

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CONFIRMACIÓN DE AGENTE CAUSAL Y EVALUACIÓN DE CUATRO
PROGRAMAS DE CONTROL DE ENFERMEDAD FOLIAR EN PEPINO
(*Cucumis sativus* L), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS PRODUCTIVOS EN
LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE MONSANTO EN SALAMÁ, BAJA
VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

OLIVER LUIS GALINDO MORATAYA

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CONFIRMACIÓN DE AGENTE CAUSAL Y EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS
DE CONTROL DE ENFERMEDAD FOLIAR EN PEPINO (*Cucumis sativus L*),
DIAGNÒSTICO Y SERVICIOS PRODUCTIVOS EN LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN
DE MONSANTO EN SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTA DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.**

POR

OLIVER LUIS GALINDO MORATAYA

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADO

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Alvarado Cerezo

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO EN FUNCIONES

Dr. Ariel Abderraman Ortiz Lopez

VOCAL PRIMERO

Dr. Ariel Abderraman Ortiz Lopez

VOCAL SEGUNDO

Ing. Agr. Cesar Linneo Garcia Contreras

VOCAL TERCERO

Ing. Agr. Erberto Raul Alfaro Ortiz

VOCAL CUARTO

Per. Agr. Josue Benjamin Boche Lopez

VOCAL QUINTO

Br. Sergio Alexsander Soto Estrada

SECRETARIO

Dr. Mynor Raul Otzoy Rosales

GUATEMALA, FEBRERO DEL 2015

Guatemala, febrero del 2015

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación **“Confirmación de agente causal y evaluación de cuatro programas de control de enfermedad foliar en pepino (*Cucumis sativus L*), diagnóstico y servicios productivos en La Estación de Investigación de Monsanto en Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Oliver Luis Galindo Morataya

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS: Por sus bendiciones en cada día de mi vida y brindarme sabiduría en cada decisión que me trajo a este momento.

MIS PADRES: Irma Lizeth Morataya Paz y Janer Oliver Galindo Jordan por proveer para mí y mis hermanos. Por su ejemplo, amor, sacrificio y esfuerzo.

MIS HERMANOS: Elena Maria Elisa Galindo Morataya y Hector Fernando Galindo Morataya por su apoyo incondicional.

MIS TÍOS Y PRIMOS: A todos por estar pendientes, por el ejemplo y apoyo en toda mi carrera y vida.

MI MADRINA: Aida Lastenia Paraíso. Con mucho cariño.

MIS AMIGOS: Porque en las buenas y en las malas han sido de gran apoyo, gracias por su amistad.

VIVIANA ALEXANDRA

PAIZ MENJIVAR: Por su paciencia, apoyo, confianza y respeto. Con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS

A:

MI CASA DE ESTUDIOS: Universidad de San Carlos de Guatemala, específicamente a la Facultad de Agronomía por todas las lecciones académicas y de vida.

MI SUPERVISOR: Ing. Agr. Fredy Hernandez Ola por el increíble apoyo y apertura en el EPSA.

MIS ASESORES: Ph.D. Amílcar Sánchez y Ph.D. Lauriano Figueroa. Por su paciencia e invaluable enseñanzas.

ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN

EN SALAMÁ, MONSANTO

DE GUATEMALA: Por permitirme realizar el EPSA en sus instalaciones y ayudarme a ser un mejor profesional.

PLANTACIONES PANORAMA: Gracias por recibirme y brindarme un hogar en Salamá.

FAMILIA MENJIVAR

COLINDRES: Por todo el apoyo y siempre hacerme sentir bienvenido en su hogar.

ÌNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
ÌNDICE GENERAL	i
ÌNDICE DE FIGURAS	v
ÌNDICE DE CUADROS	vii
RESUMEN	ix
CAPÌTULO I	
DIAGNÒSTICO ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE SALAMÁ DE MONSANTO DE GUATEMALA S.A. SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA. C.A.	
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 MARCO REFERENCIAL.....	4
1.2.1 Municipio de Salamá, Baja Verapaz.....	4
1.2.2 La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	10
1.4 METODOLOGÍA.....	11
1.5 RESULTADOS.....	11
1.5.1 Siembra.....	13
1.5.2 Control de germinación y conteo.....	14
1.5.3 Preparación de invernadero y macrotunel.....	14
1.5.4 Trasplante.....	15
1.5.5 Manejo cultural y agrícola.....	15
1.5.6 Cosecha.....	16
1.5.7 Análisis FODA.....	17
1.6 CONCLUSIONES.....	18
1.7 RECOMENDACIONES.....	19
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	20
1.9 APÈNDICES.....	21

CONTENIDO	PÁGINA
CAPÍTULO II	
Confirmación de agente causal y evaluación de cuatro programas de control de enfermedad foliar en pepino (<i>Cucumis sativus</i> L). En la Estación de Investigación de Salamá, Monsanto de Guatemala S.A. Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.	
2.1 PRESENTACIÓN.....	25
2.2 MARCO TEÓRICO	27
2.2.1 El cultivo del pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	27
2.2.2 Agentes fitopatógenos.....	30
2.2.3 Mildio vellosa (<i>Pseudoperonospora cubensis</i>)	33
2.2.4 Ingredientes activos a evaluar.....	36
2.3 OBJETIVOS.....	39
2.3.1 Objetivo General	39
2.3.2 Objetivos Específicos	39
2.4 HIPÓTESIS.....	39
2.5 METODOLOGÍA	40
2.5.1 Identificación de Agente Causal	40
2.5.2 Programa de manejo.....	40
2.5.3 Unidad Experimental	44
2.5.4 Variedad utilizada.....	44
2.5.5 Descripción de los tratamientos	45
2.5.6 Frecuencia de aplicación.....	46
2.5.7 Aleatorización.....	46
2.5.8 Diseño experimental.....	47
2.5.9 Variable de respuesta	48
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
2.6.1 Confirmación de agente causal.	51
2.6.2 Análisis de severidad	52
2.6.3 Primera Etapa; Un estrato.....	52
2.6.4 Segunda Etapa; Tres estratos.....	55
2.6.5 Análisis de Costos.....	62

CONTENIDO	PÁGINA
2.7 CONCLUSIONES.....	64
2.8 RECOMENDACIONES	65
2.9 BIBLIOGRAFÍA	67
2.10 APÉNDICES	71

CAPITULO III

INFORME DE SERVICIOS ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE MONSANTO EN SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA. C.A.

3.1 PRESENTACIÓN.....	81
3.2 SERVICIO 1: STI WHITEFLY PROJECT.....	83
3.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	83
3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	83
3.2.3 RESULTADOS ESPERADOS.....	83
3.2.4 METAS ESPERADAS	84
3.2.5 INDICADORES.....	84
3.2.6 RESULTADOS OBTENIDOS.....	84
3.2.7 EVALUACIÓN.....	86
3.2.8 RECOMENDACIONES.....	87
3.3 SERVICIO 2: MEDICIONES Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE TRASLADO DE COSECHAS.....	88
3.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	88
3.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	88
3.3.3 RESULTADOS ESPERADOS.....	89
3.3.4 METAS ESPERADAS	89
3.3.5 INDICADORES.....	89
3.3.6 METODOLOGÍA.....	89
3.3.7 RESULTADOS OBTENIDOS.....	90
3.3.8 EVALUACIÓN.....	92
3.3.9 RECOMENDACIONES.....	92

CONTENIDO	PÁGINA
3.4 SERVICIO 3: APOYO EN EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN CHILE (<i>Capsicum annum</i>).....	93
3.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	93
3.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	93
3.4.3 RESULTADOS ESPERADOS.....	94
3.4.4 METAS ESPERADAS.....	94
3.4.5 INDICADORES.....	94
3.4.6 RESULTADOS OBTENIDOS.....	94
6.1.1 EVALUACIÓN.....	97
6.1.2 RECOMENDACIONES.....	98
6.1.3 BIBLIOGRAFÍA.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
Figura 1. Perímetro de la Estación de Investigación de Salamá, Monsanto de Guatemala S.A.	5
Figura 2. Ubicación de la Estación de Investigación de Salamá a nivel país.	5
Figura 3. Monsanto de Guatemala, S.A. MAIN CHART	6
Figura 4. Monsanto de Guatemala, S.A. Salamá R&D Station.....	6
Figura 5. Cultivos que se producen en la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.	12
Figura 6. Procesos de producción de la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.	13
Figura 7. Desinfección de bandeja y siembra de semillas en sustrato.	14
Figura 8. Operación de máquina de fertirriego y colocación de goteros en bolsa de sustrato.	15
Figura 9. Actividades de aplicaciones químicas, muestreo de plagas y tutorio en invernadero	16
Figura 10. Cosecha, proceso de frutos y obtención de semillas.	16
Figura 11A. Mapa base del departamento de Baja Verapaz.	21
Figura 12. Forma y tamaño del fruto de pepino (<i>Cucumis sativus</i>)	28
Figura 13. Plantación de pepino (<i>Cucumis sativus</i>) en invernadero.....	30
Figura 14. Plantación de pepino (<i>Cucumis sativus</i>) en campo abierto.....	30
Figura 15. Hojas de pepino con síntomas de <i>P. cubensis</i> en condiciones de invernadero.....	34
Figura 16. A) Esporangióforos de <i>P. cubensis</i> . B) Esporangio de <i>P. cubensis</i>	35
Figura 17. Estructura química Famoxadone.....	36
Figura 18. Estructura química Cymoxanil.....	36
Figura 19. Estructura química Propamocarb.....	37
Figura 20. Estructura química Fluopicolide.	37
Figura 21. Estructura química Mandipropamid.....	37
Figura 22. Estructura química Clorotalonil.	38
Figura 23. Preparación de suelo y elaboración de camas de siembra.	41
Figura 24. Instalación de mangueras de riego por goteo y mulch plástico.	41
Figura 25. Colocación de tildenet en macrotunel.	42
Figura 26. Trasplante de pilones de pepino cada 30 cm.....	42
Figura 27. Colocación de estacas y pita para tutorio.	43
Figura 28. Unidad de registro climatológico en macrotunel.....	43
Figura 29. Escala diagrama utilizada para cuantificación de Severidad.....	48
Figura 30. A) Esporangioforo de <i>P. cubensis</i> . (Azul de lactofenol) B) Esporangioforo y esporangios. (Azul de lactofenol) C) Esporangioforo y esporangios (montaje en agua)	51

FIGURA	PÁGINA
Figura 31. Curva de progreso de la enfermedad del 28 de mayo al 25 de junio del 2014	52
Figura 32. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad.	53
Figura 33. Curvas de progreso de la enfermedad del 9 de julio al 12 de agosto del 2014 estrato superior	55
Figura 34. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Estrato superior.....	56
Figura 35. Curvas de progreso de la enfermedad del 9 de julio al 12 de agosto del 2014 estrato medio.....	57
Figura 36. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Estrato medio.....	58
Figura 37. Curvas de progreso de la enfermedad del 9 de julio al 12 de agosto del 2014 estrato inferior	59
Figura 38. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Estrato inferior.	60
Figura 39A. Ubicación geográfica de la finca a nivel país.....	71
Figura 40A. Ubicación geográfica de la finca a nivel Salamá.	71
Figura 41A. Metodología de muestreo de hojas de pepino con síntomas de <i>P. cubensis</i> .	73
Figura 42A. Equipo utilizado para elaboración de montajes de <i>P. cubensis</i>	73
Figura 43A. Representación de escala de Michereff 2009.....	74
Figura 44.A. Resultados determinación de patógeno en laboratorio.	75
Figura 45. Distribución espacial de la bolsa de sustrato en el invernadero.	85
Figura 46. Plantas de tomate con síntomas de virus.	85
Figura 47. Carretón halado por 4 personas.	90
Figura 48. Carretón halado por el vehículo y 1 operario.	91
Figura 49. Rendimiento de frutos por tratamiento de chile dulce.	94
Figura 50. Rendimiento de frutos por tratamiento de chile picante.	95
Figura 51. Cantidad de semillas producidas de chile dulce por tratamiento.	95
Figura 52. Cantidad de semillas producidas de chile picante por tratamiento.	96
Figura 53. Peso de mil semillas de chile dulce de los diferentes tratamientos.	97
Figura 54. Peso de mil semillas de chile picante de los diferentes tratamientos.....	97

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO	PÁGINA
Cuadro 1. Análisis FODA de la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.....	17
Cuadro 2. Temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo de pepino.....	29
Cuadro 3. Virus más comunes que afectan el cultivo de pepino.	32
Cuadro 4. Distribución espacial de las plantas en unidad experimental.....	44
Cuadro 5. Descripción de tratamientos. Rotación de Ingredientes activos.	45
Cuadro 6. Descripción de los ingredientes activos a utilizar en los tratamientos	46
Cuadro 7. Numero de clases y su respectivo % de superficie foliar infectada.	49
Cuadro 8. Resultados de ANDEVA INFOSTAT.	54
Cuadro 9. Resultados de ANDEVA INFOSTAT. Estrato superior.	57
Cuadro 10. Resultados de ANDEVA INFOSTAT. Estrato medio.	58
Cuadro 11. Resultados de ANDEVA INFOSTAT. Estrato inferior.	61
Cuadro 12. Costo de mano de obra y manejo agronómico total evaluación.	62
Cuadro 13. Costos de Tratamiento I	62
Cuadro 14. Costos de Tratamiento II	63
Cuadro 15. Costos de Tratamiento III	63
Cuadro 16. Comparación efectividad de tratamiento y costo.	63
Cuadro 17A. Condiciones ambientales externas al macrotunel.	72
Cuadro 18A. Condiciones ambientales internas del macrotunel.	72
Cuadro 19. Resultados obtenidos de la recolección de datos y observación de metodología tradicional de transporte de cosechas.	90
Cuadro 20. Resultados obtenidos de la recolección de datos y observación de metodología nueva de transporte de cosechas.....	90
Cuadro 21. Descripción de tratamientos evaluados.	94

CONFIRMACIÓN DE AGENTE CAUSAL Y EVALUACIÓN DE CUATRO PROGRAMAS DE CONTROL DE ENFERMEDAD FOLIAR EN PEPINO (*Cucumis sativus L*) Y SERVICIOS PRODUCTIVOS EN LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE SALAMÁ, MONSANTO DE GUATEMALA S.A. SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El presente trabajo fue realizado en la Estación de Investigación de Monsanto de Guatemala S.A. ubicada en el municipio de Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, C.A., como parte del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía. Este documento integra los resultados del diagnóstico, investigación y servicios productivos realizados en esta empresa.

La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A es una empresa que se dedica a la evaluación, producción y exportación de semillas mejoradas de cultivos de solanáceas y cucurbitáceas. Las principales actividades de la estación son: la siembra de las semillas de los distintos cultivos, el manejo agronómico durante la etapa de desarrollo vegetativo, floración y fructificación, la caracterización, diagnóstico y la cosecha de los frutos, el procesamiento de los mismos para la obtención de las semillas, el empaque e identificación y envío de éstas.

Las fortalezas de esta empresa son: nivel tecnológico alto, disponibilidad de mano obra disponibilidad y uso eficiente del agua de riego, personal capacitado y la búsqueda de mejora continua. Entre sus debilidades están: Constantes ciclos repetitivos, control de plagas y enfermedades, dependencia de una sola fuente de agua para riego. Las oportunidades identificadas: Mejora de los procesos de cosecha, mejora de obtención de semillas, control eficiente de plagas y enfermedades, experimentación con nuevos sustratos. Las posibles amenazas identificadas fueron: Alta incidencia de plagas y enfermedades, poco tiempo para obtención de semillas y toxicidad del sustrato utilizado.

La investigación realizada se enfocó en la obtención y validación de un programa fitosanitario para el control de *Pseudoperonospora cubensis*, debido a la alta incidencia de este patógeno en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*), ya que se cree que esta cepa ha

desarrollado resistencia a los ingredientes activos de los fungicidas utilizados en los últimos años.

