadenando una serie de problemas sociales.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Aplicar labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección de *Fusarium solani* f. sp. *piperis*, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de cinco tratamientos para para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis en el cultivo de pimienta.
- Evaluar la respuesta agronómica de los tratamientos a las variables: Porcentaje de plantas enfermas, número de ramas plagiotrópicas, diámetro de tallo y rendimiento en Tn/ha.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos utilizados en la investigación.

1.4.3. OBJETIVO INSTITUCIONAL

- Compartir los resultados obtenidos dirigido a productores de pimienta.

1.4.4. Hipótesis nula

- Las labores agronómicas no reducen la afectación por *Fusarium solani* f. sp. piperis en el cultivo de pimienta.

1.4.5. Hipótesis alterativa

- Las labores agronómicas reducen la afectación por *Fusarium solani* f. sp. piperis en el cultivo de pimienta.

CAPÍTULO II

2.1. REVISIÓN DE LITERATURA

2.2. CULTIVO DE LA PIMIENTA

2.2.1. Origen

La pimienta tiene su origen en los Ghats en la costa de Malabar, suroeste de La India (Andújar & Moya, 2009).

2.2.2. Clasificación Botánica

Según Andújar & Moya (2009), la clasificación botánica es la siguiente:

Género: *Piper*

Especie: *nigrum*

Nombre científico: *Piper nigrum L.*

2.2.3. Descripción Botánica

Liana trepadora de hasta 10 metros de alto. Compuesta por 3 o más de 5 tallos principales de crecimiento ortotrópico, ramas fructíferas de crecimiento plagiotrópico y tallos de crecimiento geotrópicos al nivel del suelo. Sus hojas son pecioladas, alternas y simples. Las inflorescencias son espigas de 3 a 15 cm con 50 a 150 flores monóicas, dioicas o hermafroditas. El fruto es una drupa de color verde y que al madurar cambian a amarillo y después a rojo. La semilla es de 3 a 4 mm de diámetro y el peso de 100 granos varia de 3 a 8 g. La rizósfera puede constituirse de hasta 20 raíces principales, llegando a encontrarse del 85 al 90% en una profundidad de 60 cm. El sistema radicular es superficial, por lo que se requiere evitar el laboreo en exceso cerca de la planta (Andújar & Moya, 2009).

2.2.4. Rendimiento

En el primer año de producción, el rendimiento promedio anual es de 710 kg/ha; en el segundo año es de 2 300 kg/ha; en el tercer año es 7 000 kg/ha. Se obtiene una producción estándar alrededor de los 11 000 kg/ha a partir del cuarto año, prolongándose de 15 a 20 años (Rivadeneira & Haro, 2009).

2.2.5. Requerimientos Edafoclimáticos

Según Andújar & Moya (2009), los requerimientos edafoclimáticos del cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) son:

Temperatura: 23°C - 32°C

Humedad relativa: 60 a 90%

Precipitación: 1,250 a 2000 mm/año

Altitud: 0 a 400 msnm

pH: 5,5 y 6,5

Topografía: Pendiente entre 3 y 7 grados de inclinación

Textura: Arcillo-arenosa o areno-arcillosa.

2.2.6. Principales Enfermedades Del Cultivo De Pimienta

2.2.6.1. Fusariosis o pudrición radical

2.2.6.1.1. Agente causal

El agente causal es *Fusarium solani* f. sp. piperis.

2.2.6.1.2. Descripción del agente causal

Fusarium solani es un hongo del orden Hypocreales con micelios septados que produce conidios que le sirven para multiplicarse asexualmente. En la fase sexual recibe el nombre de Nectria haematococca y produce peritecios como estructura de reproducción en donde se desarrollan las ascosporas (Andújar & Moya, 2009).

2.2.6.1.3. Síntomas

Andújar & Moya (2009), Rivadeneira & Haro (2009) e IPC (2010), sostienen que en las plantas de pimienta afectadas por *Fusarium solani*, presentan una pudrición en las raíces, tallo y ramas. Donde la infección comienza con una necrosis del sistema radicular y la base del tronco, pudiéndose observar una exudación brillante de color negro. Los autores señalan que las lesiones necróticas se observan hacia abajo, en la parte inferior de las ramas productivas con vasos descoloridos pero con corteza sana. Por último, manifiestan que ocurre un amarillamiento pálido de las hojas finalizando con la caída gradual de las hojas y frutos, y que debido a la muerte de la parte aérea de la planta, esta puede tardar entre tres a cuatro meses para morir totalmente.

2.2.7. Vía de penetración e infección

Es a través de heridas en el pie del tronco, causadas por el viento (debido a movimiento o sacudida por tener un tutor débil) o por herramientas. También, a través de lesiones en las raíces por la alta humedad en el suelo y la acción de nematodos (Andújar & Moya, 2009).

2.2.7.1.1. Método de propagación

Según IPC (2007), los métodos de propagación son

- A través del contacto de la raíz;
- Vectores: Gorgojo de la pimienta (*Peridinetus*);

- Ambiente: través del aire o del suelo, (temporada de lluvias).

2.2.7.1.2. Manejo de la enfermedad

2.2.7.1.2.1. Manejo cultural

IPC (2010), señala que se debe realizar la remoción y quema de plantas infectadas y muertas para disminuir la fuente de inóculo, suministrar drenaje mediante la apertura de desagües, aplicación equilibrada de fertilizantes. Andújar et al. (1997), citado por Andújar & Moya (2009), mencionan que se debe escoger lugares donde la pendiente sea de 3 a 7 grados, utilizar un buen distanciamiento de siembra, realizar podas de las ramas basales que se encuentren cerca del suelo a aproximadamente 0,5 m para mantener una buena ventilación e iluminación, realizar poda a los tutores por lo menos 3 veces al año, realizar chapeos y desyerbas manuales cerca de los tallos para evitar daños de raíces y del tronco, no colocar las ramas podadas cerca del tronco de la planta durante la época invernal. Además, en las parcelas infectadas, se debe evitar trabajar en época de invierno, por lo cual se debe esperar hasta llegada de la época seca y después de realizar las labores se debe desinfectar las herramientas.

2.2.7.1.2.2. Control químico

Duarte y Albuquerque (2005), citados por Andújar y Moya (2009), mencionan que se debe aplicar soluciones de fungicidas a base de carbendazín o tiabendazol con una dosis de 1g/L en la etapa de vivero y 15 días antes de ser trasladadas al campo. También indican que es

necesario aplicar estos fungicidas al momento de realizar podas; y en plantas ubicadas cerca de plantas afectadas, lo recomendable es aplicar 5 litros por planta de una solución de carbendazin o tiabendazol a una dosis de 2g/L.

Mientras que IPC (2010), recomienda como tratamiento realizar aplicaciones de un fungicida selectivo, usando una solución de carbendazim al 0,2%, 5-10 litros / planta, aplicándola como un drenaje del suelo alrededor de las plantas enfermas.

Leal (1997), señala que a las plantas de pimienta se las debe tratar cada 15 días con tiabendazol a una dosis de 1ml/L, alternando con aplicaciones de captan o mancozeb a una dosis de 3 g/L mezclándolo con un adherente.

