

**EVALUACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO Y CAMPO DE LA EFECTIVIDAD
ANTAGÓNICA DE UN CONTROLADOR BIOLÓGICO COMERCIAL
(*Trichoderma lignorum*), DE UN FUNGICIDA DE SÍNTESIS QUÍMICA, UN
DESECANTE PERÓXIDO DE HIDROGENO Y UN ACTIVADOR DE DEFENSAS
DE LA PLANTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DE *Phytophthora infestans*
EN EL CULTIVO DE TOMATE DE MESA, *Solanum lycopersicum Mill*, EN
BUCARAMANGA – SANTANDER**

CECILIA GALVIS BAUTISTA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2011

**EVALUACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO Y CAMPO DE LA EFECTIVIDAD
ANTAGÓNICA DE UN CONTROLADOR BIOLÓGICO COMERCIAL
(*Trichoderma lignorum*), DE UN FUNGICIDA DE SÍNTESIS QUÍMICA, UN
DESECANTE PERÓXIDO DE HIDROGENO Y UN ACTIVADOR DE DEFENSAS
DE LA PLANTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DE *Phytophthora infestans*
EN EL CULTIVO DE TOMATE DE MESA, *Solanum lycopersicum Mill*, EN
BUCARAMANGA – SANTANDER**

CECILIA GALVIS BAUTISTA

Trabajo de investigación realizado como requisito para optar el título de
PROFESIONAL EN PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL

Director

ALFONSO DIAZ FONSECA

Ingeniero Agrónomo

Especialista Ingeniería Ambiental

Codirector

BYRON ENRIQUE AGUALIMPIA VALDERRAMA

Microbiólogo

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios, me ha dado la vida, mis capacidades, las oportunidades, la felicidad de la realización personal.

Al Ingeniero Alfonso Díaz Fonseca, director del proyecto, por sus aportes académicos y sus orientaciones.

A la Doctora Omaira Buitrago, que me permitió realizar la fase de campo en las instalaciones de la Universidad de Santander.

Al Microbiólogo Byron Agualimpia Valderrama, por sus valiosos aportes académicos y científicos, por apoyo incondicional y permanente.

A la Licenciada Mercedes Sandoval Monsalve, por su paciencia, comprensión, por el tiempo que me concedió generosamente.

A mis padres, hermanos y amigos que siempre me han apoyado y animado en mis proyectos, principalmente a aquellos que saben que cuando la mente humana está ocupada produciendo, el cuerpo esta salvado.

A todas las personas que con su colaboración y aportes contribuyeron para culminar este trabajo.

DEDICATORIA

A Laura Patricia y Maria Alejandra, mis ángeles que desde el cielo me inspiraron para que comenzara y culminara este proyecto, que en un momento determinado, fue la salvación de mi vida.

A Byron, amor de mi vida, tus valiosos aportes, tu agudeza cognitiva, tus amorosas correcciones, le han dado un matiz maravilloso, especial y único a este trabajo y a mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 18 |
| 1.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA | 20 |
| 1.1.1 Delimitación espacial. | 20 |
| 1.1.2 Delimitación conceptual. | 20 |
| 1.1.3 Delimitación cronológica. | 21 |
| 2. JUSTIFICACIÓN | 22 |
| 3. OBJETIVOS | 24 |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL | 24 |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 24 |
| 4. MARCO DE REFERENCIA | 26 |
| 4.1 MARCO CONTEXTUAL | 26 |
| 4.1.1 Origen y generalidades del tomate de mesa. | 26 |
| 4.2 MARCO TEÓRICO | 27 |
| 4.2.1 Clasificación taxonómica del tomate de mesa | 27 |
| 4.2.2 Agroecología del cultivo | 28 |
| 4.2.3 Descripción botánica. | 29 |
| 4.2.4 Maduración del tomate carta de maduración o grados Brix. | 31 |
| 4.2.5 Fenología del cultivo de tomate. | 33 |
| 4.2.6 Variedades de tomates de mesa. | 34 |
| 4.2.7 Composición nutricional del tomate de mesa. | 36 |

| | |
|---|----|
| 4.2.8 Propagación. | 37 |
| 4.2.9 Principales plagas y enfermedades del tomate de mesa. | 38 |
| 4.2.10 Manejo y control de las enfermedades de las plantas. | 47 |
| 4.2.11 Métodos de control y manejo de enfermedades. | 49 |
| 4.2.12 Manejo integrado de plagas. | 64 |
| 4.3 MARCO CONCEPTUAL | 65 |
| 4.3.1 Antagonismo. | 65 |
| 4.3.2 Control biológico. | 66 |
| 4.3.3 Control químico. | 66 |
| 4.3.4 Enfermedad. | 66 |
| 4.3.5 Efectividad antagónica. | 66 |
| 4.3.6 Fitopatología. | 67 |
| 4.3.7 Fungicida. | 67 |
| 4.3.8 Hongo. | 67 |
| 4.3.9 Incidencia. | 68 |
| 4.3.10 Marchitez. | 68 |
| 4.3.11 Necrosis. | 68 |
| 4.3.12 Pudrición. | 68 |
| 4.3.13 Severidad. | 68 |
| 4.3.14 Signo. | 69 |
| 4.3.15 Síntomas. | 69 |
| 4.4 MARCO GEOGRÁFICO E HISTÓRICO | 69 |
| 4.4.1 Marco geográfico. | 69 |
| 4.4.2 Marco histórico. | 69 |
| 4.5 MARCO LEGAL | 71 |
| 4.5.1 Constitución Política de Colombia 1991. | 71 |
| 4.5.2 Resoluciones ICA. | 72 |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO | 73 |

| | |
|--|-----|
| 5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN | 73 |
| 5.2 SISTEMA DE HIPÓTESIS Y VARIABLES | 73 |
| 5.3 POBLACIÓN Y MUESTRA | 74 |
| 5.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN | 74 |
| 5.4.1 Laboratorio. | 74 |
| 5.4.2 Campo. La etapa de trabajo de campo se realizó con la siguiente metodología: | 86 |
| 5.4.3 Tratamientos | 92 |
| 5.4.4 Diseño de campo | 93 |
| 5.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN | 94 |
| | |
| 6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 95 |
| 6.1 AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO | 95 |
| 6.2 RESULTADOS DE LA FASE DE LABORATORIO | 96 |
| 6.2.2 Evaluación de la actividad antagónica. | 99 |
| 6.2.3 Evaluación de la acción de los productos químicos. | 104 |
| 6.3 RESULTADOS DE LA FASE DE CAMPO | 107 |
| 6.3.1 Porcentaje de Incidencia. | 107 |
| 6.3.2 Evaluación de la efectividad de los distintos tratamientos utilizados en el control de <i>Phytophthora infestans</i> (Mont) de Bary sobre la severidad de la enfermedad. | 109 |
| 6.3.3 Evaluación de la relación beneficio - costo de los diferentes tratamientos aplicados en la fase de campo. | 113 |
| | |
| 7. CONCLUSIONES | 121 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 123 |
| ANEXOS | 132 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Tomates en seis estados de maduración | 31 |
| Figura 2. Influencia de la temperatura en la maduración del fruto de tomate. | 32 |
| Figura 3. Variedades en formas y tamaños del tomate en Colombia | 35 |
| Figura 4. Ciclo de la Gota o Tizón tardío por <i>Phytophthora infestans</i> en la planta de papa. (Tomado y modificado de Agrios, 2005). | 44 |
| Figura 5. Dinámica de una enfermedad en una planta | 49 |
| Figura 6. Micelio de <i>Trichoderma lignorum</i> . Tinción azul de lactofenol. 40x | 52 |
| Figura 7. Micelio de <i>Trichoderma lignorum</i> , formando ganchos en hifas de <i>Phytophthora infestans</i> . Tinción azul de lactofenol. 100x | 56 |
| Figura 8. Escala diagramática para evaluar la severidad de <i>Phytophthora infestans</i> (Mont) de Bary | 87 |
| Figura 9. Registro de datos de incidencia | 90 |
| Figura 10. Diseño de campo parcela experimental | 93 |
| Figura 11. Diseño de campo parcela experimental, por bloque | 94 |
| Figura 12. A. Cultivo de <i>Phytophthora infestans</i> (Mont) de Bary, en medio PDA. B. Esporangios de <i>Phytophthora infestans</i> , tinción azul de lactofenol. | 96 |
| Figura 13. A. Cámara de Neubauer. B. Esporas | 97 |
| Figura 14. Esporas germinadas de <i>Trichoderma lignorum</i> después de 48 horas, tinción azul de lactofenol 100X. | 98 |
| Figura 15. Medios de cultivo para determinar el nivel de pureza del producto comercial. | 99 |
| Figura 16. Grafico Box Plot del crecimiento de <i>Phytophthora infestans</i> en plato dual (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe) | 100 |

| | |
|--|-----|
| Figura 17. Crecimiento de plato dual (<i>P. infestans</i>) vs el control de <i>P. infestans</i> | 101 |
| Figura 18. Crecimiento del antagonista y patógeno en plato dual. A. corresponde a colonia de <i>Trichoderma lignorum</i> , B. corresponde a colonia <i>Phytophthora infestans</i> . | 101 |
| Figura 19. Micoparasitismo de invasión del micelio <i>Trichoderma lignorum</i> , sobre <i>Phytophthora infestans</i> , acompañada de esporulación. A. Micelio de <i>Trichoderma lignorum</i> . B. Micelio de <i>Phytophthora infestans</i> . | 103 |
| Figura 20. Micoparasitismo de <i>Trichoderma lignorum</i> sobre <i>Phytophthora infestans</i> , observación microscópica. Tinción azul de lactofenol. 40X | 103 |
| Figura 21. Grafico Box Plot del crecimiento con los efectos de los Químicos (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe) | 105 |
| Figura 22. Grafico Box Plot del crecimiento con los efectos de las dosis (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe) | 107 |
| Figura 23. Distribución de frecuencias por escala de severidad y tratamiento | 112 |
| Figura 24. Producción obtenida por tratamiento, proyectado a Kg/Ha. | 114 |

LISTA DE TABLAS

| | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Composición nutricional del tomate de mesa | 36 |
| Tabla 2. Escala creada por Elías y Arcos (1984) citada por Fernández et al. (2009) para evaluación de la capacidad antagónica (micoparasitismo), de acuerdo a la medida de invasión de la superficie, colonización y esporulación de <i>Trichoderma lignorum</i> . | 84 |
| Tabla 3. Escala para evaluar la severidad del tizón tardío, <i>Phytophthora infestans</i> (Mont) de Bary en hojas de tomate de mesa <i>Solanum lycopersicum</i> Mill. | 89 |
| Tabla 4. Tabla para registro de datos de severidad. | 91 |
| Tabla 5. Tabla para registro de datos de prueba de laboratorio. | 92 |
| Tabla 6. Porcentaje de incidencia por tratamiento. | 108 |
| Tabla 7. Distribución de frecuencias por escala de severidad y tratamiento | 111 |
| Tabla 8. Producción de tomate obtenida por tratamiento, proyectado a Kg/Ha. | 113 |
| Tabla 9. Relación de costos insumos básicos por hectárea cultivada | 115 |
| Tabla 10. Relación de costo de los insumos utilizados por hectárea | 116 |
| Tabla 11. Relación de costos totales por Hectárea en insumos básicos | 116 |
| Tabla 12. Relación de costos totales por tratamiento, por Hectárea | 117 |
| Tabla 13. Relación beneficio – costo por tratamiento, por Hectárea. | 117 |
| Tabla 14. Evaluación beneficio – costo por tratamiento, por Hectárea. | 119 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|---|-------------|
| Anexo A. Cronograma Para Fase De Campo - Plan De Fertilización | 132 |
| Anexo B. Soporte Del Analisis Estadistico Realizado Andeva: D.F | 135 |

RESUMEN

TITULO: EVALUACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO Y CAMPO DE LA EFECTIVIDAD ANTAGÓNICA DE UN CONTROLADOR BIOLÓGICO COMERCIAL (*Trichoderma lignorum*), DE UN FUNGICIDA DE SÍNTESIS QUÍMICA, UN DESECANTE PERÓXIDO DE HIDROGENO Y UN ACTIVADOR DE DEFENSAS DE LA PLANTA PARA EL MANEJO Y CONTROL DE *Phytophthora infestans* EN EL CULTIVO DE TOMATE DE MESA, *Solanum lycopersicum* Mill, EN BUCARAMANGA - SANTANDER*

AUTOR: CECILIA GALVIS BAUTISTA**

PALABRAS CLAVES: Antagonismo, severidad, fitopatógeno

DESCRIPCIÓN:

Con el fin de ofrecer una alternativa en el manejo integrado de enfermedades, específicamente de la gota, producida por *Phytophthora infestans*, en tomate de mesa *Solanum lycopersicum* Mill se evaluó la actividad antagónica in vitro e in vivo de un controlador biológico comercial, *Trichoderma lignorum*, el fungicida Fluopicolide + Propamocarb-HCl, peróxido de hidrogeno y el activador de defensas de la planta, Monofosfito potásico. La evaluación de campo correspondió a un diseño factorial de bloques al azar con estimulación y medidas repetidas en el tiempo y la fase in vitro a un diseño factorial. Los datos obtenidos en la fase de campo se analizaron mediante las pruebas de Kruskal-Wallis, utilizando el paquete estadístico Sistema SAS 9, con un nivel de significación del 0.05, la fase de in vitro con la prueba de agrupamiento de Sheffe y Duncan, esta prueba demostró que *Trichoderma lignorum*, realiza inhibición significativa $Pr > F < 0.0001$, del crecimiento radial, sobre *P. infestans* y un grado 4 de micoparasitismo. Agrifos, con una media de 0,19cm es el fungicida de mayor efectividad, siguiendo en orden de eficacia peróxido de hidrogeno (media: 1,20cm) e Infinito (media: 2,73 cm). En cuanto a las pruebas de campo ninguno de los tratamientos mostró diferencias significativas en su eficacia ya que el grado 5 de severidad se presentó en un 58,7% del total de los resultados. La mayor producción de tomate de mesa, la presentó el tratamiento MYCOBAC + AGRIFOS con 2033Kg/Ha, el de menor costo es PEROXAL con \$18486150/Ha, ningún tratamiento permitió llegar al punto de equilibrio.

* Proyecto de grado

** Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia, Escuela de Producción Agroindustrial, Director: Alfonso Díaz Fonseca, Codirector: Byron Enrique Agualimpia Valderrama

SUMMARY

TITLE: TEST ON LABORATORY LEVEL AND FIELD OF THE CONFLICTING EFFECTIVENESS OF A FUNGICIDE COMMERCIAL BIOLOGICAL CONTROLLER (*Trichoderma lignorum*), OF CHEMICAL SYNTHESIS, A HYDROGEN – PEROXIDE DRAINING AND A PLANT DEFENSE ACTIVATOR FOR HANDLING AND CONTROL OF *Phytophthora infestans* IN THE TOMATO CULTIVATION, *Solanum lycopersicum* Mill, IN BUCARAMANGA - SANTANDER.*

AUTHOR: CECILIA GALVIS BAUTISTA**

KEYWORDS: Antagonism, severithy, fitopathogen

ABSTRACT:

With the aim of offering a choice in the illness integral management, especially the gout (gota) that is produced by *Phytophthora infestans*, on common tomatoes, *Solanum Lycopersicum* Miller. The in vitro and in vivo contrary activity of a commercial controller was tested *Trichoderma lignorum*, the fungicide fluopicolide + propamocarb-HCl, hydrogen – peroxide and the monophosphite potassium activate the defenses of the plant. The field evaluation corresponded to a factorial design with random blocks with continuous stimulation and measures in the time and in vitro phase to a factorial design. The pieces of information obtained on the field phase were analyzed through KRUSKAL – WALLIS proofs, using a statistical package system SAS 9, with a significance level of 0.05, the in vitro phase with the grouping test of Sheffe and Duncan, this test demonstrated that *Trichoderma lignorum*, it make a meaningful inhibition $P < 0.0001$ of the radial growth over *P. infestans* and a level 4 of mycoparasitism. Agrifos with a media of 0,19 cm this is the fungicide with the most effectiveness, following the order of efficacy the hydrogen peroxide (media 1,20 cm) and infinite (media. 2,73cm). About the field test none of the treatments showed meaningful differences in its efficacy because the level 5 of strictness showed a 58.7% of whole results. The largest production of tomato was showed by the treatment MYCOBAC + AGRIFOS with 2033kg/Ha. The cheapest one is PEROXAL with \$ 18486150/Ha, none of the treatments allowed get to a balance point.

* Degree Project

** Faculty of Regional Institute of Projection and Distance Education, School of Agroindustrial Production, Director: Alfonso Díaz Fonseca, Codirector: Byron Enrique Agualimpia Valderrama

INTRODUCCIÓN

El tomate de mesa, *Solanum lycopersicum* Mill, es una de las hortalizas que más se cultiva en la región de Santander, llegando al 41% de la producción total de hortalizas según lo reporta el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Esta producción ha disminuido, principalmente por aspectos fitosanitarios.

Una de las enfermedades más severas y limitantes que afectan el cultivo de tomate de mesa es la gota o tizón tardío causada por *Phytophthora infestans*, este patógeno se establece rápidamente y puede llegar a exterminar todas las plantas en poco tiempo. Las investigaciones acerca del manejo y control de *Phytophthora infestans*, se han centrado en otras Solanaceas de mayor impacto económico como es la papa, *Solanum tuberosum*, cultivo propio de otras regiones de Colombia, situación que ha generado vulnerabilidad del cultivo de tomate de mesa, hacia el desarrollo y expansión de la enfermedad.

Para controlar la gota, los agricultores recurren al uso intensivo de fungicidas, conllevando a consecuencias como incremento de los costos de producción, contaminación ambiental, ya que los residuos de estas sustancias se depositan en el suelo y el agua, producen muerte a la microbiota benéfica y especies de insectos o artrópodos controladores, generan resistencia a los patógenos, la acumulación de estas sustancias tóxicas en la piel del tomate de mesa pueden causar deterioro de la salud física, a largo plazo, en sus consumidores y causar intoxicaciones, según la FAO.

Para disminuir el impacto económico, social y ambiental que acarrea el uso excesivo de pesticidas para el manejo fitosanitario de los cultivos, en los últimos años se ha implementado el sistema de Manejo Integral de Enfermedades, que emplea prácticas más amigables con el ambiente como es el uso de

microorganismos antagonistas, control biológico y entre otras. Los resultados del biocontrol dependen de factores no controlables como condiciones ambientales y el tipo de antagonista y de patógeno, por esto algunas veces es necesario recurrir a la combinación de los biocontroladores con productos de síntesis química.

Es relevante para los agricultores efectuar un manejo sustentable y alcanzar el punto de equilibrio en sus cultivos por esto es necesario demostrar que los controladores biológicos son competitivos con respecto a los de síntesis química, a fin de aumentar el uso de los biocontroladores y disminuir los fungicidas. Es así que este trabajo evaluó a nivel de laboratorio y campo la efectividad antagónica de un controlador biológico comercial, *Trichoderma lignorum*, de un fungicida de síntesis química, Fluopicolide + Propamocarb-HCl, un desecante, peróxido de hidrogeno, y un activador de defensas de la planta, Monofosfito potásico, para el manejo y control de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa, *Solanum lycopersicum Mill*, al iniciar se aisló e identifico el patógeno, a partir de muestras de tejido enfermo de plantas suministradas por el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del ICA.

Posteriormente se determinó a nivel de laboratorio mediante las técnicas inhibición del crecimiento radial y grado de parasitismo y en campo a través del porcentaje de incidencia e índice de severidad, la actividad antagónica del biológico comercial *Trichoderma lignorum*, el fungicida, el desecante y el activador de defensas de la planta, ante *Phytophthora infestans*.

Al finalizar el proceso se estableció la relación beneficio - costo de cada uno de los tratamientos evaluados durante la fase de campo.

1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El tomate de mesa, *Solanum lycopersicum* Mill, es una de las hortalizas que más se cultiva en Colombia, según datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria, en el 2008 se cultivaron¹ 8.779 Ha, con una producción de 281.882 toneladas, de las cuales Santander cultivo 1.139 Ha con una producción de 26.763 toneladas y un rendimiento de 23,5 t/Ha, cifras que convierten a Santander en uno de los mayores productores de tomate de mesa a nivel nacional.

El área destinada a la siembra de hortalizas en Colombia en el 2009 bajo en un 2%, sin embargo la producción y el rendimiento han tenido un ligero aumento gracias a la incorporación de prácticas agroecológicas², a pesar de esta mejora los rendimientos que están por debajo de los esperados, debido al agotamiento de los suelos, uso indiscriminado de agroquímicos, empleo de variedades poco tolerantes o resistentes a problemas sanitarios durante el cultivo y un manejo inadecuado de producto pos cosecha³.

El cultivo de tomate de mesa es considerado de alto riesgo económico por los altos costos de producción, por el empleo intensivo de mano de obra e insumos y por grandes pérdidas ocasionadas por el manejo inadecuado de los problemas fitosanitarios⁴, de acuerdo con reportes del ICA⁵, la producción de hortalizas genera alrededor de 4,3 empleos/ha/año, que equivalen a 553.000 empleos

¹ Encuesta Nacional Agropecuaria 2008 CCI – MADR

² Encuesta Nacional Agropecuaria 2009 CCI – MADR

³ Estudio de mercado del tomate larga vida. Confederación Empresarial del Campo de Colombia Confecampo Departamento Técnico Confecampo Bogotá D.C., 2008

⁴ CARREÑO, Natalia, et al. Problemas fitopatológicos en especies de la familia Solanaceae causados por los géneros *Phytophthora*, *Alternaria* y *Ralstonia* en Colombia. Una revisión. En: Revista Agronomía Colombiana 25(2), 320-329, 2007

⁵ Impacto del ICA en el desarrollo y la competitividad de las especies agrícolas y sus productos. En: Boletín divulgativo - Grupo Transferencia de Tecnología

directos, esta cifra es generalizada pues no se reportan cifras específicas para tomate.

De acuerdo con estudios realizados los patógenos más relevantes causantes de las principales enfermedades que afectan la familia Solanaceae son *Phytophthora spp.*, *Alternaria spp.*, y *Ralstonia spp.*,⁶ específicamente para el tomate de mesa una de las enfermedades más limitantes es el tizón tardío o Gota causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, que en condiciones favorables puede destruir el cultivo en pocos días⁷. Las investigaciones sobre el manejo de esta enfermedad se han centrado principalmente en papa, *Solanum tuberosum* y en determinar la eficiencia de productos químicos.

Las pocas alternativas de control de esta enfermedad han conllevado a que su principal forma de manejo sea el uso de productos químicos, situación que incrementa los costos de producción y el manejo ambiental debido a que se generan residuos tóxicos contaminantes a los recursos agua, suelo, generando resistencia a los patógenos, desequilibrio en los ecosistema, que afectan la salud humana y animal⁸.

Según la FAO⁹, el consumo de frutas y hortalizas aumenta el riesgo de contraer enfermedades transmitidas por alimentos, (ETAS), ya que estos productos se consumen frescos y crudos, de igual manera en ellos se han detectado residuos de productos fitosanitarios asociados a enfermedades con efectos de más largo

⁶ Ibid.

⁷ RAIGOSA GÓMEZ, Natalia. Et al. Variabilidad genética de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en Solanáceas cultivadas en Colombia. En: Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 62(1): 4761-4771 2009

⁸ www.fao.org/kids/es/pesticides.html

⁹ <http://www.fao.org/ag/agp/agpp/Pesticid/Default.htm>

plazo, que pueden causar cáncer, dañar el sistema nervioso e inmunológico de mamíferos y humanos y causar intoxicaciones¹⁰.

Para evitar el mal uso de los plaguicidas surge como alternativa el control biológico. Por tal motivo este estudio busca evaluar la efectividad antagónica de un controlador biológico comercial y de pesticidas para definir cual es más eficiente en manejo de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa y a su vez plantear un manejo integrado de esta enfermedad (MIE). Por tanto ¿Es más efectivo manejar *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa *Solanum lycopersicum*, con un controlador biológico o con fungicida de síntesis química?

1.1 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Delimitación espacial.

El estudio a nivel de laboratorio se desarrollará en el Centro de Diagnóstico Fitosanitario del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) Seccional Santander ubicado en la Av. Quebrada seca # 31-39 Barrio San Alonso – Bucaramanga. La fase de campo en la vereda Santa Bárbara, Finca el Polvorín, área rural del municipio de Bucaramanga.

1.1.2 Delimitación conceptual.

A través de la investigación experimental se pretende evaluar a nivel de laboratorio y campo la efectividad antagónica de un controlador biológico

¹⁰ CASTRO. P.A Determinación de residuos de plaguicidas organofosforados en muestras de tomate de la ciudad de Bogotá. Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia

comercial (*Trichoderma lignorum*) y de fungicidas de síntesis química para el manejo de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa, *Solanum lycopersicum* Miller.

1.1.3 Delimitación cronológica.

Para desarrollar el proyecto se propone un periodo de 8 a 12 meses a partir de la aprobación del anteproyecto.

2. JUSTIFICACIÓN

Entidades del sector agrícola han planteado programas de vigilancia, control e investigación en el manejo de plagas y enfermedades, como el Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, a través del diagnóstico y manejo fitosanitario de cultivos de importancia económica en diferentes regiones del país¹¹. El Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Asohfrucol, buscan el mejoramiento de las condiciones ambientales y sociales del sector hortifrutícola promoviendo la aplicación de sistemas sostenibles de producción con estándares de inocuidad y calidad de los productos guardando las normas ambientales para la conservación de los recursos naturales¹², de esta manera las políticas de manejo de los cultivos están siendo direccionadas con equidad bajo las premisas del MIP, BPA y BPM, para lograr un producto inocuo.

Sin embargo las investigaciones con relación al manejo de patógenos, específicamente *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa *Solanum lycopersicum* Mill, son muy pocas, como se mencionó anteriormente estos esfuerzos se han centrado principalmente en el cultivo de papa por ser un producto de mayor impacto económico. La escasa investigación de este tema, conlleva a la carencia de oferta tecnológica y alternativas de manejo de la enfermedad más limitante para el cultivo, esta situación genera el uso indiscriminado e irracional de plaguicidas que producen resistencia a plagas y enfermedades además de ser considerados nocivos para el medio ambiente y la salud humana.

¹¹ www.ica.gov.co Plan Estratégico ICA 2-4 2007 - 2012

¹² Guía Ambiental Hortifrutícola de Colombia. Bogotá D.C. Noviembre 2009

Santander es un departamento con vocación agrícola, según El Anuario Estadístico de Frutas y Hortalizas 2004 a 2008¹³, en el 2008 se cultivaron 5.216 Has con diferentes hortalizas, el tomate de mesa reporta 1.405Has con una producción de 47.120 toneladas de tomate, ocupando el 41% de la producción total de hortalizas. Estas cifras reflejan la importancia de ofrecer alternativas de control de esta enfermedad limitante por su alto grado de incidencia y severidad en las regiones productoras de Santander. Con los resultados obtenidos en este estudio se busca proponer alternativas de manejo para que el agricultor, al hacer análisis de riesgos lo conduzca a disminuir gastos y pérdidas, puesto que actualmente, el control se da cuando se encuentra presente la enfermedad, situación que incrementa los costos; ofreciendo diferentes opciones de manejo más económicas, viables, que permitan trabajar con equidad y sostenibilidad.

Por la necesidad de controlar esta enfermedad (*Phytophthora infestans*) en tomate de mesa, disminuir la contaminación ambiental y prevenir la toxicidad en humanos, animales minimizando o evitando la aplicación de agroquímicos, se presenta este estudio para el manejo adecuado de la enfermedad aportándole a los cultivadores de Santander un manejo y control eficiente y beneficie al medio ambiente, microorganismos, suelo, flora y a su vez sea productiva para los productores de tomate en la región y posteriormente extrapolarlo a otras regiones del país, productoras de esta especie.

¹³ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretarías de Agricultura Departamentales, URPA - UMATA. 2008

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar a nivel de laboratorio y campo la efectividad antagónica de un controlador biológico comercial (*Trichoderma lignorum*), de un fungicida de síntesis química, un desecante peróxido de hidrogeno y un activador de defensas de la planta para el manejo y control de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa, *Solanum lycopersicum* Mill, en Bucaramanga – Santander

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aislar e identificar el hongo *Phytophthora infestans* a partir de la muestras de tejido de plantas enfermas suministradas por el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario del ICA, recolectadas en Santander.
- Determinar a nivel de laboratorio la actividad antagónica del biológico comercial (Trichoderma) y fungicida de Fluopicolide + Propamocarb-HCl, del secante peróxido de hidrogeno y el activador de defensas de la planta (Monofosfito potásico), ante *Phytophthora infestans* mediante las técnicas inhibición del crecimiento radial y grado de parasitismo.
- Evaluar en campo la efectividad antagónica del biológico comercial (*Trichoderma lignorum*), del fungicida (Fluopicolide + Propamocarb-HCl), desecante peróxido de hidrogeno y el activador de defensas de la planta (Monofosfito potásico), sobre *Phytophthora infestans*, determinando el porcentaje de incidencia e índice de severidad.

- Establecer la relación beneficio – costo de cada uno de los tratamientos evaluados durante la fase de campo.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO CONTEXTUAL

4.1.1 Origen y generalidades del tomate de mesa.¹⁴

El tomate se originó en América del Sur, entre las regiones de Chile, Ecuador y Colombia, su domesticación se llevó a cabo en México¹⁵ y norte de Guatemala, de esta región fue llevado a Europa por los conquistadores específicamente por Hernán Cortes en 1523¹⁶, la descripción de esta planta y la determinación como solanácea la realiza Pier Andrea Mattioli en 1554 del jardín botánico de Padua Italia¹⁷.