Se evaluaron cuatro tratamientos químicos y un testigo con cero aplicaciones. Cada tratamiento constó de cinco repeticiones. Los resultados indicaron que el tratamiento I y tratamiento II presentaron el mayor control de este patógeno, en los cuales se mantuvo la severidad de daño final abajo del 50%. El tratamiento II fue el más eficiente con los recursos resultando 15.61% más barato que el tratamiento I. Estos dos tratamientos no presentaron diferencia significativa entre ellos, pero si con los demás tratamientos evaluados.

La fase de los servicios constaron prácticamente en tres actividades de mayor escala: a) *Establecimiento del sti whitefly project*¹. b) *Mediciones y optimización de proceso de traslado de cosechas*. c) *Apoyo en la evaluación de sustratos en el cultivo de chile (Capsicum annum)*. En este documento se describen las metas y resultados que se esperaban, además la metodología de cómo fueron realizados y los resultados obtenidos en cada servicio productivo realizado.

¹ STI WHITEFLY PROJECT: STI son las siglas en ingles por INVESTIGACIÓN ESPECIAL EN TOMATE, PROYECTO DE MOSCA BLANCA.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO

**ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE MONSANTO EN SALAMÁ, BAJA
VERAPAZ, GUATEMALA. C.A.**

1.1 PRESENTACIÓN

Como parte de la segunda subfase del Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía se realizó un diagnóstico con el fin de obtener información y un amplio contexto de la realidad en que se encuentra la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. De esta manera se identificaron y jerarquizaron los problemas que tiene la empresa y sobre los cuales se basaron los servicios a proporcionar y proyectos a realizar durante el tiempo de la práctica.

La solución de cualquier tipo de problema necesita de un diagnóstico o un análisis para entender la realidad y magnitud de este para, con argumentos, encontrar una solución. Para esto es necesario determinar, planificar y manejar todos los componentes de la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A y así enlistar la problemática y en conjunto con los empleados encontrarle una solución práctica. Es necesario hacer un correcto diagnóstico para poder realizar proyectos que resuelvan los problemas determinados de manera integrada, eficaz, ordenada, eficiente, técnicamente aceptable, económicamente viable, ambientalmente sostenible pero sobre todo socialmente deseable.

La empresa se ubica en las coordenadas N15°06'12" O90°16'60", en el municipio de Salamá, Baja Verapaz. La estación cuenta con una extensión territorial de 385, 200 m². Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. La principal función de la empresa es la exportación de semillas de investigación de dos tipos de cultivos: cucurbitáceas (melón, sandía, pepino, ayote) y solanáceas (tomate, chile y berenjena) producidas en 44, 307 m² de invernaderos y campo abierto.

En base al diagnóstico realizado se conoció la estructura organizacional, política, social y productora, según el número y tipos de componentes que integra la empresa y como estos interaccionan. A continuación se presentan los resultados obtenidos del diagnóstico y el listado de los problemas identificados, propuestas para servicios a realizar durante el EPSA.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Municipio de Salamá, Baja Verapaz

A. Ubicación geográfica

Salamá se ubica a 150 km de la Ciudad Capital de Guatemala por la ruta CA-14 a una altura de 940 msnm. El municipio de Salamá posee una extensión territorial de 776 km² con una población de 47 240 habitantes. **(Figura 11A)** Se encuentra ubicado en la parte central del departamento de Baja Verapaz colindando:

Al Norte con Purulhá y La Tinta.

Al Sur con Morazán, Sanarate, El Chol y Chuarancho.

Al Este con San Jerónimo, San Cristóbal Acasaguastlan.

Al Oeste con San Miguel Chicaj y Santa Cruz El Chol. (Barrientos, 2007)

B. Clima

El INSIVUMEH (2007) clasifica el área geográfica en donde se encuentra la finca como Zona de Meseta y Altiplano, en su clasificación Zonas Climáticas de Guatemala. El área montañosa de Salamá presenta alturas de hasta 1400 msnm pero la finca se ubica a 940 msnm. Las lluvias no son intensas a lo largo del año, la humedad relativa promedio anual es del 70% con una precipitación anual promedio de 750 mm. En esta región encontramos climas que varían de Templados y Semifríos a Semicálidos con invierno benigno de carácter húmedo y semisecos con invierno seco.

1.2.2 La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A

La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A es una empresa que se dedica a la exportación de semillas de cultivos de solanáceas y cucurbitáceas. Las principales actividades de la estación son la siembra de las semillas de los distintos cultivos, el manejo agronómico durante la etapa de desarrollo vegetativo, floración y fructificación, la cosecha de los frutos, el procesamiento de los frutos para la obtención de las semillas, el empaque e identificación y envío de estas.



Figura 1. Perímetro de la Estación de Investigación de Salamá, Monsanto de Guatemala S.A.

La estación se ubica en las coordenadas N15°06'12" O90°16'60" en el municipio de Salamá, cabecera departamental Baja Verapaz. La dirección del inmueble es la 6ª ave 6-26 zona 2, Barrio Agua Caliente, Salamá. Con un área productiva de 44,500m² y una extensión total de 385,200 m² colindando al este con el camino hacia el Rio Salamá, al Noreste con viviendas informales, al Norte propiedades privadas y al Sur el Rio Salamá. (Barrientos 2007). La figura 2 presenta la ubicación de la empresa a nivel país.

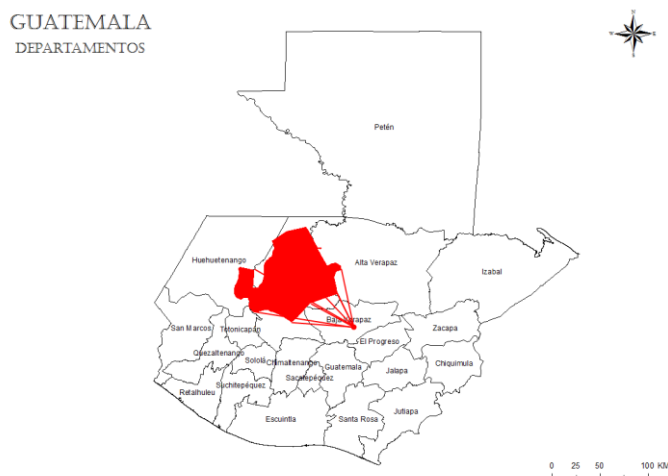


Figura 2. Ubicación de la Estación de Investigación de Salamá a nivel país.

A. Forma organizacional y estructura de la empresa.

Se acudió a fuentes primarias de información para poder conocer forma organizacional y estructura de la empresa. Esto para poder identificar los líderes de la institución para conocer la forma de operar de una empresa es necesario conocer quiénes son los encargados de dictar y ejecutar instrucciones. La figura 3 y 4 muestran los organigramas de Monsanto de Guatemala y de la Estación de Investigación de Salamá respectivamente.

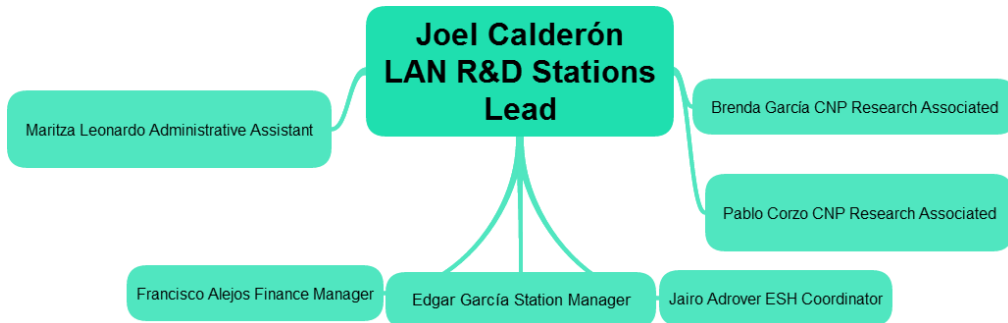


Figura 3. Monsanto de Guatemala, S.A. MAIN CHAR



Figura 4. Monsanto de Guatemala, S.A. Salamá R&D Station

B. Actividad productiva y los procesos de la empresa

Esta información se recopiló con la intención de identificar algún problema de identidad agrícola o social debido a que al tratar de buscar soluciones para este se esperaba que las experiencias obtenidas ayuden también al crecimiento profesional y humano del estudiante del ejercicio profesional. La información se obtuvo de los empleados de la estación, tanto de gerentes, empleados así como contratistas externos.

Se observó y analizó todos los distintos procesos de la empresa en su actividad productiva para poder identificar problemas que no hayan sido detectados por los mismos empleados y así recomendar posibles soluciones a las problemáticas identificadas.

El diagnóstico se basó en la observación y en la verificación de los procesos productivos de la estación así como en los procedimientos de seguridad de la misma con el fin de identificar problemas o posibles mejoras a incorporar en las prácticas internas de la empresa.

C. Población Laboral

Actualmente la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto cuenta con 80 empleados fijos contratados por Monsanto de Guatemala S.A. además de 121 empleados contratados por Grupo Cosein, una empresa de outsourcing o sub contratista.

D. Servicios básicos

a. Abastecimiento de agua

Pozo Propio: En el interior de la propiedad se cuenta con un pozo propio que abastece las operaciones de los distintos proyectos. El pozo tiene un caudal aproximado de 613. 17 L/min, siendo utilizados en promedio 20, 000 L de agua diariamente.

Servicio de agua municipal: Destinada para el servicio sanitario de los empleados en la estación.

Agua de Charca: En el interior de la propiedad se encuentra una charca formada por aguas subterráneas, la cual se utiliza con fines de riego en las plantaciones.

b. Energía Eléctrica

Dentro de las instalaciones el cableado eléctrico se encuentra subterráneo debido a procedimientos de seguridad. La planta cuenta con energía proporcionada por la empresa DEORSA además de contar con una planta que funciona a base de diesel.

E. Vías de acceso

A la estación se accede a través de la 6ta ave de la zona 2, en el Barrio Agua Caliente de Salamá. Un camino de terracería de 300 m a partir de donde empieza el camino de adoquín que conduce al centro de Salamá.

F. Infraestructura

Actualmente la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. cuenta, adentro de sus instalaciones con:

- a) 37 invernaderos.
- b) 3 áreas de oficinas.
- c) 2 áreas de parqueo.
- d) 2 áreas de lavado tratamiento de semillas.
- e) 1 taller de mecánica.
- f) 1 área de preparación de sustrato.
- g) 1 casa patronal.
- h) 1 comedor.
- i) 1 cancha de futbol.

G. Actividades de proyección a la sociedad

La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. además de sus procesos productivos realiza actividades extracurriculares con proyección a la comunidad. Actividades con sentido social y de capacitación a la población tales como:

Plan de contingencia de fin de año. Charlas sobre las medidas a tomar en las fiestas de fin de año y los peligros que conllevan las celebraciones con juegos pirotécnicos.

Plan de contingencia de Semana Santa. Capacitación a los empleados y familias sobre los posibles accidentes que ocurren en estas fiestas cuando las familias salen de viaje a vacacionar.

Mochilatron. Recaudación de mochilas y útiles escolares para donación a escuelas de las comunidades cercanas.

Motobicitron. Capacitación sobre seguridad vial y conducción de motocicletas y bicicletas. Donación de cascos de seguridad.

Monsanto en Rosa. Apoyo en la lucha contra el cáncer de mama.

Plan de Emergencias. Capacitación en escuelas sobre primeros auxilios.

Casco y Bota ornamental. Reutilización de equipos de protección como lo son los cascos y las botas pero con fines ornamentales (macetas).

Bomberito por un día. Capacitación, en conjunto con el Cuerpo de Bomberos Voluntarios, a empleados y familias sobre primeros auxilios y respuesta a incendios.

1.3 OBJETIVOS

A. General

Conocer e Identificar los procesos de producción y las oportunidades de mejora que existen en La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. para proponer soluciones a estas limitantes.

B. Específicos

- a) Identificar y priorizar las principales limitantes de los procesos de producción de semilla de solanáceas y cucurbitáceas en La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.
- b) Conocer las fortalezas y debilidades de los procesos de producción así como las oportunidades y amenazas que se presentan en la labor de la empresa.
- c) Proponer soluciones y brindar apoyo en la mejora continua de los procesos de producción de semillas.

1.4 METODOLOGÍA

Se procedió a consultar fuentes de información secundaria sobre el municipio de Salamá así como de La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. Esto para desarrollar un panorama de a qué se dedica la empresa y conocer más sobre sus procesos internos. Esto por medio de revisión de literatura en la municipalidad de Salamá y documentos en línea como tesis y estudios de la zona de trabajo.

Una vez en el lugar se llevó a cabo la recopilación de información de fuentes primarias por medio de entrevistas a vecinos del municipio y al personal de la empresa. El propósito fue conocer de primera mano el ambiente laboral de la misma, así como empezar a familiarizarse con los procesos y normas de producción de semillas en la estación. La información requerida fue estrictamente sobre la producción agrícola, debido a que este trabajo estaba enfocado en encontrar oportunidades de mejora de la misma.

Luego se elaboró un FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) que sirvió como herramienta para resumir la información obtenida y encontrar una posible solución a cada problemática.

1.5 RESULTADOS

La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. se dedica a la investigación en la producción de semilla mejorada genéticamente de híbridos vegetales por medio de técnicas de fitomejoramiento tradicionales. Esta estación de Monsanto de Guatemala S.A. no produce semillas comerciales destinadas a la venta, sino a la experimentación de cruces genéticos en la búsqueda de características deseadas en las distintas variedades de plantas solanáceas y cucurbitáceas.

Entre los cultivos que se producen bajo condiciones de invernadero principalmente y a campo abierto encontramos: (Ver figura 5)



- A. Chiles pimiento y picante (*Capsicum annum*)
- B. Berenjena (*Solanum melongena*)
- C. Tomate (*Lycopersicon esculentum*)
- D. Pepino y pepinillo (*Cucumis sativus*)
- E. Sandía (*Citrullus lanatus*)
- F. Melón (*Cucumis melo*)
- G. Cebolla (*Allium cepa*)
- H. Ayote (*Cucurbita argyrosperma*)

Figura 5. Cultivos que se producen en la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.

Los procesos de producción de las semillas en la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. son similares en general, estos están divididos en tres etapas correspondientes al cultivo. Siendo estos:

- Preparación
- Pre-Polinización (Siembra)
- Post-Polinización (Cosecha)

La figura 6 presenta el diagrama de flujo de los procesos de producción de la empresa.

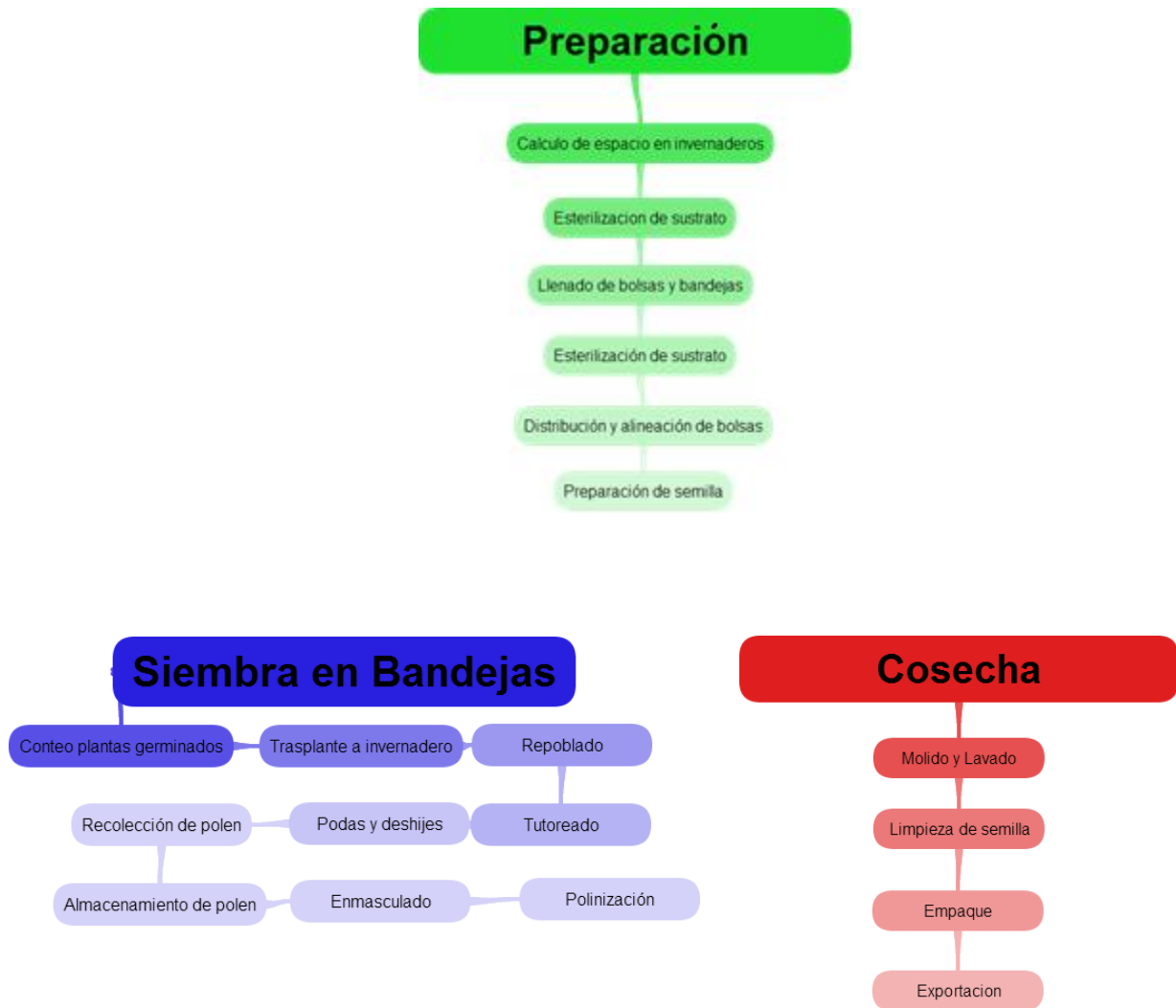


Figura 6. Procesos de producción de la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.