2.2.7.1.2.3. Control biológico

Chu (2005), citado por Andújar y Moya (2009), menciona que los hongos del género micorriza, se pueden usar para combatir el ataque de *Fusarium*. El autor indica que si se inocula las plántulas de pimienta con hongos micorriza tres meses antes de realizar la inoculación con *Fusarium solani f.sp.* demostró que la incidencia de la fusariosis disminuyó entre 50 y 80%.

IPC (2010), indica que se han utilizado mezclas de compuestos orgánicos inoculados con microorganismos efectivos (EM4) como inoculantes del suelo para reducir la enfermedad. Los

ensayos en invernadero han demostrado los efectos beneficiosos de estos compuestos orgánicos conocidos como Bokashi en la reducción de las poblaciones de *Fusarium* en el suelo.

Andújar y Moya (2009), recomiendan aplicar un sustrato enriquecido con *Trichoderma* en concentración igual o mayor a 10 ufc/gramo, aplicando una cantidad de 50 gramos cerca de la base del tallo de cada planta.

2.3. OPCIONES COMERCIALES DE CONTROL DE *Fusarium*

2.3.1. Hymexazol

2.3.1.1. Composición porcentual

Cuadro 1. Composición porcentual del Hymexazol.

Composición porcentual:	Porcentaje en peso
Hymexazol (Equivalente a 360 g de i.a. / L)	30,0 %
Ingredientes inertes:	70,00 %
Total	100%

2.3.1.2. Grupo químico

Isoxazoles.

2.3.1.3. Acción Fitosanitaria

Es un producto sistémico con acción fungistática, controla algunos hongos de suelo, como Fusarium, Phytium, Cortisium y ciertas cepas de Rhyzoctonia en el suelo (Agrociencias, 2016).

2.3.1.4. Modo De Acción

Fortalece el control de enfermedades del suelo, creando una barrera e impidiendo que las enfermedades ataquen al cultivo. Induce el crecimiento radicular debido a que la molécula hymexazol se descompone en N-β glucósido, carbohidrato responsable del efecto del crecimiento radicular, promoviendo rápidamente el crecimiento de las raíces secundarias y pelos absorbentes (Summitagro, 2013).

Tiene alta selectividad al momento de controlar hongos patógenos del suelo sin afectar a los microorganismos útiles y sin alterar su entorno en el que habitan. Funciona como excelente promotor de crecimiento (DEAQ, 2012).

2.3.2. Propamocarb

2.3.2.1. Composición porcentual

Cuadro 2. Composición porcentual del Propamocarb.

Composición porcentual:	Porcentaje en peso
Propamocarb clorhidrato: Propil 3-(dimetilamino) propilcarbamato- hidrocloruro (Equivalente a 695 g I.A./L (20°C))	64 %
Ingredientes inertes:	36 %
Total	100

2.3.2.2. Grupo Químico

Carbamatos.

2.3.2.3. Acción Fitosanitaria

Fungicida sistémico bioestimulante, de acción preventiva y curativa para combatir hongos del suelo y del follaje, del grupo de los Oomicetos: Pythium sp, Phytophthora sp, Peronospora sp, Pseudoperonospora sp, Aphanomyces, Bremia, Plasmopara (Bayer, 2015).

2.3.2.4. Modo De Acción

Su acción preventiva y curativa que protege y controla infecciones por hongos del suelo y el follaje. Es un producto sistémico, siendo capaz de traslocarse dentro de la planta después de su absorción por las raíces a las hojas. Además de su efecto fungicida, tiene una acción bioestimulante en la mayoría de los cultivos (Bayer, 2015).

2.3.3. Cocteles Microbianos

Es una fórmula patentada compuesta de microorganismos nativos del suelo benéficos, y ácidos húmicos que llevan a cabo una serie de funciones que restituyen la fertilidad del suelo y manteniendo la salud del mismo. Es un concentrado de un cóctel de más de 30 cepas de microorganismos que rehabilitan el suelo, haciendo que este sea mucho más fértil, además es altamente compatible con la agricultura sostenible y ecológica. Los microbios en el suelo aumentan el nitrógeno, el fósforo y la disponibilidad de micro - minerales en plantas, y desempeñan un papel clave tanto en la producción de vitaminas y hormonas de las plantas y en la inhibición de patógenos de las mismas. (Biogrow, 2017).

Los microorganismos benéficos actúan a través de diversos mecanismos, fungiendo como bioestimulantes, fitoestimulador, biopesticidas o agentes de biocontrol. Cuando los microorganismos vivos son aplicados en semillas, superficie vegetal o al suelo colonizan la rizósfera o interior de la planta y promueve el crecimiento a través del incremento en el suplemento o disponibilidad de los nutrientes por el hospedero vegetal (Intagri, 2017).

2.3.3.1. Composición

Según Biogrow (2017), la composición de microorganismos benéficos es la siguiente:

Cuadro 3. Composición de microorganismos benéficos.

Micorganismo	UFC/ml
<i>Azorhizobium caulinodans</i>	1 x 10 ⁹
<i>Bacillus subtilis</i>	2 x 10 ⁹
<i>Bacillus licheniformis</i>	1 x 10 ⁹
<i>Bacillus cereus</i>	1 x 10 ⁹
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1 x 10 ⁹
<i>Pseudomonas putida</i>	1 x 10 ⁹
<i>Rhizobium etli</i>	1 x 10 ⁹
<i>Rhizobium phaseoli</i>	2 x 10 ⁹
<i>Rhizobium leguminosarum</i>	1 x 10 ⁹
<i>Trichoderma harzianum</i>	1 x 10 ⁹
<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	1 x 10 ⁹
<i>Trichoderma virens</i>	1 x 10 ⁹
<i>Azospirillum brasilense</i>	1 x 10 ⁹
<i>Azotobacter vinelandii</i>	1 x 10 ⁹

2.3.3.2. Funciones

Según Biogrow (2017), las funciones son:

- Aumentar las sustancias bio-activas necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Mejorar el crecimiento de la raíz.
- Aumentar los efectos de los microbios y organismos beneficiosos.
- Estimular el desarrollo balanceado de las poblaciones de micro flora.
- Ayudar a liberar los micro- nutrientes, poniéndolos a disposición de las plantas.
- Movilización y mineralización de nutrientes.
- Reducir la dependencia de los fertilizantes químicos.
- La producción de fitohormonas.
- Aumento del rendimiento.

La formulación de microorganismos benéficos inhibe los patógenos de plantas y mejora los mecanismos de defensa naturales de la planta. Esta función de control biológico se atribuye principalmente a las cepas de trichoderma que por lo general crecen en la superficie de la raíz y son eficaces contra la enfermedad de la raíz, en particular, pero también pueden ser eficaces contra las enfermedades foliares (Biogrow, 2017).

2.4. LABORES AGRONÓMICAS

Son las labores empleadas dentro del proceso de cultivos, iniciándose desde la preparación del terreno hasta la cosecha. Se conciben como un conjunto de actividades ejecutadas por el productor en el manejo de cultivos (Cayuna, 2010). Las labores agronómicas pueden ser: preparación de tierras, métodos de siembra, selección de variedades, ejecución de cultivos y aporques, manejo del agua y fertilizantes, cosecha, períodos de campo limpio y plantas resistentes (Falconí, 2013).