Esta especie se distribuyó en Europa como planta ornamental, por el colorido de sus frutos, aunque no fueron reconocidos como comestibles ya que la mayoría de las solanáceas europeas son ricas en alcaloides tóxicos, cuando no mortales. Esta situación se mantuvo en algunos países como Alemania hasta principios del siglo XIX mientras que España y Portugal lo difundieron por todo el mundo a través de sus rutas comerciales y colonias¹⁸. Posteriormente, el tomate, fue llevado a Estados Unidos desde Inglaterra, alrededor del año 1711, donde también fue cultivado como ornamental. Se considera que el tomate fue consumido como

¹⁴ www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IIICA/productos/tomate_mag.pdf

¹⁵ JARAMILLO N. Jorge. Et al. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA, FAO, MANA, Antioquia. 2007 p. 55

¹⁶ Cultivo de tomate de mesa. Boletín técnico N°19. Fundación de Desarrollo Agropecuario INC. República Dominicana 1993 p.1,2

¹⁷ LÓPEZ CASADO, Gloria María. Biomecánica de la epidermis y la cutícula del fruto de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) y su relación con el agrietado. Facultad de Ciencias Departamento de Biología Molecular y Bioquímica. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. España 2006. p. 17

¹⁸ Ibid. p. 15

alimento hacia el año 1850 en los Estados Unidos, a partir de esta fecha comenzó a tener interés científico y agronómico.

En el siglo XIX adquirió gran importancia económica mundial, hasta llegar a ser, junto con la papa, la hortaliza más difundida y predominante del mundo.

En 1900 surgió la primera variedad mejorada, denominada “Ponderosa”, a partir de la cual se obtuvo la mayoría de las variedades americanas actuales, junto con los materiales colectados en la región de origen, durante las décadas de los veinte y los treinta.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Clasificación taxonómica del tomate de mesa¹⁹

- Reino: Plantae
- Clase: Angiospermae
- Subclase: Dicotyledoneae
- Orden: Tubiflorae
- Familia Lycopersicon
- Género: Lycopersicon
- Especie: Esculentum
- Nombre binomial: Lycopersicon esculentum
- Descriptor (1788) Miller

¹⁹ An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III

4.2.2 Agroecología del cultivo²⁰

4.2.2.1 Temperatura. La temperatura óptima de desarrollo oscila entre 20 y 30°C durante el día y entre 1 y 17°C durante la noche; temperaturas superiores a los 30-35°C afectan la fructificación, por mal desarrollo de óvulos y el desarrollo de la planta en general y del sistema radicular en particular. Temperaturas inferiores a 12-15°C también originan problemas en el desarrollo de la planta. A temperaturas superiores a 25°C e inferiores a 12°C la fecundación es defectuosa o nula.

La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30°C originan tonalidades amarillentas.

4.2.2.2 Humedad. La humedad relativa óptima oscila entre un 60% y un 80%. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor.

4.2.2.3 Luminosidad. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, fecundación así como el desarrollo vegetativo de la planta.

4.2.2.4 Suelo. La planta de tomate no es muy exigente en cuanto a suelos, excepto en lo que se refiere al drenaje, aunque prefiere suelos sueltos de textura

²⁰ www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm. Cultivo de Tomate

silíceo-arcillosa y ricos en materia orgánica. No obstante se desarrolla perfectamente en suelos arcillosos bien drenados.

4.2.2.5 pH. Los suelos pueden ser desde ligeramente ácidos hasta ligeramente alcalinos, cuando son bien drenados. Es la especie cultivada en invernadero que mejor tolera las condiciones de salinidad tanto del suelo como del agua de riego.

4.2.3 Descripción botánica.²¹

El tomate de mesa, *Solanum lycopersicum Mill*, es una planta autógama, muy ramificada, rastrera perenne, arbustiva desarrollándose de forma rastrera, semi-erecta o erecta de acuerdo a la variedad, puede alcanzar hasta 2 metros de altura. Su sistema radicular se caracteriza por poseer una raíz principal pivotante pero tiende a ser fasciculada, corta y débil, presenta numerosas raíces secundarias. En cuanto a su anatomía la raíz principal presenta de fuera hacia dentro los tejidos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes, cortex y cilindro central, donde se sitúan los vasos conductores, xilema y floema.

Todas sus partes vegetativas aéreas, junto con los pedúnculos, pedicelos y cáliz floral son pubescentes y glandulares que le proporcionan su olor característico. Sus tallos son gruesos y angulosos de color verde, con nudos compuestos de dos o tres hojas y una inflorescencia. En la axila de cada hoja aparece un tallo secundario. Su anatomía de fuera hacia dentro consta de epidermis, de donde emergen tricomas glandulares, corteza, cuyas células más externas son fotosintéticas y las más internas colenquimáticas, cilindro vascular y tejido

²¹ Manual para Tomates. Proyecto de Cooperación Técnica Internacional de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. Estados Unidos Mexicanos, FAO, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Países Bajos. Editorial Trillas. México. 1992

medular. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, sitio donde se forman los nuevos primordios foliares y florales.

Presenta hojas anchas, planas y pinnatisectas, compuestas e imparipinnadas con 7-11 foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado. En cuanto a su anatomía, la hoja, está conformada por tejido epidérmico superior e inferior sin cloroplastos, que recubre el parénquima fotosintético o de empalizada, rico en cloroplastos, sus haces vasculares son prominentes principalmente en el envés y constan de un nervio principal.

Pueden presentar hábito de crecimiento indeterminado o determinado. Las que tienen hábito de crecimiento indeterminado son de carácter silvestre y se caracterizan por presentar un crecimiento nodal continuo desde que aparece la primera inflorescencia, entre la séptima y décima hoja verdadera. Las de hábito determinado se caracterizan porque la primera inflorescencia aparece más rápido, hay tendencia que existan dos hojas nodales entre racimos y el tallo principal termina en inflorescencia.

Las flores del tomate son hermafroditas, perfectas, regulares e hipóginas, dispuestas en una inflorescencia de tipo racimo o cima, en un número que puede variar entre 7 a 12, las inflorescencias pueden estar divididas o ser indivisas²². El cáliz consta de 5 o más sépalos lanceolados y fusionados en la base, la corola con igual número de pétalos de color amarillo y dispuestos en forma helicoidal a intervalos de 135°, con igual número de estambres soldados que se alternan con los pétalos y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo, con ovario bi o plurilocular. El fruto es una baya bi o plurilocular de color rojo, constituido por el

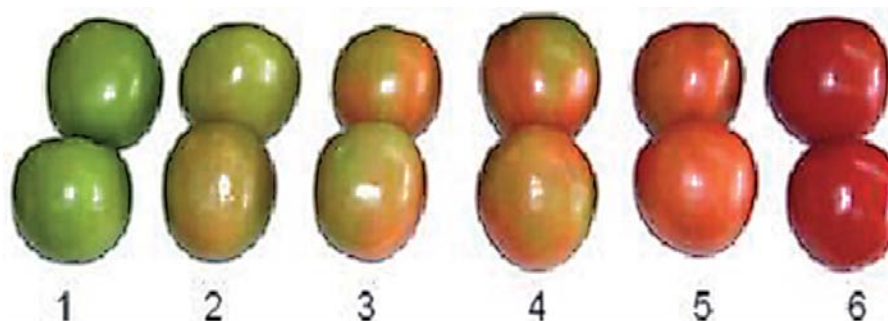
²² LÓPEZ CASADO, Gloria María. Biomecánica de la epidermis y la cutícula del fruto de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) y su relación con el agrietado. Facultad de Ciencias Departamento de Biología Molecular y Bioquímica. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. España 2006. p. 16

pericarpio, el tejido placentario y numerosas semillas recubiertas de una sustancia mucilaginosa. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia del peciolo o bien puede separarse por la zona peduncular de unión del fruto.

4.2.4 Maduración del tomate carta de maduración o grados Brix.²³

El tomate es un alimento de alto consumo, cuya evaluación está directamente relacionada con parámetros de tipo sensorial, calidad determinada a través de aspectos sensoriales visuales como la forma, brillo, color, táctiles textura y firmeza, olfatorios como olor y aroma y gustativos como dulce, amargo, ácido, salado y umami, los más importantes son el gusto y el olfato, sentidos químicos, estas evaluaciones son importantes en el momento de elección del consumidor.

Figura 1. Tomates en seis estados de maduración



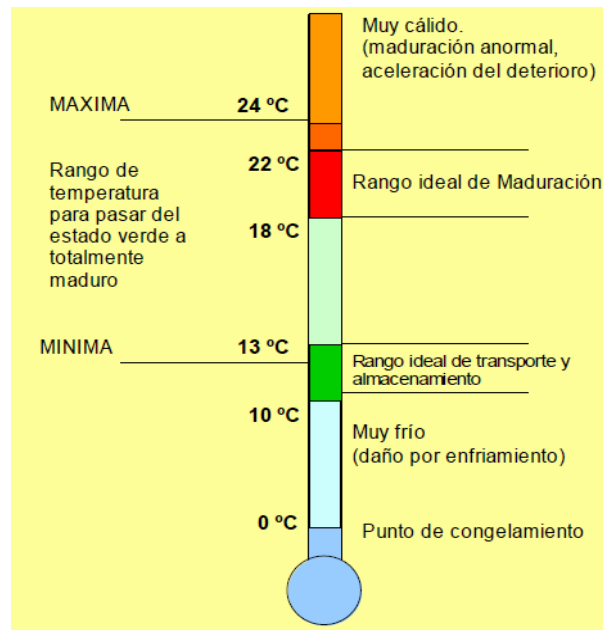
Fuente: CASTRO, katherin. Et al. Intensidad de los sabores básicos del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en seis estados de madurez

²³ CASTRO, katherin, et al. Intensidad de los sabores básicos del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en seis estados de madurez. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Caldas Vol. 7 No. 1 Enero - Junio 2009

El tomate es una fruta climatérica y se puede cosechar verde con la madurez fisiológica apropiada, el periodo de cosecha depende de la variedad, puesto que para su maduración post cosecha se utiliza etileno. En caso de que la fruta tenga como destino el mercado fresco se cosecha manualmente, mientras que para la industria se hace mecánicamente. La fase de maduración al momento de cosecha, la variedad, practicas agronómicas y manejo post cosecha afectan la calidad del sabor de la fruta.

Se distinguen dos tipos de madurez, la fisiológica cuando el fruto ha alcanzado su máximo grado de crecimiento y maduración y la comercial es aquella que cumple con las condiciones que requiere el mercado, para esta es necesario considerar el tiempo que se tardará en llevar el tomate hasta el consumidor final.

Figura 2. Influencia de la temperatura en la maduración del fruto de tomate²⁴.



Agriculture Canadá, 1974; Mc. Glasson y Beattie, 1982. Citados por Genta, et al., 1992

²⁴ Ecofisiología de los cultivos de Tomate y Pimiento Curso Horticultura Uruguay. 2004

4.2.5 Fenología del cultivo de tomate.²⁵

La duración del ciclo del cultivo de tomate está determinada por las condiciones climáticas de la zona en la cual se establece el cultivo, el suelo, el manejo agronómico que se dé a la planta, el número de racimos que se van a dejar por planta y la variedad utilizada.

El desarrollo del cultivo comprende tres fases: inicial, vegetativa y otra reproductiva. La fase inicial inicia con la germinación de la semilla, se caracteriza por el rápido aumento de la materia seca, en esta etapa la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis. La fase vegetativa se inicia a partir del día 21 después de la germinación y la emergencia, se realiza el trasplante a campo, con un promedio de tres a cuatro hojas verdaderas, entre 30 a 35 días antes de la floración, en esta etapa requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de su desarrollo de hojas y ramas en pleno crecimiento y expansión.

La fase reproductiva se inicia desde la formación del botón floral, que ocurre entre los 30 y los 35 días después del trasplante, se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los nutrientes se concentran en los frutos necesarios para su crecimiento y maduración. El llenado del fruto, que dura aproximadamente 60 días para el primer racimo, iniciándose la cosecha a los 90 días, con una duración de tres meses para una cosecha de 8 a 10 racimos. En total la fase reproductiva tiene una duración de 180 días aproximadamente.

²⁵ JARAMILLO N. Jorge, et al. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA, FAO, MANA, Antioquia. 2007 p. 72

4.2.6 Variedades de tomates de mesa.

Los principales criterios de elección de variedad de tomate son:

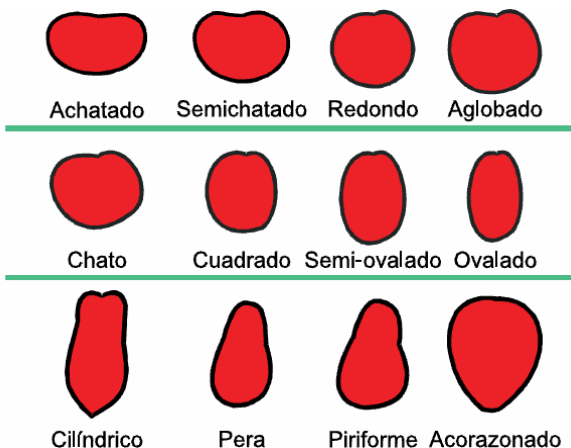
- Características de la variedad comercial: vigor de la planta, características del fruto, resistencias a enfermedades.
- Mercado de destino.
- Estructura de invernadero.
- Suelo.
- Clima.
- Calidad del agua de riego.

En Colombia se comercializan tomates de diversas formas, colores y tamaños, como lo muestra la figura 3. A continuación se describirán las principales variedades.

4.2.6.1 Milano. Utilizado principalmente en ensaladas, en forma de rodajas y se consume maduro o verde, siendo más preferido en verde, principalmente por los restaurantes. El tipo milano es de forma achatada o semiachatada, con cuatro lóculos o más y con un peso promedio entre 200 y 400 gramos. Este tipo de tomate tiene mayor valor comercial y palatabilidad.

4.2.6.2 Chonto. Son de forma redonda a ovalada, levemente elongados u oblongos, con dos a cuatro lóculos, y tienen un peso promedio de 70 a 220 gramos. Se consumen en fresco y son utilizados en la preparación de guisos o pastas.

Figura 3. Variedades en formas y tamaños del tomate en Colombia²⁶



Fuente: JARAMILLO N. Jorge. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA, FAO, MANA, Antioquia. 2007 p. 59

4.2.6.3 Cherry. Son frutos de tamaño muy pequeño, de 1 a 3 cm de diámetro, su peso promedio es de 10 gr, se agrupan en ramilletes de 15 o más frutos, existen variedades de colores muy variables, como amarillos, rojos o naranjas. Los frutos pueden ser del tipo pera o redondo. Su consumo preferentemente es en fresco, como pasabocas, en cócteles y para decorar platos.

4.2.6.4 Industrial. Su principal característica es contener gran cantidad de sólidos solubles adecuado para procesamiento en producción de salsas y pastas.

4.2.6.5 Tomates larga vida. Es un tipo de tomate mejorado para una conservación más prolongada o larga vida en poscosecha. Esta variedad se ha obtenido mediante cruzamientos con mutantes de maduración lenta (con el gen rin y gen nor), por medio de ingeniería genética, introduciendo al germoplasma genes antisentido que causan una maduración lenta. Las variedades con el gen rin tienen un 20 a 50% más de larga vida que las variedades normales, y las variedades

²⁶ Ibid. p. 59

mejoradas con el gen nor tienen un 50 a 100% más de larga vida que las variedades comunes.

Esta variedad se usa en cultivos al aire libre o en invernaderos, sus frutos son similares a otros, excepto por su larga vida útil en poscosecha y su gran dureza. En el país la tendencia es utilizar híbridos de tomate con larga vida en poscosecha, principalmente en las variedades tipo milano.

4.2.7 Composición nutricional del tomate de mesa.²⁷

Como se puede observar en la tabla 1 composición nutricional, el tomate es una rica fuente de vitaminas A, B1, B2, B6, C y E, y de minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico.

Tabla 1. Composición nutricional del tomate de mesa

| ELEMENTO O COMPUESTO | CANTIDAD |
|-------------------------|----------|
| Agua | 93,5% |
| Proteínas | 0,9 g |
| Carbohidratos | 3,3g |
| Grasas | 0,10g |
| Fibra | 0,8g |
| Hierro | 0,7mg |

²⁷ JARAMILLO N. Jorge, et al. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA, FAO, MANA, Antioquia. 2007 p. 56

| ELEMENTO O COMPUESTO | CANTIDAD |
|-------------------------|----------|
| Calcio | 7mg |
| Fosforo | 19mg |
| Vitamina A | 1.100UI |
| Vitamina B1 | 0,05mg |
| Vitamina B2 | 0,02mg |
| Vitamina C | 20mg |
| Niacina | 0,6mg |
| Calorías | 23Kcal |

Fuente: JARAMILLO N. Jorge. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas p. 56

El tomate es un fruto rico en licopeno, pigmento que le proporciona su característico color rojo, por tanto es el alimento que suministra el 90% del licopeno necesario para el organismo, esta sustancia es el más potente de los antioxidantes, a esta sustancia se le atribuye la propiedad de combatir el cáncer porque protege las células de los efectos de la oxidación²⁸. Otro antioxidante presente en el tomate es el glutatión, que ayuda a depurar el organismo de productos tóxicos e impide la acumulación de materiales pesados.

4.2.8 Propagación.

El tomate es una hortaliza que primero pasa por la etapa de semillero, no se recomienda la siembra directa. Se propaga mediante semilla, esta permanece viable durante 3 a 4 años, almacenada en un lugar fresco y seco, limpia del arilo, es conveniente tratarla con calor a 42°C durante 3 horas para prevenir infección de

²⁸ Ibid. p. 57

cáncer y marchitez²⁹. Los semilleros se deben establecer en vasos o bandejas adecuados para esta labor, de igual manera brindar condiciones óptimas de luz, temperatura, fertilidad y humedad y así garantizar plántulas de calidad para lograr éxito en el cultivo, el futuro de la planta, su crecimiento y producción se aseguran en esta etapa.

Las plántulas permanecen en el semillero hasta que hayan desarrollado 2 ó 3 pares de hojas verdaderas, aproximadamente de 17 a 21 días después de siembra, esto depende del manejo y condiciones ambientales, a mayor número de días en el semillero, la protección contra el ataque de insectos es mayor.

La tendencia actual es adquirir plántulas producidas por expertos en propagación y manejo de semilleros, esta práctica mejora las condiciones del cultivo.

4.2.9 Principales plagas y enfermedades del tomate de mesa.

4.2.9.1 Plagas

Cogollero del tomate (*Tuta absoluta*; *Spodoptera sp.* Lepidoptera: Gelechiidae). Esta plaga pasa por 4-5 estadíos larvarios, su ciclo de vida hasta adulto es de alrededor de 55 días. A diferencia de los gusanos cortadores los huevos son depositados en grupos grandes (de 50-200 huevos), y generalmente en el envés de la hoja. Las larvas tienen un ciclo de vida de 21 días. Los daños a las plantas son ocasionados por las larvas al alimentarse del follaje y los frutos. Estas larvas tienen una longitud de 35-45 mm. Las pupas son de color café y la duración de este estado es de alrededor de 15 días. Los adultos son polillas que miden alrededor de 45 mm, las alas delanteras de los machos tienen un color gris,

²⁹ Ibid. p. 83, 84

mientras que en las hembras son de color gris-café y las alas traseras de los dos son blancas. Para el control de la plaga se emplean diversas estrategias de Control Integrado de Plagas, combinando el uso de feromonas sintéticas para el seguimiento de poblaciones, con una combinación de plaguicidas de contacto y sistémicos autorizados en los momentos adecuados³⁰.

Una medida recomendada es arrancar y destruir todo el material afectado, así como los restos de la cosecha. Igualmente es recomendable la rotación con cultivos que no sean solanáceas. También el efectuar un seguimiento y eliminación de otras plantas huésped que pudieran albergar a la plaga, especialmente de las especies silvestres que son sensibles a su ataque.

Pasador del fruto del tomate (*Neoleucinodes elegantalis*; Lepidoptera: Pyralidae). El pasador del fruto, *Neoleucinodes elegantalis*, es una de las plagas más importantes del tomate³¹, su acción se evidencia cuando las hembras ponen los huevos debajo de los sépalos en frutos recién formados, las larvas eclosionan y penetran rápidamente el fruto, dejan una cicatriz sub-erizada denominada espinilla, la cual sirve para reconocer el fruto afectado por la plaga. El insecto durante todo su estado larval se alimenta de la pulpa del fruto hasta completar su desarrollo y sólo sale cuando está listo para pupar en el suelo, dejando un orificio redondo en el fruto³². El único método de control que están utilizando los agricultores para obtener una producción sostenible, es la aplicación de insecticidas químicos; sin embargo, debido a que la larva perfora rápidamente el fruto después de eclosionar y permanece dentro del fruto durante todo su

³⁰ www.el-tomate.net/tutaabsoluta1.html

³¹ VALLEJO CABRERA, Franco Alirio, et al. Resistencia al perforador del fruto del tomate derivada de especies silvestres de *Solanum* spp. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin 61(1):4316-4324. 2008

³² JARAMILLO N. Jorge, et al. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA, FAO, MANA, Antioquia. 2007 p. 180

desarrollo larval (García, 1988; Salinas, Estrada y Vallejo, 1993) dicho control es muy difícil y de cuestionable eficiencia.

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*). Insecto chupador del cual existen muchas especies; siendo *Bemisia tabaci* la más difundida y posiblemente la más dañina, esta plaga es capaz de alimentarse de más de 600 especies de plantas, incluyendo muchos cultivos y malezas. Afecta el desarrollo de una plantación de tomate, ya que puede atacar desde el semillero, hasta un cultivo en fructificación³³.

El daño directo causado por la ninfa y adultos ocurre cuando éstas succionan los nutrientes del follaje, causando un amarillamiento moteado y encrespamiento de las hojas, seguidos de necrosis y defoliación. Cuando el ataque es severo facilita la aparición de la fumagina que se forma con la aparición del hongo *Cladosporium* sp. sobre la excreción azucarada de adultos y ninfas de la mosca blanca, hasta cubrir las hojas, esto reduce la fotosíntesis. Otro daño importante generado a través de la acción de *Bemisa tabaci* es la transmisión de virus, lo que ocasiona un mosaico amarillo y encrespamiento de las hojas nuevas³⁴.

Dentro de las estrategias de manejo y control se incluyen las vedas, fechas de siembra, al evitar sembrar en época seca, destrucción de rastrojos, eliminación de malezas, siembra alejada de campos viejos, rotación de cultivos (preferible con gramíneas), barreras vivas, coberturas al suelo, cultivos trampa, buena nutrición y semilleros cubiertos con mallas finas los primeros 30 días. Como control biológico

³³ CORPEÑO, Boris. Manual del Cultivo de Tomate. Centro De Inversión, Desarrollo Y Exportación De Agronegocios. Colonia Escalon San Salvador, El Salvador. 2004 p. 24

³⁴ JARAMILLO N. Jorge, et al. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA, FAO, MANA, Antioquia. 2007 p. 180

se recomienda la liberación de avispitas parasitoides del género *Encarsia* y el uso de hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Verticillium lecanii*. Arañita roja. *Tetranychus turkestanii* (Ugarov & Nikolski). *Tetranychus ludeni* (Tacher).³⁵ Son artrópodos de tamaño muy pequeño y alta capacidad reproductiva, por lo que su presencia puede pasar desapercibida al principio, y sus daños pueden ser devastadores, especialmente en época seca.

Se alimentan del jugo celular de los tejidos vegetales, generalmente por el envés de la hoja, y producen puntos necróticos de aspecto amarillo o blanco en el haz. Al aumentar la población de arañitas, toda la hoja presenta una coloración amarilla difusa, se seca y puede caerse. Cuando la población es alta, los ácaros comienzan a formar una telaraña que puede cubrir el haz de las hojas, tallos y frutos, y migran hacia las partes altas de la planta, donde se pueden formar grupos de arañas. De allí las hembras se dispersan a otras plantas con la ayuda del viento e hilos de telaraña. En ataques muy severos puede producir el marchitamiento total de la planta. Para su control se recomienda realizar inspecciones periódicas desde las primeras etapas, eliminando aquellas plantas que presenten síntomas en sus hojas como tonos de color verde claro a café claro, las cuales deben enterrarse. El viento contribuye a diseminar esta plaga, mientras que la lluvia es un buen control natural. Para su control biológico se recomienda Depredadores como Coccinellidae y ciertos Staphilinidae (Coleoptera), Cecidiomyiidae (Diptera), Anthoridae (Hemiptera), Thysanoptera y ácaros depredadores (phytoseiidae)³⁶.

Nemátodos (*Meloidogyne sp.*, *Ditylenchus sp.*, *Pratylenchus sp.*), son plagas del suelo, se alimentan de células parenquimatosas e inyectan sustancias que

³⁵ Ibid. p. 176

³⁶ CORPEÑO, Boris. Manual del Cultivo de Tomate. Centro De Inversión, Desarrollo Y Exportación De Agronegocios. Colonia Escalon San Salvador, El Salvador. 2004 p. 27

estimulan la división y el crecimiento celular causando hiperplasia de los tejidos y tumescencias o agallas en las raíces, causando disminución en el crecimiento de la planta, baja en la producción o la muerte. Como medidas de control se recomienda no trasladar implementos o maquinaria de una zona infectada a otra, preparación del suelo con anticipación, rotación de cultivo, uso de variedades resistentes, aplicaciones de *Paecilomyces lilacinus*, nematicida biológico, en concentraciones mayores a 10⁷ u.f.c/ml produce sustancias que actúan sobre los huevos y larvas de los géneros: *Meloidogyne*, *Pratylenchus* y *Radopholus*, provocando deformaciones, vacuolizaciones y pérdida de movimiento. El hongo es capaz de penetrar el huevo, crecer dentro del mismo y destruir el embrión del nematodo³⁷. Como medida tradicional se emplean tratamientos químicos³⁸.

4.2.9.2 Enfermedades: agente causal nombre científico, síntomas y daños, manejo y control

- Tizón Tardío, Gota, *Phytophthora infestans*
- N.C. *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary
- Clasificación taxonómica³⁹:
- Reino: Cromista,
- Phylum: Oomycota
- Clase: Oomycete
- Subclase: Peronosporomycetidae
- Orden: Pythiales
- Familia: Pythiaceae
- Género: *Phytophthora*

³⁷ www.ots.duke.edu/en/paloverde/docs/combateplagas_usohongos.pdf

³⁸ Fundación para el desarrollo agropecuario. Santo Domingo. República Dominicana.

³⁹ JARAMILLO VILLEGAS, Sonia. Monografía sobre *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 2003

- Especie: *infestans*

Este devastador patógeno deriva su nombre del griego Phyto: planta, Phtora: destructor, relacionado filogenéticamente con las diatomeas y algas pardas, puesto que su pared celular está compuesta principalmente por celulosa y β – glucanos⁴⁰, estas son las razones por las cuales no se incluye dentro del Reino Fungi, que se caracteriza por la presencia de quitina en la pared celular de sus hifas y por la capacidad de sintetizar esteroides.

La acción de *Phytophthora infestans*, es agresiva y eficaz gracias a su capacidad de reproducirse y reinfectar a otras plantas en la misma temporada de cultivo, facilitándole procesos de variación genética, esto explica la aparición de variedades con mayor resistencia a fungicidas sistémicos, mayor virulencia y mayor aptitud parasítica. Las posibles fuentes de variación de *P. infestans*, son la reproducción sexual, mutación, recombinación mitótica, parasexualidad, migración y selección⁴¹.

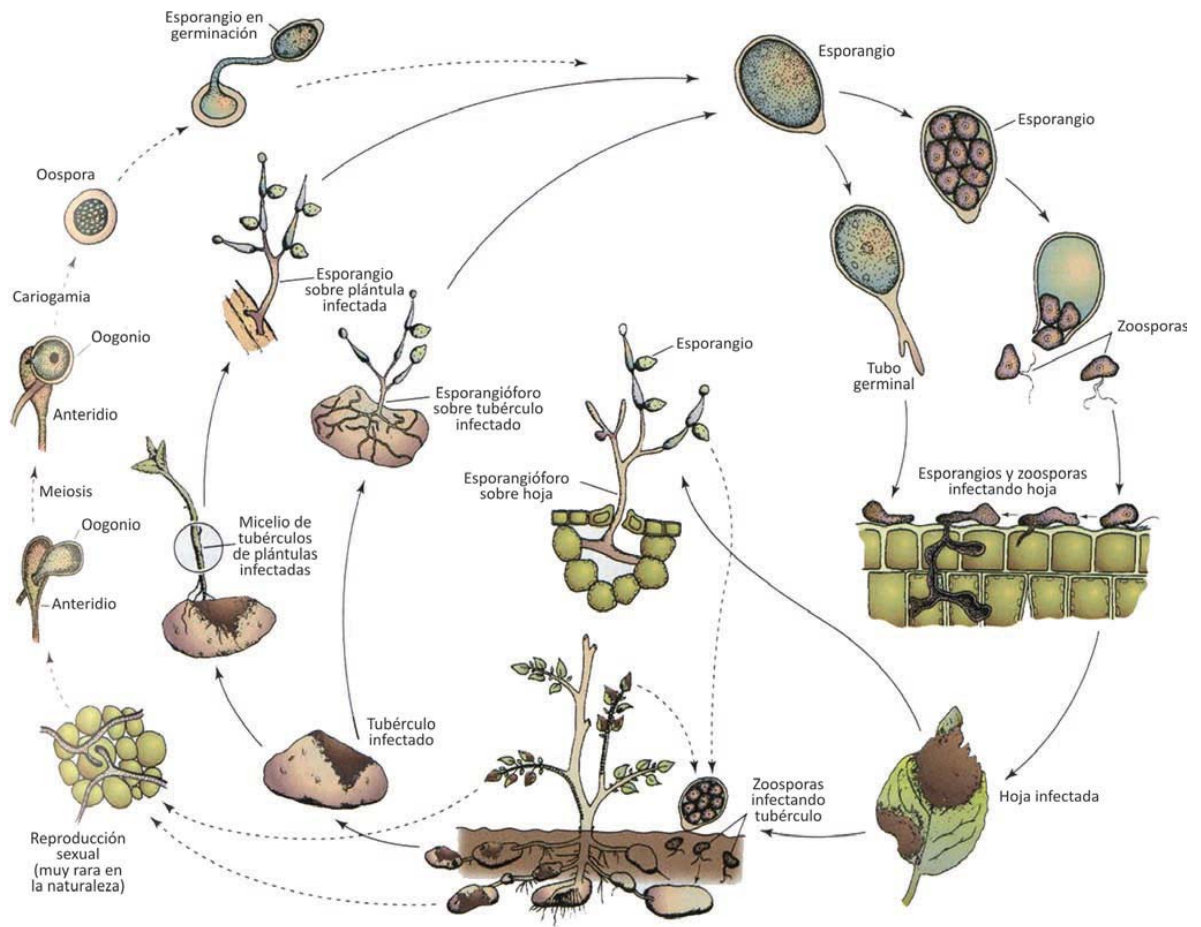
Phytophthora infestans, se caracteriza por presentar epidemia policíclica, ya que tiene ciclos de infección completos y repetidos, es decir, la infección es seguida por el desarrollo del patógeno, la producción de inoculo nuevo, la dispersión del inoculo a nuevos sitios susceptibles y finalmente nuevas infecciones, todo dentro de un sólo ciclo del cultivo⁴². En un sólo ciclo de infección, se desarrollan lesiones, esporulación, dispersión de los esporangios e infecciones nuevas, pueden ocurrir dentro de cinco días y muchos ciclos superpuestos ocurren simultáneamente durante períodos de tiempo favorable, cada 7-10 días en tiempo húmedo y fresco.