1.5.1 Siembra

Esta actividad consta en sembrar entre una o dos semillas según el cultivo a trabajar por celda en una bandeja de semillero utilizando peat moss² como sustrato. Este proceso es uno de los de mayor importancia, debido a que es determinante para obtener la cantidad necesaria de plantas requeridas para la producción de semilla. El mismo se realiza con las más exigentes normas de inocuidad, utilizando el equipo de protección y desinfección que solicita el procedimiento interno.

² Suelo natural, orgánico, acondicionador que regula la humedad y el aire alrededor de las raíces de la planta para condiciones ideales de crecimiento.



Figura 7. Desinfección de bandeja y siembra de semillas en sustrato.

1.5.2 Control de germinación y conteo

Es necesario llevar un conteo de semillas que germinaron para saber el total de plantas a trasplantar al invernadero o macrotunel en campo abierto, esto si fuera necesario la repoblación de plantas.

1.5.3 Preparación de invernadero y macrotunel

En caso de que el cultivo se establezca en campo abierto se procede a realizar el arado del área, Se construyeron seis camas por macrotunel para obtener beneficios tales como:

- a) Aumentar la capacidad de retención de agua.
- b) Facilitar la absorción de los elementos nutritivos por la raíz.
- c) Facilitar el desarrollo radical, tanto en profundidad como lateralmente.
- d) Aumentar la infiltración del agua de lluvia en el suelo.
- e) Disminuir la escorrentía superficial y la velocidad de la lámina vertiente del agua, con lo que se frena la erosión del suelo

Se instalan mangueras de riego por goteo para realizar un riego eficiente y localizado, una manguera por cama. Luego de instalar la manguera se cubre con mulch³ plástico gris/negro para el control de malezas, crear un microclima en la raíz de las plantas y así reducir incidencia de fitopatógenos del suelo.

Debido a la alta incidencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y otros insectos defoliadores en el valle de Salamá, se lleva a cabo la preparación de macrotuneles de metal cubiertos

³ Acolchado o mulching, es el término utilizado en jardinería y agricultura para referirse a la cubierta protectora que se extiende sobre el suelo, principalmente para modificar los efectos del clima local.

por tildenet⁴. La finalidad de este es proteger el cultivo durante de las condiciones climáticas e insectos plaga.

En caso de trasplantarse en invernadero, el primer paso es el llenado de bolsa de 20 litros con turba de pantano, este servirá como sustrato donde se establecerá la planta. Seguido por la distribución espacial de la cantidad de plantas que se necesite en el invernadero.

Se instala el sistema de fertirriego por goteo, el cual consta de dos estacas o goteros por bolsa de sustrato que tendrá una planta. El mismo es operado por medio de una máquina de fertirriego que mezcla los fertilizantes y envía el riego hacia los invernaderos, según haya sido diseñado el programa de riego en cantidad y tiempo.



Figura 8. Operación de máquina de fertirriego y colocación de goteros en bolsa de sustrato.

1.5.4 Trasplante

El trasplante se lleva a cabo en tempranas horas del día, cuando las temperaturas no son altas procurando que los pilones no sufran estrés hídrico o se dañen sus raíces.

1.5.5 Manejo cultural y agrícola

Ya establecidos los pilones en el área de cultivo, se empieza con los programas fitosanitarios de la estación. Estos constan de aplicaciones de productos químicos como fungicidas, insecticidas, herbicidas y otros de control biológico. Además se realizan enmiendas y prácticas culturales como podas y tutoreo según demande el cultivo.

⁴ Malla antiáfidos y mosca blanca, se utiliza en ventanas de aireación de invernaderos y en explotaciones en campo abierto como protección.



Figura 9. Actividades de aplicaciones químicas, muestreo de plagas y tutoreo en invernadero

1.5.6 Cosecha

Las cosechas en la estación se llevan a cabo utilizando cajas de máximo 50 libras, según las normas de seguridad industrial, y se trasladan en carretones con capacidad de 12 de cajas, halados y empujados por el personal de la estación. Los frutos cosechados son trasladados a un área donde se procesan para obtener la semilla, luego tratarla con químicos para eliminar cualquier plaga o enfermedad y poder empacarse para su envío.



Figura 10. Cosecha, proceso de frutos y obtención de semillas.

1.5.7 Análisis FODA

Cuadro 1. Análisis FODA de la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A.

La empresa realiza sus procesos productivos con los más altos estándares de calidad y con un alto nivel tecnológico, como lo son las automatizaciones de tareas de manejo agronómico como: fertirriego, aplicaciones de plaguicidas, condiciones ambientales controladas utilizando invernaderos, extracción de semilla, almacenamiento, etc. Pero como cualquier proceso, muchos de estos presentan ciertas debilidades o amenazas. El cuadro 1 resume las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que se identificaron en el diagnóstico.

Fortalezas	Oportunidades
Nivel Tecnológico Alto Disponibilidad de mano obra Disponibilidad y uso eficiente del agua de riego Personal capacitado Búsqueda de mejora continua	Mejorar proceso de cosecha Mejorar proceso de obtención de semillas Control eficiente de plagas y enfermedades Experimentación con nuevos sustratos
Debilidades	Amenazas
Ciclos repetitivos Necesario continuo control de plagas y enfermedades Dependencia de una sola fuente de agua para riego	Alta incidencia de plagas y enfermedades Poco tiempo para obtención de semillas Toxicidad del sustrato utilizado

Los servicios que se realizaron en esta fase del EPSA se llevaron a cabo debido a la identificación de la necesidad de mejorar y optimizar los procesos de cosecha y traslado de la misma. Se necesitaba el cambio del sustrato utilizado para la producción en condiciones de invernadero por lo que se planteó una metodología para el apoyo en la evaluación de un nuevo sustrato y el apoyo en la supervisión del establecimiento del STI WHITE FLY PROJECT.

1.6 CONCLUSIONES

1. La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. se dedica a la producción de tomate, chile, berenjena, cebolla, pepino, sandía, melón y ayote con la finalidad de obtener semillas de investigación por medio de cruces genéticos tradicionales.
2. Se necesita realizar supervisiones constantes de todos los procesos de producción, desde preparación de invernaderos hasta la cosecha de los frutos a final del ciclo. Esto debido a que por falta de tiempo, y priorización de otras tareas, estas actividades constantemente sufren de atrasos por falta de supervisión y asesoría.
3. Es necesario realizar un cambio del sustrato utilizado debido a la toxicidad que presenta debido a su alto contenido de micronutrientes. Se necesita eficientizar el proceso de traslado de cosecha debido a que es el “cuello de botella” de todo el proceso de la obtención de semilla. La única fuente de agua destinada para riego es muy susceptible a cambios en sus propiedades físicas y a la contaminación por lo que se necesita tener otra en caso de emergencia.
4. Las fortalezas de la empresa son: nivel tecnológico alto, disponibilidad de mano de obra, disponibilidad y uso eficiente del agua de riego, personal capacitado y la búsqueda de mejora continua. Sus debilidades son: los ciclos repetitivos de los cultivos, el control de plagas y enfermedades y la dependencia de una sola fuente de agua para riego. Oportunidades en la empresa: Mejorar los procesos de cosecha y obtención de semilla, controlar eficientemente las plagas y enfermedades, experimentar para establecer un nuevo sustrato. Sus amenazas son: la alta incidencia de plagas y enfermedades, el poco tiempo que posee para la obtención de semilla y la nueva toxicidad que está generando el sustrato utilizado.

1.7 RECOMENDACIONES

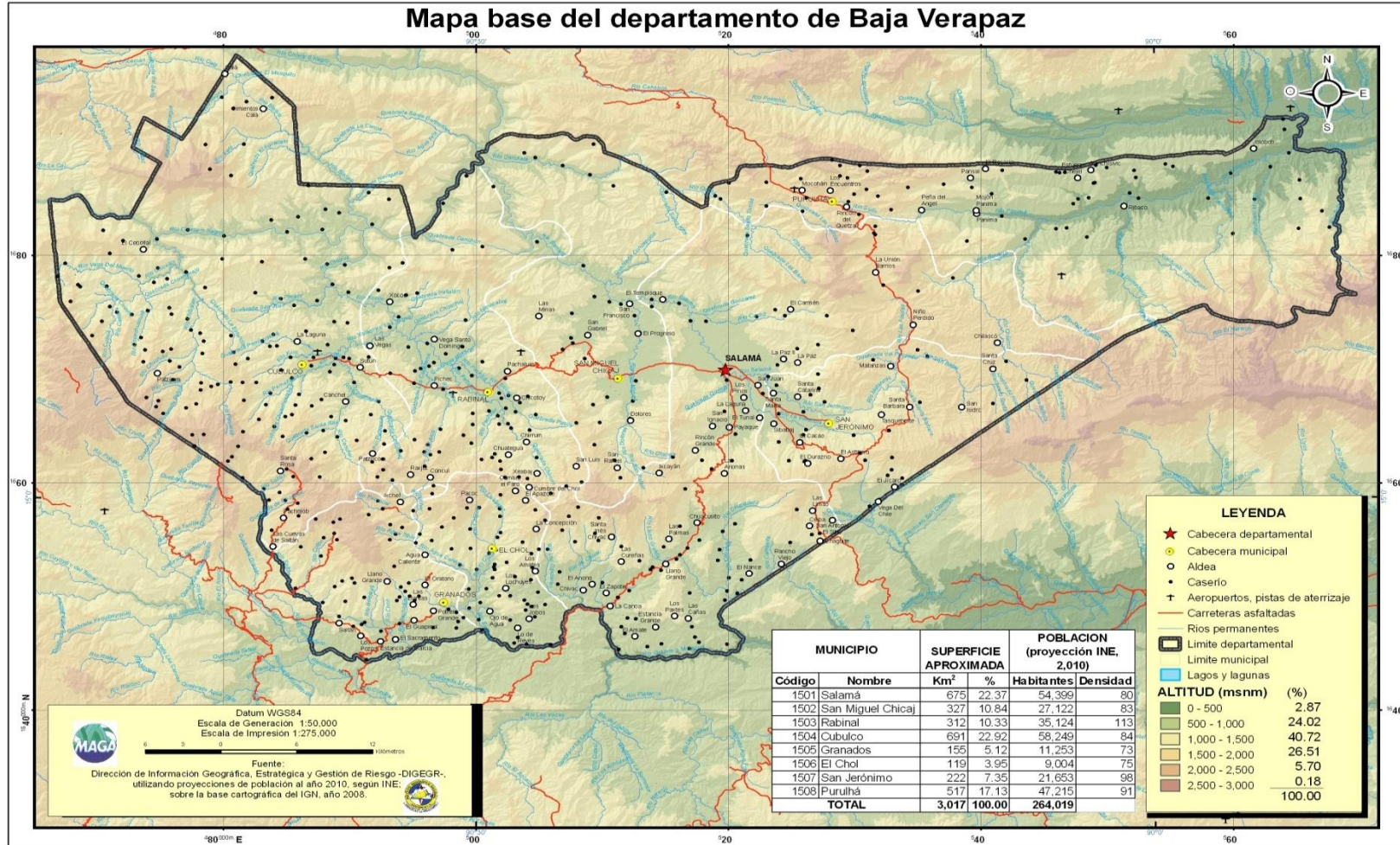
1. Se recomienda la evaluación de nuevos sustratos hidropónicos para su utilización en invernaderos, tales como piedra pómez, fibras de coco y sus diferentes mezclas y presentaciones.
2. Es necesario la evaluación de una metodología diferente para el traslado de cosechas que resulte eficiente con los recursos tiempo y mano de obra.
3. Realizar más capacitaciones sobre la importancia de la prevención y control de plagas y enfermedades hacia el personal encargado de esta tarea.
4. Utilizar herramientas como la recopilación de agua de lluvia en contenedores para luego destinarse la misma al riego de los cultivos en la empresa y así no depender de una sola fuente de agua para esta tarea.
5. Realizar evaluaciones de nuevos programas de control fitosanitario para las diferentes plagas y enfermedades que se presentan en los cultivos de la estación.

1.8 BIBLIOGRAFÍA.

1. Alvizures, A. (2004). Estudio de evaluación de impacto ambiental para la construcción de invernaderos y producción de semillas de hortalizas de tomate (*Lycopersicum sculentum*), chile pimiento (*Capsicum sp.*), pepino (*Cucumis sativus*), melón (*Cucumis melo*) y berenjena (*Solanum melongena*) de la empresa De Ruiter San Pedro, S.A. Guatemala. 48 p.
2. Anaya, J. (2007). Innovación y mejora de procesos logísticos. Madrid, España. ESIC. 225 p.
3. Barrientos, C. (2007). Diagnóstico ambiental de la empresa Horticultura de Salamá. S.A. Baja Verapaz, Guatemala : ECONSULT. 98 p.
4. Guerra, G. 2002. El agronegocio y la empresa agropecuaria frente al siglo XXI. San José, Costa Rica. IICA. 497 p.
5. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA (INSIVUMEH). 2013. Registros históricos mensuales. Estación San Jerónimo, Baja Verapaz. Guatemala. Consultado en línea el 28 de febrero del 2013. Disponible en: <http://www.insivumeh.gob.gt/estacionesmet.html>
6. MAGA. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2006). Diagnóstico Agro-Socioeconómico de Baja Verapaz. Coordinación Departamental Baja Verapaz. 137 p.
7. MAPCAL. (1995). El diagnóstico de la empresa. Madrid, España. Díaz de Santos S.A. 235 p.
8. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. (1956). Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1,000 p.

1.9 APÈNDICES

Figura 11A. Mapa base del departamento de Baja Verapaz.



Fuente: MAGA-DIGEGR, 2014



CAPÍTULO II

Confirmación de agente causal y evaluación de cuatro programas de control de enfermedad foliar en pepino (*Cucumis sativus L*). En la Estación de Investigación de Monsanto en Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, C.A.

Causal agent confirmation and evaluation of four control programs for foliar disease in cucumber (*Cucumis sativus L*) . In Salama Research Station, Guatemala Monsanto SA Salama, Baja Verapaz , Guatemala , C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

La Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. es una empresa que se dedica a la producción de semillas de diferentes especies de solanáceas y cucurbitáceas. Entre los cultivos de mayor importancia se encuentra el pepino (*Cucumis sativus*) el cual se ha visto afectado por una enfermedad foliar la cual ha reducido considerablemente la producción en los últimos ciclos. La estación produce tres ciclos de pepino al año, siendo los últimos dos ciclos los más afectados debido a las condiciones climáticas de la temporada (temperatura mayor a 20 °C y humedad relativa mayor a 70%) y el incremento de inóculo por la sucesión de ciclos de cultivo.