2.4.1. Preparación Del Suelo

Son actividades realizadas para acondicionar el suelo y favorecer crecimiento y desarrollo de las plantas. Las actividades usadas para la preparación del terreno, son: Arado, Control de Malezas, Desinfección, Drenado, Nivelación del terreno, Rastreo (Cayuna, 2010).

2.4.2. Siembra

Es el efecto de colocar la planta con las condiciones adecuadas en el suelo, con el fin de que desarrollen y produzcan los frutos (Cayuna, 2010).

2.4.3. Fertilización

Consiste en proveer nutrientes que se pierden durante la cosecha. Varía en función de la disponibilidad de nutrientes, a la disponibilidad hídrica y de los requerimientos de los cultivos (Cayuna, 2010).

2.4.4. Riego

Se realiza con el fin aportar agua al suelo mediante diferentes técnicas para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento (Cayuna, 2010).

2.4.5. Control De Malezas

Es aquel control aplicado en las plantas no deseadas. Dentro de las tecnologías para el control de malezas se tiene: Control de malezas tradicional, control de malezas mecánico, control de malezas químico (Cayuna, 2010).

2.4.6. Control De Plagas Y Enfermedades

Es la utilización de todas las alternativas disponibles en el control de plagas, para impedir que los ataques causen pérdidas económicas en los cultivos (Cayuna, 2010).

2.4.7. Estrategias integradas para controlar enfermedades de plantas

Para determinar el impacto económico de las enfermedades de las plantas, se toma en cuenta el daño ocasionado, los costos por prevención y control. Si se planea implementar nuevas técnicas para el control de las enfermedades de las plantas, estas deben garantizar un control seguro y eficaz a un mínimo costo. Casi siempre, aplicamos métodos de control únicamente antes de que las plantas enfermen, es decir, se utilizan métodos preventivos más no curativos. El Manejo Integrado de Plagas (MIP), es un sistema que busca mantener el número de plagas (fitopatógenos) en niveles que no sean perjudiciales para la planta, mediante la utilización de múltiples métodos y técnicas, lo cual implica un plan integrado de manejo de factores químicos, físicos, biológicos, culturales y ambientales (Achicano, 2001).

2.4.7.1. Métodos de control de enfermedades

2.4.7.1.1. Métodos reglamentarios

Se relacionan con disposiciones legales emitidas por autoridades estatales competentes y que permiten restringir las actividades agrícolas con el fin de excluir los patógenos de sus hospederos o de una área geográfica determinada (Achicano, 2001).

2.4.7.1.2. Métodos culturales

Se basan en las labores de cultivo direccionadas a erradicar el patógeno y al suministro de condiciones desfavorables para evitar que se establezca relación del hospedero con el patógeno (Achicano, 2001).

2.4.7.1.3. Métodos biológicos

Se puede lograr mediante el uso de organismos antagónicos. El uso de variedades resistentes es otra alternativa para limitar el crecimiento y desarrollo del patógeno (Achicano, 2001).

2.4.7.1.4. Métodos químicos

El uso de agroquímicos inhiben la germinación, el crecimiento y la reproducción de los patógenos en la planta (Achicano, 2001).

CAPÍTULO III

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Ubicación Del Lugar De Investigación

3.1.2. Ubicación Política

País: Ecuador

Provincia: Santo Domingo de los Tsáchilas

Cantón: Santo Domingo

Parroquia: Luz de América

Propiedad: Finca “Don Jorge”

Dirección: Km 25 vía Quevedo-Santo Domingo, Coop. 30 de noviembre

3.1.3. Ubicación Ecológica

Zona de vida: Bosque húmedo tropical (bh-T)

Altitud: 253 m.s.n.m.

Temperatura: 23,6 °C

Precipitación: 2980 mm año⁻¹

Humedad relativa: 91%

Heliofanía: 660 horas sol año-1 (1,86 horas sol día-1)

Suelos: Franco arenoso

Vegetación: Cultivos anuales, perennes y especies forestales

Coordenada x: 682636

Coordenada y: 9954154-17 M

3.3. MÉTODOS

La plantación tiene tres años de edad, y está establecida con tutores de pambil. El manejo que recibió la plantación constó de controles manuales de malezas, aplicaciones mensuales de fertilizante foliar, control de insectos plaga mediante la aplicación de agroquímicos, podas fitosanitarias. Antes de realizar la investigación, no se había realizado tratamientos para prevenir o controlar, por lo cual, el 7% de la plantación se había perdido a causa de *Fusarium* spp.

Se realizó un análisis microbiológico del suelo antes de la aplicación de los tratamientos para conocer las poblaciones de *Fusarium* spp, luego de esto se realizó otro análisis microbiológico por cada tratamiento más el testigo con la finalidad de observar si progreso la evolución de la población inicial. Las muestras se tomaron en los primeros 20 cm de profundidad, recolectando 300 g de muestra que fue colocada en una bolsa zipper y enviada al laboratorio el mismo día del muestreo.

Se realizaron labores agronómicas (Control de malezas, podas, aplicación de compost, fertilización química, aplicaciones de biol, control de nemátodos con benfuracarb a todos los tratamientos. Y luego se realizaron las aplicaciones de los tratamientos a las plantas en estudio.

3.3.1. Diseño Experimental

3.3.1.1. Factores a probar

Los factores a probar son los insumos a utilizar en el manejo de *Fusarium solani*.

3.3.1.2. Tratamientos a comparar

A continuación en el cuadro 1 se presentan los tratamientos utilizados.

Cuadro 4. Tratamientos aplicados en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección de *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Tratamientos	Insumos	Dosis/ha
T1	Labores agronómicas	
T2	Labores agronómicas+Propamocarb	2L/Ha
T3	Labores agronómicas+Hymexazol	1 L/ha
T4	Labores agronómicas+Microorganismos comerciales (Nusoil)	4L/ha
T5	Labores agronómicas+Propamocarb + Microorganismos comerciales (Nusoil)	2 L/ha y 4L/ha

3.3.1.3. Tipo de diseño

El diseño a utilizado en la investigación fue un DBCA y el modelo estadístico empleado fue:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es la variable respuesta

μ = Es la medida general del experimento

τ_i = Es el efecto del i enésimo tratamiento

β_j = Es el efecto del bloque

ε_{ij} = es el error experimental

3.3.1.4. Repeticiones o bloques

Se utilizaron cuatro repeticiones por cada tratamiento.

3.3.1.5. Características de la UE

Cada unidad experimental contó con dieciséis plantas, que fueron distribuidas en cuatro hileras con cuatro plantas. En la parcela neta se consideraron cuatro plantas (dos hileras con dos plantas).

Número de Unidades Experimentales: 20

Área de la unidad Experimental: 64 m²

Largo: 8 m

Ancho: 8 m

Área de la parcela neta: 4 m²

Largo: 2 m

Ancho: 2 m

Área total del ensayo: 1584 m²

Largo: 44 m

Ancho: 36 m

3.3.2. Análisis Estadístico

3.3.2.1. Esquema del análisis de varianza

A continuación en el cuadro 4 se presenta el análisis de varianza conducido en un diseño de bloques completamente al azar.