⁴⁰ PEREZ, W. FORBES G. Manual Técnico. El Tizón Tardío de la Papa. Centro Internacional de la Papa. Sucre Perú. 2008

⁴¹ Ibid. p. 14

⁴² ARNESON, Phil A. Epidemiología de las Enfermedades de las Plantas: Los Aspectos Temporales www.apsnet.org/education/AdvancedPlantPath/Topics/Epidemiologia/Epidemiologia.htm#progress

Figura 4. Ciclo de la Gota o Tizón tardío por *Phytophthora infestans* en la planta de papa. (Tomado y modificado de Agrios, 2005).



Fuente: Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2007) 8(2), 5-16 Erika Patricia Martínez y Jairo Antonio Osorio Estudios preliminares para la producción de un biosurfactante bacteriano activo contra *Phytophthora infestans* (Mont) De Bary

Síntomas:

Hojas: manchas grandes de color café claro a oscuro de apariencia húmeda, algunas veces rodeada de un halo amarillento a verde pálido, inicialmente en los bordes y puntas de las hojas, en periodos de alta humedad en el envés de las

hojas se forman vellosidades blanquecinas que constituyen las estructuras reproductivas, esporangios y esporangioforos. Estas lesiones se expanden rápidamente, se tornan más oscuras, se necrosan y causan la muerte del tejido.

Los síntomas de la gota del tomate se pueden presentar en hojas, tallos o frutos. Generalmente los primeros síntomas se presentan en las hojas, como manchas grandes de color café o castaño, apariencia húmeda, con coloración verde pálido alrededor de la lesión⁴³.

Tallos y peciolo: presentan lesiones necróticas, alargadas de 5 a 10 cm de longitud, de color marrón a negro, ubicadas desde el tercio medio a la parte superior de la planta, consistencia vítrea. Cuando la enfermedad rodea todo el diámetro del tallo, se quiebran fácilmente, puede esporular en condiciones de alta humedad en menor grado que las hojas.

Manejo y control:⁴⁴

- Las plantas enfermas hay que eliminarlas y enterrarlas fuera de la parcela.
- Tener un buen sistema de drenajes.
- Utilizar camas bien altas durante la época de lluvias.
- Aplicar productos preventivos y curativos antes y cuando aparezca los primeros síntomas de la enfermedad.

En forma preventiva, es conveniente aplicar fungicidas como clorotalonil, maneb o mancozeb, con adherentes. En casos en que la infección aparezca y amenace

⁴³ Ibid. p. 18

⁴⁴ Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

con extenderse se recurre el uso de fungicidas sistémicos como metalaxil, entre otros.

Mancha de alternaria. Tizón Temprano N.C. *Alternaria solani* var. *Solani*. Los síntomas son evidentes en los folíolos de las hojas viejas, provocando lesiones circulares oscuras. En el tallo se manifiesta en forma de chancro. En la base del tallo la lesión puede causar una pudrición en forma de collar. Ataca el fruto en la región del pedúnculo produciendo una pudrición negra. Su control se realiza principalmente mediante rotaciones con cultivos como el maíz y las prácticas de labores agronómicas adecuadas. En cuanto a fungicidas se aconseja la utilización de productos químicos a base de clorotalonil, oxiclóruo de cobre y Mancozeb. (Carreño et al., 2007; Barreto et al., 2002; ICA, 1969; Vallejo 1999).

Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* (lib.) de Bary). El moho blanco es una enfermedad de ocurrencia ocasional en tomate, es importante tener cuidado de la aparición de la enfermedad si se va a hacer rotación o en asocio con pimentón o ají (*Capsicum annuum* L.) ya que es particularmente limitante económica para los anteriores. El hongo puede infectar tallos, pecíolos y en ocasiones frutos. Los síntomas iniciales se presentan en las hojas, las cuales manifiestan el marchitamiento total o parcial, debido a que el hongo afecta el tallo principal, donde causa pudrición húmeda y hueca, con crecimiento fungoso blanquecino y presencia de diminutos cuerpos negros de formas y tamaños variables llamados esclerocios, que corresponden a las estructuras de resistencia del hongo. Las condiciones que favorecen al moho blanco se encuentran los periodos prolongados de lluvias y temperaturas moderadas (15 a 22°C). Altas densidades de siembra en el cultivo y la siembra cercana a otros cultivos susceptibles al moho

blanco, favorece la incidencia de la enfermedad en tomate, pimentón, ají jalapeño y berenjena (Tamayo y Jaramillo, 2006)⁴⁵.

Peca bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. tomato)⁴⁶. Puede afectar las hojas, tallos, pecíolos y los frutos. En el follaje las manchas son de color café oscuro a negro, generalmente rodeadas por halo amarillo, las lesiones pueden ser negras con bordes amarillos en orillas de las hojas donde se juntan las gotas de agua. Grandes áreas de tejido foliar se mueren cuando se juntan estas lesiones. En los frutos las lesiones se mantienen pequeñas, como manchas superficiales. En los frutos verdes aparecen rodeadas de una aureola verde. El desarrollo de la enfermedad es favorecido por el clima frío, lluvioso, hojas en contacto con el suelo o por áreas donde se riega por aspersión⁴⁷.

4.2.10 Manejo y control de las enfermedades de las plantas.

La presencia de plagas y enfermedades son factores limitantes para la producción de un cultivo, es así que los métodos empleados para controlar o suprimir el desarrollo de patógenos determinará el éxito de una producción agrícola que provea de alimentos de calidad e inocuos. Para cumplir este objetivo se ha dado un nuevo enfoque al manejo fitosanitario, que además de garantizar el beneficio económico del cultivo, promueva la conservación de los recursos naturales empleando protocolos de producción contemplados bajo las buenas prácticas agrícolas (BPA) y el manejo integrado de plagas (MIP)⁴⁸.

⁴⁵ www.semicol.com.co/semillas/hortalizas/ver-todos-productos.html

⁴⁶ CORPEÑO, Boris. Manual del Cultivo de Tomate. Centro De Inversión, Desarrollo Y Exportación De Agronegocios. Colonia Escalón San Salvador, El Salvador. 2004 p. 28

⁴⁷ Idib. p. 22

⁴⁸ SANDOVAL BRIONES, Claudio. Manual Técnico Manejo integrado de Enfermedades en cultivos hidropónicos. Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Oficina Regional Para América Latina y El Caribe. 2004

Las enfermedades en las plantas comúnmente comienzan con un nivel bajo, pocas plantas afectadas & pequeña cantidad de tejidos afectados, estas, se convierten en un factor de interés cuando aumenta su incidencia y severidad. Para reducir el impacto de la enfermedad se sugiere mantener su desarrollo en un nivel aceptable o umbral económico, para esto es necesario entender en términos cuantitativos el progreso de la enfermedad y los factores que lo influyen⁴⁹.

La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos⁵⁰ propuso unos principios tradicionales para el control de las enfermedades de las plantas, la evasión, la exclusión, la erradicación, la protección, la resistencia y la terapia.

4.2.10.1 La evasión. Consiste en evitar la enfermedad seleccionando una temporada o un sitio donde no se encuentra el inóculo o donde el ambiente no es favorable para infección.

4.2.10.2 La exclusión. Consiste en evitar la introducción de inóculo.

4.2.10.3 La erradicación. Procura eliminar, destruir, o inactivar el inóculo

4.2.10.4 La protección. Evita la infección con el uso de un tóxico o alguna otra barrera de infección.

4.2.10.5 La resistencia. Promueve el uso de cultivares tolerantes o resistentes a la infección.

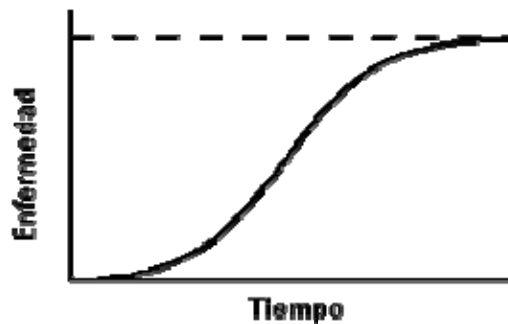
⁴⁹ ARNESON, Phil A. Epidemiología de las Enfermedades de las Plantas: Los Aspectos Temporales www.apsnet.org/education/AdvancedPlantPath/Topics/Epidemiologia/Epidemiologia.htm#progress

⁵⁰ Ibid.

4.2.10.6 La terapia. Cura las plantas infectadas

Estos principios han orientado las practicas fitosanitarias para controlar una enfermedad, pero promueven prácticas radicales e irreales ya que no es posible erradicar o eliminar por completo una enfermedad, por tanto se ha propuesto dar un manejo considerando la dinámica de las enfermedades en las plantas, teniendo en cuenta sus cambios en la incidencia y severidad de la enfermedad en el tiempo y espacio.

Figura 5. Dinámica de una enfermedad en una planta



Fuente: ARNESON, Phil A. Epidemiología de las Enfermedades de las Plantas: Los Aspectos Temporales.

4.2.11 Métodos de control y manejo de enfermedades.

Teniendo en cuenta estos principios y la dinámica de las enfermedades, se proponen diferentes métodos para el control o manejo de las enfermedades: métodos biológicos, culturales, físicos, químicos y legales⁵¹.

⁵¹ PEREZ, Ligia. Patología Vegetal. Promedius. p. 93

4.2.11.1 Métodos biológicos. Promueve dos prácticas⁵²:

Seleccionar, distribuir y cultivar plantas resistentes a un patógeno determinado.

Utilizar otros seres vivos antagonicos o parásitos de patógeno o control biológico.

Control biológico.⁵³ El control biológico se define como la utilización viable y segura para el control de plagas y enfermedades utilizando insectos, nematodos, hongos, bacterias y virus, en sus estados naturales o modificados, formulados como aspersiones o polvos para suprimir explosiones de artrópodos, plagas o malezas. Se sustenta en el hecho de que muchas especies de organismos se alimentan o completan su ciclo de vida a costa de otros.

Los microorganismos utilizados como agentes de control presentan ventajas tales como su especificidad, representan seguridad ambiental, alta virulencia hacia las pestes a controlar, compatibilidad con otras formas de control, disponibilidad de fuentes naturales, facilidad de ser manipulados como epizootias naturales, y como desventajas su alta especificidad, alto costo por campo de acción, problemas técnicos, logísticos en producción y aplicación, su naturaleza no propietaria ya que pueden ser patentados como plaguicidas, sensibilidad a factores físicos del ambiente como radiación ultra violeta, pH, calor.

Un grupo importante del control biológico son los hongos que pueden ser depredadores, parasíticos o antagonicos, ellos se nutren de protozoarios, nematodos del suelo, estiércol, materia orgánica en descomposición. La relación de antagonismo se produce cuando un ser vuelve el medio completamente

⁵² Ibid. p.94 - 95

⁵³ CASTAÑO ZAPATA, Jairo. Guía ilustrada de hongos promisorios para el control de malezas, insectos, nematodos y hongos fitopatógenos. Editorial Universidad del Caldas. 2005

adverso para otros al secretar sustancias que impiden el desarrollo de otras especies.

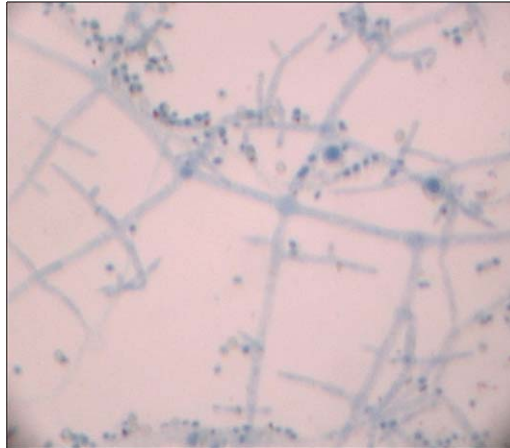
Se explica cómo mecanismos de acción de los antagonistas para controlar el desarrollo de patógenos la antibiosis, competencia por espacio o por nutrientes, interacciones directas con el patógeno (micoparasitismo y lisis enzimática) e inducción de resistencia. Se considera la competencia como un importante mecanismo de acción antagónica. Puede definirse como el comportamiento desigual de dos o más organismos ante un mismo requerimiento, siempre y cuando la utilización del mismo por uno de los organismos reduzca la cantidad disponible para los demás. Un factor esencial para que exista competencia es la escasez o limitación de un elemento porque si hay exceso no hay competencia. Hongos del género *Trichoderma* son un grupo importante de control biológico de patógenos del suelo.

4.2.11.1 Descripción morfológica y fisiológica de *Trichoderma spp.* Según Alexopoulos et al., *Trichoderma spp.*, cuenta con la siguiente ubicación taxonómica⁵⁴:

- División: Eumycota
- Subdivisión: Deuteromycotina
- Clase: Hyphomicetes (Moniliales)
- Orden: Hyphales
- Familia: Moniliaceae
- Género: *Trichoderma*
- Especie: *harzianum*, *viride*, *polysporum*, *lignorum*, entre otras.

⁵⁴ TOVAR CASTAÑO, Julio Cesar. Evaluación de la capacidad antagonista “in vivo” de aislamientos de *Trichoderma spp.* frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. Bogotá 2008. p. 19

Figura 6. Micelio de *Trichoderma lignorum*. Tinción azul de lactofenol. 40x



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

El género *Trichoderma* comprende hongos saprofitos o parásitos, comúnmente se establecen en el suelo, sobre madera y plantas en descomposición, se considera que este comportamiento beneficia su actividad antagónica⁵⁵. *Trichoderma* utiliza un amplio rango de compuestos como fuentes de carbono y nitrógeno, sus requerimientos de carbono y energía pueden ser satisfechos por monosacáridos, disacáridos, polisacáridos complejos, purinas, pirimidinas y aminoácidos, taninos condensados y catequinas⁵⁶. Las colonias de *Trichoderma* crecen rápidamente, pueden tomar un color blanco, son lisas o casi transparentes posteriormente se torna algodonosa formando una red densa que le da el color característico. El micelio está formado por hifas septadas⁵⁷. Las especies de este género forman

⁵⁵ Ibid. p. 18

⁵⁶ OCHOA MORENO, María Elena. Antibiosis y micoparasitismo en cepas nativas de *Trichoderma* spp. (*Hyphomycetes: Hyphales*), sobre *Mycosphaerella fijiensis* (*Loculoasmycetes dothideales*). México 2002. p. 21

⁵⁷ ARIAS CIFUENTES, Edna Lorena y PIÑEROS ESPINOSA, Paola Andrea. Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Bogotá 2008. p. 43

conidióforos complejos y altamente ramificados en forma piramidal o cónica dando origen a esterigmas, con extremos ahusados⁵⁸.

*Trichoderma*⁵⁹ presenta características que facilitan su uso tales como la versatilidad, adaptabilidad y fácil manipulación, actúa contra los fitopatógenos en forma de antagonista por parasitismo, competencia, antibiosis, o por una combinación sinérgica de estos modos de acción⁶⁰. Su eficaz acción se debe a su alta capacidad reproductiva, habilidad para sobrevivir bajo condiciones ambientales desfavorables, eficiencia en la utilización de nutrientes, capacidad de modificar la rizósfera, fuerte agresividad contra fitopatógenos y eficiencia en promoción de crecimiento en plantas e inducción de mecanismos de defensa⁶¹.

Se caracteriza por realizar hiperparasitismo, aunque algunas especies y cepas pueden producir metabolitos bioactivos que incrementan su acción. Produce tres tipos de propágulos, hifas, clamidosporas y conidios, éstas son activas contra fitopatógenos en diferentes fases del ciclo de vida, desde la germinación de las esporas hasta la esporulación. El parasitismo puede ocurrir mediante la penetración, engrosamiento de las hifas, producción de haustorios y desorganización del contenido celular. *Trichoderma* spp., actúa sobre algunos patógenos debido a su capacidad de colonizar rápidamente el follaje; también puede colonizar extensivamente una superficie foliar intacta, situación favorable en la competencia por el espacio y nutrimentos, principalmente frente a hongos

⁵⁸ TOVAR CASTAÑO, Julio Cesar. Evaluación de la capacidad antagonista "in vivo" de aislamientos de *Trichoderma* spp. frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. Bogotá 2008. p. 18

⁵⁹ FERNÁNDEZ-LARREA VEGA, Orietta. Microorganismos antagonistas para el control Fitosanitario. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62 p. 96 - 100, 2001

⁶⁰ OCHOA MORENO, María Elena. Antibiosis y micoparasitismo en cepas nativas de *Trichoderma* spp. (*Hyphomycetes: Hyphales*), sobre *Mycosphaerella fijiensis* (*Loculoasmycetes dothideales*). México 2002. p. 21

⁶¹ Ibid. p. 17

patógenos que se desarrollan en la superficie de las hojas antes de efectuar la penetración, no actuando sobre aquellos que penetran rápidamente.

4.2.11.1.2 Mecanismos de acción de microorganismos antagónicos, agentes de control biológico⁶². Los mecanismos por los cuales un microorganismo antagónico, especialmente hongos y bacterias, afectan a un fitopatógeno son, la antibiosis, micoparasitismo y competencia. Dichos mecanismos se han reportado específicamente a *Trichoderma* y además también se le atribuyen la secreción de enzimas y la producción de compuestos inhibidores⁶³.

Antibiosis. Este mecanismo de acción hace referencia a la capacidad que tiene el microorganismo antagónico de producir antibióticos o sustancias inhibitoras del crecimiento de otros microorganismos. Estos metabolitos ejercen una acción directa sobre el microorganismo sensible “fitopatógeno”, estudios realizados por Dennis y Webster (1971), citados por Infante, detectaron compuestos no volátiles como la trichodermina gliotoxina, viridina y otros metabolitos peptídicos. Estos mismos investigadores hallaron antibióticos volátiles con un efecto fungistático, que debilita al patógeno y lo hace más sensible a los antibióticos no volátiles, efecto conocido como hiperparasitismo de origen enzimático. Stefanova et al., (1999), citado por Infante, plantea que los efectos a nivel celular son vacuolización, granulación, coagulación, desintegración y lisis.

Micoparasitismo. Es un proceso complejo, donde a través de diferentes sucesos mueren las hifas del hongo fitopatógeno. Es definido como una simbiosis

⁶² OCHOA MORENO, María Elena. Antibiosis y micoparasitismo en cepas nativas de *Trichoderma* spp. (*Hyphomycetes: Hyphales*), sobre *Mycosphaerella fijiensis* (*Loculoasmycetes dothideales*). México 2002. p. 14

⁶³ INFANTE Danay, MARTÍNEZ B., GONZÁLEZ Noyma y REYES Yusimy. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. Rev. Protección Veg. Vol. 24 No. 1 (2009): 14-21

antagónica entre organismos. En el caso de *Trichoderma*, durante el proceso de micoparasitismo sus hifas crecen quimiotrópicamente hacia el hospedante, posteriormente se adhiere a sus hifas, se enrollan y puede penetrarlo, esto ocasiona el debilitamiento del fitopatógeno. El desarrollo de cada etapa depende de los hongos involucrados, la acción biotrófica o necrotrófica del antagonista y de las condiciones ambientales. A *Trichoderma*, se le han descrito las siguientes etapas⁶⁴:

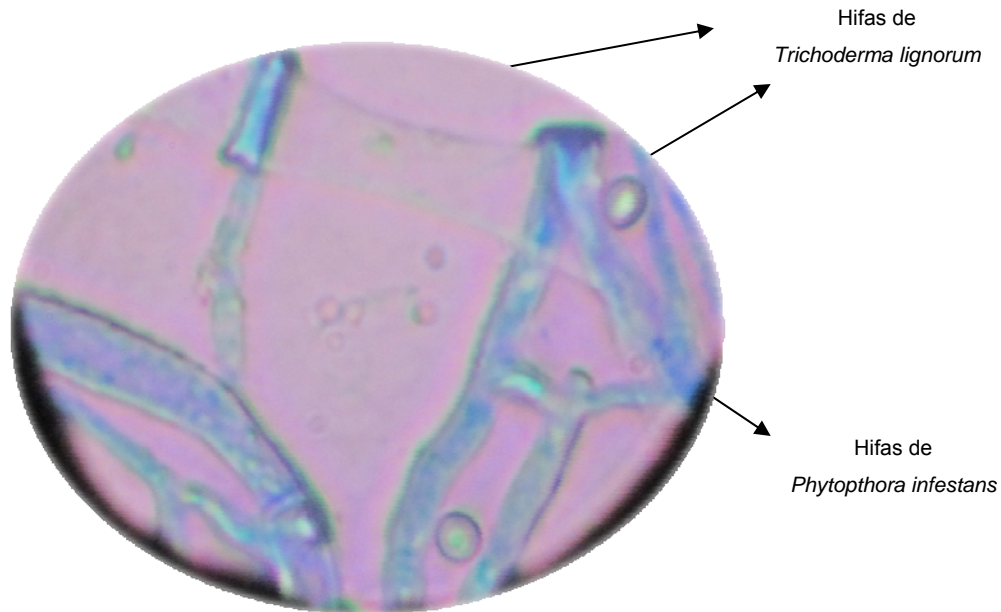
Crecimiento quimiotrófico, el quimiotropismo positivo, permite el crecimiento directo hacia un estímulo químico, *Trichoderma* puede detectar al fitopatógeno y sus hifas crecen en dirección a él como respuesta a un estímulo químico.

Reconocimiento, de acuerdo con estudios realizados se ha podido detectar que la interacción entre *Trichoderma* y el patógeno son específicas. El reconocimiento se realiza a través de interacciones lectinas – carbohidratos, moléculas involucradas en las interacciones entre los componentes de las superficies celulares y el ambiente extracelular, específicamente, las lectinas están involucradas en el micoparasitismo.

Adhesión y enrollamiento, cuando se ha dado el reconocimiento, procesos enzimáticos permiten que las hifas de *Trichoderma* se adhieran a las del hospedante mediante la formación de ganchos y apresorios. Según Chet y Elad (1983), citado por Martínez B, Fernández L, Solano T. Antagonismo de cepas de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos de la caña de azúcar, tomate y tabaco. *Cultivos Tropicales*. 1994;15(3):54, la adherencia de las hifas de *Trichoderma* ocurre gracias a la asociación de un azúcar de la pared del antagonista con una lectina presente en la pared del patógeno.

⁶⁴ Ibid. p.4, 5

Figura 7. Micelio de *Trichoderma lignorum*, formando ganchos en hifas de *Phytophthora infestans*. Tinción azul de lactofenol. 100x



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

Actividad lítica⁶⁵, consiste en la degradación de las paredes celulares del hospedante para facilitar la penetración de las hifas del antagonista, principalmente por la producción y acción de enzimas líticas extracelulares como quitinasas, glucanasas y proteasas. *Trichoderma* tiene un elevado potencial parasítico, su actividad metabólica le permite parasitar eficientemente a los hongos diana. Dentro de los metabolitos excretados por *Trichoderma*, se encuentran enzimas que realizan la lisis de la pared celular de las hifas del hospedante, celulasas, glucanasas, lipasas, proteasas y quitinasas. Seguido de la lisis, *Trichoderma* inserta estructuras especializadas que absorben nutrientes del

⁶⁵ MICHEL AVECÉS, Casimiro Alejandro. Capas nativas de *Trichoderma spp.* (Euascomycetes: Hypocreales), su antibiosis y micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinans* y *F. oxysporum* (Hypomycetes: Hyphales). Universidad de Colima Doctorado en Ciencias: Área Biotecnología. México 2001. p. 48 a 50

interior del fitopatógeno, hasta la pérdida del contenido citoplasmático del hospedante.

Competencia⁶⁶. Comportamiento desigual de dos o más organismos frente a un mismo requerimiento, que puede ser sustrato o nutrientes, siempre y cuando la utilización de este recurso por uno de los organismos limite la cantidad de nutrientes o espacio disponible para los demás. Este mecanismo es favorecido para *Trichoderma* como agente de control biológico, por su plasticidad ecológica, velocidad de crecimiento y desarrollo, así mismo por factores externos como tipo de suelo, pH, temperatura, humedad.

4.2.11.1.3 Evaluación de la calidad de un producto comercial de acción antagónica⁶⁷. Para determinar la calidad de un producto comercial de hongos, se ha reglamentado los tipos de pruebas que se deben realizar a dichos productos⁶⁸, estas son de tipo microbiológico como concentración de esporas, germinación de esporas y pureza, pruebas de patogenicidad y pruebas físico - químicas. (Resolución 000698 4 febrero 2011 ICA)

Pruebas microbiológicas.

Germinación de esporas. Prueba que establece la viabilidad del hongo con el estimado del número de esporas, se puede calcular la cantidad de esporas viables

⁶⁶ INFANTE Danay, MARTÍNEZ B., GONZÁLEZ Noyma y REYES Yusimy. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Rev. Protección Veg. Vol. 24 No. 1 (2009): 14-21 p.3*

⁶⁷ CHAVEZ GARCIA, Mónica Paola. Producción de *Trichoderma sp* y evaluación de su efecto en cultivo de crisantemo *Dendranthema grandiflora*. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial, Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá D. C. 2006 <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis286.pdf>

⁶⁸ FERNANDEZ-LARREA VEGA, Orietta. Microorganismos antagonistas para el control Fitosanitario. Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62 p. 96 - 100, 2001

de cada formulación por unidad de peso o volumen. Se realiza mediante microcultivos en porta-objetos.

Concentración de esporas. Consiste en cuantificar las esporas del hongo para determinar el número de unidades infectivas por unidad de peso o volumen existente. Se realiza mediante el conteo usando un microscopio en cámara de Neubauer.

Prueba de pureza. Esta prueba establece la proporción del agente biológico en la formulación e identificar los microorganismos contaminantes

Pruebas de patogenicidad. Esta es una prueba fundamental, ya que determina si el hongo cumple la función para la cual se ha establecido. Los resultados de esta prueba se aplican solo a nivel de laboratorio, en campo cambian sustancialmente las condiciones y no asegura su eficacia.

Pruebas físico - químicas. Se realizan pruebas de pH para determinar grado de acidez o alcalinidad de la formulación, porcentaje de humedad, humectabilidad, determina el tiempo que tarda un polvo mojable en humedecerse completamente, suspensibilidad, que determina la concentración de esporas del producto en suspensión después de un tiempo de preparada la mezcla, asegura la homogeneidad de la concentración del producto durante la aspersión y la última prueba es el taponamiento de boquillas para determinar si la formulación comercial causa taponamiento de la boquilla en el equipo de aspersión.

4.2.11.2 Métodos culturales⁶⁹. La Agencia Suiza para el desarrollo y la cooperación en sus programas de MIP propone el método de control preventivo

⁶⁹ http://www.cooperacion-suiza.admin.ch/peru/ressources/resource_es_97820.pdf

para enfermedades y plagas, prácticas de control cultural, donde propone realizar las labores propias del manejo agrícola de manera efectiva y oportuna, para dificultar la aparición y supervivencia de plagas y enfermedades.

4.2.11.3 Métodos físicos. Utiliza medios físicos como la temperatura y las radiaciones entre ellas la esterilización del suelo, solarización, desinfección de material vegetal con agua o aire caliente o someténdolo a altas temperaturas, refrigeración.

4.2.11.4 Métodos de control químico. Es la aplicación de productos químicos tóxicos o pesticidas, utilizados para controlar las plagas y enfermedades, las clases de pesticidas suelen denominarse de acuerdo con la plaga que ayudan a controlar, los insecticidas controlan insectos, los herbicidas controlan malezas, los fungicidas controlan hongos y los rodenticidas controlan roedores. Se hará especial mención a los fungicidas, ya que este constituye un elemento importante en este trabajo.