El programa fitosanitario propuesto por la empresa no ha sido efectivo para el control de esta enfermedad. Se cree que el patógeno ha desarrollado resistencia a los productos utilizados, por lo cual se requiere la evaluación de eficacia de nuevos productos para el control de este patógeno. El uso continuo de fungicidas hace que el productor aumente sus costos de producción, la presión de selección para el desarrollo de resistencia a los plaguicidas, además de cosechar productos que pueden ser dañinos para la salud debido a las grandes cantidades de residuos de productos fitosanitarios.

Esto hace necesario, primero la identificación precisa del agente causal y seguidamente realizar la evaluación de nuevos programas de control químico de esta enfermedad en conjunto con el manejo agronómico establecido en la finca.

La enfermedad consiste en manchas foliares de forma rectangular de color amarillo húmedo que llegan a necrosarse en estados más avanzados. La enfermedad afecta desde estados tempranos de la planta hasta el final del ciclo de producción. La finca maneja su producción de pepino bajo condiciones de invernaderos de mediana tecnología, esto propicia el desarrollo de la enfermedad debido a las variaciones de temperaturas y humedad relativa en su interior. De acuerdo al diagnóstico realizado en el laboratorio de fitopatología de la estación se determinó que el agente causal de la enfermedad es *Pseudoperonospora cubensis*.

Actualmente el mercado de exportación del pepino de Guatemala es pequeño, Por esta razón, Honduras elevó sus exportaciones de pepino a EE.UU. y el precio de la caja de 55 libras pasó de costar \$6 a principios del 2010 a \$32 en febrero del 2011. La temporada para exportar a Estados Unidos comienza en octubre y concluye en abril. (ANAPI, 2011)

El empleo directo que ha generado el cultivo del pepino en el país en jornales/año es de 439,750 y 1571 empleos permanentes. Los precios en promedio, son alrededor de Q50 la caja en el CENTRAL DE MAYOREO y Q60 en el mercado La Terminal (precios son de venta al mayoreo no de compra al productor) (FASAGUA, 2013).

Este documento presenta los resultados obtenidos de la evaluación de cinco tratamientos (programas) para el control de la enfermedad causada por *P. cubensis* en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Los cuales se basaron en la rotación de ingredientes activos (i.a.) de diferente mecanismo de acción sin resistencia cruzada entre ellos con el fin de evitar o disminuir el proceso de desarrollo de resistencia del patógeno hacia los ingredientes activos utilizados. Para medir la eficacia de los tratamientos, se llevó a cabo la cuantificación de la severidad de la enfermedad durante todo el ciclo del cultivo y en base a eso se determinó el Área Bajo La Curva Del Progreso de La Enfermedad (ABCPE)

Los tratamientos I y II presentaron severidades finales del 35% y 50% respectivamente. Estos dos tratamientos presentaron diferencia significativa respecto a los otros tres tratamientos pero estadísticamente no presentan diferencia entre ellos, por lo que se realizó un análisis de costos para comparar la eficiencia de cada uno. El Tratamiento I tuvo un costo de Q22867.59 mientras que el Tratamiento II Q22425.03 lo que se traduce en 1.94% menor al costo del Tratamiento I, razón por la cual se recomienda la aplicación del Tratamiento II para el control de *P. cubensis* en la producción de pepino a campo abierto.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 El cultivo del pepino (*Cucumis sativus*)

A. Taxonomía

Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitaceae
Género: Cucumis
Especie: *C. sativus*
Nombre: Cucumis
sativus L 1753

Fuente: ITIS, 2013

El cultivo de pepino es de gran importancia económica debido a que tiene una gran demanda en el mercado local e internacional ya sea fresco como procesado. Las zonas de mayor producción en Guatemala se ubica en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, Escuintla, Petén y Zacapa (MAGA, 2003).

B. Anatomía y Morfología

Hortaliza herbácea anual, de la familia de las Cucurbitáceas, de crecimiento rastrero o trepador, sus tallos son blandos, flexibles, largos, huecos y algo espinosos. Su crecimiento es indeterminado con formación de nudos y entrenudos. De cada nudo parten una hoja y un zarcillo, que van insertos en lados opuestos. De cada nudo salen también ramas laterales (Huang, 2009).

Las hojas son grandes, acorazonadas, alternas, ásperas y poseen un largo pecíolo. Su color es verde oscuro en el haz y grisáceo en el envés y están recubiertas de un vello muy fino. La planta es monoica con flores unisexuales en la misma planta. Van insertadas en las axilas de las hojas, del tallo principal o de las ramificaciones secundarias. Son de color amarillo intenso. Las variedades de esta especie tienen la capacidad de desarrollar sus frutos por partenogénesis (sin necesidad de fecundación), se propaga generalmente por semillas (Nee, 1993).

C. Descripción

El fruto es carnoso, largo y cilíndrico, su tamaño depende de la variedad. El epicarpio es duro de color verde oscuro o amarillo. La pulpa es de color blanquecino, bastante acuosa y de sabor refrescante. Las semillas son ovaladas, aplanadas de color blanco amarillento y de tamaño mediano (Nee, 1993). La figura 12 muestra un fruto de pepino promedio de la variedad utilizada para la evaluación.



Figura 12. Forma y tamaño del fruto de pepino (*Cucumis sativus*)

D. Usos

- a) Fruto fresco: se consume crudo o cocinado en ensaladas y en escabeche.
- b) Fruto procesado: se puede deshidratar, se conserva en vinagre o aceite y en encurtidos fermentados (FAO, 2006).

E. Mercados

Países exportadores:

Países Bajos, México, España, Jordania, Estados Unidos, Malasia, Bélgica, Luxemburgo, Grecia, Canadá, Alemania (Maradiaga, 2008).

Países importadores:

Alemania, Estados Unidos, Reino Unido, República Checa, Francia, Países Bajos, Canadá, Singapur, Suecia, Austria (Maradiaga, 2008).

F. Requerimientos edafoclimáticos

- a) Temperatura: Las temperaturas que durante el día oscilen entre 20 °C y 30 °C apenas tienen incidencia sobre la producción, aunque a mayor temperatura durante el día, hasta 25 °C, mayor es la producción precoz. Por encima de los 30 °C se observan desequilibrios en las plantas que afectan directamente a los procesos de fotosíntesis y respiración y temperaturas nocturnas iguales o inferiores a 17 °C ocasionan malformaciones en hojas y frutos (Nee, 1993). El cuadro 2 presenta las condiciones de temperatura óptimas para el desarrollo fenológico del pepino.

Cuadro 2. Temperaturas óptimas para el desarrollo del cultivo de pepino.

ETAPA DE DESARROLLO	TEMPERATURA (°C) DIURNA	NOCTURNA
Germinación	27	27
Formación de planta	21	19
Desarrollo del fruto	19	16

- b) Humedad: es una planta con elevados requerimientos de humedad, debido a su gran superficie foliar, siendo la humedad relativa óptima durante el día del 60-70% y durante la noche del 70-90%.
- c) Luminosidad: el pepino es una planta que crece, florece y fructifica con normalidad incluso en días cortos y a mayor cantidad de radiación solar, mayor es la producción.
- d) Suelo: el pepino puede cultivarse en cualquier tipo de suelo de estructura suelta, bien drenado y con suficiente materia orgánica. El pH óptimo oscila entre 5,5 y 7 (Morales, 1986).

Las figuras 13 y 14 muestran las diferentes maneras de producir pepino en la empresa, según condiciones ambientales controladas.



Figura 13. Plantación de pepino (*Cucumis sativus*) en invernadero.



Figura 14. Plantación de pepino (*Cucumis sativus*) en campo abierto.

2.2.2 Agentes fitopatógenos

Este cultivo es atacado por enfermedades fúngicas y bacterianas las cuales aparecen cuando las condiciones ambientales son propicias para su desarrollo y generalmente cuando existen cambios de estado vegetativo a floración en el cultivo (USAID, 2007). Las más comunes son:

- a) Mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)
- b) Cenicilla (*Oidium spp.*)
- c) Fusariosis (*Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani*)
- d) *Pythium spp.*
- e) *Phytophthora spp.*

- f) *Rhizoctonia solani*.
- g) *Cercospora citrullina*.
- h) *Colletotrichum orbiculare*.
- i) Xantomonas.

A. Enfermedades Foliares Similares.
Oidiopsis (*Leveillula taurica*)

Síntomas

- a) Manchas amarillas en el haz que se necrosan por el centro.
- b) La hoja se seca y se desprende.
- c) Las solanáceas silvestres actúan como fuente de inóculo.
- d) Se desarrolla a 10-35°C con un óptimo de 26°C y una humedad relativa del 70%.
(Palti, 1980)

Cenicilla u oídium de las cucurbitáceas (*Sphaerotheca fuliginea*)

Síntomas

- a) Las manchas pulverulentas de color blanco en la superficie de las hojas (haz y envés)
- b) Las hojas y tallos color amarillento y se secan.
- c) El viento es el encargado de transportar las esporas y dispersar la enfermedad.
- d) Las temperaturas se sitúan en un margen de 10-35°C, con el óptimo alrededor de 26°C.
- e) La humedad relativa óptima es del 70%. (Palti, 1980)

Podredumbre gris (*Botryotinia fuckeliana*)

Síntomas

- a) Damping-off.
- b) En hojas y flores se producen lesiones pardas.
- c) En frutos se produce una podredumbre blanda (más o menos acuosa, según el tejido).

- d) Dispersados por el viento, salpicaduras de lluvia, gotas de condensación en plástico y agua de riego.
- e) La humedad relativa óptima oscila alrededor del 95% y la temperatura entre 17-23 °C. (Palti, 1980)

El cuadro 3 presenta los virus más comunes que afectan el cultivo de pepino que presentan síntomas similares a la enfermedad foliar.

Cuadro 3. Virus más comunes que afectan el cultivo de pepino.

Nombre del Virus	Síntomas
MNSV (Melon Necrotic Spot Virus) (Virus del Cribado del Melón)	Pequeñas lesiones necróticas en el follaje.
ZYMV (Zucchini Yellow Mosaic Virus) (Virus de Mosaico Amarillo del Calabacín)	Manchas verde oscuro a lo largo de los nervios. Mosaicos.
CMV (Cucumber Mosaic Virus) (Virus del Mosaico del Pepino)	Mosaico.
WMV-2 (Watermelon Mosaic Virus-2) (Virus de Mosaico de la Sandía)	Mosaicos muy suaves y deformaciones en el limbo.

Fuente: USAID, 2007

B. Fisiopatías

- a) Quemados de la zona apical del pepino: se produce por golpe de sol o por excesiva transpiración.
- b) Rayado de los frutos: rajaduras longitudinales de poca profundidad que cicatrizan pronto que se producen en épocas frías con cambios bruscos de humedad y temperatura entre el día y la noche.
- c) Curvado y estrechamiento de la punta de los frutos: el origen de esta alteración no está muy claro, aunque influyen diversos factores: abonado inadecuado, deficiencia hídrica, salinidad, sensibilidad de la variedad, trips, altas temperaturas, exceso de producción, etc.

- d) Anieblado de frutos: se produce un aclareo de frutos de forma natural cuando están recién cuajados: los frutos amarillean, se arrugan y abortan. Se debe a una carga excesiva de frutos, déficit hídrico y de nutrientes.
- e) Amarillamiento de frutos: parte desde la cicatriz estilar y avanza progresivamente hasta ocupar gran parte de la piel del fruto. Las causas pueden ser: exceso de nitrógeno, falta de luz, exceso de potasio, conductividad muy alta en el suelo, fuertes deshidrataciones, etc. (USAID, 2007).

2.2.3 Mildio velloso (*Pseudoperonospora cubensis*)

La enfermedad “Mildio” o “Downy mildew” en inglés es una enfermedad causada por *Pseudoperonospora cubensis*, se ha reportado en especies del género *Cucumis* en 70 países alrededor del mundo (Colucci, 2010).

Pseudoperonospora cubensis fue descrita por Berkeley en 1868 en material vegetal originario de Cuba, de ahí su especie “*cubensis*”. De acuerdo a la última clasificación taxonómica, *P. cubensis* pertenece al reino Cromista, subdivisión Peronosporomycotina, clase Peronosporomycetes, orden Peronosporales, familia Peronosporaceae (Lebeda, 2011).

P. cubensis es un patógeno foliar que ataca exclusivamente las hojas de plantas cucurbitáceas. Sin embargo se ha visto formando esporangioforos en tallos, sépalos y pedúnculos. El hospedero puede ser infectado en cualquier etapa fenológica pero la expresión de síntomas en hojas nuevas son raros (Colucci, 2010).

Los síntomas de *P. cubensis* en pepino (*Cucumis sativus*) se basan en manchas cloróticas angulares restringidas por las nervaduras de las hojas mientras que en melón (*Cucumis melo*) y sandía (*Citrullus lanatus*) las manchas pueden ser circulares o irregulares. La figura 15 presenta los síntomas de *P. cubensis* en las hojas de pepino.



Figura 15. Hojas de pepino con síntomas de *P. cubensis* en condiciones de invernadero.

El periodo de incubación, desde inoculación hasta el aparecimiento de síntomas externos visibles suele durar de 4 a 12 días en condiciones de campo abierto dependiendo de las condiciones ambientales, la carga de inóculo y la resistencia o susceptibilidad del hospedero (Colucci, 2010).

Durante la fase reproductiva en el envés de la hoja aparece una capa delgada de esporangioforos color negro/violeta. Bajo condiciones extremas de infección las hojas comienzan a necrosar seguido por la muerte de la planta, de 4 a 10 días de los primeros síntomas.

P. cubensis es un parasito biotrófico obligado, dependiente absoluto de una planta hospedera para crecer y sobrevivir. La única manera de sobrevivir afuera de un hospedero es en forma de oosporas (Lebeda, 2011).

A. Esporangio y esporangióforos

P. cubensis forma esporangios papilados largos (20-40 x 14-25 μm de diámetro) en forma de limón. Los esporangios nacen simples en las puntas de las ramificaciones de los esporangióforos en ángulos agudos. El esporangióforo oscila desde 180 hasta 600 μm de altura, 20 μm de diámetro y 5-7 μm de ancho (Colucci, 2010).

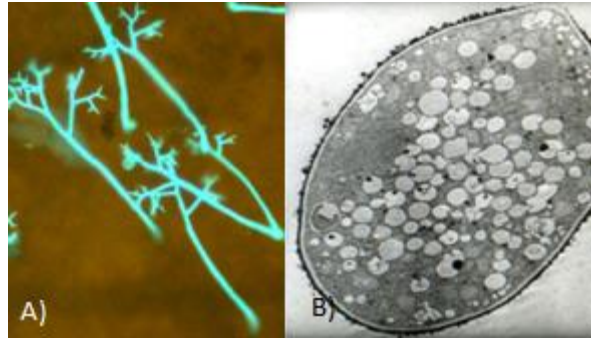


Figura 16. A) Esporangióforos de *P. cubensis*. B) Esporangio de *P. cubensis*.

B. Zoosporas

En condiciones de humedad, los esporangios liberan de 5 a 15 zoosporas asexuales que miden de 10-13 μm de diámetro. Las zoosporas son biflageladas con un flagelo cervical posterior y un flagelo anterior, el propósito de los flagelos es ayudar a la zoospora a moverse en la humedad hacia un estoma para la inoculación (Colucci, 2010).

C. Micelio intracelular

Una vez el hospedero es infectado, el micelio crece dentro de él y entre sus células. El micelio es hialino (incoloro, transparente) y cenocítico (aseptado). El micelio puede presentar diámetros de 5.4 – 7.2 μm . El haustorio se forma dentro de las células del huésped y permite la absorción de nutrientes, puede presentar formas atrofiadas, infladas o en racimos de hifas (Colucci, 2010).