Cuadro 5. Análisis de varianza conducido en un diseño de bloques completamente al azar.

Fuente de Variación	Grados de Libertad
Tratamiento	4
Bloque	3
Error Experimental	12
Total	19

3.3.2.2. Coeficiente de variación

Para el cálculo del coeficiente de variación se utilizó la siguiente fórmula:

$$CV = \frac{\sqrt{CM_e}}{X} * 100 =$$

Dónde:

CV = Coeficiente de variación.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental.

X = Promedio de tratamiento

3.3.2.3. Análisis funcional

Para la comparación de las medias de los tratamientos de todas las variables se utilizó la prueba de comparación de medias de Duncan al 5%.

3.3.2.4. Análisis económico

Se realizó un análisis beneficio-costo (B/C) con el fin de evaluar la rentabilidad de los tratamientos a utilizar.

3.3.3. Variables a Medir

3.3.3.1. Porcentaje de plantas enfermas

Se evaluó el porcentaje de plantas enfermas cada 15 días después de la aplicación de los tratamientos, realizando un conteo de las plantas que presenten sintomatología causada por el ataque de *Fusarium solani*.

3.3.3.2. Número de ramas plagiotrópicas

Al cuarto mes de la aplicación de los tratamientos, se contabilizó el número de ramas plagiotrópicas. Un mes después se realizó una segunda evaluación.

3.3.3.3. Diámetro de tallo

Se midió el diámetro del tallo a una altura de 15 cm desde la corona cada 15 días después de la aplicación de los tratamientos, utilizando un pie de rey.

3.3.3.4. Rendimiento en Tn/ha

Al cuarto mes, se obtuvo el peso promedio del fruto de cada tratamiento y se multiplicó con el número promedio de inflorescencias de la planta, obteniendo el rendimiento promedio por planta. El valor obtenido se multiplicó por el número de plantas por ha para obtener el rendimiento en Tn/ha.

3.3.4. Métodos Específicos De Manejo Del Experimento

3.3.4.1. Análisis microbiológico del suelo

Al inicio de la investigación, se realizó un análisis microbiológico en el sitio donde se realizó el estudio con el fin de conocer las poblaciones de *Fusarium spp.* Posterior al estudio, se realizó un análisis microbiológico por cada tratamiento para determinar el progreso de las poblaciones iniciales de *Fusarium spp.* Las muestras de suelo se tomaron en los primeros 20 cm de profundidad, recolectando 300 g de muestra que fue colocada en una bolsa zipper y enviada al laboratorio del INIAP- ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE el mismo día del muestreo.

3.3.4.2. Delimitación del terreno

Al inicio de la investigación, se delimitó el área experimental de 1584 m² y se formaron 20 unidades experimentales con un área de 64m² cada una.

3.3.4.3. Control de malezas

Se realizó un control manual de malezas al inicio de la mediante el uso de un machete. Posteriormente, se realizaron controles químicos a base de Glufosinato de Amonio, con una dosis de 1L/ha cada que existía presencia de malezas.

3.3.4.4. Podas

Se realizaron podas de mantenimiento cada dos meses con la finalidad de eliminar estolones y ramas que se encuentren a una altura de 30 cm para facilitar una buena ventilación e iluminación en la parte baja de la planta para disminuir el porcentaje de humedad y así no crear un habitat en condiciones favorables para el establecimiento de *Fusarium spp.* Además se eliminaron chupones y material vegetativo que no estaba fotosintetizando.

3.3.4.5. Aplicación de compost

A todos los tratamientos, se colocó un kg de biocompost comercial obtenido a partir de la mineralización de residuos animales y vegetales, aplicado en el área de las raíces de cada planta, con el fin de mantener un sustrato que de mejores condiciones a los microorganismos benéficos del suelo.

3.3.4.6. Fertilización

Se aplicó una mezcla de fertilizantes edáficos en la corona de la planta, utilizando por hectárea 100 kg de nitrato de amonio, 100 kg muriato de potasio, 100 kg de sulfato de magnesio y 50 kg de 8-20-20, en una cantidad de 200 g por planta a todos los tratamientos, la cual, se fraccionó en dos aplicaciones de 100 g a los 15 días después de iniciada la investigación y a los 45 días posteriores al primer fraccionamiento, con el fin de aportar a la planta macro y micro nutriente específicos según los requerimientos del cultivo por hectárea.

3.3.4.7. Aplicación de biol

Con el uso de una bomba de mochila, a todos los tratamientos se aplicó biol comercial en forma de drench y se aplicó también al follaje, utilizando la dosis de 1 L/bomba con una frecuencia de aplicación mensual. Esto se realizó para estimular el desarrollo del sistema radicular y la parte vegetativa debido al contenido de fitohormonas contenidas en el biol.

3.3.4.8. Control de nemátodos

Debido a que los nemátodos son agentes que favorecen al ataque de *Fusarium* spp, ya que causan lesiones en las raíces y facilitan la penetración e infección en la planta. Se realizó una aplicación de Benfuracarb en drench a todos los tratamientos, al inicio de la investigación, utilizando una dosis de 0,5 L/ha.

3.3.4.9. Aplicación de tratamientos

Las aplicaciones de los tratamientos dos, tres y cuatro y cinco con una frecuencia mensual hasta completar cinco aplicaciones. La aplicación de Propamocarb se realizó en forma de drench y dirigida al follaje, utilizando una dosis de 2cc/L y 160 ml de solución por planta hasta completar cinco aplicaciones. Mientras que para la aplicación de los microorganismos benéficos, se realizó en drench, utilizando un diluyente con base de extractos de algas (Seaweed extract), aplicando 200 ml de solución por planta. En la aplicación de Hymexazol, se realizó en drench, en dosis de 1cc/L y una cantidad de 200 ml de solución por planta.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE MATERIAL VEGETAL ENFERMO

Se realizó un análisis microbiológico de una planta muerta antes de realizar la investigación para determinar el agente causal. El material recolectado fue el sistema radicular y ramas ortotrópicas que fueron colocadas en una bolsa y llevadas el mismo día al laboratorio de fitopatología del INIAP-ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE. La muestra vegetal, tuvo como resultado la presencia de *Fusarium* spp y *Lasiodiplodia* spp. Andújar & Moya (2009), señalan a *Fusarium solani* como principal agente causal de la pudrición radical en plantas de pimienta, lo cual, concuerda con el resultado del análisis de laboratorio, ya que se determinó que el hongo del genero *Fusarium* fue el que provocó una necrosis descendente a nivel de ramas, encontrándose los haces vasculares taponados y de coloración negruzca hasta la base de la planta.

4.2. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL SUELO

Cuadro 6. Poblaciones iniciales y finales de microorganismos más relevantes en el suelo del ensayo de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Tratamiento	Organismos	Unidades formadoras de colonias (UFC/g)r	Fecha
Línea base	Bacterias	$24,5 \times 10^6$	03/04/2017
	Hongos(Trichoderma)	7×10^6	03/04/2017
T1	Bacterias	$24,5 \times 10^6$	16/11/2017
	Hongos(Penicillium spp, Aspergillus spp)	6×10^6	16/11/2017
	Bacterias	$5,6 \times 10^7$	16/11/2017
T2	Hongos(Trichoderma spp, Penicillium spp)	$48,5 \times 10^5$	16/11/2017
	Bacterias	$34,6 \times 10^6$	16/11/2017
T3	Hongos(Trichoderma spp, Penicillium spp y Aspergillus spp)	$3,7 \times 10^6$	16/11/2017
T4	Bacterias	$15,6 \times 10^5$	16/11/2017
	Hongos(Trichoderma spp)	5×10^6	16/11/2017
T5	Bacterias	$2,4 \times 10^5$	16/11/2017
	Hongos(Penicillium spp)	3×10^5	16/11/2017

Fuente : INIAP. ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE. Laboratorio de fitopatología, 2017.