4.2.11.4.1 Fungicidas. La palabra fungicida se deriva de los términos latinos “fungus”: Hongo y “caedo”: Matar. En este sentido etimológico, fungicida es todo agente con habilidad para destruir organismos fúngicos. El calor, los ácidos, la luz ultravioleta, son agentes físicos fungicidas. Sin embargo, el término fungicida se refiere a los productos químicos usados en la prevención y en algunos casos en la erradicación o curación de enfermedades producidas por hongos fitopatógenos⁷⁰.

⁷⁰ ALFONSO, D. SANDOVAL, E. Evaluación *in - Vitro* de fungicidas para el control de hongos patógenos en esquejes de clavel durante la etapa de enraizamiento. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas, Bogotá D.C. 2008p. 38 – 45.

Características de los fungicidas:

Aspectos biológicos: Debe ofrecer un control de la enfermedad eficaz y consistente. No debe ser tóxico a la concentración recomendada. No debe afectar adversamente a otras partes del ecosistema del cultivo.

Aspectos toxicológicos: Residuos que queden en el cultivo no deben ser un problema para el consumidor. No debe construir un peligro durante la aplicación.

Aspectos de la formulación: Debe ser seguro al almacenarse y transportarse. El método de formulación debe aumentar la eficiencia como fungicida. Debe ser fácil de aplicar a la concentración precisa⁷¹.

TIPOS DE FUNGICIDAS

Según su Toxicidad

- Categoría IA - toxicidad extremadamente alta. Compuesto cuya DL50 va de 0.50mg del tóxico por Kg de peso. Estos productos son muy peligrosos, solo pueden manejarse bajo normas de seguridad muy estrictas y por personal preparado.
- Categoría IB – toxicidad alta. Compuestos cuya DL50 va de 50- 500 mg del tóxico por Kg de peso. Productos medianamente tóxicos y peligrosos pueden manejarse bajo normas de seguridad.
- Categoría II – toxicidad moderada. Se encuentra en ella los productos con DL50 superior a 500 mg del tóxico por Kg de peso.
- Categoría III – toxicidad baja.

⁷¹ Ibid. p. 39

Según sus usos

Para determinar el modo de acción de los fungicidas sistémicos, es necesario cuantificar una amplia gama de interacciones complejas que son difíciles de medir, ya que el producto necesita vencer algunos obstáculos para llegar a su sitio de acción. Estos obstáculos que el producto tiene que pasar son:

- Cutícula de la planta
- Células subcuticulares
- Metabolismo de la planta hospedera
- Absorción dentro de la planta durante la translocación
- Membrana del patógeno
- Metabolismo

Contacto. La mayoría de los fungicidas se utilizan como protectantes, por su capacidad de formar una barrera protectora en la planta. Los fungicidas de contacto actúan en sitios múltiples, ya que interfieren con los procesos metabólicos centrales de los hongos. Además la mayoría de estos fungicidas afectan la producción de energía o ATP, inhibiendo la respiración o desacoplando la fosforilación oxidativa⁷².

Sistémicos. Actúan interrumpiendo el desarrollo del agente causante de la enfermedad, después de iniciada la infección. Comprende un grupo reducido de fungicidas, se usa con fines de protección sistémica, en la cual la sustancia química se introduce o absorbe en el sistema circulatorio de la planta actuando como una especie de vacuna. Esta forma de control de enfermedades en vegetales, recibe el nombre de quimioterapia.

⁷² Ibid. p. 40

Mecanismos de acción. La acción fungicida comúnmente se expresa según los efectos físicamente visibles: Inhibición de la germinación de esporas o del crecimiento micelial. Otros fungicidas previenen la germinación de esporas o matan la espora inmediatamente iniciando el proceso de germinación. Algunos de estos inhibidores químicos o fungicidas también retardan o detienen el crecimiento del hongo cuando se aplican después de que se ha desarrollado el estado de infección⁷³.

Todos los fungicidas son inhibidores metabólicos, bloquean algunos procesos metabólicos vitales de la célula. Estos mecanismos de acción se pueden determinar en tres amplios grupos:

- Interferencia con la división celular
- Inhibición de enzimas involucradas en el metabolismo celular
- Interferencia con la función y síntesis de la pared celular de los hongos.

Resistencia a los fungicidas. La resistencia en los hongos se define como un fenómeno no observado en ciertas clases de hongos, normalmente susceptibles a ciertos fungicidas, que se manifiestan por una reducción de la sensibilidad a dichos productos, con la consiguiente pérdida de eficacia de los mismos para dichos hongos⁷⁴.

La acción fungicida es realmente una reacción bioquímica que supone íntimo contacto entre los componentes de la reacción. Si este íntimo contacto no ocurre,

⁷³ Ibid. p. 41

⁷⁴ Ibid. p. 41

no se presenta la reacción y hay resistencia; los mecanismos más importantes se pueden dividir en⁷⁵:

Menor permeabilidad de las membranas celulares. En este caso, los individuos resistentes escapan a la acción fungicida porque las membranas celulares no permiten la entrada del producto; los que si permiten la entrada, son susceptibles.

Rutas metabólicas alternas. En este caso el tóxico toma otra ruta en los individuos resistentes, de manera que esquivan los sitios de acción de los patógenos.

Detoxificación del fungicida: El patógeno resistente es capaz de metabolizar el producto y los metabolitos producidos no son fitotóxicos.

Falta de activación del fungicida por el patógeno: En ciertos casos algunos productos no son fungicidas en sí mismos sino que deben sufrir un cambio o metabolización, activación, dentro del patógeno para convertirse en fungitóxico; en los individuos resistentes ésta activación dentro del patógeno no ocurre y, por lo tanto, escapan a la acción del producto.

Alteración del sitio reactivo: Cuando el fungicida es de acción específica actúa sobre un solo sitio del patógeno, una modificación en este sitio puede traer como consecuencia una falta de acople entre el patógeno y el fungicida y resultar en resistencia.

Evaluación de la calidad de un producto químico fungicida⁷⁶. Esta evaluación se realiza a través de las pruebas de grado de toxicidad o actividad fungistática,

⁷⁵ Ibid p. 42

⁷⁶ Ibid. p. 50 y 51

determina la capacidad de un fungicida para inhibir la viabilidad del patógeno y efecto fungistático, definida como la capacidad de un fungicida para inhibir la germinación de las esporas o el desarrollo inicial de un hongo, mientras permanezca en contacto continuo.

4.2.11.5 Métodos legales. Es el conjunto de leyes, decretos, resoluciones, o cualquier agente de control legal que reglamenta o implementa disposiciones para que las autoridades competentes regulen las actividades agropecuarias. Permitiendo establecer cuarentenas, inspecciones y certificaciones.

4.2.12 Manejo integrado de plagas⁷⁷.

El Manejo Integrado de Plagas (MIP) es un enfoque para el manejo de plagas y enfermedades que utiliza todas las técnicas de manejo y control disponibles y las integra en un sistema que permite proteger el medio ambiente, la salud de los trabajadores, garantizar o asegurar la inocuidad del producto final y optimiza la capacidad del cultivo.

Implementar un plan de MIP, permite establecer varias posibilidades de acceder a varias opciones de manejo de la plaga, por tanto la posibilidad de daño es menor, esto conlleva a la preservación de la biodiversidad en la unidad productiva, disminuye el impacto ambiental ya que se disminuye el uso de insumos de síntesis química.

Para implementar un plan de MIP se recomienda⁷⁸:

⁷⁷ Programa Integral de Transferencia de Tecnología para la Producción Limpia y la Comercialización de Hortalizas en la Sabana de Bogotá. Componente 7 Sello de Calidad y Buenas Prácticas Agrícolas. Corporación Colombia Internacional. Servicio Nacional De Aprendizaje – SENA. Bogotá, D.C. 2004

- Tener un listado de los plaguicidas registrados ante el ICA, cuyo empleo esté permitido en Colombia.
- A partir del listado de productos permitidos, identificar los plaguicidas más adecuados y específicos para los problemas de la unidad productiva e incluirlos dentro del plan de Manejo Integrado de Plagas.
- Los plaguicidas que se vayan a utilizar deben ser de categorías toxicológicas II y III, exclusivamente; además, su uso debe estar orientado por el criterio técnico de una persona capacitada o Ingeniero Agrónomo.
- En el MIP incluir un plan de uso de plaguicidas con base en la rotación de ingredientes activos, en especial para los problemas causados por las plagas más comunes y limitantes de un cultivo, procurando al máximo evitar que éstas generen resistencia a los productos.
- Utilizar productos específicos para la plaga que afecta al cultivo, así se consigue un mínimo efecto sobre las poblaciones benéficas y los enemigos naturales.
- Los productos deben mantenerse en su envase original y conservar la etiqueta. Es importante seguir estrictamente las recomendaciones de esta.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1 Antagonismo.

Relación simbiótica perjudicial, en donde un ser vuelve el medio completamente adverso para otros, al secretar sustancias que impiden su desarrollo.

⁷⁸ Idib. p.30,31

4.3.2 Control biológico.

Metodología que busca disminuir la actividad o supervivencia de la población de un individuo plaga o que causa enfermedad, a través de otro organismo vivo, excepto los humanos. Los resultados de esta acción son reducción en la incidencia y/o severidad causada por el patógeno. El control biológico se fundamenta en el hecho de que todo patógeno, en su lugar de origen tiene enemigos naturales.

4.3.3 Control químico.

Uso de plaguicidas, insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, etc., para controlar o dar manejo a plagas y enfermedades.

4.3.4 Enfermedad.

Interacción entre una planta y su medio ambiente, sea biótico o abiótico, que resulta del desorden fisiológico o en una anomalía estructural, generalmente perjudicial para la planta, un tejido o producto de la misma⁷⁹.

4.3.5 Efectividad antagónica.

Capacidad de un organismo de inhibir el crecimiento y desarrollo de otro. Se espera que el organismo inhibidor sea el que controle o inhiba el crecimiento del patógeno, a través de diferentes efectos como micoparasitismo, inhibición, competencia por espacio y nutrientes, en este caso el *Trichoderma lignorum* es el inhibidor de crecimiento a *Phytophthora infestans*.

⁷⁹ PÉREZ, Ligia. Patología Vegetal. Promedius

4.3.6 Fitopatología.⁸⁰

Es la ciencia del diagnóstico y control de las enfermedades en las plantas, estudia los organismos y las condiciones ambientales que pueden afectar a las plantas, así como los procesos mediante los cuales estos organismos o factores producen la enfermedad, sus interacciones. También se ocupa por determinar los métodos para prevenir estas enfermedades.

4.3.7 Fungicida.

Sustancias de síntesis química tóxica, que impide el crecimiento de los hongos y mohos que ejercen una acción perjudicial a las plantas, animales o seres humanos. La palabra fungicida se deriva de los términos latinos “fungus”: Hongo y “caedo”: Matar. En este sentido etimológico, fungicida es todo agente con habilidad para destruir organismos fungosos, también el calor, ácidos, luz ultravioleta, son agentes físicos fungicidas. Sin embargo, el término fungicida se refiere a los productos químicos usados en la prevención y en algunos casos en la erradicación o curación de enfermedades producidas por hongos fitopatógenos⁸¹.

4.3.8 Hongo.⁸²

Individuos eucariotas, unicelulares o pluricelulares, heterótrofos que sobreviven degradando nutrientes almacenados en el cuerpo o en los desechos de otros organismos, parasitando a otros individuos o estableciendo relaciones simbióticas

⁸⁰ CADENAS. Fitopatología General. Universidad Nacional Agraria La Molina. Dpto. Académico de Entomología y Fitopatología.

⁸¹ ALFONSO, D. SANDOVAL, E. 2008. Evaluación *in - Vitro* de fungicidas para el control de hongos patógenos en esquejes de clavel durante la etapa de enraizamiento. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas, Bogotá D.C. p. 38 – 45.

⁸² AUDESIRK. Teresa et al. Biología. La vida en la Tierra. Sexta edición. Pearson Educación. México 2003

para sobrevivir. La mayoría de hongos están formados por una red de filamentos llamado micelio. Pueden tener reproducción asexual y sexual.

4.3.9 Incidencia.

Hace referencia al número de plantas afectadas, por la enfermedad, en porcentaje.

4.3.10 Marchitez.

Apariencia flácida de hojas, brotes o toda la planta, por pérdida de turgencia.

4.3.11 Necrosis.

Muerte de tejidos; agrupan los siguientes síntomas: manchas, quemado y tizón.

4.3.12 Pudrición.

Desintegración y descomposición de tejidos, pueden ser secas o húmedas, de consistencia blanda o dura y algunas van acompañadas de la producción de olores característicos.

4.3.13 Severidad.

Hace referencia al porcentaje de afección por cada estructura de la planta.

4.3.14 Signo.

Es la expresión visible (a simple vista o bajo lupa con un máximo de 10 aumentos) del patógeno. Puede ser el patógeno mismo como en el caso de los nematodos, o alguna de sus estructuras (por ej. micelio, esporas o esclerocios de hongos) o el patógeno mezclado con material vegetal (zooglea de las bacterias).

4.3.15 Síntomas.

Es la manifestación en la planta del proceso de la enfermedad. Por lo tanto su expresión depende de la planta (especie, variedad), del patógeno y del ambiente.

4.4 MARCO GEOGRÁFICO E HISTÓRICO

4.4.1 Marco geográfico.

El estudio a nivel de laboratorio se desarrollará en el Centro de Diagnóstico Fitosanitario del Instituto Colombiano Agropecuario (Ica) Seccional Santander ubicado en la Av. Quebrada seca # 31-39 Barrio San Alonso – Bucaramanga, consiste en la evaluación antagónica de un controlador biológico y de fungicidas químicos para el manejo de la enfermedad *Phytophthora infestans*, en campo se establecerá el cultivo de tomate de mesa en la finca El Polvorín Vereda Santa Bárbara de Bucaramanga.

4.4.2 Marco histórico.

RAIGOSA GÓMEZ, Natalia. Et al, 2009, Variabilidad genética de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en solanáceas cultivadas en Colombia. El propósito de esta investigación es detectar la variación genética

en los grupos genéticos de *Phytophthora infestans*, los resultados obtenidos permitieron plantear la necesidad de realizar estudios de patogenicidad cruzada para determinar la especificidad patógeno – hospedante de las poblaciones de aislamientos de *Phytophthora infestans*, presentes en Colombia y así replantear estrategias de control en las regiones en donde se traslapan los cultivos de solanáceas susceptibles, a este patógeno.

CASTRO, katherin. Et al, 2009, Intensidad de los sabores básicos del tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) en seis estados de madurez. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Caldas. El estudio realizado pretende analizar la intensidad de los sabores básicos del tomate de mesa en seis estados de madurez, empleando un panel entrenado en evaluación sensorial para este tipo de productos, quienes cuantificaron los atributos a través de técnicas descriptivas de perfil sensorial. Los atributos estudiados son importantes en el momento de determinar la calidad del producto y mejora la posibilidad de comercialización.

PEREZ, W. FORBES G., 2008, Manual Técnico. El Tizón Tardío de la Papa. Centro Internacional de la Papa. Sucre Perú. A través de este manual se pretender dar a conocer características de *Phytophthora infestans*, y así dar un mejor manejo a este patógeno, ya que el desconocimiento de aspectos reproductivos, celulares, moleculares impide que se de un manejo y control apropiado. De igual manera reporta resultados de evaluación de resistencia de la enfermedad, para orientar y dar base a futuras experiencias que pretendan determinar evaluaciones de resistencia de nuevas variedades o también evaluar nuevas estrategias de control.

REYES, Yusimy. MARTÍNEZ, B. INFANTE, Danay., 2008, Evaluación de la actividad antagónica de trece aislamientos de *Trichoderma spp.* SOBRE *Rhizoctonia sp.* En la investigación realizada se pretende buscar alternativas de

control de agentes patógenos, a través de relaciones antagónicas que puede establecer *Trichoderma* con otros hongos fitopatógenos, opción amigable con el medio ambiente pues su uso disminuye la aplicación de fungicidas químicos que traen desventajas económicas y ecológicas. Los resultados encontrados demostraron un 50% de efectividad antagónica.

4.5 MARCO LEGAL

4.5.1 Constitución Política de Colombia 1991.

Artículo 79: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo.

Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

De acuerdo con el Decreto 1840 de 1994, el ICA es el responsable del control sanitario a la movilización de material vegetal, y en este sentido viene realizando vigilancia e inspección en aspectos fitosanitarios, principalmente sobre frutas y flores con destino a la exportación. De otro lado, bajo el enfoque de BPA se requiere garantizar las condiciones del transporte de frutas y otros vegetales en aspectos fitosanitarios y de inocuidad, desde la finca a los centros de acopio o distribución y a las plantas de procesamiento.

Por ello, el ICA ha definido dentro de su Plan Estratégico 2007 – 2012 el proyecto de “Promover el Registro de Plaguicidas para uso en Cultivos Menores”, el cual busca establecer un mecanismo viable desde la perspectiva legal, técnica y

económica para el registro de estos insumos en cultivos menores prioritarios, con el fin de regular su uso y formular recomendaciones en torno a su empleo seguro y eficaz.

4.5.2 Resoluciones ICA.

Resolución 0375 de 2004 que reglamenta el registro de bioinsumos. (Dic. de 2008)

Resolución 000698 4 febrero 2011 ICA en la que establece los requisitos para el registro de departamentos técnicos de ensayos de eficacia, productores e importadores de bioinsumos de uso agrícola.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es una investigación tipo experimental, donde se realizaron evaluaciones tanto en laboratorio y campo de la efectividad antagónica de un biológico comercial, fungicidas, desecante y activador de defensas, para el manejo de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa.

Investigación Cuantitativa: experimental

Diseño experimental: bloques distribuidos completamente al azar.

5.2 SISTEMA DE HIPÓTESIS Y VARIABLES

Ho: El controlador biológico comercial (*Trichoderma lignorum*), el fungicida de síntesis química, Fluopicolide + Propamocarb-HCl, el desecante Peróxido de Hidrogeno y el activador de defensas monofosfito potásico no presentan efectividad antagónica para el manejo de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa, *Solanum lycopersicum* Mill.

H1: El biológico comercial (*Trichoderma lignorum*) es más eficiente que el fungicida de síntesis química, (Fluopicolide + Propamocarb-HCl), que el descante Peróxido de Hidrogeno y el activador de defensas monofosfito potásico, para el manejo de *Phytophthora infestans* en el cultivo de tomate de mesa, *Solanum lycopersicum*.

Variables Dependientes: Incidencia y severidad de la enfermedad

Variables Independientes: Controladores aplicados

Variables Intervinientes: Condiciones climáticas de la zona.

5.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población en la fase de campo, se conformó de 1176 plantas de tomate de mesa, se sembraron a los 35 días de germinadas hasta su cosecha, distribuidas en 28 parcelas experimentales, ocuparon un área total de 435,6m².

El área de cada parcela experimental fue de 9,6m² con 4,8m de largo por 2 m de ancho y 1m entre parcelas, en cada parcela se cultivaron 42 plantas con una distancia de siembra de 0,8m entre surco por 0,4m entre plantas.

Unidad de observación: parcelas experimentales, distribuidas completamente al azar.

Tamaño de la muestra: en cada parcela se cultivaron 42 plantas, de las cuales se seleccionaron para evaluar 6 plantas por parcela para disminuir el error por efecto de borde, estas se marcaron para leer siempre las mismas y evaluar la severidad en sus ramas intermedias.

5.4 MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

5.4.1 Laboratorio.

5.4.1.1 Obtención de muestras. Se tomaron muestras de hojas, tallo o peciolo de plantas enfermas suministradas por el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario ICA, recolectadas en Santander.

Procedimiento para la recolección de las muestras del patógeno⁸³.

Materiales:

- Bolsas de polietileno, calibre 5 mm, de diferentes tamaños.
- Navaja o tijeras.
- Tijeras de podar.
- Alcohol al 70%
- Hipoclorito de sodio al 2%
- Cinta de enmascarar
- Papel absorbente suave
- Fósforos
- Mecheros
- Medios de cultivo PDA

Procedimiento:

- Recolectar hojas y tallos de plantas de tomate *Solanum lycopersicum* Mill, con signos y síntomas de la enfermedad, procedimiento según Manual de Procedimientos Grupo de Diagnostico Fitosanitario ICA, numeral 1.4.1, p. 4.
- Colocar las muestras en bolsas plásticas limpias, herméticamente cerradas y rotuladas. Llevar al laboratorio y procesar antes de 24 horas, conservar en refrigeración.
- Los siguientes procedimientos se realizaron en cámara de flujo laminar.
- Lavar con agua potable
- Esterilizar superficialmente por inmersión consecutivas:

⁸³ RAMÍREZ R. Jorge Yandry, et al. Actividad antagónica de hongos endófitos de plantas medicinales del Ecuador sobre bacterias patógenas. Boletín Micológico Vol. 21: 49 - 53 2006.

- 1 minuto en etanol 70% v/v.
 - Lavar con agua estéril.
 - 3 a 5 minutos en hipoclorito de sodio 2%
 - Lavar con agua estéril.
-
- Secar con toallas de papel estériles.
 - Dividir la muestra en partes más pequeñas 3 a 5 mm² con tijeras o bisturí estéril, con alcohol o flameadas.
 - Sembrar en caja de Petri en medio PDA.
 - Rotular con código (planta – individuo – fecha de recolección).
 - Incubar a temperatura ambiente, en oscuridad de 5 a 7 días.

Procedimiento para caracterización microscópica

Materiales:

- Láminas
- Laminillas
- Cinta pegante transparente
- Azul de lactofenol

Procedimiento:

La caracterización microscópica de los aislamientos. (ICA, 2005), se realizó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Adicionar una gota de azul de Lactofenol en un portaobjetos.

- Con una cinta transparente realizar impronta al cultivo tomando las hifas con cuidado de no dañar el tejido.
- Pegar la cinta sobre el portaobjetos.
- Observar al microscopio las estructuras del hongo en estudio para comparar con claves de identificación. (ICA, 2005).
- Tomar registros fotográficos de las muestras.

Luego de la identificación del hongo, se procedió a su aislamiento a cultivo puro, se conservó en refrigeración, para su posterior uso en las siguientes etapas del proceso.

5.4.1.2 Verificación de la calidad del biológico comercial. Se verificó la calidad del biológico comercial y de formulación del producto establecida en la etiqueta mediante el recuento de la concentración y viabilidad de esporas y la determinación del nivel de pureza.

5.4.1.2.1 Concentración de esporas.

Materiales

- Biológico comercial
- Solución Tween 80 al 0.02%
- Agua destilada estéril
- Cámara de Neubauer
- Tubos de ensayo con tapa
- Micropipetas
- Puntas esterilizadas
- Balanza

- Mecheros
- Fósforos
- Cámara fotográfica

Procedimiento.

- Se realizó una dilución madre mezclando 3 gramos del producto comercial en 90ml de agua destilada estéril y solución Tween 80 al 0.02%.
- Posteriormente se realizaron diluciones sucesivas a partir de la dilución madre, hasta llegar a una concentración de 109.
- Se realizaron los conteos por número de conidias por cuadrante, para obtener un promedio final.
- $\text{Conidias / ml} = \# \text{ de conidias contadas} \times 25,000 \times \text{factor de dilución}^{84}$.
- Se tomaron registros fotográficos y datos.

5.4.1.2.2 Viabilidad del antagonista. La Verificación de la viabilidad del antagonista se determinó mediante el porcentaje de germinación de esporas por gramo.

Materiales

- Suspensión del Biológico comercial, con una dilución de 109
- Agar agua
- Agua destilada estéril
- Cajas de petri

⁸⁴ CAÑEDO, Verónica. AMES, Teresa. Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú 2004. p. 47
<http://www.cipotato.org/library/pdfdocs/AN65216.pdf>

- Micropipetas
- Tubos de ensayo con tapa
- Puntas esterilizadas
- Mecheros
- Fósforos
- Cámara fotográfica

Procedimiento

- Marcar 5 puntos en la superficie externa inferior de las cajas de petri
- Servir 10 ml de Agar-agua en cajas de petri
- Tomar 5 μ l de la dilución 109 del producto biológico comercial.
- Inocular las cajas de petri, a razón de 5 alícuotas por caja por submuestra, en cada punto marcado.
- Incubar las cajas de petri inoculadas a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas.
- Adicionar azul de lactofenol a cada alícuota.
- Cortar las alícuotas y depositarlas sobre una lámina portaobjetos
- Cubrir con una laminilla
- Realizar conteo de las esporas germinadas, las no germinadas
- Determinar el porcentaje de germinación, por método directo.

5.4.1.2.3 Nivel de pureza

Materiales

- Suspensión del Biológico comercial, con una dilución de 109
- Agar PDA
- Agar nutritivo

- Agua destilada estéril
- Cajas de petri
- Micropipetas
- Tubos de ensayo con tapa
- Puntas esterilizadas
- Rastrillos de vidrio
- Mecheros
- Incubadora
- Fósforos
- Cámara fotográfica

Procedimiento

- Inocular 0,1 ml de la suspensión de esporas madre (dilución x) en la superficie de cajas de agar PDA para crecimiento de hongos y agar nutritivo para verificar crecimiento de bacterias.
- Dispersar el inóculo con la ayuda de un rastrillo de vidrio estéril.
- Incubar las cajas de Petri a una temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, verificar crecimiento a las 24 horas y a las 48 horas y durante 8 días.
- Contabilizar el número de unidades formadoras de colonia (UFC) de cada microorganismo presente en las cajas diariamente y durante siete días.

5.4.1.3 Evaluación de la actividad antagónica.

La actividad antagónica se evaluó a través de las técnicas plato dual y micoparasitismo.

5.4.1.3.1 Plato dual

Materiales

- 3 Cajas con Cultivo de 13 días de crecimiento del antagonista en Agar PDA
- 3 Cajas con Cultivo de 13 días de crecimiento del patógeno en Agar PDA
- Cuchillas esterilizadas
- 7 Cajas de Petri con medios de cultivo PDA
- Pinzas esterilizadas
- 2 Tubos de vidrio de 5 mm de diámetro esterilizados
- Mecheros
- Incubadora
- Fósforos
- Cámara fotográfica

Procedimiento

- Cortar discos de medio PDA con el antagonista y el patógeno, de 5mm de diámetro.
- Marcar, en la parte inferior externa, dos puntos distantes a 4cm cada uno, de extremo a extremo, en una caja de Petri con el medio de cultivo, utilizando una plantilla
- Colocar en uno de los puntos un disco de medio PDA de 5mm de diámetro con el patógeno metabólicamente activo.
- Colocar en el otro extremo del medio, un disco de medio PDA, de 5mm de diámetro con el biológico comercial metabólicamente activo.
- Incubar los montajes en oscuridad y a temperatura de 28°C.

- Realizar lecturas y medir diariamente el radio de crecimiento del patógeno hacia el antagonista, hasta notar la unión entre ellos finaliza la prueba.

5.4.1.3.2 Micoparasitismo:

Materiales

- 3 Cajas con Cultivo de 13 días de crecimiento del antagonista en Agar PDA
- 3 Cajas con Cultivo de 13 días de crecimiento del patógeno en Agar PDA
- Cuchillas esterilizadas
- 7 Cajas de Petri con medios de cultivo PDA
- 6 cajas de Petri esterilizadas
- Láminas portaobjetos esterilizadas
- 6 láminas de Papel de filtro esterilizadas
- 12 palillos esterilizados
- 6 Pinzas esterilizadas
- Mecheros
- Incubadora
- Fósforos
- Cámara fotográfica

Procedimiento

- Cortar el medio PDA, en rectángulos de 2cm²
- Ubicar en cada extremo de una lámina portaobjetos un rectángulo del medio PDA
- Inocular en un extremo del rectángulo del medio PDA al biológico comercial. En el otro extremo inocular el patógeno.

- Colocar sobre cada montaje una laminilla cubre-objeto.
- Incubar por 7 días a la oscuridad a 28°C
- Observar al microscopio el choque hifal.
- Registrar datos.

Para determinar el micoparasitismo, como posible mecanismo de acción antagónica de *Trichoderma lignorum*, se realizaron observaciones macroscópicas de los cultivos duales y se determinó el índice de micoparasitismo el grado de invasión del antagonista sobre la superficie de la colonia del fitopatógeno, con la escala de la tabla 2 creada por Elías y Arcos (1984) y citada por Fernández et al. (2009).

También se determinó el micoparasitismo a través de observaciones microscópicas, con un microscopio binocular ZEISS con aumento 100X, de los microcultivos, especialmente preparados para ello, se distinguió las interacciones de las hifas de *Trichoderma lignorum* y *Phytophthora infestans*, por enrollamiento o por penetración.

Tabla 2. Escala creada por Elías y Arcos (1984) citada por Fernández et al. (2009) para evaluación de la capacidad antagónica (micoparasitismo), de acuerdo a la medida de invasión de la superficie, colonización y esporulación de *Trichoderma lignorum*.

| GRADO | CAPACIDAD ANTAGONICA |
|-------|--|
| 0 | Ninguna invasión de la superficie de la colonia del hongo patógeno. |
| 1 | Invasión de $\frac{1}{4}$ de la superficie de la colonia del hongo patógeno. |
| 2 | Invasión de $\frac{1}{2}$ de la superficie de la colonia del hongo patógeno. |
| 3 | Invasión del total de la superficie de la colonia del hongo patógeno. |
| 4 | Invasión del total de la superficie de la colonia del hongo patógeno, esporulación sobre ella. |

Fuente: Fernández Barbosa, Reinel José, et al. Antagonismo In vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp *passiflorae* en maracuyá (*Passiflora edulis* Sims var. *Flavicarpa*) del municipio Zona Bananera de Colombia.

5.4.1.4 Evaluación de la acción de los productos químicos. A través de estas pruebas se pretendió determinar la efectividad fungistática y el grado de toxicidad, de cada uno de los productos químicos utilizados.