D. Oósporas

El papel de las oósporas en el ciclo de vida de *P. cubensis* es aún desconocido. La reproducción sexual y la formación de oósporas en *P. cubensis* son raras ya que solo han sido reportadas en Rusia, China, Japón, India e Italia y su germinación no ha sido observada. Las oósporas podrían funcionar como estructuras de sobrevivencia cuando los hospederos no están presentes (Colucci, 2010).

2.2.4 Ingredientes activos a evaluar

A. Famoxadone (Respiración celular)

Es un fungicida utilizado para la protección de cultivos contra enfermedades fúngicas. Se utiliza en cultivos como tomate, papa, cucúrbitas, lechuga y uva. Se utiliza en combinación con cymoxanil. Famoxadone pertenece a la clase de químicos oxazolidinedione y es altamente activo contra la germinación de esporas y crecimiento micelial. El mecanismo de acción bioquímico es la inhibición de la cadena de respiración mitocondrial en el complejo III, resultando en una reducción de la producción de ATP en las células del hongo (EPA, 2003).

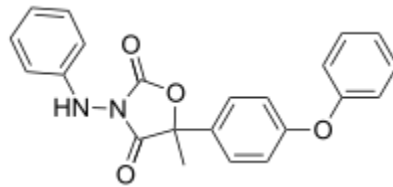


Figura 17. Estructura química Famoxadone (EPA 2003)

B. Cymoxanil (Desconocido)

Es aplicado como tratamiento de semillas o foliar para controlar tizón tardío y otros oomycetes. Se utiliza con otros productos protectantes como mancozeb, clorotalonil o metiram (EPA, 1998).

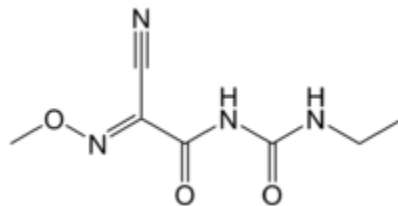


Figura 18. Estructura química Cymoxanil. (EPA 1998).

C. Propamocarb (Síntesis de lípidos)

Es un fungicida utilizado mayormente en el control de *Pythium* spp y *Phytophthora* spp en un amplio espectro de cultivos. El fungicida es formulado como concentrado soluble/ líquido. Es aplicado a la raíz y foliar pero no puede ser aplicado por sistema de riego (EPA, 1995).

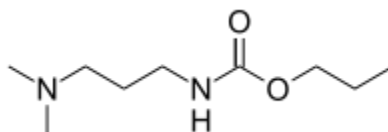


Figura 19. Estructura química Propamocarb (EPA 1995).

D. Fluopicolide (División celular)

Es un producto utilizado mayormente en uvas de exportación. En Europa su máximo de aplicaciones es de tres por ciclo en uva, ósea 0.36 lb I.A. Fluopicolide controla un amplio rango de oomycetes incluyendo mildews, tizones y algunas especies de Pythium. El modo de acción de fluopicolide no ha sido determinado aún sin embargo su modo de acción no es parecido a ninguno de otros fungicidas registrados (EPA, 2007).

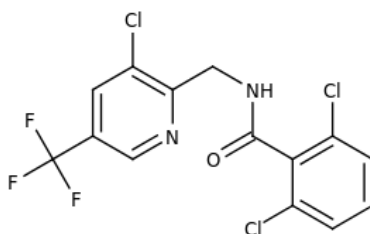


Figura 20. Estructura química Fluopicolide (EPA 2007).

E. Mandipropamid (Síntesis de la pared celular)

Es un fungicida relativamente nuevo en la clase de las mandelamidas desarrollado por Syngenta Crop Protection, Inc. Para el control de oomycetes foliares en un rango de cultivos amplio como uvas, tomate, chile, papa y cucúrbitas. Ciertos patógenos han generado resistencia en tomate y papa (EPA, 2008).

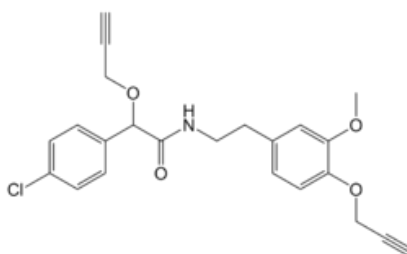


Figura 21. Estructura química Mandipropamid (EPA 2008).

F. Clorotalonil (Reacciones enzimáticas)

Es un fungicida muy utilizado en Estados Unidos en papa, tomate, maní y campos de golf. Es utilizado como preservante y aditivo en pinturas, resinas y emulsiones. Se utiliza principalmente como control de mildews pero también como bactericida, insecticida y acaricida (EPA, 2008).

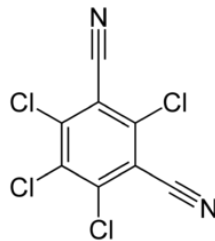


Figura 22. Estructura química Clorotalonil (EPA 2008).

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo General

Establecer un programa fitosanitario eficaz y sostenible en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L*) que mantenga la severidad de la enfermedad foliar menor al 50% en la Estación de Investigación de Salamá, Monsanto, Salamá, Baja Verapaz.

2.3.2 Objetivos Específicos

- a) Confirmar la etiología del agente causal *Pseudoperonospora cubensis* en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus L*).
- b) Determinar cuál de los cinco tratamientos produce mayor control de la enfermedad en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en base a la curva de progreso de la enfermedad.
- c) Realizar el análisis económico de los distintos programas de control químico para determinar su eficiencia.

2.4 HIPÓTESIS

1. El agente causal de la enfermedad foliar en el cultivo de pepino es el hongo fitopatógeno *Pseudoperonospora cubensis*.
2. Existe diferencia significativa entre la eficacia de los programas de control químico de la enfermedad foliar en pepino.
3. Uno o más programas de control químico serán más eficientes económicamente en el control de la enfermedad foliar en pepino que el testigo.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Identificación de Agente Causal

Se procedió a realizar muestreos de la enfermedad en plantas que han finalizado su proceso de cosecha con el fin de obtener montajes y observarlos en microscopio. Se realizó el muestreo de hojas bajas e intermedias en busca de manchas cloróticas angulares en el haz de la hoja y en el envés una eflorescencia gris o violeta mohosa. Esto para poder identificar por medio de estructuras reproductivas u otras características que tipo de patógeno provocó la enfermedad. El resultado del diagnóstico fue la presencia de esporangios ovoides y esporangióforos ramificados característicos de *Pseudoperonospora cubensis*. Se enviaron muestras a laboratorios de la empresa Soluciones Analíticas, especializados en identificación de patógenos para corroborar el primer dictamen realizado en la estación sobre el agente causal.

2.5.2 Programa de manejo

A. Siembra (8-mayo-2014)

Esta actividad consto en sembrar una semillas del hibrido Tropicuke II por celda en una bandeja de semillero utilizando peatmoss como sustrato. Se sembraron 12 bandejas de 96 celdas.

B. Control de germinación y conteo

Fue necesario llevar un conteo de semillas que germinaron para saber el total de plantas a trasplantar al macrotunel, esto si hubiera sido necesario la repoblación de plantas.

C. Preparación del suelo y área de cultivo

Fase 1(10-mayo-2014): Se procedió a realizar el arado del área donde se estableció el experimento, la cual tuvo las siguientes dimensiones: 65m de largo por 5 m de ancho dando un total de área experimental de 325 m². Se construyeron 6 camas por macrotunel para obtener beneficios tales como:

- a) Aumentar la capacidad de retención de agua.
- b) Facilitar la absorción de los elementos nutritivos por la raíz.
- c) Facilitar el desarrollo radical, tanto en profundidad como lateralmente.
- d) Aumentar la infiltración del agua de lluvia en el suelo.
- e) Disminuir la escorrentía superficial y la velocidad de la lámina vertiente del agua, con lo que se frena la erosión del suelo (Barbero, 1994).

La figura 23 presenta la forma de las camas de siembra elaboradas y su distanciamiento.



Figura 23. Preparación de suelo y elaboración de camas de siembra.

Fase 2 (12-mayo-2014): Se instalaron mangueras de riego por goteo para realizar un riego eficiente y localizado, una manguera por cama de 64m de largo. Luego de instalar la manguera se cubrió con mulch plástico gris/negro para el control de malezas, crear un microclima en la raíz de las plantas y así reducir incidencia de fitopatógenos del suelo. La figura 24 muestra el proceso de colocación de manguera y sobre ella la colocación del mulch plástico.



Figura 24. Instalación de mangueras de riego por goteo y mulch plástico.

Fase 3 (15-mayo-2014): Debido a la alta incidencia de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y otros insectos defoliadores en el valle de Salamá, se llevó a cabo la preparación de macrotuneles de metal cubiertos por tildenet. La finalidad de este fue proteger el cultivo durante 30 días de las condiciones climáticas e insectos plaga. La figura 25 muestra el interior del macrotunel una vez finalizada la instalación del tildenet.



Figura 25. Colocación de tildenet en macrotunel.

Fase 4 (22-mayo-2014): Se realizó el trasplante de los pilones de pepino al área del macrotunel. El trasplante se llevó a cabo a las 7:00 am, esto para aprovechar las horas frescas de la mañana y que de esta manera el pilón no se resintiera por deshidratación. En esta fase también se colocaron las trampas amarillas para insectos plaga. La figura 26 presenta la distribución de los pilones en el surco.



Figura 26. Trasplante de pilones de pepino cada 30 cm.

Fase 5 (9-junio-2014): A los 18 días después del trasplante se realizó el tutorado, constó en establecer estacas cada 1.5m y trazar líneas con pita a lo largo del surco para que la planta se apoyara sobre la misma y las hojas no tuvieran contacto con el suelo o el mulch plástico. La figura 27 presenta la ubicación de las estacas para la colocación de la pita de tutoreo.



Figura 27. Colocación de estacas y pita para tutoreo.

Fase 6: Esta fase constó en realizar el manejo agrícola establecido en la estación (riego, fertilización, protección, podas, etc.) a lo largo del ciclo del cultivo así como la aplicación de los tratamientos. Además de recabar información de las condiciones climática que se dieron en el área experimental con el establecimiento de dos unidades de registro climatológico, se instaló una en el macrotunel para medir condiciones internas y otra a la intemperie para poder contrastar el microclima que provoca el macrotunel con las condiciones reales de campo abierto. La figura 28 presenta la unidad de registro climatológico utilizada.



Figura 28. Unidad de registro climatológico en macrotunel.

2.5.3 Unidad Experimental

Las unidades experimentales constaron de parcelas de 3 surcos con 15 plantas/surco debido a que se muestreó únicamente 5 plantas del surco central (Plantas 6, 7, 8, 9 y 10) para eliminar cualquier efecto de borde que pudiera causar un error experimental. Se estableció un distanciamiento de 30 cm entre planta y 50 cm entre surco, cada parcela media 12 m². La investigación contó con 1125 plantas en un área de 325 m² en total a campo abierto. El cuadro 5 ilustra la distribución espacial de los surcos y las 15 plantas de cada uno de estos.

Cuadro 4. Distribución espacial de las plantas en unidad experimental.

Tratamiento		
surco 1	surco 2	surco 3
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15

El tamaño óptimo mínimo de la parcela experimental para investigaciones sobre el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) puede estar comprendida entre 20 y 25 m² (García, 1984).

2.5.4 Variedad utilizada

La variedad o híbrido utilizado fue el Tropicuke II de la casa Seminis de Monsanto S.A. debido a que los productores prefieren sembrar el Tropicuke II por su resistencia a plagas y enfermedades, sus frutos llegan a medir de 21 a 27 centímetros de largo, peso promedio de 0.80 libra por fruto, inicio de cosecha a los 45 a 50 días, color verde intenso y frutos uniformes (Ortiz, 2011).

Con el Tropicuke II el productor puede obtener un rendimiento promedio de 76 toneladas por hectárea, siempre y cuando el cultivo reciba el manejo adecuado. Este híbrido es el que tiene más aceptación por el mercado nacional.

2.5.5 Descripción de los tratamientos

La investigación constó con cinco tratamientos y cinco repeticiones de cada uno. Se evaluó el efecto de tres programas de control para la enfermedad previamente determinada y dos testigos. Entre los fungicidas eficaces para el control de *P. cubensis* encontramos los que incluyen los siguientes ingredientes activos: Fluopicolide, famoxadone+cymoxanil, ciazofamida, zoxamida, clorotalonil, mandipropamid y clorhidrato de propamocarb (Colucci, 2010). Figueroa (2014) recomienda los siguientes tratamientos (Ver cuadro 5):

Cuadro 5. Descripción de tratamientos. Rotación de Ingredientes activos.

Frecuencia de aplicación.		Tratamientos		
		(I)	(II)	(III)
Semana 1	Lunes 26-mayo-2014	Cymoxanil	Cymoxanil	Cymoxanil
	Jueves 29-mayo-2014	Clorotalonil	Clorotalonil	Clorotalonil+Mandipropamid
Semana 2	Lunes 2-junio-2014	Clorotalonil	Mandipropamid	Clorotalonil
	Jueves 5-junio-2014	Mandipropamid	Clorotalonil	Cymoxanil+Propamocarb
Semana 3	Lunes 9-junio-2014	Clorotalonil	Propamocarb	Clorotalonil
	Jueves 12-junio-2014	Clorotalonil	Clorotalonil	Clorotalonil+Mandipropamid
Semana 4	Lunes 16-junio-2014	Propamocarb	Cymoxanil	Clorotalonil
	Jueves 19-junio-2014	Clorotalonil	Clorotalonil	Cymoxanil+Propamocarb
Semana 5	Lunes 23-junio-2014	Clorotalonil	Mandipropamid	Clorotalonil
	Jueves 26-junio-2014	Cymoxanil	Clorotalonil	Clorotalonil+Mandipropamid
Semana 6	Lunes 30-junio-2014	Clorotalonil	Propamocarb	Clorotalonil
	Jueves 3-julio-2014	Cymoxanil	Cymoxanil	Cymoxanil
Semana 7	Lunes 7-julio-2014	Clorotalonil	Clorotalonil	Clorotalonil+Mandipropamid
	Jueves 10-julio-2014	Clorotalonil	Mandipropamid	Clorotalonil
Semana 8	Lunes 14-julio-2014	Mandipropamid	Clorotalonil	Cymoxanil+Propamocarb
	Jueves 17-julio-2014	Clorotalonil	Propamocarb	Clorotalonil
Semana 9	Lunes 21-julio-2014	Clorotalonil	Clorotalonil	Clorotalonil+Mandipropamid
	Jueves 24-julio-2014	Propamocarb	Cymoxanil	Clorotalonil
Semana 10	Lunes 28-julio-2014	Clorotalonil	Clorotalonil	Cymoxanil+Propamocarb
	Jueves 31-julio-2014	Clorotalonil	Mandipropamid	Clorotalonil
Semana 11	Lunes 4-agosto-2014	Cymoxanil	Clorotalonil	Clorotalonil+Mandipropamid
	Jueves 7-agosto-2014	Clorotalonil	Propamocarb	Clorotalonil

Fuente: Figueroa, L. Entrevista personal, 12 de marzo del 2014

Testigos

(IV) Manejo de la finca: En este tratamiento las plantas de pepino recibieron el manejo agronómico establecido en la finca sin añadir ningún ingrediente activo oomicida nuevo.

(V) Cero tratamiento: En este tratamiento las plantas de pepino no tuvieron ningún programa fitosanitario para el control de enfermedades causadas por oomicetes.

El cuadro 6 presenta la descripción de los ingredientes activos, su modo de acción según la FRAC y la dosis recomendada.

Cuadro 6. Descripción de los ingredientes activos a utilizar en los tratamientos

Ingrediente Activo	Modo de acción FRAC	Especificaciones	Dosis/unidad experimental
Famoxadone+cymoxanil	C3 27*	contacto sistémico	0.96 g
Propamocarb+fluopicolide	F4 B5	contacto sistémico	3 ml
Mandipropamid	H5	contacto sistémico	0.72 ml
Clorotalonil	Multi-sitio	contacto	3 g

*Código FRAC. Modo de acción desconocido.

2.5.6 Frecuencia de aplicación

Las aplicaciones de los tratamientos se llevaron a cabo durante once semanas. El manejo constó de dos aplicaciones por semana los días lunes y jueves y los muestreos y toma de datos se llevaron a cabo los días miércoles.