En el cuadro 5 se indica que la población inicial de hongos benéficos del género *Trichoderma* fue de 7×10^6 . A pesar de que en la muestra vegetal enviada al laboratorio tuvo el diagnóstico de la presencia *Fusarium* spp, se entiende que el *Fusarium* en el suelo es cosmopolita y tiene la capacidad para colonizar fácilmente suelos agrícolas Arbeláez (2000), pero no se encontraron poblaciones de *Fusarium* spp en la línea base debido a la presencia de colonias de hongos *Trichoderma* para conteo, suponiendo que este enmascara la presencia de otros. Sin embargo este resultado demuestra la alta población de *Trichoderma* spp, por lo que existe un beneficio frente a patógenos del suelo, por lo que no se encontró colonias de *Fusarium* spp.

4.3. DIÁMETRO DE TALLO

Cuadro 7. Análisis de varianza general para la variable diámetro de tallo (cm) en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

F.V.	Gl	Evaluación 1		Evaluación 2		Evaluación 3		Evaluación 4		Evaluación 5	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Tratamiento	4	0,12	0,1324	0,09	0,1873	0,014	0,156	0,0163	0,103	0,22	0,07

Ninguna evaluación se mostró diferencia estadística significativa para el porcentaje de plantas enfermas ($p>0,05$). Lo mencionado anteriormente permite aceptar la hipótesis nula.

A pesar de no haber encontrado diferencia significativa para la variable diámetro de tallo (cm) en la evaluación cinco, a continuación en la figura 4 se presentan las comparaciones de tratamientos según la prueba de Duncan 5%.

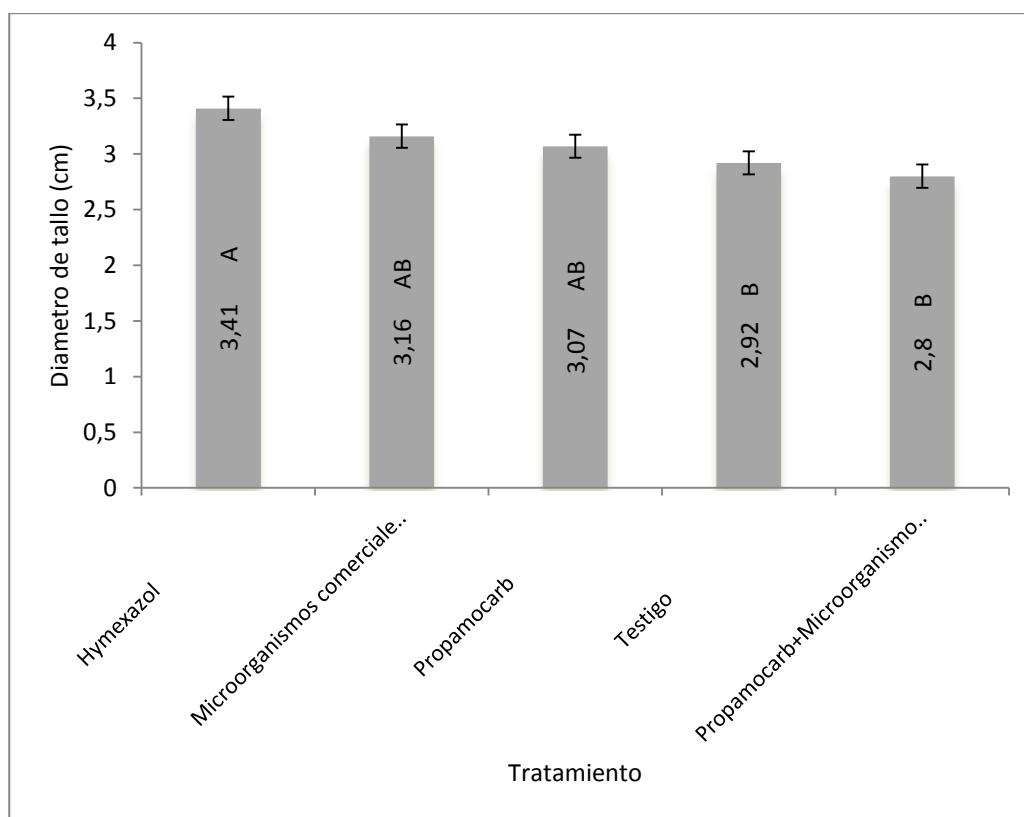


Figura 2. Prueba de Duncan 5% para la variable diámetro de tallo (cm) en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Estadísticamente el tratamiento a base de Hymexazol fue diferente al resto de tratamientos. Presentó el mayor diámetro de tallo con un promedio de 3,41 cm, seguido del tratamiento a base de Microorganismos comerciales (Nusoil), propamocarb, testigo y propamocarb+microorganismos comerciales con unos promedios de 3,16cm, 3,07 cm, 2,92 cm, y 2,8 cm respectivamente.

Se mostró una mejor respuesta del diámetro del tallo en el tratamiento a base de hymexazol debido a su efecto bioestimulante, ya que el hymexazol se descompone en N- β glucósido, carbohidrato esencial para estimular el crecimiento radicular, trabajando como un promotor de crecimiento vegetal Summitagro (2013), estimulando un mayor desarrollo del tallo con respecto a los demás tratamientos.

Según Intagri (2017), los microorganismos benéficos al ser incorporados en la superficie del suelo actúan como bioestimulantes, ya que tienen la capacidad de colonizar la rizósfera o el interior de la planta, promoviendo su crecimiento y desarrollo debido a la mejora de la disponibilidad de los nutrientes o por la producción de fitohormonas. Lo cual quedo comprobado, en el tratamiento a base de microorganismos comerciales (Nusoil), donde se observó un estímulo mayor en el desarrollo del tallo con respecto al testigo.

También se evidenció que el tratamiento a base de propamocarb, estimuló un mayor desarrollo del tallo con respecto al testigo pero menor al tratamiento a base de hymexazol y microorganismos comerciales, quedando evidenciada su acción bioestimulante (Bayer, 2015),

ya que provoca un efecto fitotónico, generando plantas más robustas y productivas debido a que aporta una mejor absorción y asimilación de nitrógeno ayudando a la planta a mejorar su capacidad de fotosíntesis.

4.4. NÚMERO DE RAMAS PLAGIOTRÓPICAS

Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable número de ramas plagiotrópicas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Bloque	27,06	3	9,02	1,49	0,2669
Tratamiento	28,88	4	7,22	1,19	0,3631
Error	72,62	12	6,05		
Total	128,56	19			

No se mostró diferencia estadística significativa para el número de ramas plagiotrópicas ($p > 0,05$). Lo mencionado anteriormente permite aceptar la hipótesis nula.