Materiales

- 6 Cajas de Petri con medio de cultivo PDA modificado, se le ha adicionado Monofosfito potásico, la concentración de acuerdo a la ficha técnica.
- 6 Cajas de Petri con medio de cultivo PDA modificado, se le ha adicionado Fluopicolide + Propamocarb-HCl, la concentración de acuerdo a la ficha técnica.
- 6 Cajas de Petri con medio de cultivo PDA modificado, se le ha adicionado peróxido de Hidrogeno, la concentración de acuerdo a la ficha técnica.

- 6 Cajas de Petri con medio de cultivo PDA modificado, se le ha adicionado el doble de la concentración de acuerdo a la ficha técnica de Monofosfito potásico
- 6 Cajas de Petri con medio de cultivo PDA modificado, se le ha adicionado el doble de la concentración de acuerdo a la ficha técnica de Fluopicolide + Propamocarb-HCl
- 6 Cajas de Petri con medio de cultivo PDA modificado, se le ha adicionado el doble de la concentración de acuerdo a la ficha técnica de peróxido de Hidrogeno
- 36 discos de 5mm de medio de cultivo PDA con el patógeno de 13 días de crecimiento.
- 12 Pinzas esterilizadas
- Mecheros
- Incubadora
- Fósforos
- Cámara fotográfica

Procedimiento

- Preparar los medios de cultivo modificados adicionando la cantidad del producto químico de acuerdo a la ficha técnica.
- Preparar los medios de cultivo modificados adicionando el doble de la cantidad del producto químico de acuerdo a la ficha técnica.
- Inocular cada caja de Petri con el medio modificado tomando un disco de medio PDA con el patógeno, de 5mm de diámetro y ubicarlo a un extremo del medio, a 1 cm del borde de la caja.
- Incubar a la oscuridad a temperatura ambiente
- Realizar observaciones diarias.
- Medir el diámetro de crecimiento radial de la colonia, diariamente.

5.4.2 Campo. La etapa de trabajo de campo se realizó con la siguiente metodología:

5.4.2.1 Diseño parcelas experimentales distribuidas completamente al azar

- Área de cada bloque: 4,8m x 2m
- Área total del lote 435,6 m²
- Número plantas por parcela 42
- Número total de plantas: 1176 plantas
- Distancia de siembra 0.80m x 0.40m
- 7 tratamientos
- 4 repeticiones

5.4.2.2 Aplicación del Fungicida, desecante, activador de defensas y Bio-controlador en Campo. Los tratamientos se aplicaron, siguiendo las normas de seguridad para la aplicación de estos productos. La aplicación de cada tratamiento se realizó con frecuencia de cada ocho días hasta cosecha, se planearon 12 aplicaciones, sin embargo el cultivo sobrevivió hasta la sexta aplicación.

5.4.2.3 Evaluación en Campo.

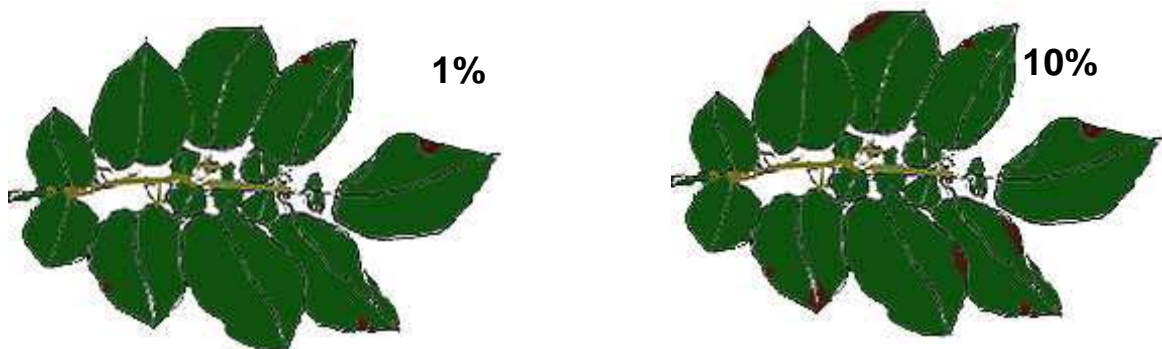
Incidencia: Para determinar la incidencia se seleccionaron 20 plantas centrales de cada parcela y así disminuir el error por efecto de borde, se contabilizaron las plantas que presentaban signos de la enfermedad en sus hojas, sin tener en cuenta su porcentaje de afección, sobre el número total de plantas revisadas en el área de estudio. Este parámetro se midió antes de iniciar el tratamiento y fue un indicador para realizar la inoculación. Se procedió a tomar un segundo dato de la

incidencia para iniciar con las aplicaciones de los controladores y al terminar el estudio. El cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ INC} = \frac{\text{NÚMERO DE PLANTAS AFECTADAS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE PLANTAS}} \times 100$$

Severidad: La severidad se determinó por estimación visual, tomando como parámetro de comparación la escala gráfica propuesta por Clive (1970) y descrita en la tabla 2, se seleccionó de la segunda a la cuarta hoja, debajo de la hoja bandera. Las lecturas se hicieron periódicamente cada siete (7) días iniciando después de la inoculación y hasta que la planta llegará a un nivel de infección del 100%.

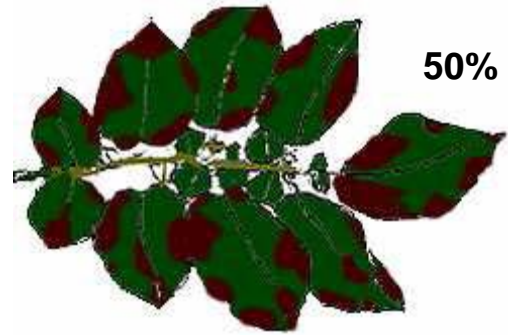
Figura 8. Escala diagramática para evaluar la severidad de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary⁸⁵



⁸⁵ BETANCOURTH G, Carlos., PORTILLA B Elizabeth. y SALAS P Hugo. Evaluación de la reacción de nueve genotipos de papa (*Solanum tuberosum* subsp. *andigena*) al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary Agronomía Colombiana 26(3), 411-416, 2008



25%



50%

Fuente: Manejo integrado de enfermedades de las plantas. Ricardo Mont. 2002.

El índice de severidad se calculara mediante la siguiente formula:

$$\text{INDICE DE SEVERIDAD} = \frac{\text{Xi(1) + Xi(2) + Xi(3) + Xi(4)}}{n}$$

Xi = Número de plantas

n = Número de plantas por unidad experimental

1,2,3,4,5 = Grado de daño según la escala

Tabla 3. Escala para evaluar la severidad del tizón tardío, *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en hojas de tomate de mesa *Solanum lycopersicum* Mill.

| índice | descripción |
|---|-----------------------------------|
| 1 | Hoja sana (sin infección visible) |
| 2 | 1 a 10% afectada |
| 3 | 11 a 25% afectada |
| 4 | 26 a 50% afectada |
| 5 | 51 a 100% afectada |
| Si la hoja tiene más del 50% de infección, entonces se considera una hoja próxima de morir. | |

Fuente: TORRES LIMACHE, Carlos. Ejemplos de escalas diagramáticas de evaluación de enfermedades. Servicio Nacional de Sanidad Agraria Dirección General de Sanidad vegetal. Lima, 2,004. p. 15.

5.4.2.4 Instrumentos para recolección de la información.

Figura 9. Registro de datos de incidencia

| | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|
| 1-4 N° plantas _____ | 6-4 N° plantas _____ | 4-4 N° plantas _____ | 7-4 N° plantas _____ | PORCENTAJE DE INCIDENCIA FECHA: _____ OBSERVACIONES: _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ |
| 7-3 N° plantas _____ | 5-4 N° plantas _____ | 2-4 N° plantas _____ | 3-4 N° plantas _____ | |
| 4-3 N° plantas _____ | 6-3 N° plantas _____ | 7-2 N° plantas _____ | 5-3 N° plantas _____ | |
| 3-3 N° plantas _____ | 4-2 N° plantas _____ | 1-3 N° plantas _____ | 2-3 N° plantas _____ | |
| 5-2 N° plantas _____ | 2-2 N° plantas _____ | 3-2 N° plantas _____ | 1-2 N° plantas _____ | |
| 2-1 N° plantas _____ | 3-1 N° plantas _____ | 6-2 N° plantas _____ | 5-1 N° plantas _____ | |
| 6-1 N° plantas _____ | 1-1 N° plantas _____ | 7-1 N° plantas _____ | 4-1 N° plantas _____ | |

Tabla 4. Tabla para registro de datos de severidad.

| TABLA DE REGISTRO DE DATOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|--|--|--|
| Elaborado por: CECILIA GALVIS BAUTISTA | | | | | | | Fecha de emisión: | | | | | | | | | | | |
| Datos tomados por: | | | | | | | Fecha de siembra: | | | | | | | | | | | |
| FASE DEL CICLO PLANTA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FECHA DE TOMA DE DATOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TTO | Nº PARCELA | Nº PLANTA | VALOR ESCALA TOMA 1 | VALOR ESCALA TOMA 2 | VALOR ESCALA TOMA 3 | VALOR ESCALA TOMA 4 | VALOR ESCALA TOMA 5 | VALOR ESCALA TOMA 6 | VALOR ESCALA TOMA 7 | VALOR ESCALA TOMA 8 | VALOR ESCALA TOMA 9 | VALOR ESCALA TOMA 10 | VALOR ESCALA TOMA 11 | VALOR ESCALA TOMA 12 | | | | |
| | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 4 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tabla 5. Tabla para registro de datos de prueba de laboratorio.

| FECHA DE TOMA DE DATOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|---------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|--|
| PRUEBA | N° CAJA | RADIO EN cm | | RADIO EN cm | | RADIO EN cm | | RADIO EN cm | | RADIO EN cm | | RADIO EN cm | | RADIO EN cm | | RADIO EN cm | | |
| | | PHY | TRICH | PHY | TRICH | PHY | TRICH | PHY | TRICH | PHY | TRICH | PHY | TRICH | PHY | TRICH | PHY | TRICH | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.4.3 Tratamientos

Tto. 1 *Trichoderma lignorum*

Tto. 2 *Trichoderma lignorum* + fosfito mono potásico y dipotásico

Tto. 3 fosfito mono potásico y dipotásico

Tto. 4 Fluopicolide + Propamocarb-HCl

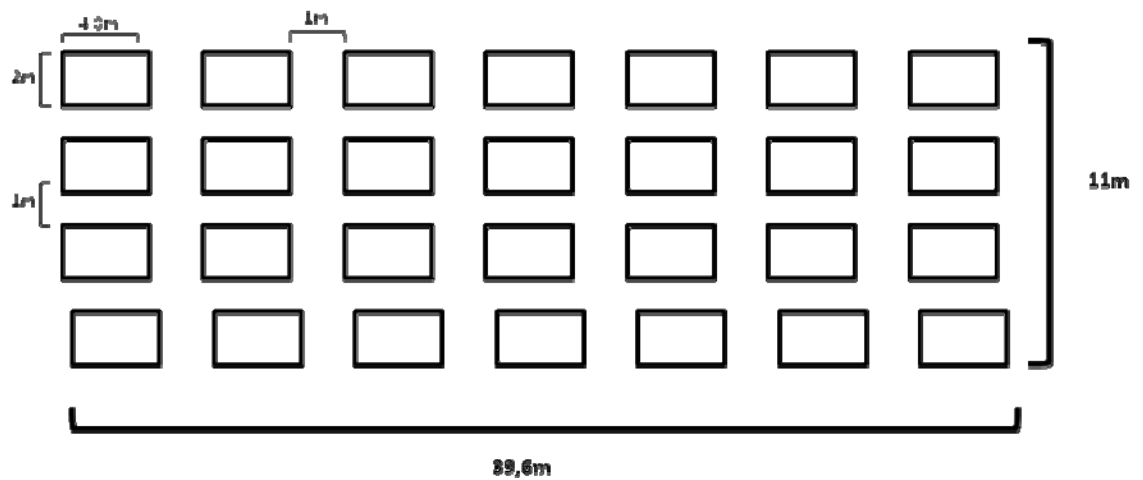
Tto. 5 Fluopicolide + Propamocarb-HCl + peróxido de Hidrogeno

Tto. 6 Peróxido de Hidrogeno

Tto. 7 Testigo

5.4.4 Diseño de campo

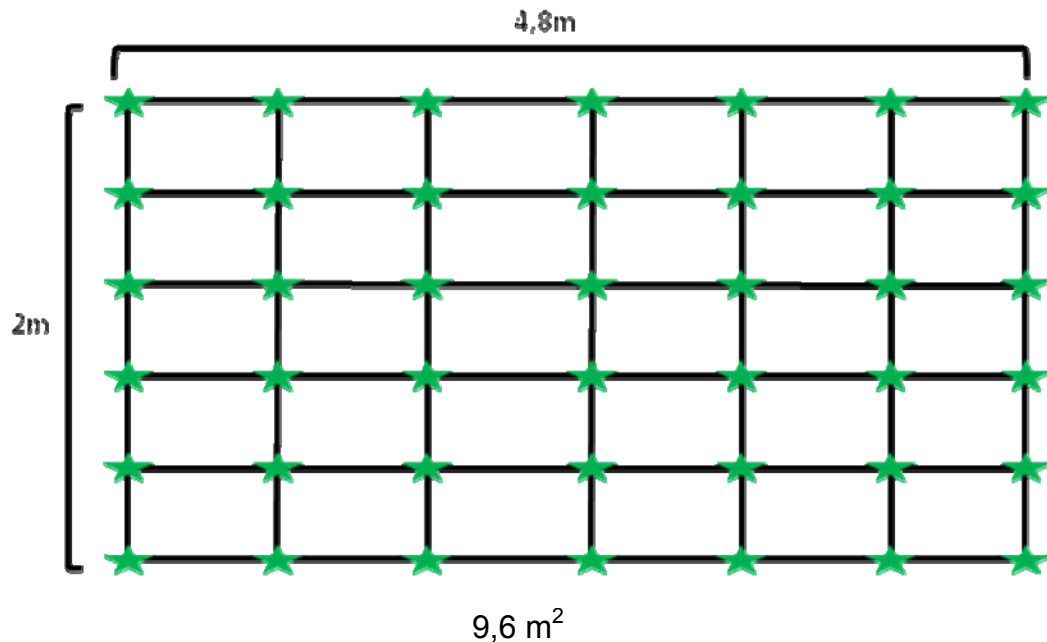
Figura 10. Diseño de campo parcela experimental



Parcela experimental área: 435,6m²

Autores: Alfonso Díaz Fonseca, Cecilia Galvis Bautista

Figura 11. Diseño de campo parcela experimental, por bloque



Autores: Alfonso Díaz Fonseca, Cecilia Galvis Bautista

5.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La comparación entre tratamientos en la fase de campo se realizó mediante las pruebas de Kruskal-Wallis, utilizando el paquete estadístico Sistema SAS 9, Con un nivel de significación del 0.05, en la fase de laboratorio se realizó un diseño factorial, los datos se analizaron con la prueba de agrupamiento de Sheffe y Duncan para establecer si hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Los resultados se presentaran en tablas, gráficos de barras e histogramas.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

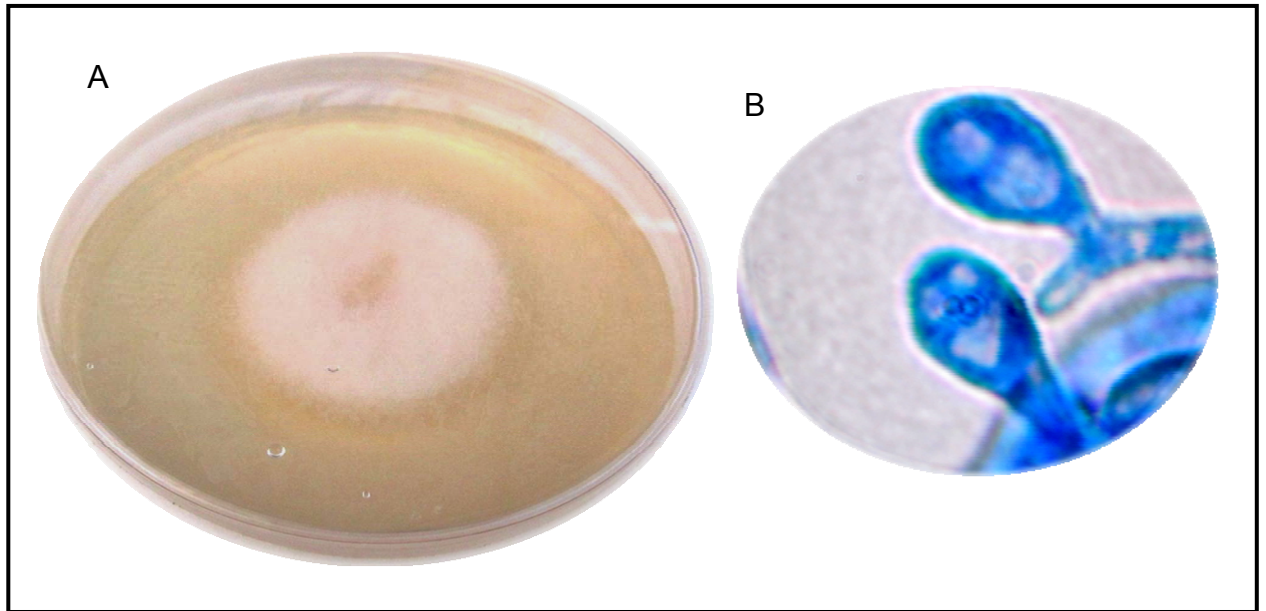
6.1 AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL PATÓGENO

A partir de las muestras de tejidos infectados, proporcionadas por el Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario ICA Santander, se obtuvieron en agar PDA, colonias del patógeno en cultivos mixtos, posteriormente, en agar PDA se aislaron cultivos puros con características típicas de *Phytophthora*, según claves de identificación. ICA, 2005, colonias redondeadas, algodonosas y de color blanco, como se observa en la figura 12-A.

A partir de estos cultivos se tomaron muestras para ser observadas al microscopio donde se identificaron estructuras propias de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, hifas aseptadas, esporangioforos y esporangios de forma limoniforme, figura 12-B según lo describe Jaramillo 2003.

Estos resultados demuestran el aislamiento efectivo del patógeno a partir de las muestras suministradas, siguiendo la metodología planteada con los medios de cultivos seleccionados para este proceso. A partir de estas muestras se procedió a su conservación, propagación e inducción de la esporulación y a partir de ellas la obtención del inóculo.

Figura 12. **A.** Cultivo de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, en medio PDA. **B.** Esporangios de *Phytophthora infestans*, tinción azul de lactofenol.



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

6.2 RESULTADOS DE LA FASE DE LABORATORIO

6.2.1 Verificación de la calidad del biológico comercial. Para verificar la calidad del biológico comercial y la formulación del producto establecida en la etiqueta se realizó recuento de la concentración de esporas y viabilidad de conidias y se determinó el nivel de pureza.

6.2.1.1 Concentración de esporas. Para facilitar el conteo se realizaron diluciones del producto tomando como referencia la concentración dada por la ficha técnica 4×10^9 esporas por gramo, se tomaron 3g del producto, se suspendieron en 27g agua destilada y Twin 80 al 0,02%, se homogenizo. A partir de la disolución madre se tomaron 20 μ L y se hizo conteo en la cámara de

Neubauer, por triplicado. Para calcular el número de esporas por gramo se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Conidias/ml} = X \text{ de conidias contadas} * 25,000 * \text{factor de dilución}$$

$$16 * 25,000 * 10$$

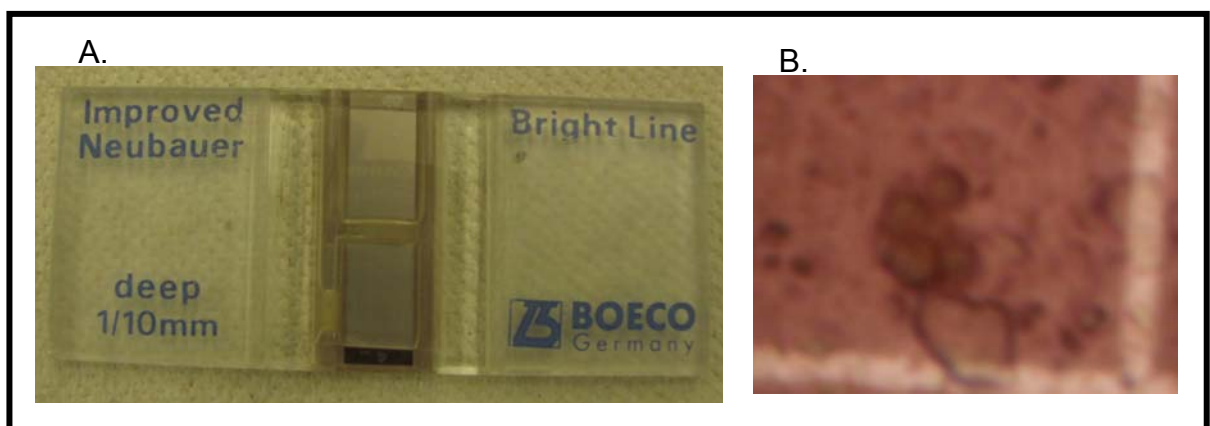
$$\text{Conidias/ml} = 4 \times 10^6$$

$$\text{En un gramo se obtiene} = \frac{4 \times 10^6}{0,1}$$

$$\text{En un gramo se obtiene} = 4 \times 10^7 \text{ ufc}$$

De acuerdo con el valor calculado la concentración de esporas por gramo fue de 4×10^7 , menor a la reportada 4×10^9 .

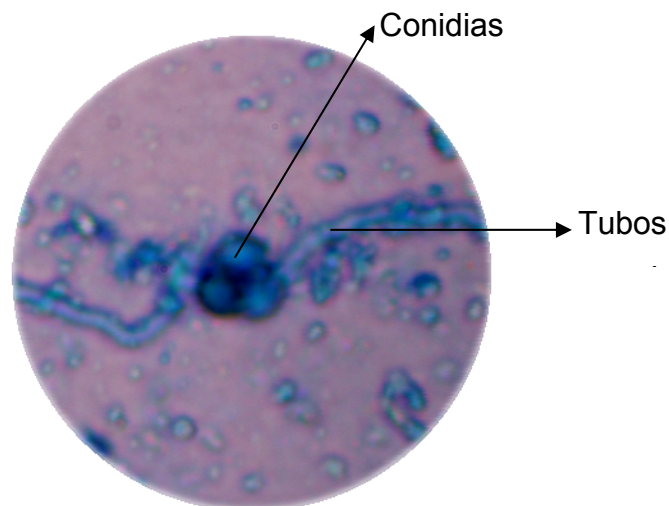
Figura 13. **A.** Cámara de Neubauer. **B.** Esporas



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

6.2.1.2 Viabilidad del antagonista. La Verificación de la viabilidad del antagonista se determinó mediante el porcentaje de germinación de esporas por gramo, el conteo de esporas germinadas se realizó a las 48 horas, ya que a las 24 no se observó germinación. De acuerdo con la ficha técnica, el producto tiene “más del 90% de viabilidad para establecer rápidamente en 24 horas”. Los datos hallados corresponden a un promedio de 57% con una desviación estándar de 8, por lo tanto su viabilidad a las 48 horas fue de un 57%, los datos hallados no corresponden a los reportados por la ficha técnica.

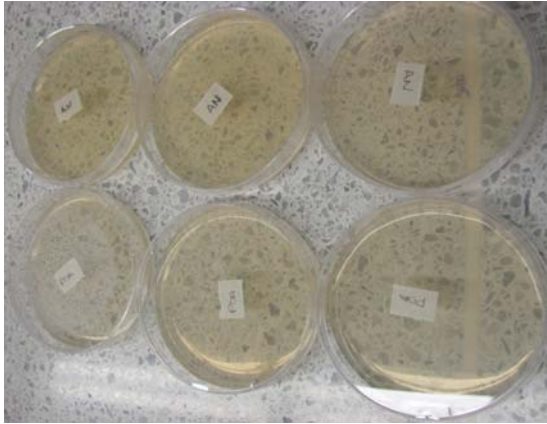
Figura 14. Esporas germinadas de *Trichoderma lygnorum* después de 48 horas, tinción azul de lactofenol 100X.



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

6.2.1.3 Nivel de pureza. A partir de la dilución madre del biológico comercial se procedió a sembrar en 3 cajas de Petri con medio PDA y 3 con medio agar nutritivo, con el fin de determinar su nivel de pureza. Después de ocho días de incubación y observación se verificó que el producto conserva el 100% de pureza.

Figura 15. Medios de cultivo para determinar el nivel de pureza del producto comercial.



Fuente: Cecilia Galvis

En general se puede afirmar que la calidad del biológico comercial corresponde a los parámetros establecidos en la ficha técnica con respecto a la concentración de esporas y pureza, pero en cuanto a la viabilidad de las esporas los datos obtenidos 57% frente a un 90% reportados, tal como lo muestran los resultados el producto no conserva su estabilidad biológica lo cual puede asociarse por diferentes factores, medio ambientales, manejo, entre otros. Esto puede interferir en el cumplimiento de la efectividad que se espera de un producto certificado.

6.2.2 Evaluación de la actividad antagónica.

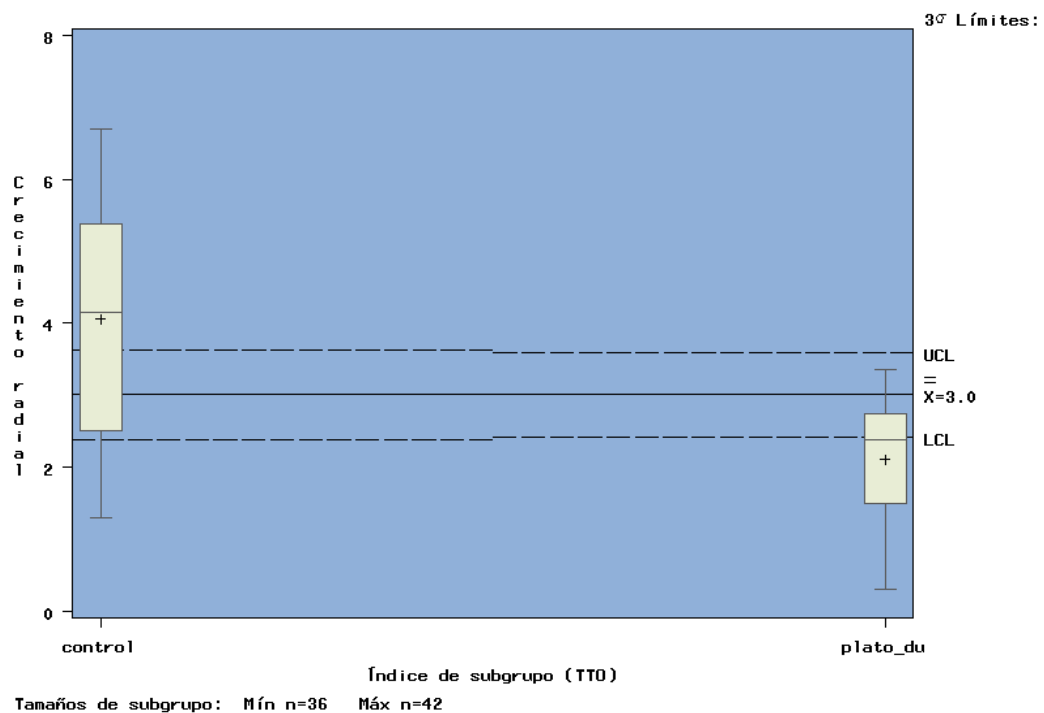
6.2.2.1 Plato dual. La evaluación se realizó a través del enfrentamiento del antagonista con el patógeno, se ubicó en un extremo de la caja de Petri con medio PDA un disco de 5mm extraído del cultivo de 8 días en medio PDA de *Trichoderma lignorum* y en el otro extremo un disco de 5mm de *Phytophthora infestans* con 8 días de crecimiento en medio PDA. Este montaje se realizó en seis

replicas, de igual manera se estableció un testigo para cada una de los microorganismos.

Se realizaron lecturas y mediciones, diariamente, del crecimiento radial expresado en cm., las mediciones finalizaron hasta que el testigo del patógeno cubrió toda la caja de Petri, o sea alcanzó un 100% de crecimiento.

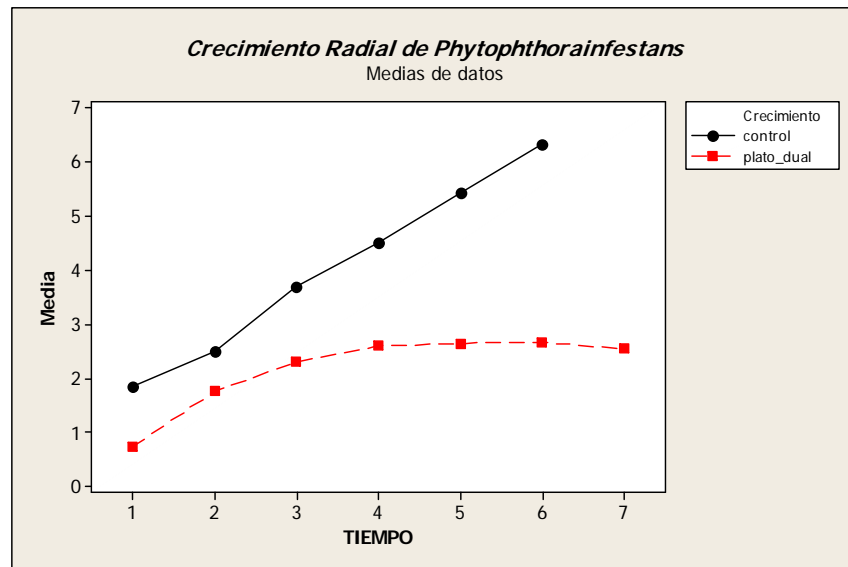
De acuerdo con los datos encontrados hay una diferencia significativa $Pr > F < 0.0001$ entre el crecimiento radial luego de los 6 días de monitoreo, *P. infestans* testigo con una media de 4,05cm y *P. infestans* plato dual con un media de 2,11cm, tal como se observa en los gráficos 16 y 17.