2.5.7 Aleatorización

La distribución especial de las unidades experimentales con sus respectivos tratamientos se realizó completamente al azar debido a que la evaluación se llevó a cabo en condiciones homogéneas. Así al tener una asignación aleatoria, los grupos no difirieron de ninguna manera sistemática. Se eliminó cualquier sesgo que pudo haber en la evaluación al ser realizada en un macrotunel con superficie plana y en condiciones homogéneas y controladas.

2.5.8 Diseño experimental

En este tipo de diseño están incluidos los principios de repetición y de aleatorización, o sea que, es utilizado cuando no hay necesidad del control local, debido a que el ambiente experimental es homogéneo y los tratamientos se asignan a las unidades experimentales mediante una aleatorización completa, sin ninguna restricción.

Ho: $\tau = \tau_i$ (Todos los tratamientos producen el mismo efecto)

Ha: $\tau \neq \tau_i$ para al menos un i ; $i = 1, 2, \dots, t$. (al menos uno de los tratamientos produce efectos distintos)

Modelo Estadístico

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

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

Siendo:

Y_{ij} = variable de respuesta de la ij -ésima unidad experimental

μ = media general de la variable de respuesta

τ_i = efecto del i - ésimo tratamiento (nivel del factor) en la variable dependiente.

ε_{ij} = error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

2.5.9 Variable de respuesta

A. Severidad de la enfermedad

La severidad nos ayudara a entender la magnitud de enfermedad en el cultivo, calificándolo como bajo, medio o severo según la proporción de tejido enfermo por hoja muestreada. En esta evaluación se cuantificó la severidad de la enfermedad en cada tratamiento por separado utilizando una escala diagramática del patosistema *Pseudoperonospora cubensis-Cucumis sativus* aplicada a cinco plantas del surco central. Esto para generar información del progreso la enfermedad en el tiempo y otorgó criterios para analizar el control y manejo de cada tratamiento. La figura 28 presenta la escala utilizada para los muestreos de severidad.

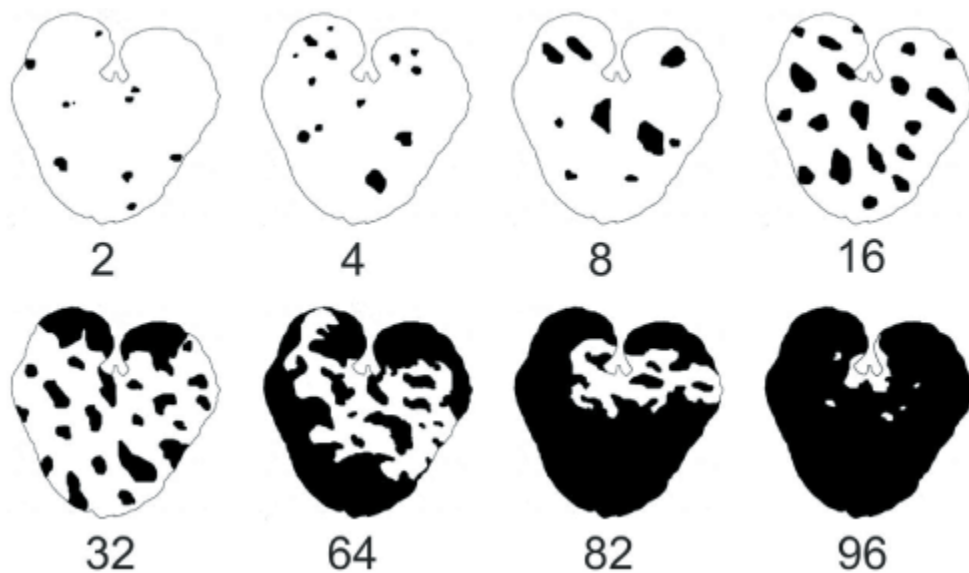


Figura 29. Escala diagrama utilizada para cuantificación de Severidad.

Fuente: Michereff, 2009.

Para esta evaluación se utilizó la escala diagramática de Michereff validada; utilizando 50 hojas con diferentes niveles de severidad, medido previamente con el software Assess® y presenta una precisión del 94%, repetitividad de 94 % y la reproducibilidad >90%.

El cuadro 7 presenta el número de clases utilizado y su respectivo porcentaje de superficie infectada

Cuadro 7. Numero de clases y su respectivo % de superficie foliar infectada.

Clase	Superficie foliar infectada %
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	82
8	96

B. Índice de área bajo la curva del progreso de la enfermedad

El análisis numérico del progreso temporal de una enfermedad debe iniciar con la representación gráfica de los datos de intensidad de enfermedad (incidencia o severidad) con respecto al tiempo (Mora, 2008). El objetivo de esta etapa fue explorar la curva epidemiológica generada antes de proceder al uso de modelos estadísticos.

Se evaluó el efecto de los programas de manejo mediante la cuantificación del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) o severidad acumulada con el fin de seleccionar el mejor plan de manejo si llegasen a tener un efecto significativo en el control de la enfermedad. (Mora, 2008). Para obtener los índices de ABCPE se utilizó el siguiente modelo matemático de cálculo de área de trapecio:

$$\text{Área de trapecio} = \frac{(B+b) \times a}{2}$$

El área del trapecio se determina por medio de la suma de sus dos bases que en este caso son las evaluaciones sucesivas (B y b); multiplicando por la altura que es la diferencia entre fechas (a) y por último se divide entre 2.

Los índices de ABCPE se obtuvieron con la sumatoria de áreas de cada trapecio, de cada curva y se analizaron utilizando el software InfoStat versión Estudiantil esto para determinar estadísticamente el mejor programa de control químico y el tratamiento con mejor rendimiento y eficiencia económica en el cultivo de pepino. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para la variable de respuesta “Índice de ABCPE” y encontrar diferencia significativas entre los tratamientos además se realizó una prueba de medias de Tukey con un 0.01% de significancia para determinar que tratamientos lograron los mejores resultados.

Los muestreos se separaron en dos fases, en la primera se realizaron muestreos de planta completa del 28 de mayo al 25 de junio del 2014 debido a que la planta no presentó un desarrollo vegetal y cantidad de hojas que se tornara impráctico o no objetiva la evaluación, la cantidad de hojas que presentaron fue de 5 a 8 por planta.

En la segunda fase se necesitó dividir la planta en 3 estratos (superior, medio e inferior) y analizarlos independientemente, el propósito fue evaluar el control por separado en cada uno de estos estratos debido al tamaño de planta y que *P. cubensis* es un patógeno que ataca toda la planta en cualquier etapa fenológica, fue así el caso en esta evaluación debido a que los primeros síntomas se presentaron a los cuatro días después del trasplante (17 días después de siembra). Las fechas de muestreo de esta fase fueron del 9 de julio al 12 de agosto del 2014.

Se realizaron dos aplicaciones de cada tratamiento por semana los días lunes y jueves y un muestreo por semana los días miércoles.

C. Análisis de Costos.

Para poder determinar que tratamiento es más eficiente tomando en cuenta control-costos, se llevó a cabo la contabilidad de insumos utilizados. Tomando en cuenta precio de los productos y dosis aplicadas durante toda la investigación.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.6.1 Confirmación de agente causal

Se llevó a cabo la determinación del patógeno que ocasionaba la enfermedad foliar en pepino mediante muestreos en plantas que presentaban manchas cloróticas angulares en el haz de la hoja y en el envés manchas gris o violeta mohosas. Se identificó por medio de observación de estructuras reproductivas en el microscopio teñidas con azul de lactofenol y agua. El resultado del diagnóstico fue la presencia de esporangios ovoides papilados y esporangióforos ramificados dicotómica y monopódicamente característicos de *Pseudoperonospora cubensis* (Ver figura 30).

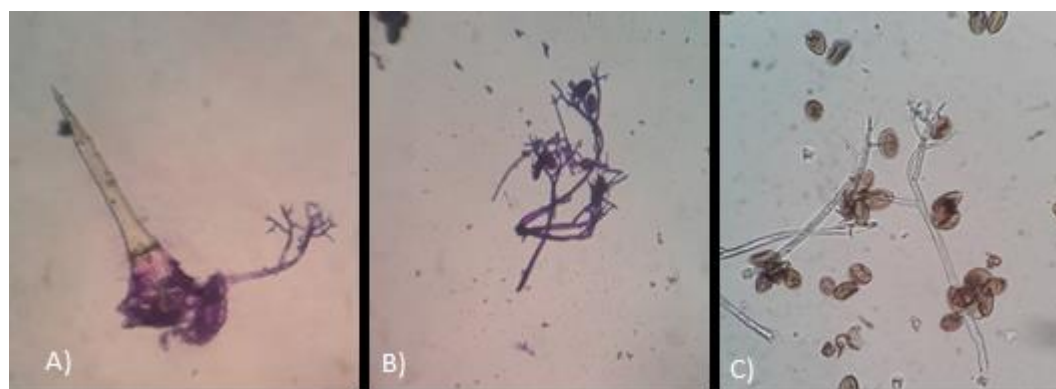


Figura 30. A) Esporangioforo de *P. cubensis*. (Azul de lactofenol) B) Esporangioforo y esporangios. (Azul de lactofenol) C) Esporangioforo y esporangios (montaje en agua)

Para confirmar el diagnóstico se enviaron muestras a laboratorios especializados en identificación de patógenos para corroborar el primer dictamen realizado en la estación sobre el agente causal. Los resultados dictaminaron la presencia del fitopatógeno *Pseudoperonospora cubensis*. (Figura 45A).

2.6.2 Análisis de severidad

2.6.3 Primera Etapa; Un estrato

En la primera gráfica del comportamiento de *P. cubensis* al efecto de cada tratamiento se logró observar el control que ejerce las aplicaciones de todos los programas I,II,III y IV de rotación de ingredientes activos (Ver figura 31).

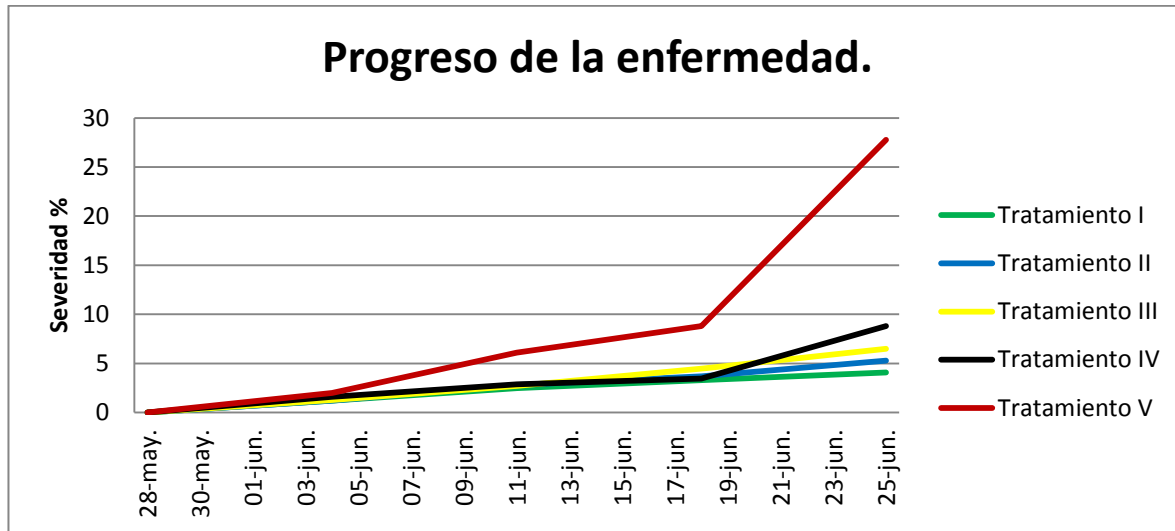


Figura 31. Curva de progreso de la enfermedad del 28 de mayo al 25 de junio del 2014

La curva del Tratamiento I que es un manejo de dos aplicaciones consecutivas de clorotalonil, un ingrediente activo de contacto y multisitio, por una de un ingrediente activo sistémico y monositio presentó un comportamiento exponencial aunque la enfermedad no logró infectar en más de un 5% a las hojas muestreadas en 29 días por lo que se observó un control favorable en la primera parte del desarrollo del cultivo.

La curva del tratamiento II, que constó de una aplicación de un ingrediente activo sistémico y una de un ingrediente activo de contacto presento un mayor crecimiento comparado con el Tratamiento II, esto pudo haber sido debido a la disminución de la cantidad de aplicaciones de un i.a. de contacto. La enfermedad superó el 5% de infección en las plantas muestreadas.

El comportamiento del Tratamiento III, el cual se basó en la mezcla de i.a. presentó un grado de infección mayor al 7 %, lo que podría indicar que la mezcla de productos no podría ser una estrategia para disminuir el desarrollo de resistencia de la cepa de *P. cubensis* evaluada.

El Tratamiento IV o manejo con productos de la estación presentó en 29 días una infección de casi el 10% lo cual indicaría que estos i.a. utilizados podrían estar disminuyendo su efectividad en el control de *P. cubensis* debido a la alta exposición de la cepa a estos productos. En la curva de progreso del Tratamiento V o testigo absoluto de ningún control se observó un alto grado de infección en los primeros días, la enfermedad logró infectar en 27% las plantas muestreadas.

A. Análisis de índice de área bajo la curva y ANDEVA

Los resultados del cálculo de área bajo la curva de cada tratamiento presentan una diferencia en cada uno de ellos, aunque el tratamiento que presentó el mayor índice fue el V. Para determinar si hay una diferencia significativa entre cada uno de estos tratamientos se realizó un ANDEVA y una prueba múltiple de medias de Tukey con 0.01% de significancia (Ver figura 32).

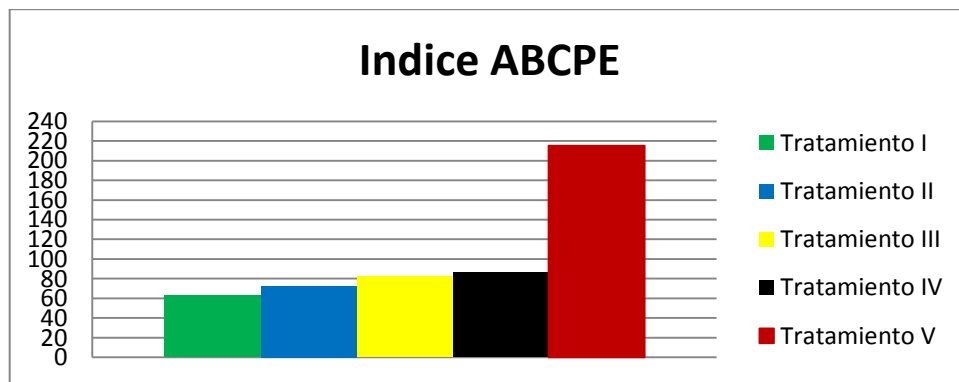


Figura 32. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

Los resultados del cálculo de área bajo la curva de cada tratamiento presentan una diferencia en cada uno de ellos, aunque el tratamiento que presentó el mayor índice fue el V. Para determinar si hay una diferencia significativa entre cada uno de estos tratamientos se realizó un ANDEVA y una prueba múltiple de medias de Tukey con 0.01% de significancia. El cuadro 8 presenta los resultados del ANDEVA y la prueba de Tukey con 0.01% de significancia.

Hipótesis:

H_0 =No existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

H_a = Al menos uno de los tratamientos es diferente significativamente para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

Cuadro 8. Resultados de ANDEVA INFOSTAT.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo.	9882181.08	8	1235272.63	356.12	<0.0001	
Tratamiento	9865633.27	4	2466408.32	711.05	<0.0001	
Repetición	16547.81	4	4136.95	1.19	0.3518	
Error	55498.65	16	3468.67			
Total	9937679.73	24				

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=144.56060						
Error: 3468.6659 gl: 16						
Tratamiento	Medias	n	E.E.			
I	270.48	5	26.34	A		
II	392.56	5	26.34	A	B	
III	495.04	5	26.34		B	
IV	848.54	5	26.34			C
V	1996.40	5	26.34			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

El ANDEVA indica que hay diferencia significativa entre tratamientos en los primeros 29 días del cultivo. El p-valor es menor al 0.01% de significancia por lo que se anula la H_0 =No existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

La prueba de medias múltiples de Tukey muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos I y II pero si existe diferencia significativa entre el tratamiento I con el III, IV y V.