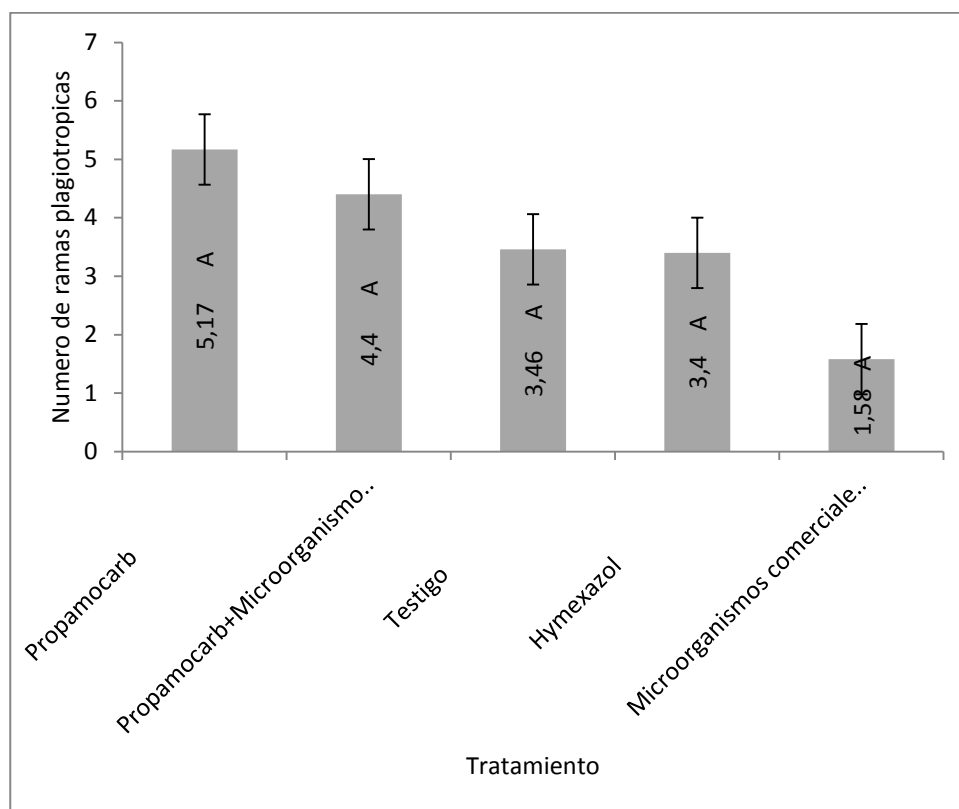


Figura 3. Prueba de Duncan 5% para la variable número de ramas plagiotrópicas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Estadísticamente todos los tratamientos fueron iguales. El tratamiento a base de propamocarb presentó el mayor número de ramas plagiotrópicas con un promedio de 5,17, seguido de los tratamientos propamocarb+microorganismos comerciales, testigo, hymexazol y microorganismos comerciales con un promedios de 4,4 , 3,46 , 3,4 , y 1,58 respectivamente.

El tratamiento propamocarb y propamocarb+microorganismos, presentaron un mejor estímulo a esta variable, incrementando el desarrollo de ramas plagiotrópicas, debido a su efecto como fitotónico (Bayer, 2015).

A pesar de que la molécula de hymexazol y los microorganismos benéficos tienen también efecto sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, fueron los tratamientos con menor desarrollo de ramas plagiotrópicas debido a que su efecto bioestimulante generó un mayor desarrollo del tallo provocando mayor lignificación de su corteza, impidiendo el brote de yemas que darían lugar al crecimiento de nuevas ramas plagiotrópicas.

4.5. PORCENTAJE DE PLANTAS ENFERMAS

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable porcentaje de plantas enfermas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Bloque	27,06	3	9,02	1,49	0,2669
Tratamiento	28,88	4	7,22	1,19	0,3631
Error	72,62	12	6,05		
Total	128,56	19			

No se observa diferencia estadística significativa para el porcentaje de plantas enfermas ($p > 0,05$). Esto permite aceptar la hipótesis nula.

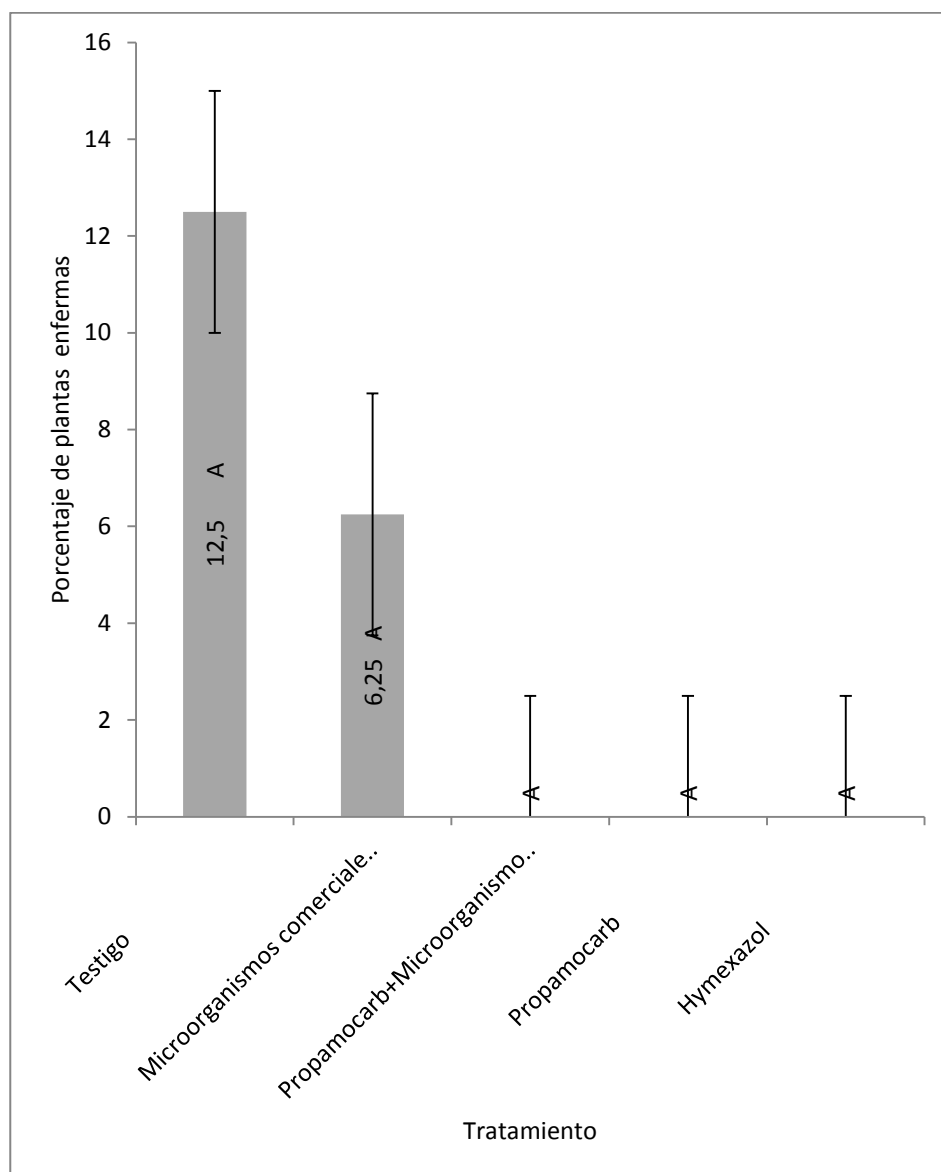


Figura 4. Prueba de Duncan 5% para la variable porcentaje de plantas enfermas en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Al final de la investigación, se determinó que estadísticamente todos los tratamientos son iguales. El tratamiento testigo fue el que más plantas enfermas presentó con un promedio de 12,5% seguido del tratamiento a base de microorganismos comerciales que presentó un promedio de plantas enfermas de 6,25%. En los tratamientos a base de hymexazol, propamocarb y propamocarb+microorganismos no se presentaron plantas enfermas.