Figura 16. Grafico Box Plot del crecimiento de *Phytophthora infestans* en plato dual (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe)



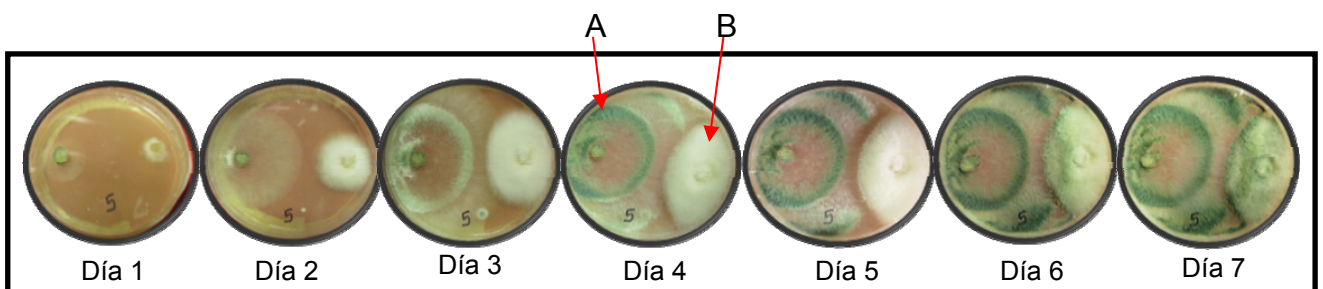
Fuente: Miguel Oswaldo Pérez Pulido. Licenciado en Matemáticas (UIS) y Magister en Estadística (ULA Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela)

Figura 17. Crecimiento de plato dual (*P. infestans*) vs el control de *P. infestans*



Fuente: Miguel Oswaldo Pérez Pulido. Licenciado en Matemáticas (UIS) y Magister en Estadística (ULA Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela)

Figura 18. Crecimiento del antagonista y patógeno en plato dual. **A.** corresponde a colonia de *Trichoderma lignorum*, **B.** corresponde a colonia *Phytophthora infestans*.



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

Tal como se evidencia en la figura 18, *Trichoderma lignorum*, inhibió el crecimiento de *Phytophthora infestans*. A partir del día 4 se observó inhibición del crecimiento radial del patógeno, este mecanismo antagónico según reporta Infante (2009), puede explicarse porque *Trichoderma lignorum*, a través de la antibiosis, produce

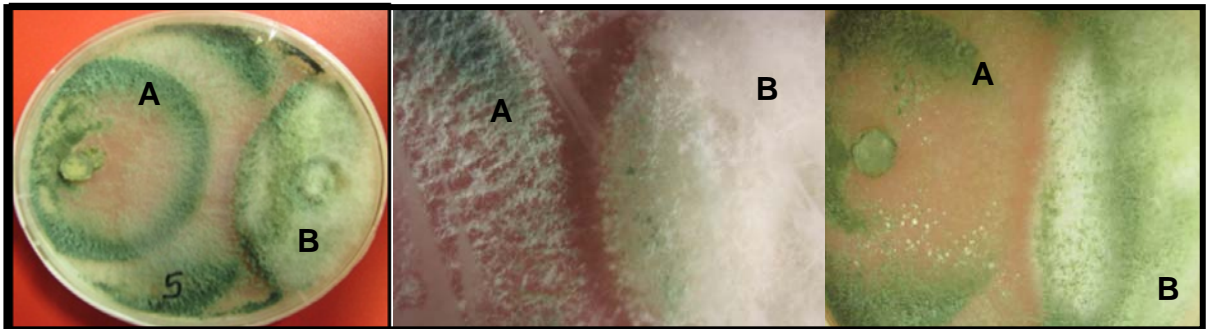
sustancias volátiles con un efecto fungistático y no volátiles como la trichodermina gliotoxina, viridina y otros metabolitos peptídicos, que impiden que el patógeno, *Phytophthora infestans*, continúe su crecimiento, aun sin tener contacto los dos microorganismos.

6.2.2.2 Micoparasitismo. Tomando como referencia la escala creada por Elías y Arcos y citada en Fernández et al. (2009) para evaluación de la capacidad antagónica, micoparasitismo, de acuerdo a la medida de la invasión de la superficie, colonización y esporulación de *Trichoderma*, se observó un grado 4 de micoparasitismo de *Trichoderma lignorum*, sobre *Phytophthora infestans*, debido a que se presentó una invasión total de la caja acompañada de esporulación. Ver Figura 19.

A nivel microscópico el micoparasitismo se observó, ya que las hifas de *Trichoderma lignorum*, invadieron las hifas *Phytophthora infestans*, a través del enrollamiento y penetración, ver Figura 20. El micoparasitismo funciona como mecanismo antagónico, ya que cuando sucede la invasión de las hifas del patógeno, el enrollamiento y penetración, *Trichoderma* produce enzimas extracelulares que degradan la pared del fitopatógeno, como son las peptinasas, cutinasas, cutinasas, glucanasas y quitinasas. Fernandez (2009).

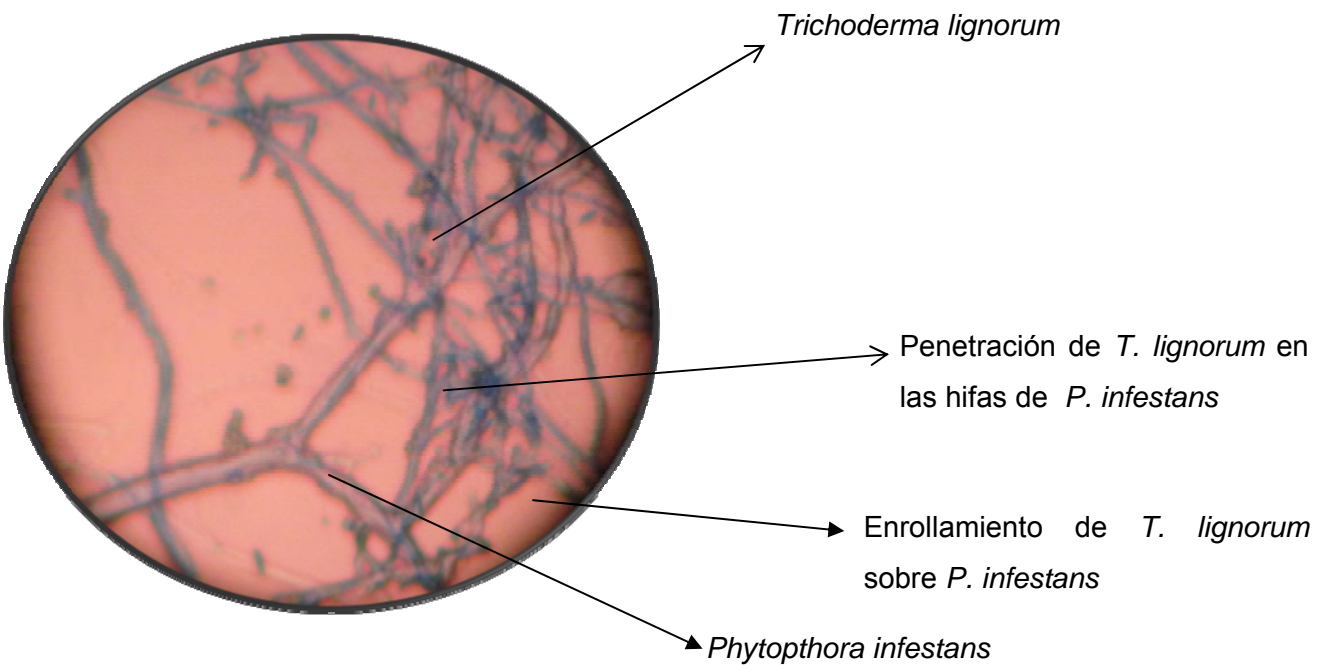
Según las pruebas realizadas, inhibición del crecimiento radial y micoparasitismo, se demuestra que *Trichoderma lignorum*, si ofrece actividad antagónica frente a *Phytophthora infestans*, a nivel de laboratorio.

Figura 19. Micoparasitismo de invasión del micelio *Trichoderma lignorum*, sobre *Phytophthora infestans*, acompañada de esporulación. **A.** Micelio de *Trichoderma lignorum*. **B.** Micelio de *Phytophthora infestans*.



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

Figura 20. Micoparasitismo de *Trichoderma lignorum* sobre *Phytophthora infestans*, observación microscópica. Tinción azul de lactofenol. 40X



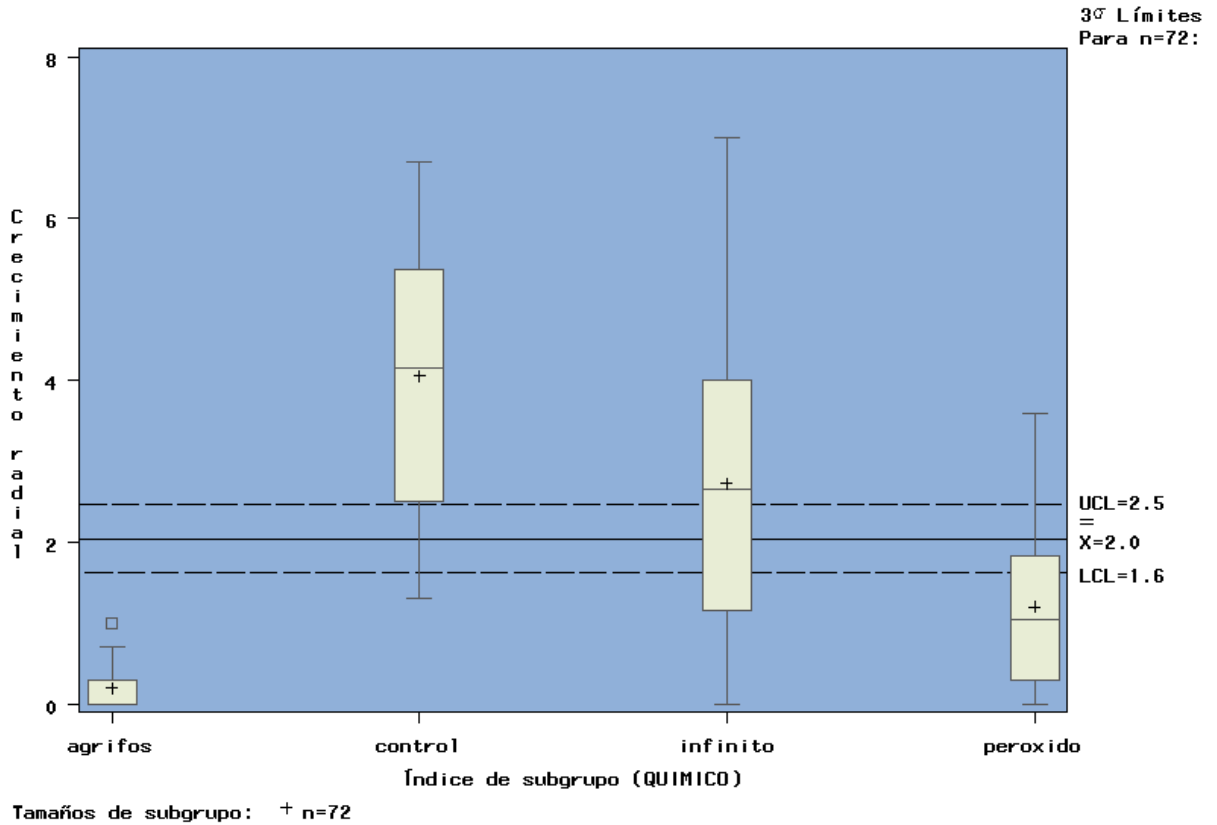
Fuente: Cecilia Galvis Bautista

6.2.3 Evaluación de la acción de los productos químicos.

Para evaluar la efectividad de los productos químicos, Agrifos, Infinito y peróxido de hidrogeno se prepararon medios de cultivo PDA modificados adicionando la concentración sugerida en la ficha técnica y al doble de concentración, para establecer concentración máxima de toxicidad. En un extremo de cada caja de Petri con medio modificado, se ubicó un disco de 5mm de diámetro, extraído del cultivo de *Phytophthora infestans*, con 8 días de crecimiento en medio PDA. De este montaje se realizó seis réplicas de cada uno de los productos. La evaluación se realizó midiendo diariamente el crecimiento radial, en cm.

En la figura 21 se evidencia una diferencia significativa en el crecimiento de *Phytophthora infestans* en cada uno de los medios modificados, con respecto al control con un P-valor<0.05 esto quiere decir que los productos fueron efectivos a nivel in vitro, con unas medias de crecimiento para Agrifos de 0,19cm, Peróxido de hidrogeno de 1,20cm e Infinito de 2,73 cm.

Figura 21. Grafico Box Plot del crecimiento con los efectos de los Químicos (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe)



Fuente: Miguel Oswaldo Pérez Pulido. Licenciado en Matemáticas (UIS) y Magister en Estadística (ULA Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela)

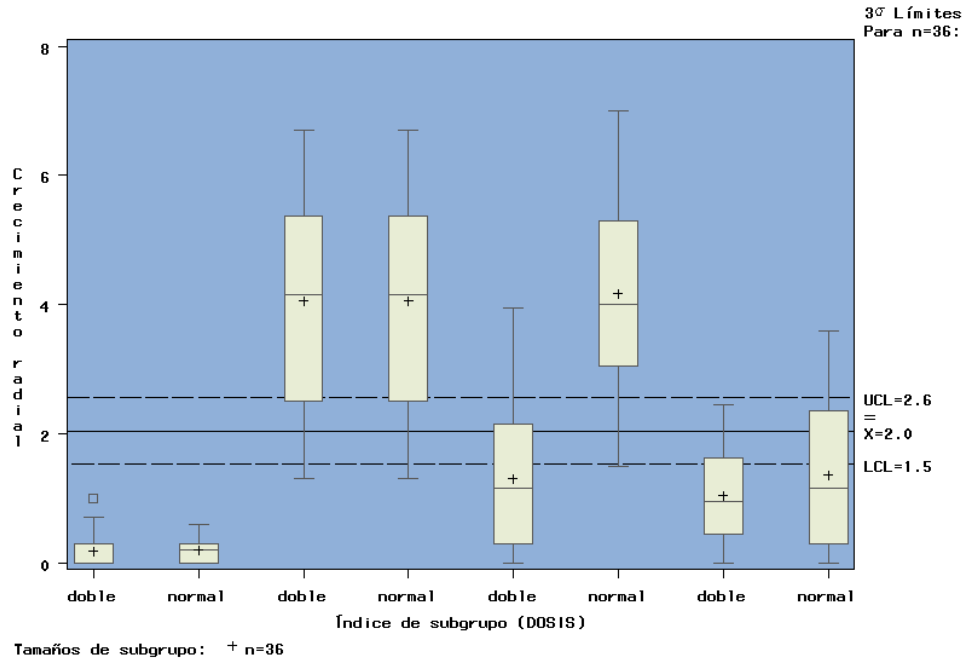
Agrifos fue la sustancia que logro el mayor grado de inhibición del crecimiento radial del patógeno. En eficacia le sigue el peróxido de hidrogeno y el de menor acción fue Infinito.

Este resultado puede explicarse porque, según la ficha técnica, Agrifos es un fungicida preventivo sistémico, que contiene como ingrediente activo fosfitomono potásico y dipotásico, de absorción foliar y radicular que disminuye la tasa de desarrollo e inhibe la esporulación del patógeno, el peróxido de hidrogeno

restringe el proceso infeccioso – invasivo del patógeno, ya que disminuye el crecimiento del hongo y lo conduce a la muerte celular Dang, 2001, citado por Beltrán et al, 2006, Infinito tiene como ingredientes activos el Propmocarb-HCl y el Fluopicolide, este fungicida translaminar es una mezcla de un carbamato que ejerce acción fungistática y fluopicolide que es una molécula sintética que altera la estructura celular del patógeno y tiene como molécula diana la espectrina, (proteína que hace parte del citoesqueleto).

Al comparar los resultados obtenidos de cada uno de los productos en concentración normal y doble concentración, se evidencio que existen diferencias significativas entre ellos, lo que quiere decir que al elevar la concentración del compuesto química se potencia el efecto que este ejerce en cuanto a la inhibición del crecimiento de *Phytophthora infestans*.

Figura 22. Grafico Box Plot del crecimiento con los efectos de las dosis (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe)



Fuente: Miguel Oswaldo Pérez Pulido. Licenciado en Matemáticas (UIS) y Magister en Estadística (ULA Universidad de Los Andes, Mérida-Venezuela)

Si bien el efecto sobre el crecimiento de *P. infestans* de cada uno de los productos al ser trabajado en doble concentración se ve potenciado, dicha concentración no es suficiente para generar un efecto letal, restringiendo el crecimiento radial o total del microorganismo.

6.3 RESULTADOS DE LA FASE DE CAMPO

6.3.1 Porcentaje de Incidencia.

Después de 25 días de sembradas las plantas, empleando la metodología propuesta por Castaño Zapata Jairo, Principios Básicos de Fitoepidemiología, se

determinó que el porcentaje de incidencia en las parcelas de los tratamientos 2,3,4,5,7 fue del 0%, de las parcelas del tratamiento 1: 0,59% y de la 6: 3,5%, se consideró que este porcentaje era muy bajo para proseguir con el proceso, porque no había presión del inóculo, alrededor se encontraban lotes sin sembrados y en rastrojos, por tanto se realizó inoculación del patógeno, con una disolución de 104 esporas por ml.

Se realizó la segunda lectura de incidencia, a los 30 días, determinándose los siguientes resultados:

Tabla 6. Porcentaje de incidencia por tratamiento.

| TTO | N° PLANTAS INFECTADAS | PORCENTAJE |
|----------------------------------|-----------------------|------------|
| 1 | 25 | 14,8 |
| 2 | 26 | 15,5 |
| 3 | 23 | 13,7 |
| 4 | 12 | 7,1 |
| 5 | 14 | 8,3 |
| 6 | 35 | 20,8 |
| 7 | 10 | 6 |
| Promedio: 12,31 $\sigma \pm 5,3$ | | |

Luego de la inoculación el porcentaje de incidencia aumento al 12%, según tabla 3, este porcentaje permitió continuar con el proceso, ya que garantizó la presencia de la enfermedad y por tanto se establecieron las condiciones apropiadas para evaluar la efectividad de los tratamientos sobre el patógeno.

6.3.2 Evaluación de la efectividad de los distintos tratamientos utilizados en el control de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary sobre la severidad de la enfermedad.

Para evaluar la severidad, de cada bloque experimental, constituido por 42 plantas, se seleccionaron 4 ubicadas en la parte central y así evitar el efecto borde, por tanto la muestra por tratamiento fue de 16, estas plantas se marcaron y se enumeraron para tomarlas como referencia para lecturas posteriores. Las lecturas de porcentaje de infección o severidad, se realizaron por estimación visual, tomando como parámetro de comparación la escala gráfica propuesta por Clive (1970) y descrita en la tabla 2, para esto se seleccionó de la segunda a la cuarta hoja, del cuello del tallo hacia el ápice. Las lecturas se hicieron periódicamente cada siete (7) días, este proceso se inició después de la inoculación del patógeno hasta que la planta llegó a un nivel de infección del 100%, según la escala.

Debido a que la variable de respuesta obtenida, la escala de severidad, es de tipo ordinal, para el análisis de los datos se aplicó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, que compara varios grupos usando la mediana de cada uno de ellos, en lugar de las medias. Con este método se determinó las frecuencias de cada una de las escalas en los diferentes tratamientos y sus porcentajes con relación al total de las lecturas realizadas. Como se observa en la tabla 4, la escala 1 presentó una frecuencia de 75 que corresponde al 9,9%, la escala 2 una frecuencia de 96 con un porcentaje de 12,6%, la escala 3 con una frecuencia de 73 y un 9,6%, la escala 4 con una frecuencia de 70 y 9,2% y la escala 5, la de mayor frecuencia, 447 que corresponde a un 58,7%.

Estos datos indican que la escala 5 fue la de mayor presencia, demostrando así que *Phytophthora infestans* Mont de Bary tiene un efecto devastador ya que esta

corresponde entre el 50% y el 100% de daño en los tejidos de las hojas, cuando este porcentaje se da a nivel generalizado en la planta, provoca su muerte, situación que confirma la acción agresiva de este patógeno. (Escalante y Farrera 2008), (López 2009) y (Vaillant Flores y Gómez Izaquirre 2009)

Con respecto a la efectividad de acción de los diferentes métodos de control, la prueba estadística, determino que no existen diferencias significativas entre las respuestas de cada uno de los tratamientos, por tanto la hipótesis nula no se rechaza, con un nivel de significancia del 0,05. Como se evidencia la figura 23 y en la tabla 7, los diferentes tratamientos tienen baja efectividad ya que la lectura de severidad más frecuente con 58,7% fue la escala 5. Esta respuesta de *P. infestans* (Mont) de Bary, se ha presentado en otros estudios donde las plantas infectadas son sometidas a fungicidas y no se evidencio diferencias significativas entre ellos. (Lozoya Saldaña y Almanza Serrano 2006).

A pesar de estos resultados se observó un comportamiento de resistencia temporal en algunos de los tratamientos, es el caso del tratamiento 2, con una frecuencia del 3% del total, de la escala 2, (severidad del 1 al 10%), situación que le permite un nivel de viabilidad a la hoja, de igual manera se observa en el tratamiento 3, con un 0,5% del total para la escala 3 (11 al 25% de severidad) y el tratamiento 1 para la escala 4 (26 al 50% de severidad) con un 0,9% del total, esto evidencia que estos tratamientos presentaron resistencia, aunque no significativa, al ataque del patógeno.

Si bien la ficha técnica de los productos utilizados manifiesta que sus componentes son efectivos para el control del tizón tardío, en este estudio no se evidencio que alguno de estos fuera eficaz para el control de la enfermedad. Esta baja eficiencia puede estar asociada a la alta resistencia del patógeno frente a la acción de los fungicidas dada por su variabilidad genética o mutaciones que

modifican el sitio diana donde hacen efecto los principios activos de estas sustancias, García y Jaramillo 2008, afirman que la efectividad de los productos químicos se ve reducida debido a la alta presión de selección del uso continuo de dichas moléculas y citan a Damicone, 2004; FRAC, 2006, quienes sustentan que esta resistencia se debe a la tasa de recombinación en los ciclos sexuales y parasexuales que presentan los Oomycetes.

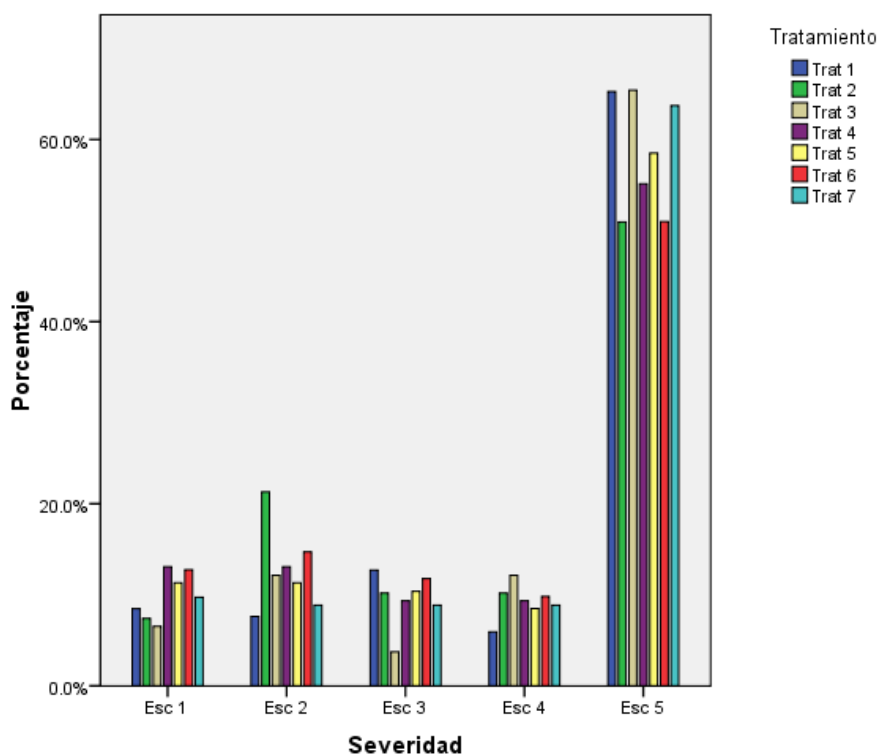
Otro de los factores que inciden en la efectividad del control de la enfermedad es el uso de variedades de tomate susceptibles al ataque del patógeno, según López Lara 2009 el tomate es una de las solanáceas con más baja variabilidad genética, característica que facilita la implantación de la enfermedad, las investigaciones en el área de fitomejoramiento se han centrado principalmente, en la obtención de híbridos resistentes a condiciones medio ambientales desfavorables y no a tolerancia a enfermedades y plagas, Moya et al 2000 citado por López Lara 2009.

Tabla 7. Distribución de frecuencias por escala de severidad y tratamiento

| | | | SEVERIDAD | | | | | |
|-------------|-------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | ESC 1 | ESC 2 | ESC 3 | ESC 4 | ESC 5 | TOTAL |
| TRATAMIENTO | TTO 1 | Frec. | 10 | 9 | 15 | 7 | 77 | 118 |
| | | % Total | 1,3% | 1,2% | 2,0% | 0,9% | 10,1% | 15,5% |
| | TTO 2 | Frec. | 8 | 23 | 11 | 11 | 55 | 108 |
| | | % Total | 1,1% | 3,0% | 1,4% | 1,4% | 7,2% | 14,2% |
| | TTO 3 | Frec. | 7 | 13 | 4 | 13 | 70 | 107 |
| | | % Total | 0,9% | 1,7% | 0,5% | 1,7% | 9,2% | 14,1% |
| | TTO 4 | Frec. | 14 | 14 | 10 | 10 | 59 | 107 |
| | | % Total | 1,8% | 1,8% | 1,3% | 1,3% | 7,8% | 14,1% |
| | TTO 5 | Frec. | 12 | 12 | 11 | 9 | 62 | 106 |
| | | % Total | 1,6% | 1,6% | 1,4% | 1,2% | 8,1% | 13,9% |

| | | | SEVERIDAD | | | | | |
|-------|-------|---------|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | | ESC 1 | ESC 2 | ESC 3 | ESC 4 | ESC 5 | TOTAL |
| | TTO 6 | Frec. | 13 | 15 | 12 | 10 | 52 | 102 |
| | | % Total | 1,7% | 2,0% | 1,6% | 1,3% | 6,8% | 13,4% |
| | TTO 7 | Frec. | 11 | 10 | 10 | 10 | 72 | 113 |
| | | % Total | 1,4% | 1,3% | 1,3% | 1,3% | 9,5% | 14,8% |
| TOTAL | | Frec. | 75 | 96 | 73 | 70 | 447 | 761 |
| | | % Total | 9,9% | 12,6% | 9,6% | 9,2% | 58,7% | 100,0% |

Figura 23. Distribución de frecuencias por escala de severidad y tratamiento



Los resultados obtenidos en la fase de campo contrastan con los obtenidos en la fase de laboratorio en donde se evidencio que los productos comerciales tanto los químicos como el biológico, demostraron capacidad para inhibir el crecimiento del

patógeno, estas diferencias de resultados en los dos escenarios se deben a que las condiciones in vitro son manejables y controlables, pero las de campo son más difíciles de controlar, además los productos en campo actúan diferente por una serie de factores como son el grado de residualidad, forma de aplicación, condiciones ambientales.

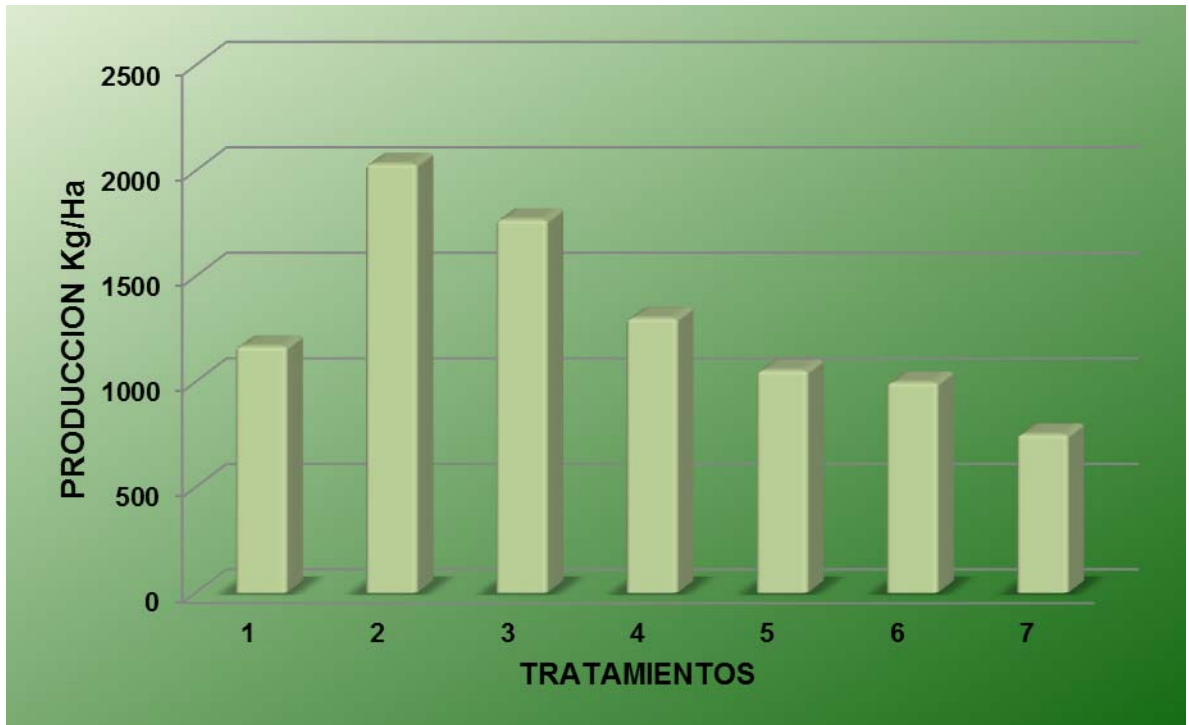
6.3.3 Evaluación de la relación beneficio - costo de los diferentes tratamientos aplicados en la fase de campo.