2.6.4 Segunda Etapa; Tres estratos

A. Estrato superior

El estrato superior de las plantas presentó los datos de menor infección debido a *que P. cubensis* se desarrolló más en las hojas intermedias y bajas cercanas al suelo. *P. cubensis* logro infectar las hojas nuevas en 4 días con severidad menor del 5% en los tratamientos I,II y III mientras que en los tratamientos IV y V se observaron severidades entre 15% y 52% respectivamente (Ver figura 33) .

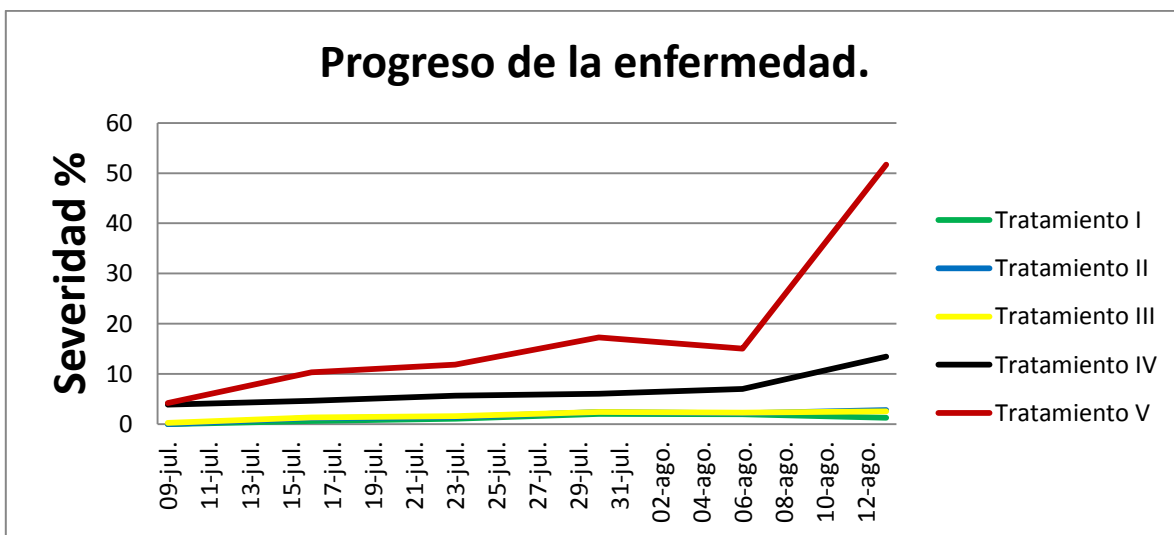


Figura 33. Curvas de progreso de la enfermedad del 9 de julio al 12 de agosto del 2014 estrato superior

La importancia de proteger las hojas nuevas de la planta de pepino radica en el futuro del desarrollo vegetal que pueda tener cada planta y que la producción de flores no se vea afectada, por consecuencia el rendimiento no se disminuya.

a. Análisis de índice de área bajo la curva y ANDEVA

Los índices de ABCPE de los tratamientos I,II y III se mantuvieron debajo de las 100 unidades mientras que tratamiento IV y V se observaron índices de 220 y 560 respectivamente (Ver figura 34).

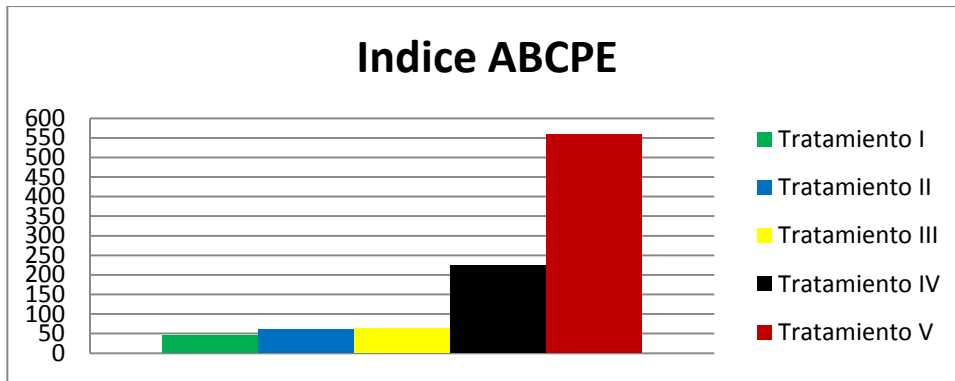


Figura 34. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Estrato superior.

A pesar de que el estrato superior se conformó de hojas nuevas los porcentajes de severidad en índices de ABCPE fueron más altos y graves que los primeros 29 días de edad del cultivo. Lo que indica que la agresividad de *P. cubensis* para infectar no se limita a la edad del cultivo ni a las condiciones climáticas que se presentaron a lo largo de la evaluación (Cuadro 18). Las condiciones ambientales del macrotunel en su interior presentaron oscilaciones drásticas en temperatura y humedad relativa aunque las medias según (Dean, 2010) fueron las óptimas para el desarrollo de la enfermedad a pesar de tener temperaturas mínimas de 11°C y máximas de hasta 45 °C.

Hipótesis:

H_0 =No existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

H_a = Al menos uno de los tratamientos es diferente significativamente para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

Se procedió a realizar un ANDEVA para determinar la significancia del efecto de los tratamientos en el estrato superior. Debido a que el p-valor nuevamente fue menor al 0.01% de significancia se rechaza la hipótesis nula aprobando la H_a = Al menos uno de los tratamientos es diferente significativamente para el control de *Pseudoperonospora cubensis*. En la prueba de medias múltiples se logró determinar que tanto tratamiento I,II, y III no son diferentes significativamente en el control de *P. cubensis* pero el efecto si es claro comparándolos con los testigos tratamiento IV y V (Ver cuadro 9).

Cuadro 9. Resultados de ANDEVA INFOSTAT. Estrato superior.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	961433.47	8	120179.18	71.91	<0.0001
Repetición	6230.92	4	1557.73	0.93	0.4702
Tratamiento	955202.55	4	238800.64	142.88	<0.0001
Error	26740.99	16	1671.31		
Total	988174.45	24			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=100.34539

Error: 1671.3116 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
I	45.36	5	18.28	A
II	60.20	5	18.28	A
III	63.56	5	18.28	A
IV	224.84	5	18.28	B
V	558.88	5	18.28	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

B. Estrato Medio

La severidad de *P. cubensis* en el estrato medio de las plantas llegaron a ser 18%, 22%, 24%, 59% y 96% para los tratamientos I, II, III, IV y V respectivamente (Ver figura 35).

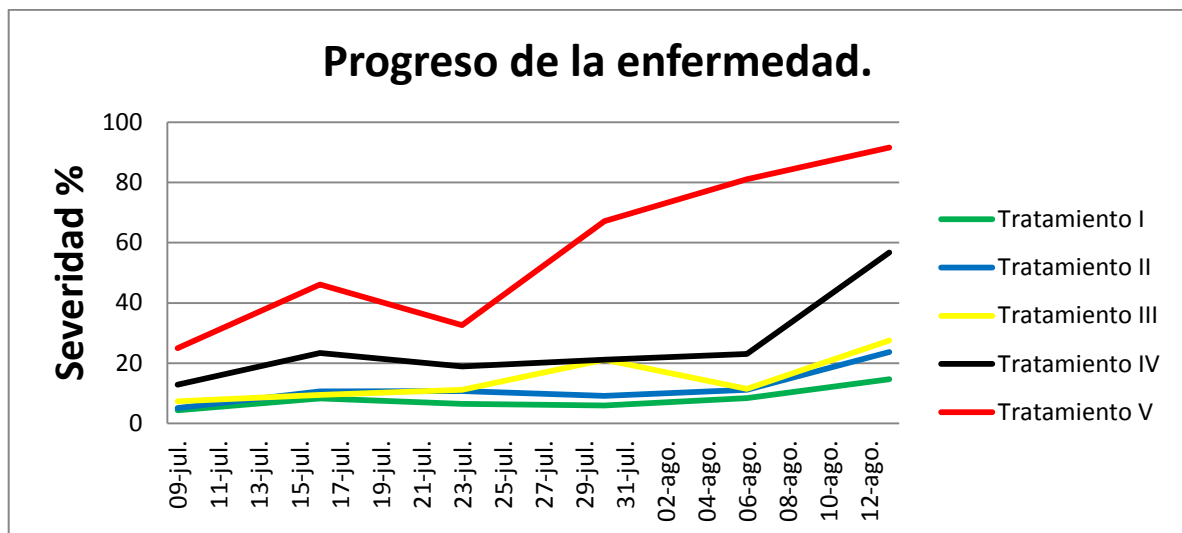


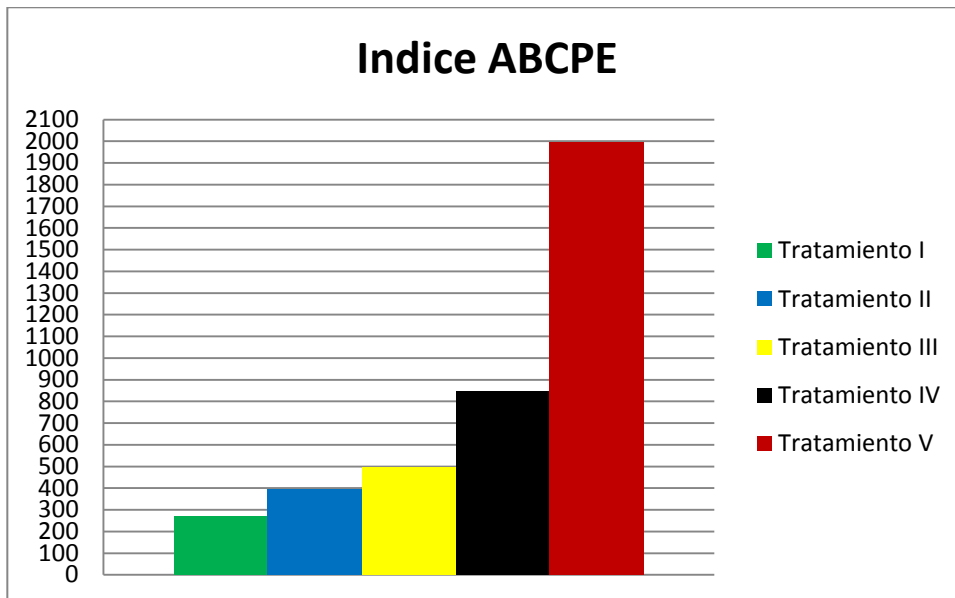
Figura 35. Curvas de progreso de la enfermedad del 9 de julio al 12 de agosto del 2014 estrato medio

El control que han realizado los tratamientos I, II y III se vuelve más importante en el estrato medio debido a que el rendimiento se basa en la cantidad de flores que se ubican en este estrato. *P. cubensis* en el tratamiento IV y V provocó defoliación a los 58 días después del trasplante y por ende una reducción en la producción e flores en las plantas de las unidades experimentales de estos tratamientos.

a. Análisis de índice de área bajo la curva y ANDEVA

Con los datos de Índice de ABCPE se realizó el ANDEVA y la prueba de medias múltiples de Tukey para determinar la existencia de diferencia significativa en el efecto de control de *P. cubensis* en el estrato medio de la planta (Ver cuadro 10).

Figura 36. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Estrato medio.



Hipótesis:

H_0 =No existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

H_a = Al menos uno de los tratamientos es diferente significativamente para el control de *Pseudoperonospora cubensis*

Cuadro 10. Resultados de ANDEVA INFOSTAT. Estrato medio.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	79669.45	8	9958.68	7.89	0.0003
Tratamiento	79396.15	4	19849.04	15.72	<0.0001
Repetición	273.30	4	68.33	0.05	0.9940
Error	20197.72	16	1262.36		
Total	99867.17	24			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=87.20872

Error: 1262.3576 gl: 16

Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	63.00	5	15.89 A
II	72.24	5	15.89 A
III	82.04	5	15.89 A
IV	86.24	5	15.89 A
V	215.32	5	15.89 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

No se encontró diferencia estadística entre los tratamientos I,II,III y IV debido a la alta severidad de daño del patógeno en las hojas muestreadas de pepino. Se demostró que en este estrato de la planta el control de esta enfermedad es más difícil además de la importancia antes mencionada del rendimiento. Lebeda (2011) menciona que la fuente de inóculo puede ser el estrato medio o inferior debido a la sobrevivencia de las oósporas en el suelo esperando a las condiciones ambientales y de hospedero óptimas para infectar, aunque Colucci (2010) indica que la geminación de oósporas no ha sido posible documentarse en ninguna parte del mundo y tomando en cuenta las dimensiones de separación mínima entre hilos que poseen las mallas “anti-*Bemisia tabaci*” para invernadero y macrotuneles de 215 μm , se puede determinar que la fuente de inóculo es la dispersión por viento de esporangios de 20 μm de diámetro traídos de parcelas de pepino aledañas, los cuales pueden ingresar en estas estructuras de protección sin problema.

C. Estrato Inferior

El estrato inferior presento la mayor severidad de daño en las plantas, Las plantas del Tratamiento V presentaron un 95% de defoliación en comparación con los otros tratamientos una semana antes de finalizar los muestreos (Ver figura 37).

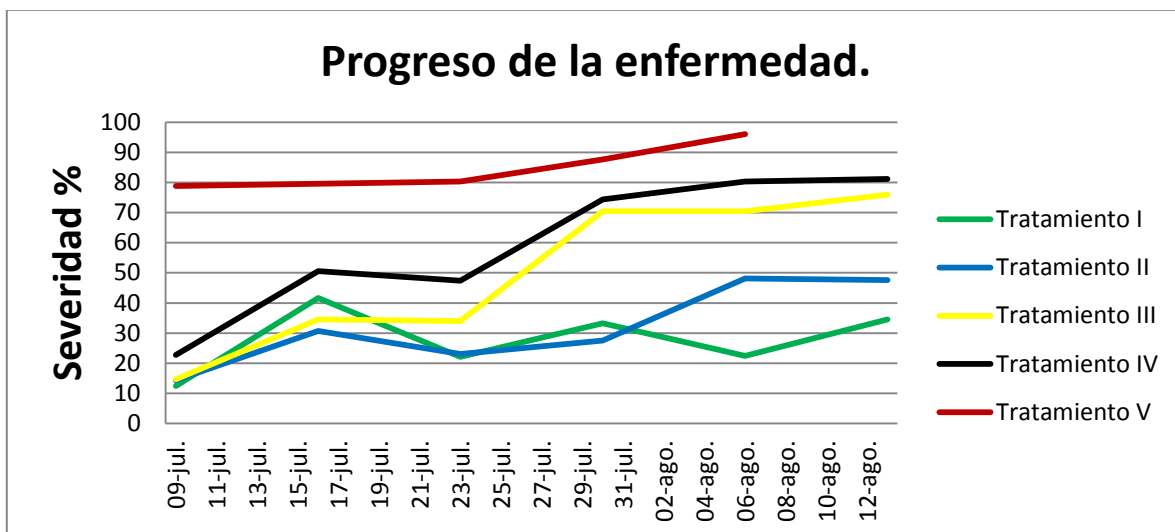


Figura 37. Curvas de progreso de la enfermedad del 9 de julio al 12 de agosto del 2014 estrato inferior

Evidencia de la necesidad del uso de un control químico eficaz y sostenible para evitar el desarrollo de resistencia de *P. cubensis*. El Tratamiento V presentó una severidad final del 98%, el Tratamiento IV 80%, Tratamiento III 76%, Tratamiento II 50%, Tratamiento I 35%.