El tratamiento testigo, en el que se realizaron labores culturales sin la aplicación de agroquímicos, tuvo el mayor porcentaje de mortalidad de plantas de pimienta, ya que para realizar un control efectivo de enfermedades en especies vegetales, se debe programar la integración de todas las posibilidades de control, desde prácticas culturales sumado al uso racionalizando de pesticidas (FAO, 2000).

Andújar y Moya (2009), IPC (2010) y Leal (1997) mencionan que las moléculas a base de carbendanzin o tiabendazol son utilizadas para controlar el ataque de *Fusarium* spp, aplicándola en forma de drench. A esto, se suma la utilización de moléculas como hymexazol y propamocarb, ya que no se presentaron ataques de *Fusarium* spp en las plantas de pimienta a las que se aplicó estos tratamientos.

Según Guzmán (2005), para evitar el crecimiento de hongos patógenos en los cultivos, se debe crear condiciones supresivas mediante la adición de materias orgánicas de calidad al suelo, favoreciendo el establecimiento de hongos benéficos, los cuales inhiben el crecimiento de patógenos de plantas y mejora los mecanismos de defensa naturales de la planta puesto que

crecen en la superficie de la raíz y son eficaces contra enfermedades que afectan al sistema radicular (Biogrow, 2017). Esto explica el porqué existió menor porcentaje de plantas enfermas en el tratamiento con microorganismos comerciales debido al efecto antagónico que producen en el suelo frente a microorganismos patógenos. Pero comparando con los tratamientos en los que se usaron hymexazol, propamocarb y propamocarb+microorganismos comerciales, solo la aplicación de microorganismos benéficos fue menos efectiva para controlar *Fusarium* spp, dando a entender que para un mayor control de *Fusarium* spp se debe complementar con el uso de labores agronómicas y la aplicación de insumos que tengan alta selectividad sin afectar a los microorganismos benéficos y que no alteren las condiciones en las que habitan.

4.6. RENDIMIENTO EN Tn/ha

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable rendimiento en Tn/ha en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	p-valor
Bloque	0,04	3	0,01	0,26	0,8561
Tratamiento	30,94	4	7,74	141,07	<0,0001
Error	0,66	12	0,05		
Total	31,64	19			

No se mostró diferencia estadística significativa para el porcentaje de plantas enfermas ($p > 0,05$).

Esto permite rechazar aceptar la hipótesis nula.

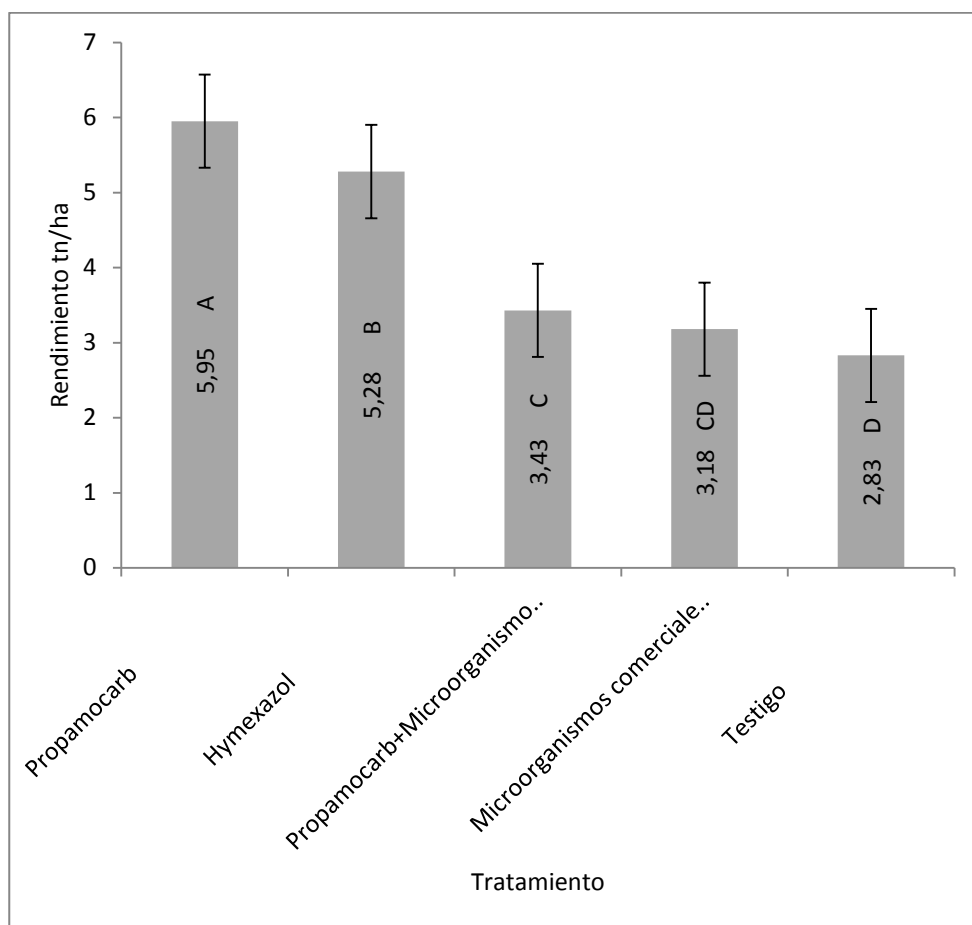


Figura 5. Prueba de Duncan 5% para la variable rendimiento tn/ha en el estudio de labores agronómicas en el cultivo de pimienta (*Piper nigrum* L.) para disminuir la afección por *Fusarium solani* f. sp. piperis, en Santo Domingo de los Tsáchilas.

Estadísticamente el tratamiento a base de propamocarb fue diferente al resto de tratamientos. Presentó el mejor rendimiento con un promedio de 5,95 tn/ha. Seguido del tratamiento a base de hymexazol que presentó un rendimiento de 5,28 tn/ha. Mientras que el tratamiento

propamocarb+microorganismos comerciales presentó un rendimiento promedio de 3,43 tn/ha, siendo estadísticamente igual al tratamiento microorganismos comerciales con un rendimiento de 3,18 tn/ha. El tratamiento testigo presentó el menor rendimiento con un promedio de 2,83 Tn/ha.