Para determinar la relación beneficio - costo se determinaron los costos por tratamiento y la producción obtenida por tratamiento, posteriormente se compararon los valores obtenidos. A continuación se registran estos valores.

Tabla 8. Producción de tomate obtenida por tratamiento, proyectado a Kg/Ha.

| COSECHA DEL PRODUCTO EN Kg/Ha | | | | |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------|-------|
| TTO | RECOL 1 Kg/38.4m2 | RECOL 2 Kg/38.4m2 | RECOL TOTAL en Kg/38.4m2 | Kg/Ha |
| 1 | 3,060 | 1,427 | 4,487 | 1168 |
| 2 | 4,690 | 3,116 | 7,806 | 2033 |
| 3 | 4,570 | 2,223 | 6,793 | 1769 |
| 4 | 3,970 | 1,029 | 4,999 | 1302 |
| 5 | 2,230 | 1,819 | 4,049 | 1054 |
| 6 | 1,960 | 1,870 | 3,830 | 997 |
| 7 | 1,190 | 1,695 | 2,885 | 751 |

Figura 24. Producción obtenida por tratamiento, proyectado a Kg/Ha.



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

Tabla 9. Relación de costos insumos básicos por hectárea cultivada

| DETALLE | VALOR UNITARIO \$ | POR Ha | |
|--------------------------------------|-------------------------|------------------|----------|
| | | CANTIDAD | VALOR \$ |
| Plántulas de tomate | 127 | 31250 plantas | 3968750 |
| Pita tomatera | 8500 | 4 rollos | 34000 |
| Alambre dulce para tutorar tomate | 40 | 43560 m | 1742400 |
| SILWET | 17000 | 100 cc | 17000 |
| Palos de café | 400 | 2650 palos | 1060000 |
| Jornales | 22000 | 356 jornales | 7832000 |
| TOTAL INSUMOS BASICOS | | | 14654150 |
| FERTILIZANTES | | | |
| KCI | 56000 | 15 bultos | 840000 |
| DAP | 73000 | 31 bultos | 2263000 |
| UREA | 45000 | 15 bultos | 675000 |
| TOTAL FERTILIZANTES | | | 3778000 |

Tabla 10. Relación de costo de los insumos utilizados por hectárea

| COSTO DE INSUMOS UTILIZADOS COMO CONTROLADORES | | | | | |
|--|--------------|-------------|---------------------------|----------------------------------|----------------|
| INSUMO | Presentación | VALOR \$ | Numero de aplicaciones | CANTIDAD DE APLICACIÓN/H a | VALOR/Ha \$ |
| Agrifos | 1L | 25.000 | 5 | 3L/Ha | 375000 |
| INFINITO | 500 cc | 48.000 | 5 | 1,5L/Ha | 360000 |
| Peróxido de Hidrogeno | 1L | 5.400 | | 10L/Ha | 54000 |
| MYCOBAC | 250g | 40.000 | 2 | 200g/Ha | 64000 |

Tabla 11. Relación de costos totales por Hectárea en insumos básicos

| DETALLE | VALOR POR Ha |
|------------------------------|-----------------|
| Insumos básicos | 6822150 |
| Jornales | 7832000 |
| Fertilización | 3778000 |
| TOTAL INSUMOS BASICOS | 18432150 |

Tabla 12. Relación de costos totales por tratamiento, por Hectárea

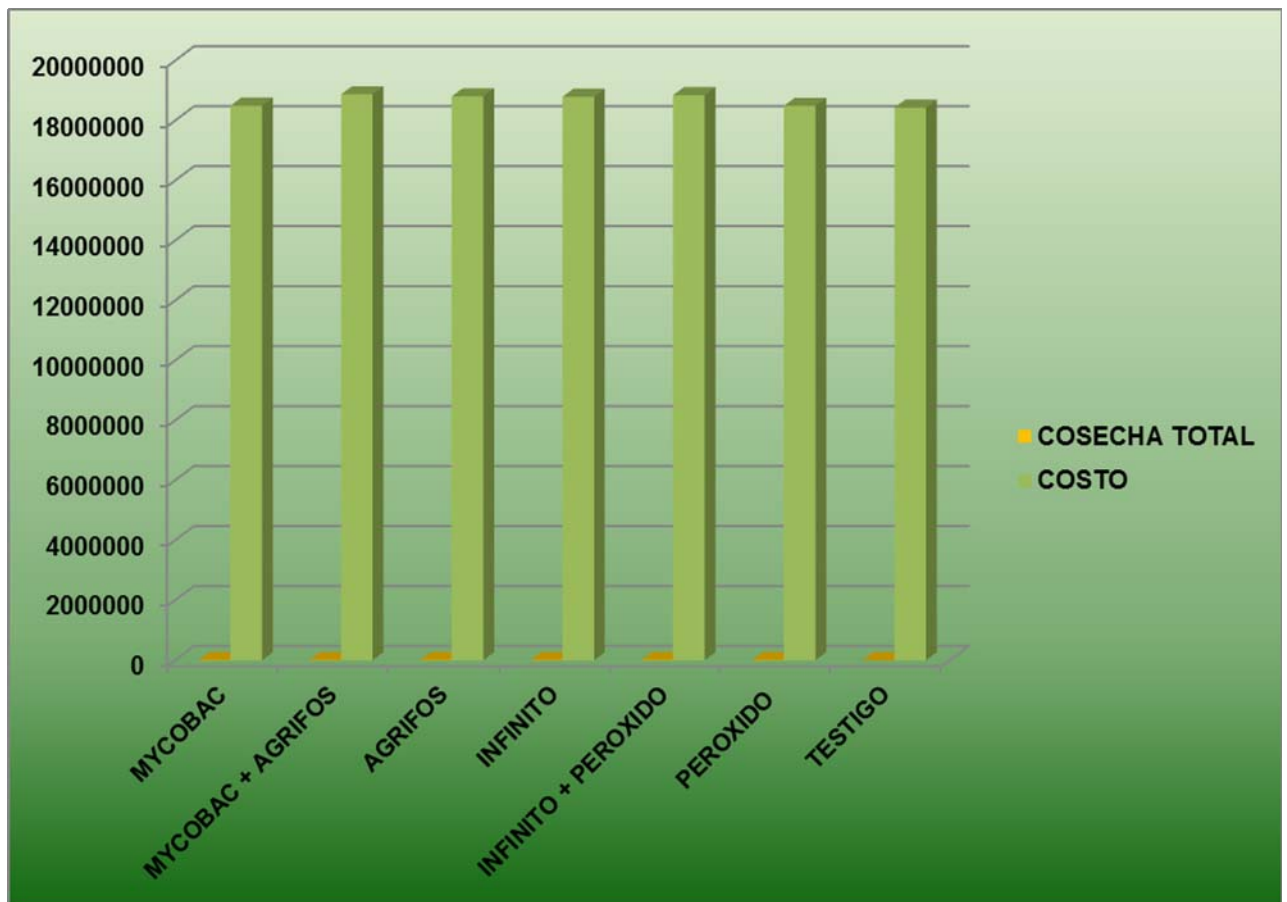
| TRATAMIENTOS | INSUMOS BASICOS | COSTO CONTROL | VALOR TOTAL / Ha / TTO |
|---------------------------|-----------------|---------------|------------------------|
| TTO1: MYCOBAC | 18432150 | 64000 0 | 18496150 |
| TTO2: MYCOBAC + AGRIFOS | 18432150 | 64000 375000 | 18871150 |
| TTO3: AGRIFOS | 18432150 | 375000 0 | 18807150 |
| TTO4: INFINITO | 18432150 | 360000 0 | 18792150 |
| TTO5: INFINITO + PEROXIDO | 18432150 | 360000 54000 | 18846150 |
| TTO6: PEROXIDO | 18432150 | 54000 0 | 18486150 |
| TTO7: AGUA | 18432150 | 0 0 | 18432150 |

Tabla 13. Relación beneficio – costo por tratamiento, por Hectárea.

| TRATAMIENTOS | COSECH A Kg/Ha | VALOR Kg MERCAD O NOV 2010 \$ | VALOR COSECH A \$ | COSTO \$ | COSTO/C O-SECHA \$ | BALANCE COSTO-PROD. \$ |
|---------------------------|----------------|-------------------------------|-------------------|----------|--------------------|------------------------|
| TTO1: MYCOBAC | 1168 | 1500 | 1752000 | 18496150 | 15835,74 | -1736164,26 |
| TTO2: MYCOBAC + AGRIFOS | 2033 | 1500 | 3049500 | 18871150 | 9282,42 | -3040217,58 |
| TTO3: AGRIFOS | 1769 | 1500 | 2653500 | 18807150 | 10631,51 | -2642868,49 |
| TTO4: INFINITO | 1302 | 1500 | 1953000 | 18792150 | 14433,29 | -1938566,71 |
| TTO5: INFINITO + PEROXIDO | 1054 | 1500 | 1581000 | 18846150 | 17880,60 | -1563119,40 |
| TTO6: PEROXIDO | 997 | 1500 | 1495500 | 18486150 | 18541,78 | -1476958,22 |
| TTO7: AGUA | 751 | 1500 | 1126500 | 18432150 | 24543,48 | -1101956,52 |

* Según lo reportado por el SIPSA, el valor por Kg de tomate en noviembre de 2010 fue de \$1500

Figura 25. Relación beneficio – costo de cada uno de los tratamientos, por Hectárea.



Fuente: Cecilia Galvis Bautista

Como se puede evidenciar en la tabla 8 y figura 24, el tratamiento de mayor producción es el 2, MYCOBAC + AGRIFOS, con 2033Kg/Ha, le sigue el tratamiento 3, AGRIFOS, con 1769Kg/Ha.

En cuanto a los costos, el de menor valor es el tratamiento con PEROXAL, Tabla 13, con \$18.468.150 pero su producción fue la más baja con 751Kg/Ha. Al establecer relación entre la cantidad de tomate producida, el valor de la producción y el costo de ésta, se puede establecer que el mejor tratamiento es el 3, ya que la relación beneficio – costo es la más baja: \$-1476958,22, según se observa en la tabla 14. Con la producción obtenida en ninguno de los tratamientos se alcanza el punto de equilibrio, debido a que ninguno logro controlar la enfermedad, en campo conllevando a la destrucción total del cultivo y de su producción.

Tabla 14. Evaluación beneficio – costo por tratamiento, por Hectárea.

| TRATAMIENTOS | SEVERIDAD ESCALA 5 | COSE CHA Kg/Ha | VALOR COSEC HA/Ha \$ | COSTO DE CONTROLAD ORES \$ | BALANCE COSTO-PD \$ | |
|---------------------------|--------------------|----------------|----------------------|----------------------------|---------------------|---------|
| TTO1: MYCOBAC | Frec. | 77 | 1168 | 1752000 | 64000 | 1688000 |
| | % Total | 10,10% | | | | |
| TTO2: MYCOBAC + AGRIFOS | Frec. | 55 | 2033 | 3049500 | 439000 | 2610500 |
| | % Total | 7,20% | | | | |
| TTO3: AGRIFOS | Frec. | 70 | 1769 | 2653500 | 375000 | 2278500 |
| | % Total | 9,20% | | | | |
| TTO4: INFINITO | Frec. | 59 | 1302 | 1953000 | 360000 | 1593000 |
| | % Total | 7,80% | | | | |
| TTO5: INFINITO + PEROXIDO | Frec. | 62 | 1054 | 1581000 | 414000 | 1167000 |
| | % Total | 8,10% | | | | |
| TTO6: PEROXIDO | Frec. | 52 | 997 | 1495500 | 54000 | 1441500 |
| | % Total | 6,80% | | | | |
| TTO7: AGUA | Frec. | 72 | 751 | 1126500 | 0 | 1126500 |
| | % Total | 9,50% | | | | |

Tomando como referencia la tabla 15 se puede afirmar que el tratamiento que ofreció mejores resultados es el dos, Mycobac + Agrifos, ya que fue este, el que permitió que el cultivo fuera menos afectado por *Phytophthora infestans*, con un 7,2% en la escala de severidad 5, de igual manera fue el que obtuvo la mayor producción 2.033 Kg/Ha por lo tanto el de mayor beneficio económico, \$2610500.

7. CONCLUSIONES

- Se aisló efectivamente *Phytophthora infestans* a partir de las muestras dadas, siguiendo la metodología del Manual de Procedimientos Grupo de Diagnostico Fitosanitario ICA, con los medios de cultivo seleccionados para este proceso.
- A nivel de laboratorio, *Trichoderma lignorum*, si realiza actividad antagónica sobre *Phytophthora infestans* evidenciada a través de la inhibición significativa $P < 0.0001$, de su crecimiento radial, *P. infestans* testigo con una media de 4,05cm y *P. infestans* plato dual con un media de 2,11cm y del micoparasitismo en grado 4, invasión total de la caja de Petri y esporulación del antagonista.
- En las pruebas de laboratorio los resultados de inhibición del crecimiento radial, ofrecieron diferencias significativas entre los controladores químicos, con un P-valor < 0.05 , se estableció que Agrifos (media: 0,19cm) es el fungicida de mayor efectividad, siguiendo en orden de eficacia peróxido de hidrogeno (media: 1,20cm) e Infinito (media: 2,73 cm), por tanto a nivel de laboratorio la hipótesis nula se rechaza.
- El porcentaje de incidencia al iniciar las pruebas de campo fue de 0% en 5 tratamientos y 0,59% y 3,5% en los restantes, hasta los 25 días de siembra, por esta razón se inoculó. A los 30 días presentó una incidencia promedio del 12%, de afección por *Phytophthora infestans*.
- La respuesta de la efectividad de acción, en campo, de los diferentes métodos de control de la enfermedad, proporcionó resultados con un nivel de significación mayor del 0.05, ninguno de los métodos mostró diferencias significativas en su eficacia, por tanto la hipótesis nula no se rechaza.

- Los productos utilizados no lograron controlar a *Phytophthora infestans*, en campo, ya que el máximo valor de la escala de severidad, grado 5 con más del 50% de afección por hoja, se presentó con un frecuencia de 447 que corresponde al 58,7%, del total de los resultados.

- El tratamiento, en campo, que presenta mejor respuesta frente al control de *Phytophthora infestans* es MYCOBAC + AGRIFOS, al presentar una frecuencia de 23 que corresponden al 3% del total, de la escala de severidad 2, (infección del 1 al 10%).

- La mayor producción de tomate de mesa, *Solanum lycopersicum* Mill, la presenta el tratamiento MYCOBAC + AGRIFOS con 2033Kg/Ha, el de menor costo es PEROXAL con \$18486150/Ha, sin embargo ningún tratamiento alcanza el punto de equilibrio, ya que la enfermedad no se controló eficazmente, influenciado por la presión que ejerció la inoculación realizada del patógeno *Phytophthora infestans*.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ ACUÑA Edgar. Estadística No Paramétrica. Universidad de Puerto Rico. RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGUEZ
<http://www.geociencias.unam.mx/~ramon/Analisis/Clase9.pdf>
Consultado: 23 junio 2011
- ❖ An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III
- ❖ ALFONSO, D. SANDOVAL, E. Evaluación in - Vitro de fungicidas para el control de hongos patógenos en esquejes de clavel durante la etapa de enraizamiento. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Básicas, Bogotá D.C. 2008p. 38 – 45.
<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis136.pdf>
Consultado: 17 junio 2011
- ❖ ARIAS CIFUENTES, Edna Lorena y PIÑEROS ESPINOSA, Paola Andrea. Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de Guasca y Cruz Verde. Bogotá 2008.
- ❖ ARNESON, Phil A. Epidemiología de las Enfermedades de las Plantas: Los Aspectos Temporales.
www.apsnet.org/education/AdvancedPlantPath/Topics/Epidemiologia/Epidemiologia.htm#progress
- ❖ Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica.

- ❖ BETANCOURTH G, Carlos., PORTILLA B Elizabeth. y SALAS P Hugo. Evaluación de la reacción de nueve genotipos de papa (*Solanum tuberosum* subsp. andigena) al ataque de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. *Agronomía Colombiana* 26(3), 411-416, 2008
<http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/viewFile/11472/12118>
Consultado: 22 junio 2011

- ❖ CAÑEDO, Verónica. AMES, Teresa. Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú 2004. p. 47
<http://www.cipotato.org/library/pdfdocs/AN65216.pdf>
Consultado: 25 Junio 2011

- ❖ CARREÑO, Natalia, et al. Problemas fitopatológicos en especies de la familia Solanaceae causados por los géneros *Phytophthora*, *Alternaria* y *Ralstonia* en Colombia. Una revisión. En: *Revista Agronomía Colombiana* 25(2), 320-329, 2007

- ❖ CASTAÑO ZAPATA, Jairo. Guía ilustrada de hongos promisorios para el control de malezas, insectos, nematodos y hongos fitopatógenos. Editorial Universidad del Caldas. 2005

- ❖ CASTRO, katherin. Et al. Intensidad de los sabores básicos del tomate (*Lycopersicon esculentum*) en seis estados de madurez. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad de Caldas Vol. 7 No. 1 Enero - Junio 2009

- ❖ CORPEÑO, Boris. Manual del Cultivo de Tomate. Centro De Inversión, Desarrollo Y Exportación De Agronegocios. Colonia Escalon San Salvador, El Salvador. 2004

- ❖ Cultivo de tomate de mesa. Boletín técnico N°19. Fundación de Desarrollo Agropecuario INC. República Dominicana 1993
- ❖ CHAVEZ GARCIA, Mónica Paola. Producción de Trichoderma sp y evaluación de su efecto en cultivo de crisantemo *Dendranthema grandiflora*. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Microbiología Industrial, Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá D. C. 2006
<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis286.pdf>
 Consultado: 17 junio 2011
- ❖ Ecofisiología de los cultivos de Tomate y Pimiento Curso Horticultura Uruguay. 2004
- ❖ Educación Tecnológica Agropecuaria. Estados Unidos Mexicanos, FAO, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Países Bajos. Editorial Trillas. México. 1992
- ❖ Encuesta Nacional Agropecuaria 2008 CCI – MADR
- ❖ Encuesta Nacional Agropecuaria 2009 CCI – MADR
- ❖ Escalante Ortiz Marlyn y Farrera Pino René, Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans* Mont de Bary) de la papa en zonas productoras del estado Táchira Venezuela en el 2008. *Bioagro* 16(1): 47-54. 2004
<http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev16%281%29/7.%20Epidemiolog%C3%ADa%20del%20tiz%C3%B3n.pdf>
 Consultado: 23 Junio 2011

- ❖ ESCUDERO RAMÍREZ, Mariana, et all. Metodología de evaluación de la sensibilidad a fungicidas Qol – fenamidone: caso de estudio *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín 62(1): 4773-4782. 2009
<http://www.agro.unalmed.edu.co/publicaciones/revista/docs/Art.Metodologiadeevaluaciondelasensibilidad.pdf>
 Consultado: 23 Junio 2011

- ❖ Estudio de mercado del tomate larga vida. Confederación Empresarial del Campo de Colombia Confecampo Departamento Técnico Confecampo Bogotá D.C., 2008

- ❖ FERNANDEZ-LARREA VEGA, Orietta. Microorganismos antagonistas para el control Fitosanitario. Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 62 p. 96 - 100, 2001
<http://web.catie.ac.cr/informacion/rmip/rev62/96-100.pdf>
 Consultado: 17 junio 2011

- ❖ Fundación para el desarrollo agropecuario. Santo Domingo. República Dominicana.

- ❖ GARCÍA Hibert Giovani, MARÍN, Mauricio, JARAMILLO Sonia y COTES José Miguel, Sensibilidad de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* a cuatro fungicidas sistémicos, Agronomía Colombiana, vol. 26, núm. 1, 2008, pp. 47-57, Universidad Nacional de Colombia
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/1803/180314729007.pdf>
 Consultado: 25 Junio 2011

- ❖ Guía Ambiental Hotifruticola de Colombia. Bogotá D.C. Noviembre 2009

- ❖ INFANTE Danay, MARTÍNEZ B., GONZÁLEZ Noyma y REYES Yusimy. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos. *Rev. Protección Veg.* Vol. 24 No. 1 (2009): 14-21
<http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v24n1/rpv02109.pdf>
 Consultado: 7 Julio 2010

- ❖ HERNANDEZ LAUZARDO, Ana Niurka. Et al. Actividad anti fúngica del Quitosano en el control del *Rhizopus stolonifer* Vuill y *Mucor* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología.* Julio/diciembre año/vol. 25, número 002. 2007
 Consultado: 21 Agosto 2010

- ❖ JARAMILLO N. Jorge, et al. Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la Producción de Tomate Bajo Condiciones Protegidas. CORPOICA, FAO, MANA, Antioquia. 2007
<http://www.fao.org.co/manualtomate.pdf>
 Consultado 29 Mazo 2010

- ❖ JARAMILLO V, Sonia, ROJAS, Diego Aspectos bioquímicos de la resistencia de la papa (*Solanum tuberosum*), al ataque del hongo *Phytophthora infestans*.
<http://www.todopapa.com.ar/pdf/aspectosbioquimicosdelaresistenciadelapapaalataquedephytophthora.pdf>
 Consultado: 23 Junio 2011

- ❖ LÓPEZ CASADO, Gloria María. Biomecánica de la epidermis y la cutícula del fruto de tomate (*Solanum Lycopersicum L.*) y su relación con el agrietado. Facultad de Ciencias Departamento de Biología Molecular y Bioquímica. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga. España 2006. p. 17

- ❖ LOPEZ LARA, Alexander. Comportamiento de cuatro heteroinjertos (HIB) de tomate *Lycopersicon sculentum* Mill, frente a la enfermedad de la gota producida por *Phytophthora infestans* de Bary. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. 2009
<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis199.pdf>
 Consultado: 23 Junio 2011

- ❖ LÓPEZ PEREIRA, Alba Adriana. Pruebas de eficiencia in vitro y bajo invernadero de cepas de *Trichoderma* spp. Para control de *Phytophthora infestans* en el cultivo de papa *Solanum tuberosum* para establecer un banco de microorganismos. Escuela Politécnica Del Ejército Departamento De Ciencias De La Vida Carrera De Ciencias Agropecuarias – I.A.S.A. I “Gral. Carlomagno Andrade Paredes” Sangolquí, Junio de 2007

- ❖ Manual para Tomates. Proyecto de Cooperación Técnica Internacional de la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. Estados Unidos Mexicanos, FAO, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Países Bajos. Editorial Trillas. México. 1992

- ❖ MICHEL AVECES, Casimiro Alejandro. Capas nativas de *Trichoderma* spp. (Eufungi: Hypocreales), su antibiosis y micoparasitismo sobre *Fusarium subglutinans* y *F. oxysporum* (Hypomycetes: Hyphales). Universidad de Colima Doctorado en Ciencias: Área Biotecnología. Mexico 2001. p. 48 a 50
http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Alejandro%20Casimiro%20Michel%200Aceves.PDF
 Revisado 17 junio 2011

- ❖ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretarías de Agricultura Departamentales, URPA - UMATA. 2008

- ❖ OCHOA MORENO, María Elena. Antibiosis y micoparasitismo en cepas nativas de *Trichoderma spp.* (Hyphomycetes: Hyphales), sobre *Mycosphaerella fijiensis* (Loculoasmycetes dothideales). México 2002.
http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Maria%20Elena%20Ochoa%20Moreno.pdf
 Consultado: 14 junio 2010

- ❖ PARKER, Joanne, NAVIA M, Oscar Estrategias de control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa. Revista Latinoamericana de la Papa. (1991). 4:115-126 115
<http://www.papaslatinas.org/v4n1p115.pdf>
 Consultado: 23 Junio 2011

- ❖ PEREZ, Ligia. Patología Vegetal. Promedius

- ❖ PEREZ MERENO, Luis. Et al. Compatibilidad fisiológica y sensibilidad a fungicidas de aislamientos de *Phytophthora capsici* Leo. Revista Mexicana de Fitopatología. Enero/Julio año/vol. 21, número 001. 2003
<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/612/61221103.pdf>
 Consultado: 23 Junio 2011

- ❖ PEREZ, W. FORBES G. Manual Técnico. El Tizón Tardío de la Papa. Centro Internacional de la Papa. Sucre Perú. 2008
<http://www.cipotato.org/publications/pdf/004271.pdf>

- ❖ RAIGOSA GÓMEZ, Natalia. Et al. Variabilidad genética de aislamientos colombianos de *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary en Solanáceas cultivadas en Colombia. Rev.Fac.Nal.Agr. Medellín 62(1): 4761-4771 2009

- ❖ RAMÍREZ RIVERA, Byron Omar. Evaluación del clon de papa (*Solanum tuberosum* L.) LOMAN M-60, asesoría técnica y servicios comunitarios en el caserío Eben Ezer, Purulhá, Baja Verapaz. Universidad De San Carlos De Guatemala. Facultad De Agronomía. Área Integrada Guatemala, 2008
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2400.pdf
 Consultado: 22 junio 2011

- ❖ SALVADOR ZUNINO, Gonzalo. Evaluación de tres productos de control biológico comerciales a base de *Trichoderma spp.* y un aislamiento de *Trichoderma sp.* in vitro con énfasis en pruebas de control de calidad. Zamorano, Honduras. 2004. p. 15 http://zamo-oti-02.zamorano.edu/tesis_infolib/2004/T1965.pdf; Consultado: 07 Julio 2010

- ❖ TOVAR CASTAÑO, Julio Cesar. Evaluación de la capacidad antagonista “in vivo” de aislamientos de *Trichoderma spp.* frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. Bogotá 2008. <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis98.pdf>; Consultado: 19 Abril 2010

- ❖ VAILLANT FLORES Daymara I, GÓMEZ IZAQUIRRE Guadalupe. Incidencia de *Phytophthora nicotianae* y *Phytophthora infestans* en Cuba. Agricultura Técnica en México Vol. 35 Núm.2 1 de abril-30 de junio 2009 p. 219-223. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v35n2/v35n2a9.pdf>; Consultado: 23 Junio 2011

- ❖ VALLEJO CABRERA, Franco Alirio, et al. Resistencia al perforador del fruto del tomate derivada de especies silvestres de *Solanum spp.* Rev.Fac.Nal.Agr.Medellin 61(1):4316-4324. 2008
- ❖ www.bioagro.com.co/joomla/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=20
- ❖ www.fao.org/kids/es/pesticides.html
- ❖ www.ica.gov.co Plan Estratégico ICA 2-4 2007 - 2012
- ❖ www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm. Cultivo de Tomate
- ❖ www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Convenio%20MAG%20IIICA/productos/tomate_mag.pdf
- ❖ www.el-tomate.net/tutaabsoluta1.html
- ❖ www.semicol.com.co/semillas/hortalizas/ver-todos-productos.html

ANEXOS

Anexo A. Cronograma Para Fase De Campo - Plan De Fertilización

| ACTIVIDAD | FECHA PROGRAMADA | OBSERVACIONES |
|---|------------------|---|
| Toma de muestras suelo | 14 DE JULIO | |
| Resultados de análisis de suelo | 11 DE AGST | |
| Preparación del terreno | 5 DE AGST | Picar, desmoronar, control de malezas, roce |
| Trazado y ahoyado | 12 DE AGST | |
| Aplicación de enmiendas (cal dolomita y roca fosfórica) | 12 DE AG | |
| Siembra - aplicación de micorriza | 31 DE AG | DAP 5g/planta KCl 2g/planta UREA 2g/planta |
| Control de malezas | 9 DE SEPT | Manual |
| Resiembra | 10 DE SEPT | |
| Deschuponada y aporque | 13 DE SEPT | |
| Tutorado | 14 DE SEPT | |
| Fertilización | 20 DE SEPT | DAP 4g/planta KCl 3g/planta UREA 3g/planta |
| Primera lectura de severidad e incidencia | 23 DE SEPT | |
| Aspersión foliar de P. infestans –inoculación | 24 DE SEPT | Sujeto a porcentaje de incidencia |
| Segunda lectura de severidad | 30 DE SEPT | |

| ACTIVIDAD | FECHA PROGRAMADA | OBSERVACIONES |
|-------------------------------------|------------------|---|
| Primera aplicación de controladores | 1 DE OCT | |
| Fertilización | 8 DE OCT | DAP 4g/planta KCl 5g/planta UREA 3g/planta |
| Tercera lectura de severidad | 8 DE OCT | |
| Segunda aplicación de controladores | 8 DE OCT | |
| Cuarta lectura de severidad | 15 DE OCT | |
| Tercera aplicación de controladores | 15 DE OCT | |
| Quinta lectura de severidad | 15 DE OCT | |
| Fertilización | 23 DE OCT | DAP 3g/planta KCl 5g/planta UREA 4g/planta |
| Cuarta aplicación de controladores | 29 DE OCT | |
| Sexta lectura de severidad | 29 DE OCT | |
| Fertilización PK | 30 DE OCT | |
| Quinta aplicación de controladores | 5 DE NOV | |
| Séptima lectura de severidad | 7 DE NOV | |
| Fertilización | 8 DE NOV | DAP 3g/planta KCl 5g/planta UREA 4g/planta |

| ACTIVIDAD | FECHA PROGRAMADA | OBSERVACIONES |
|--------------------------------|------------------|--|
| Octava lectura de severidad | 12 DE NOV | |
| Novena lectura de severidad | 19 DE NOV | DAP 0g/planta KCl 5g/planta UREA 4g/planta |
| Fertilización | 22 DE NOV | |
| Decima lectura de severidad | 26 DE NOV | |
| Undécima lectura de severidad | 3 DE DIC | |
| Duodécima lectura de severidad | 10 DE DIC | |

Anexo B. Soporte Del Analisis Estadistico Realizado Andeva: D.F

Procedimiento GLM

Variable dependiente: CRECIMIENTO RADIAL

Resumen de las entradas del sistema Evaluación in vitro de productos químicos

| Información del nivel de clase | | |
|--------------------------------|---------|-----------------------------------|
| Clase | Niveles | Valores |
| QUIMICO | 4 | agrifos control infinito peroxido |
| DOSIS | 2 | doble normal |
| TIE | 6 | t1 t2 t3 t4 t5 t6 |

| | |
|-------------------------|-----|
| Número de observaciones | 288 |
|-------------------------|-----|

| Fuente | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|---------------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| QUIMICO | 3 | 622.3203125 | 207.4401042 | 1671.55 | <.0001 |
| DOSIS | 1 | 46.5612500 | 46.5612500 | 375.19 | <.0001 |
| QUIMICO*DOSIS | 3 | 102.8906250 | 34.2968750 | 276.36 | <.0001 |

| Fuente | DF | Tipo III SS | Cuadrado de la media | F-Valor | Pr > F |
|-------------------|----|-------------|----------------------|---------|--------|
| TIE | 5 | 257.0556250 | 51.4111250 | 414.27 | <.0001 |
| QUIMICO*TIE | 15 | 72.7441667 | 4.8496111 | 39.08 | <.0001 |
| DOSIS*TIE | 5 | 2.2105208 | 0.4421042 | 3.56 | 0.0040 |
| QUIMICO*DOSIS*TIE | 15 | 4.0255208 | 0.2683681 | 2.16 | 0.0082 |

Tanto los efectos principales (es decir los factores de manera independiente) como los efectos de interacción (Químico* Dosis, y los demás) son significativas (P-valor<0.05).

Comparación de medias entre los niveles de cada factor (QUIMICO-DOSIS-TIEMPO) usando la prueba Sheffe

ANDEVA: D.F

Procedimiento GLM

Prueba de Scheffe para CRECIMIENTO RADIAL

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes | | | |
|--|---------|----|----------|
| Scheffe Agrupamiento | Media | N | QUIMICO |
| A | 4.05417 | 72 | Control |
| B | 2.73542 | 72 | infinito |
| C | 1.20208 | 72 | peroxido |
| D | 0.19583 | 72 | agrifos |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. | | | |
|---|---------|-----|--------|
| Scheffe Agrupamiento | Media | N | DOSIS |
| A | 2.44896 | 144 | normal |
| B | 1.64479 | 144 | doble |

| Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. | | | |
|---|---------|----|-----|
| Scheffe Agrupamiento | Media | N | TIE |
| A | 3.51979 | 48 | t6 |
| B | 2.84167 | 48 | t5 |
| C | 2.29479 | 48 | t4 |
| D | 1.65417 | 48 | t3 |
| E | 1.19167 | 48 | t2 |
| F | 0.77917 | 48 | t1 |

Comparación de medias entre los factores con el grupo control usando la prueba Dunnett

| Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por *** | | | | |
|--|-------------------------------|--|----------|-----|
| QUÍMICO Comparación | Diferencia entre medias | Simultáneo 95% Límites de confianza | | |
| infinito - control | -1.31875 | -1.45755 | -1.17995 | *** |
| peroxido - control | -2.85208 | -2.99088 | -2.71329 | *** |
| agrifos - control | -3.85833 | -3.99713 | -3.71954 | *** |

Los asteriscos indican que las medias de los distintos químicos difieren del grupo control, en este caso de *Phytophthora infestans*

Grafico Box Plot del crecimiento con los efectos de los Químicos (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe)

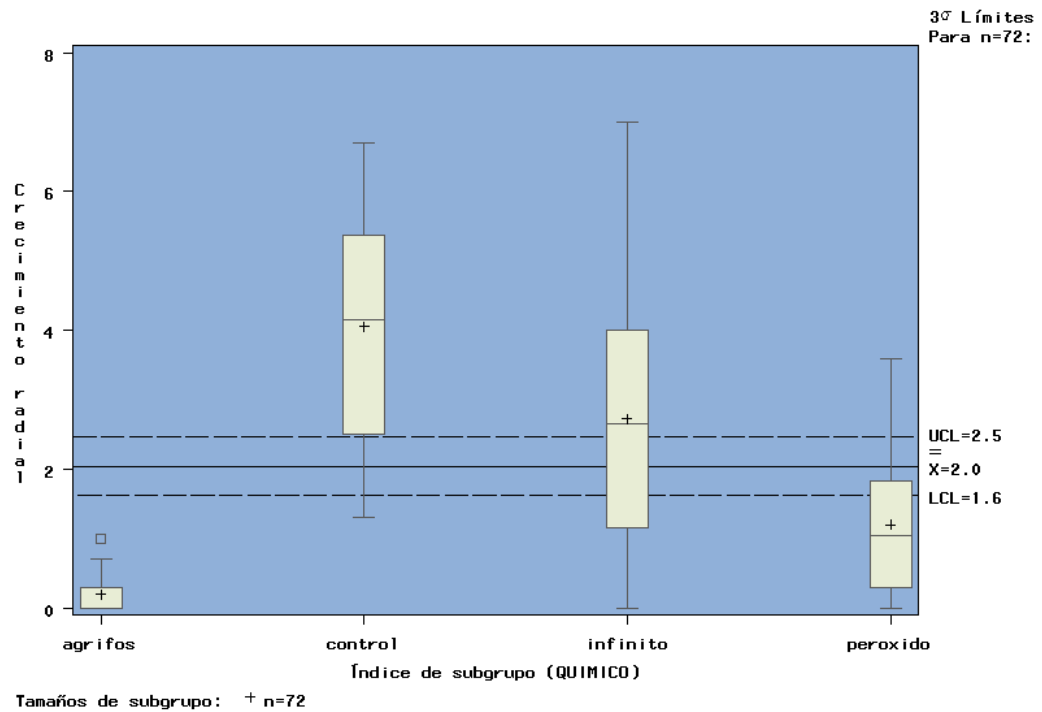
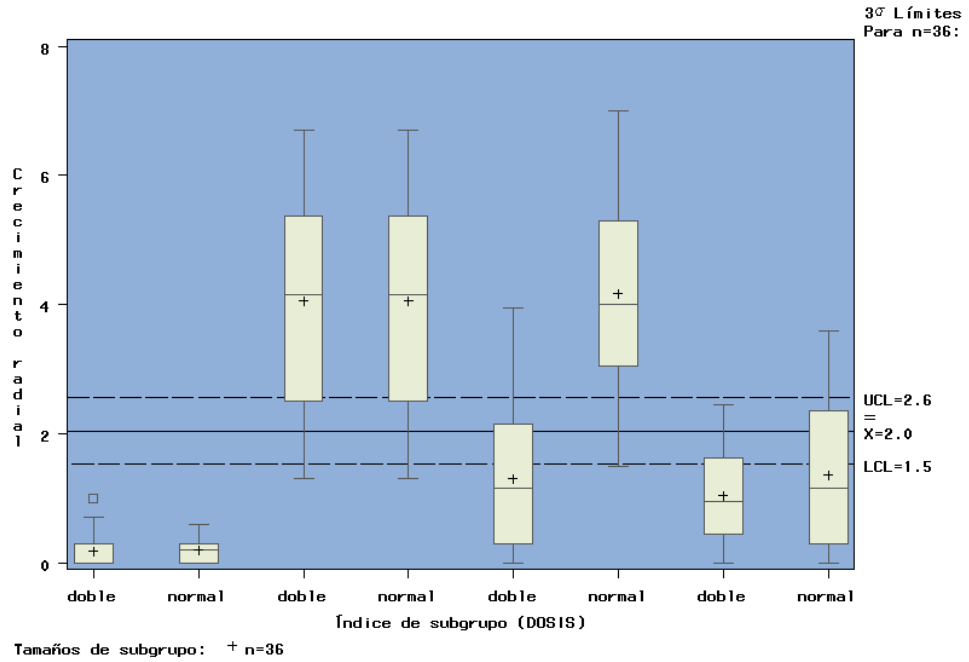
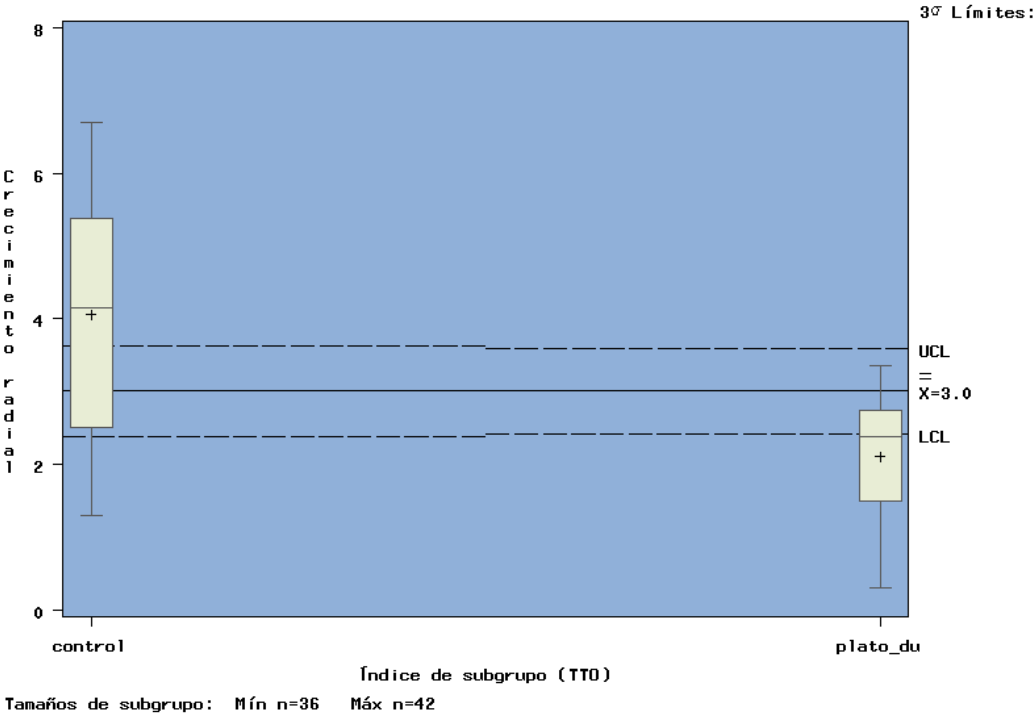


Grafico Box Plot del crecimiento con los efectos de las dosis (Gráfico de las medias descritas por las pruebas sheeffe)



Análisis de plato dual con *Phytophthora infestans*

Medias *Phytophthora infestans* con plato dual



Contrastes de medias con el grupo control (Prueba Dunnett)

ANDEVA: D.F

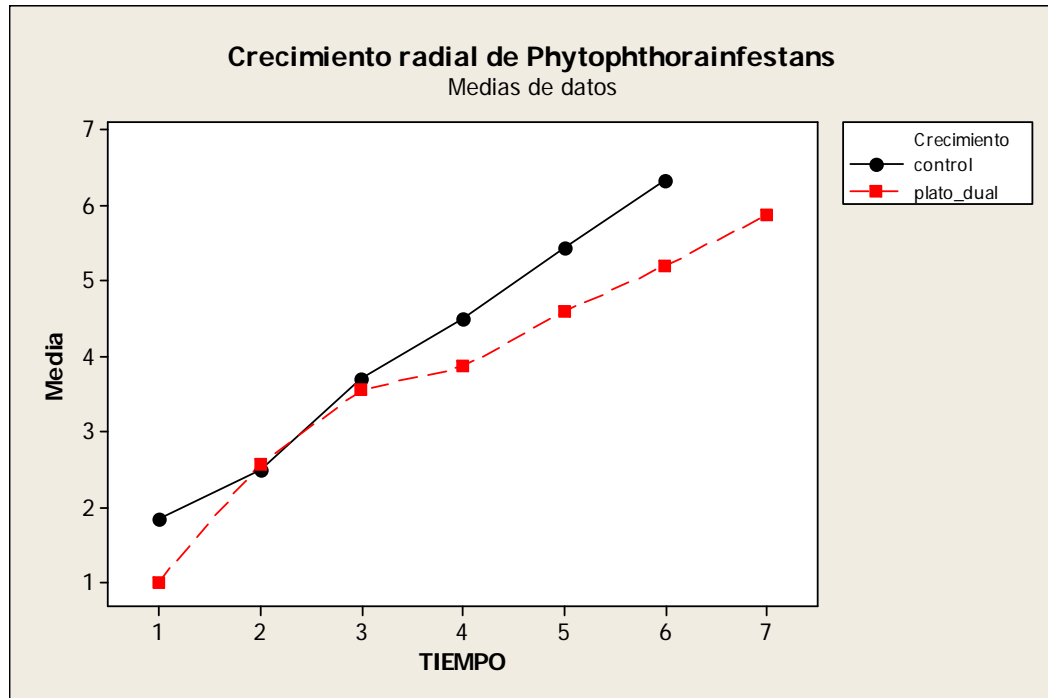
Procedimiento GLM

Tests t de Dunnett para crec

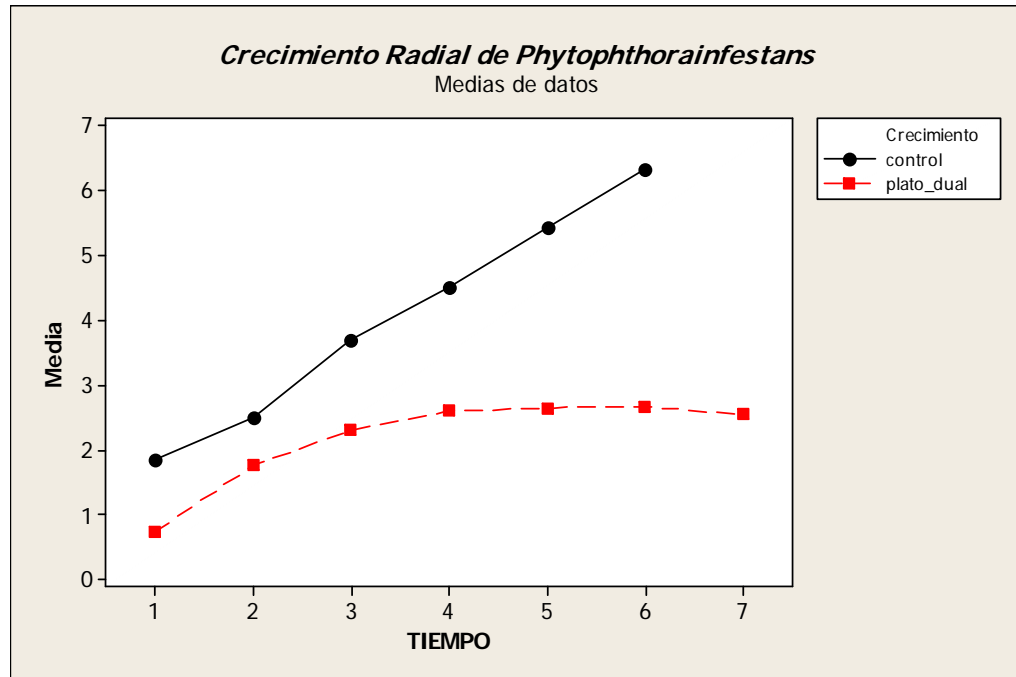
| Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***. | | | | |
|---|-------------------------------|--|----------|-----|
| TTO Comparación | Diferencia entre medias | Simultáneo 95% Límites de confianza | | |
| plato_du - control | -1.88172 | -2.08869 | -1.67474 | *** |

La media del plato dual es distinto al grupo control (eso quiere decir los asteriscos, que hay diferencias)

Gráfico plato dual (Trichoderma) vs el control de *Phytophthora infestans*

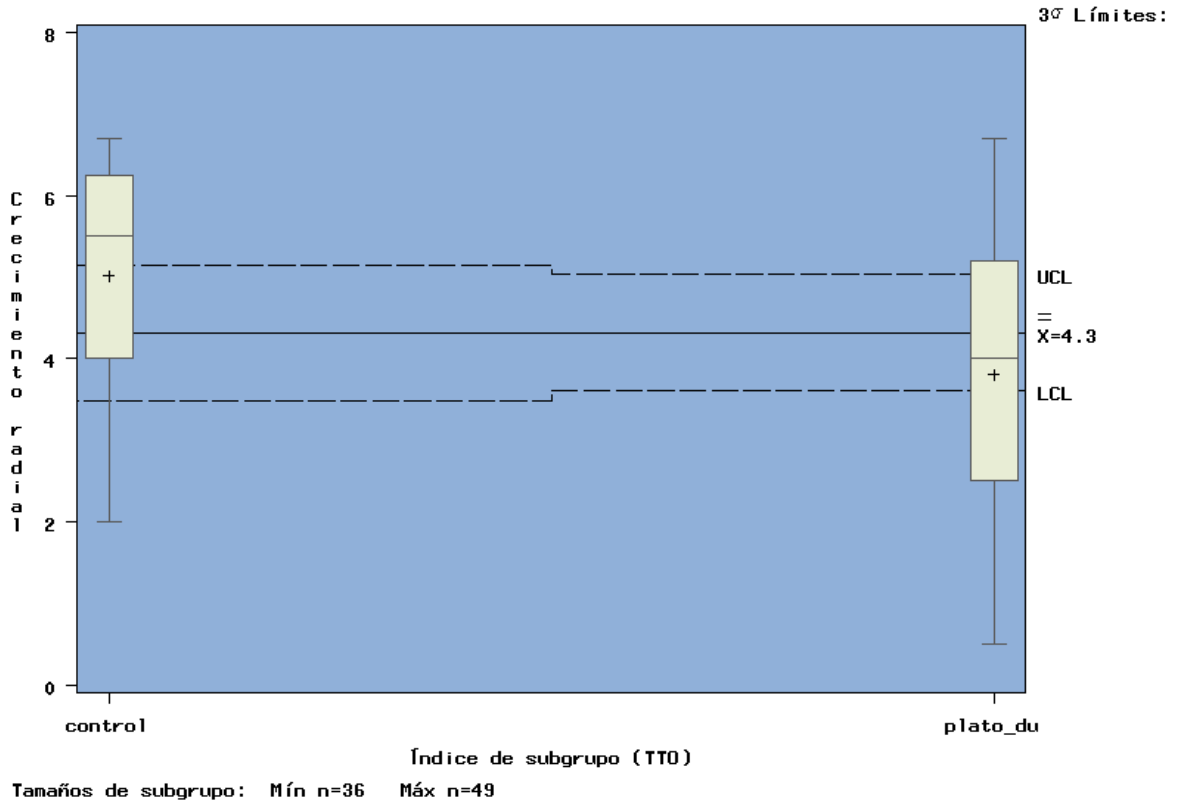


Este gráfico es el plato dual (*P. infestans*) vs el control de *P. infestans*



Plato dual con *Trichoderma lignorum*

Medias *Trichoderma lignorum* con plato dual



ANDEVA: D.F

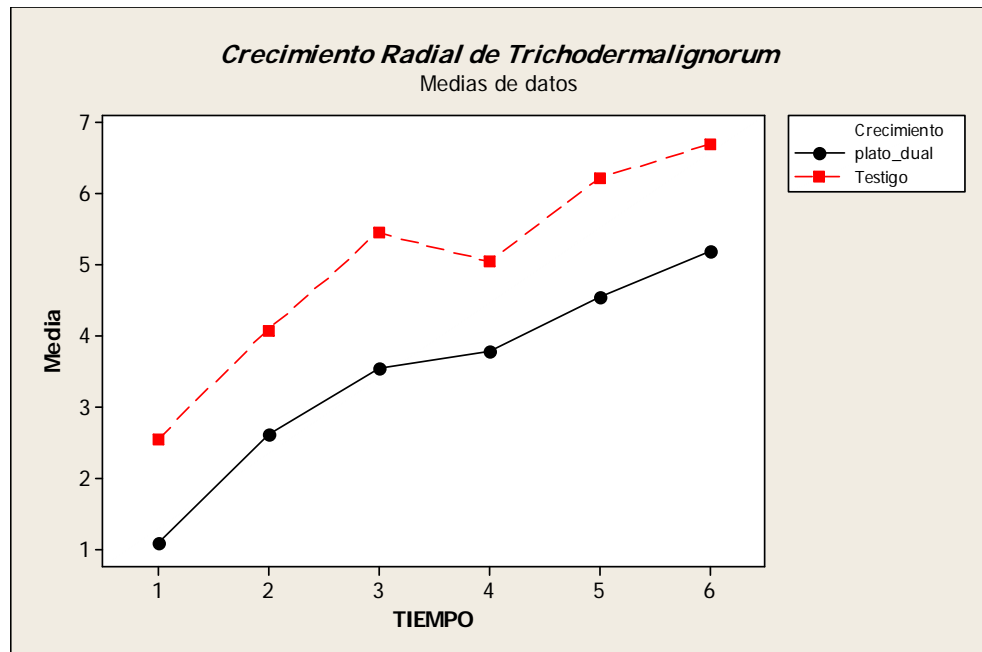
Procedimiento GLM

Tests t de Dunnett para crec

| Las comparaciones importantes del nivel 0.05 están indicadas por ***. | | | | |
|---|-------------------------------|--|---------|-----|
| TTO Comparación | Diferencia entre medias | Simultáneo 95% Límites de confianza | | |
| plato_du - control | -1.2050 | -1.5679 | -0.8421 | *** |

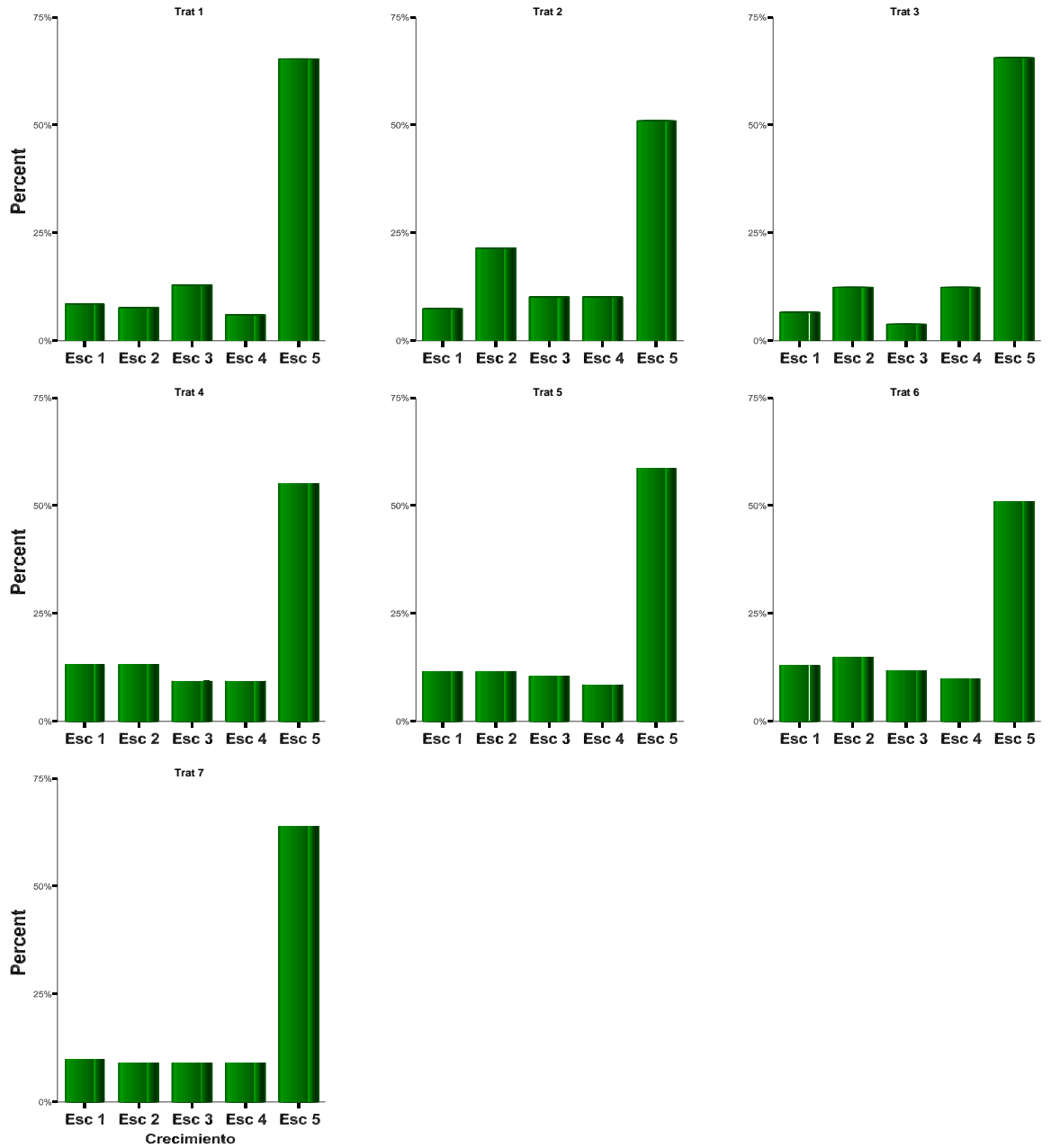
Los asteriscos quiere decir que la media del plato dual es estadísticamente distinta de la media del grupo control (*Trichoderma lignorum*)

Este gráfico es el plato dual (*Trichoderma lignorum*) vs el control de *Trichoderma lignorum*

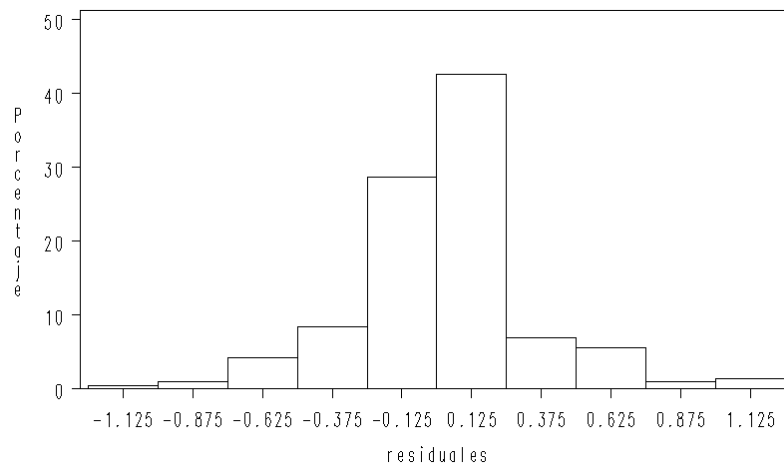
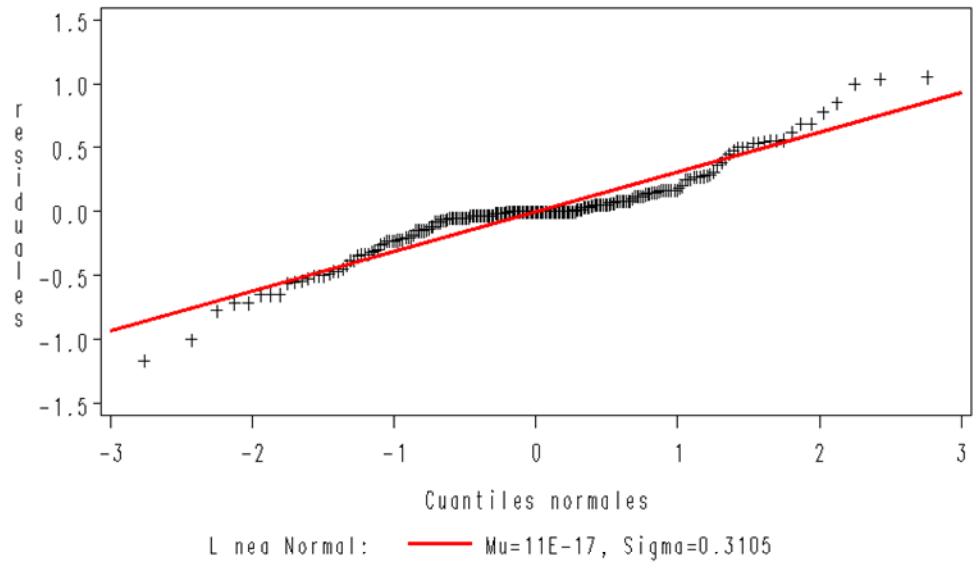


ANÁLISIS DE CAMPO

Figura 1. Distribución de frecuencias por escala de severidad y tratamiento



Validación De Supuestos Fase De Campo



Validación de supuestos fase in vitro