Bayer (2015), señala el efecto bioestimulante que la molécula de propamocarb. Siendo el tratamiento que presentó mayor rendimiento en tn/ha debido a que incrementó la cantidad de inflorecencias. Summitagro (2013), señala también que el hymexazol es una molécula que tiene efecto bioestimulante, lo cual, se observó en el estudio debido a que fue el segundo mejor tratamiento con respecto a la variable rendimiento tn/ha.

4.7. ANÁLISIS ECONÓMICO B/C

Cuadro 11. Análisis económico B/C de los tratamientos

Tratamientos	Producción (Tn/ha)	Valor de la tonelada (\$)	Ingreso bruto	Costos de producción	Utilidad (\$)	Utilidad por cada (\$)
Testigo	2,9	400	1160	673,8	486,2	0,72
Propamocarb	5,9	400	2360	976,9	1383,1	1,42
Hymexazol	5,4	400	2160	927,2	1232,8	1,33
Microorganismos comerciales	3,3	400	1320	715,5	604,5	0,84
Propamocarb+ Microorganismos comerciale	3,4	400	1360	686,8	673,2	0,98

En el cuadro 11, se observa como el tratamiento a base de propamocarb tiene la utilidad más alta con un valor de \$ 1,42 por cada dólar invertido. Seguidamente, el hymexazol tiene un valor de \$ 1,33 por cada dólar invertido. El resto de tratamientos presentan una utilidad menor a lo que se invierte

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El uso de insumos comerciales y control biológico integrados a la implementación de labores agronómicas, reducen la afección de *Fusarium* spp,
- Los mejores tratamientos para el control de la Fusariosis fueron hymexazol, propamocarb y propamocarb + microorganismos comerciales más la aplicación de labores agronómicas, no existieron plantas enfermas en estos tratamientos.
- El tratamiento a base de propamocarb presentó un mejor estímulo para el desarrollo de ramas plagiotrópicas y mejor rendimiento en tn/ha. Mientras que el tratamiento a base de hymexazol presentó una mejor respuesta en la variable de diámetro de tallo.
- Aplicar labores agronómicas para el manejo de *Fusarium*, reduce el daño económico y la aplicación de buenas prácticas agrícolas complementarias entre sí, previenen la enfermedad.

- El tratamiento a base de propamocarb es más rentable, debido a que por un dólar de inversión se ganara \$ 1,42, seguido del tratamiento a base de hymexazol ya que por cada dólar de inversión se obtendrá \$ 1,33.
- Los resultados obtenidos en este estudio fueron compartidos a docentes, estudiantes de la carreras de Ingeniería Agropecuaria, Biotecnología, Tecnologías de la información y personas particulares en el evento ESPE Investiga 2017 sede Santo Domingo, realizado el día 29 de noviembre del 2017 en el rancho San Fernando.

5.2. RECOMENDACIONES

- Aplicar labores agronómicas oportunas como control manual y control químico de malezas con herbicidas de contacto no selectivos, podas de ramas a una altura de 30 cm desde la base del suelo, eliminación de material vegetal enfermo, fertilización edáfica anual en base al requerimiento nutricional, control de nemátodos 2 veces al año con benfuracarb con dosis de 0,5 L/ha y aplicación de biol mensual con dosis de 1 L/ha.
- Recomiendo usar propamocarb a una dosis de 2 L/ha aplicado en drench y dirigido al follaje con una frecuencia mensual durante el invierno, complementado a la implementación de labores agronómicas y al control biológico.
- Incorporar biocompost en una cantidad de 1 kg planta, 2 veces al año para proporcionarle condiciones favorables a los microorganismos benéficos.

- Recomiendo para futuras investigaciones probar diferente tipos de dosis y frecuencias de aplicación en invierno y en verano de los insumos usados de cada tratamiento. También se debe probar el efecto de más insumos comerciales usados para el control de hongos patógenos frente a las poblaciones de hongos benéficos para probar futuras combinaciones que mejoren el control.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Achicano. (2001). Recuperado el 03 de Diciembre de 2016, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/26716/1/24365-85337-1-PB.pdf>
- Agrociencias. (2016). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de <http://www.agrociencias.com.ec/producto/tachigaren-2/>
- Andújar, F., & Moya, J. (2009). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de <http://www.idiaf.gov.do/publicaciones/Publications/pimienta.jica.idiaf.dominicana/HTML/files/assets/downloads/pimienta.jica.idiaf.dominicana.pdf>
- Arbeláez, G. (2000). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/viewFile/21538/22543>
- Bayer. (2015). Recuperado el 3 de Diciembre de 2016, de http://www.agrytec.com/agricola/images/stories/secciones/sanidad_vegetal/auspiciante/previcur
- Benitez, L., & Lopez, M. (2002). Recuperado el 3 de Diciembre de 2016, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3805/1/6332.pdf>
- Cayuna. (2010). Recuperado el 16 de Marzo de 2017, de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbm9hY2FkZW1pYWVfY2F5dW5hfGd4OjQxYzcxNTExNmI4MzQ0MwI>

- Cordova, J. (Septiembre de 2012). *Estudio de la factibilidad para la producción , comercialización de pimienta negra*. Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1128/1/T-UCE-0003-61.pdf>
- Falconí. (2013). Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/021-a-kiwicha.pdf>
- FAO. (2000). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-a1374s/a1374s05.pdf>
- FAO. (2003). Recuperado el 05 de Enero de 2017, de <http://www.fao.org/3/a-a1374s/a1374s02.pdf>
- Guzman. (2005). Obtenido de http://www3.inecol.edu.mx/csmbgbd/images/stories/resultados_articulos_archivos/5%20BIODIVERSIDAD%20DE%20LOS%20HONGOS%20FITOPATOGENOS.pdf
- Hernan. (2011). Obtenido de http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022011000200001&script=sci_arttext
- Hernandez, V. (2004). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4191/T14665%20T17268%20HERNANDEZ%20FRANCISCO,%20VICTOR%20MANUEL%20TESIS.pdf?sequence=1>
- IPC. (2007). *Internacional Pepper Community*. (Sarma, Manohara, Premkumar, & Eapen, Edits.) Recuperado el 03 de Diciembre de 2016, de <http://www.ipcnet.org/n/technical/index.php?path=technical&page=dp>

- IPC. (2010). *Internacional Pepper Community*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2016, de <http://www.ipcnet.org/n/technical/index.php?path=technical&page=ipm>
- Leal, F. (1999). Recuperado el 7 de Diciembre de 2016, de http://www.otca.info/portal/admin/_upload/publicacoes/SPT-TCA-VEN-70.pdf
- Nusoil, N. E. (2015). Recuperado el 3 de Diciembre de 2016, de <http://www.nusoilconsumagrowcolombia.com/index.php/que-es-sumagrow/>
- Rivadeneira, G., & Haro, J. (2009). Recuperado el 1 de Diciembre de 2016, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2526/2/T-ESPE-IASA%20II-002298.pdf>
- Summitagro. (2013). Recuperado el 5 de Diciembre de 2016, de www.summitagromexico.com.mx/tachigaren.php
- Villa, Pérez, Morales, Basurto, Soto, & Martínez. (2014). Recuperado el 6 de Febrero de 2017, de http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/43358/50649