El día 28 de julio se realizó la última aplicación de clorotalonil en el Tratamiento I, I.A. que no se aplicó en el tratamiento II debido a la rotación. En la gráfica se observa el punto de inflexión el día 30 de julio que se realizó el muestreo en donde se presenta un declive de la infección de *P. cubensis* en la curva del Tratamiento I y un aumento en la curva del Tratamiento II. La diferencia de estos dos tratamientos era la frecuencia de la utilización de clorotalonil, un I.A. de contacto y multisitio, un componente importante en el manejo sostenible de una enfermedad agrícola debido a que previene o retrasa el desarrollo de resistencia de un fitopatógeno.

a. Análisis de índice de área bajo la curva y ANDEVA

Los índices de ABCPE de los tratamientos I y II vuelven a ser similares por lo que se procedió a realizar un ADEVA y una prueba de medias múltiples de Tukey para encontrar una diferencia estadística (Ver figura 38).

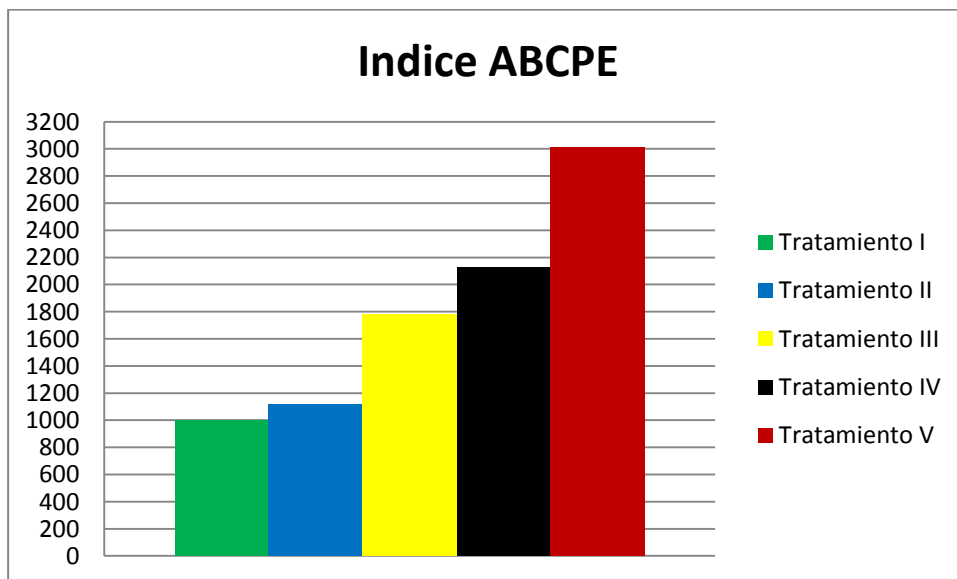


Figura 38. Índices de área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Estrato inferior.

Hipótesis:

H_0 =No existe diferencia significativa entre los cinco tratamientos para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

H_a = Al menos uno de los tratamientos es diferente significativamente para el control de *Pseudoperonospora cubensis*.

Cuadro 11. Resultados de ANDEVA INFOSTAT. Estrato inferior.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	13430742.18	8	1678842.77	182.27	<0.0001
Tratamiento	13346184.57	4	3336546.14	362.25	<0.0001
Repetición	84557.61	4	21139.40	2.30	0.1041
Error	147371.15	16	9210.70		
Total	13578113.33	24			

Test: Tukey Alfa=0.01 DMS=235.56727			
Error: 9210.6966 gl: 16			
Tratamiento	Medias	n	E.E.
I	1000.16	5	42.92 A
II	1122.52	5	42.92 A
III	1784.02	5	42.92 B
IV	2131.64	5	42.92 C
V	3008.60	5	42.92 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.01$)

En el cuadro 11 observamos que de nuevo los tratamientos I y II presentan diferencia significativa con los otros tratamientos pero no diferencia estadística entre ellos. Por lo que se concluye que Tratamiento I y II presentaron el mejor control para la infección de *Pseudoperonospora cubensis* en pepino y los mejores resultados en la lucha contra el desarrollo de resistencia de esta cepa a los productos utilizando como herramienta la rotación de i.a. de diferente modo de acción.

Se realizó un análisis de costos de todos los insumos para producir en 700 m^2 entre los tratamientos I y II para encontrar que programa es más eficiente con los recursos.

2.6.5 Análisis de Costos.

El **cuadro 12** presenta los costos totales de mano de obra y manejo agronómico en la producción de pepino en 700 m² con los productos y herramientas de producción de la empresa Monsanto de Guatemala. S.A.

Cuadro 12. Costo de mano de obra y manejo agronómico total evaluación.

Personal	Fijos	Temporales	Tarea	Horas/ Persona	Total Horas Empleado Temporal	Total Horas Empleado Fijo	Costo Empleado Temporal (Q)	Costo Empleado Fijo (Q)
5	1	4	camas	8	32	8	449.92	129.28
5	1	4	manguera	2	8	2	112.48	32.32
5	1	4	mulch	5	20	5	281.2	80.8
5	1	4	macrotunel	16	64	16	899.84	258.56
7	3	4	trasplante	6	24	18	337.44	290.88
7	3	4	estaca	2	8	6	112.48	96.96
7	3	4	pita	3	12	9	168.72	145.44
2	2	0	enrollado	12	0	2	0	32.32
2	2	0	aplicaciones	44	0	2	0	32.32
6	3	3	cosecha	40	120	120	1687.2	1939.2
							4049.28	3038.08
Total M.O.							Q .7087.36	

El total de mano de obra se le suma al costo de cada tratamiento aplicado por independientemente por lo que obtenemos el costo total de cada tratamiento en 700 m²

Cuadro 13. Costos de Tratamiento I

Ingrediente Activo	Unidad de Producto	Cantidad	Costo (Q)	Total (Q)
Clorotalonil	Kg	13.13	185	2429.05
Cymoxanil+Famoxadone	Kg	0.265	1115	295.475
Propamocarb+Fluopicolide	Litro	0.175	522	91.35
Mandipropamid	Litro	0.21	229	48.09
			Total	Q2863.96

Cuadro 14. Costos de Tratamiento II

Ingrediente Activo	Unidad de Producto	Cantidad	Costo (Q)	Total (Q)
Clorotalonil	Kg	9.62	185	1779.7
Cymoxanil+Famoxadone	Kg	0.35	1115	390.25
Propamocarb+Fluopicolide	Litro	0.35	522	182.7
Mandipropamid	Litro	0.28	229	64.12
			Total	Q2416.77

Cuadro 15. Costos de Tratamiento III

Ingrediente Activo	Unidad de Producto	Cantidad	Costo (Q)	Total (Q)
Clorotalonil	Kg	13.125	185	2428.125
Cymoxanil+Famoxadone	Kg	0.612	1115	682.38
Propamocarb+Fluopicolide	Litro	0.35	522	182.7
Mandipropamid	Litro	0.49	229	112.21
			Total	Q.3405.415

Cuadro 16. Comparación efectividad de tratamiento y costo.

Tratamiento	Efectividad	Costo (Q)
I	A	Q2863.96
II	A	Q2416.77
III	B	Q3405.41

Se comparó la efectividad de cada tratamiento para el control de *P. cubensis* y el costo que tiene cada uno de ellos. Los totales contemplan costo de mano de obra, manejo agronómico (insecticidas y fertilizantes) y el costo de cada tratamiento. Debido a que los tratamientos I y II no presentaron estadísticamente una diferencia significativa en su efectividad se recomienda el Tratamiento II como el mejor debido a que presentó una diferencia de 15.61% con respecto al costo del Tratamiento I.

2.7 CONCLUSIONES.

- Se logró determinar, por medio de observación directa en microscopio de estructuras reproductivas y análisis de laboratorio que el agente causal de la enfermedad foliar en pepino era *Pseudoperonospora cubensis*.
- Los tratamientos I (una aplicación de i.a. sistémico y dos de i.a. de contacto continuas) y II (una aplicación de i.a. sistémico y una de i.a. de contacto) fueron estadísticamente diferentes y mejores en su efectividad de control de *Pseudoperonospora cubensis*.
- El tratamiento II fue diferente numéricamente en costos debido a que presentó una diferencia en su eficiencia de 15.61% con respecto al costo del tratamiento I.
- Se logró el establecimiento del tratamiento II como parte del programa fitosanitario en la producción de pepino a campo abierto de mayo a septiembre en la Estación de Investigación de Salamá, Monsanto, Salamá, Baja Verapaz.

2.8 RECOMENDACIONES

- Se recomienda integrar el programa de manejo del tratamiento II para el control de *Pseudoperonospora cubensis* en el cultivo de pepino para la región de Salamá, Baja Verapaz, debido a su efectivo control y menor costo que el tratamiento propuesto por la finca y demás tratamientos evaluados.
- La severidad de *P. cubensis* puede disminuirse mediante el aumento de distancia entre surcos y distancia entre plantas. Esto fomentará el flujo de aire y reducción de humedad en las hojas disminuyendo las condiciones óptimas de inoculación.
- Se recomienda realizar aplicaciones preventivas a los 3 días después del trasplante de los pilones de pepino utilizando la dosis baja que recomienda la casa comercial de un fungicida cuyo ingrediente activo sea clorotalonil.
- Esta evaluación se puede repetir utilizando nuevos ingredientes activos de interés que ayuden en el control de *P. cubensis* además de poder ser parte de un inventario más amplio en la rotación de productos para evitar el desarrollo de resistencia de la cepa a los fungicidas.
- Evaluar el efecto de estos tratamientos sobre el rendimiento de la variedad seleccionada de pepino. Determinar algún efecto negativo o fitotoxicidad en la frecuencia de aplicaciones.
- Se recomienda darle seguimiento a esta investigación cuantificando el total de días del ciclo productivo que puede tener esta variedad con los programas de manejo.

- Contemplar la alternancia de dos o más ingredientes activos en cualquier plan de manejo de enfermedades establecidos. Tomando en cuenta que sean diferentes grupos según la FRAC en su modo de acción.
- No aplique dosis bajas de los ingredientes activos de efecto sistémico, ya que resultará más fácil para el patógeno el ajuste de sensibilidad al fungicida.
- Realizar una prueba de eficacia in vitro de cada ingrediente activo para determinar qué efecto tiene sobre *P. cubensis* individualmente.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta A. (1987). Determinación del periodo crítico de interferencia de las malezas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*) en el área de Bárcenas, Villa Nueva. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 38 p.
2. Barbero, M. (1994). Manual de forestación en tierras agrícolas. Madrid, España : MAPA. 117 pp. (Publicaciones del YRIDA).
3. Barrientos, C. (2007). Diagnóstico ambiental de la empresa Horticultura de Salamá. S.A. Baja Verapaz, Guatemala : ECONSULT. 98 p.
4. Cohen, Y. (1981). Downy mildew of cucurbits. *In* Spencer, DM (ed). New York, US : The Downy Mildews Academic Press. 636 p.
5. Colucci, SJ; Cohen, Y. (2010). Downy mildew of cucurbits. North Caroline, US : The Plant Health Instructor. 9 p.
6. Colucci, S. (2008). Host range, fungicide resistance and management of *Pseudoperonospora cubensis*, causal agent of cucurbit downy mildew. Thesis MSc. North Carolina State University, NC, US.
7. CVCA (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria, MX). (2004). Monografía del pepino (en línea). México. Consultado 8 mar 2014. Disponible en <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/MONOGRAFIA%20PEPINO2010.PDF>
8. Dean, A. (2010). Studies on resistance to downy mildew in cucumber (*Cucumis sativus* L.) caused by *Pseudoperonospora cubensis*. Thesis MSc. North Carolina State University, North Carolina, US. 191 p.
9. EPA (Environmental Protection Agency, US). (1995). Pesticide fact sheet: propamocarb. Estados Unidos : Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. 10 p.
10. _____. (1998). Pesticide fact sheet: cymoxanil. Estados Unidos : Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. 17 p.
11. _____. (2003). Pesticide Fact Sheet. Famoxadone. Estados Unidos. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. 16 p.
12. _____. (2007). Pesticide Fact Sheet. Fluopicolide. Estados Unidos. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. 11 p.

13. _____. (2008). Pesticide Fact Sheet. Mandipropamid. Estados Unidos. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. 39 p.
14. FAO, CL. (2006). Ficha técnica: pepino (*Cucumis sativus*) (en línea). Chile. Consultado 5 mar 2014. Disponible en http://www.fao.org/inpho_archive/content/documents/vlibrary/ae620s/pfrescos/PEPIN O.HTM
15. FASAGUA (Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala, GT). (2014). Precios monitoreados (en línea). Guatemala. Consultado 5 mar 2014. Disponible en <http://www.fasagua.com/node/46>
16. FRAC (Fungicide Resistance Action Committee, SW). (2013). Listado de códigos FRAC 2013: fungicidas ordenados por modo de acción. Suiza. 10 p.
17. García, M. (1984). Determinación del tamaño óptimo de parcela experimental para el cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Informe de Investigación. P. Agr. Guatemala, Instituto Técnico de Agricultura. 19 p.
18. Google Maps, US. (2014). Monsanto de Guatemala. Guatemala. Consultado 8 mar 2014. Disponible en https://maps.google.com/maps?q=google+earth&ie=UTF-8&ei=KuYhU4jxMqji2QWkxoDYCw&sqi=2&ved=0CAcQ_AUoAQ
19. Granke, L *et al.* (2011). Dynamics of *Pseudoperonospora cubensis* sporangia in commercial cucurbit fields in Michigan. Thesis MSc. North Carolina State University, NC, US. 9 p.
20. Huang, S *et al.* (2009). Genoma del pepino (*Cucumis sativus* L.). Nature Genetics 41:1275–1281.
21. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, GT). (2013). Registros históricos mensuales, estación San Jerónimo, Baja Verapaz. Guatemala. Consultado 28 feb 2013. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt/estacionesmet.html>
22. Ishi, H *et al.* (2001). Occurrence and molecular characterization of strobilurin resistance in cucumber powdery mildew and downy mildew. The American Phytopathological Society 91: 1166-1171 p.
23. ITIS (Integrated Taxonomic Information System, US). (2013). Taxonomy and nomenclature, *Cucumis sativus* (en línea). Estados Unidos. Consultado 7 mar 2014. Disponible en <http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt>
24. Lebeda, A. (2011). Distribution, host range and disease severity of *Pseudoperonospora cubensis* on cucurbits in the Czech Republic. Journal of Phytopathology 159:589–596.

25. Maradiaga, D. (2008). Estudio de la situación actual de la producción y exportación de berenjena (*Solanum melongena*) y pepino peludo (*Cucumis sativus*) caso: Comayagua, Honduras. Proyecto Ing. Admon. Agronegocios. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. 85 p.
26. Michereff, S. (2009). Escala diagramática para validación de severidad del mildío del melón. Brasilia, Brasil: Horticultura Brasileira. 8 p.
27. Mora, G. (2008). Epidemiología Vegetal. Instituto de fitosanidad, Colegio de Postgraduados. Texcoco, México, 74 p.
28. Morales, L. (1986). Efecto de seis frecuencias de riego, sobre el rendimiento y evapotranspiración del pepino (*Cucumis sativus* L.). En La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 67 p.
29. Nee, M. (1993). Flora de Veracruz. CA, USA: Universidad de California. 45 p.
30. Neufeld, K. et al. (2012). Interactive effects of temperature and leaf wetness duration on sporangia germination and infection of cucurbit hosts by *Pseudoperonospora cubensis*. North Carolina State University. NC, USA. 9 p.
31. Orozco, W. (1987). Efecto de seis frecuencias de riego sobre el rendimiento y evapotranspiración del pepino (*Cucumis sativus*) en el centro de producción San Jerónimo, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 74 p.
32. Palti, J; Cohen, Y. (1980). Downy mildew of cucurbits (*Pseudoperonospora cubensis*): the fungus and its hosts, distribution, epidemiology and control. *Phytoparasitica* 8:109-147.
33. Paz, J. (2004). Efecto de la gallinaza y lirio acuático en el rendimiento del pepino (*Cucumis sativus* L) San Miguel Petapa, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 55 p.
34. Peterson, P; Campbell, C. (2002). Prevalence and ecological association of foliar pathogens of cucumber in North Carolina, 1996-1998. Department of Plant Pathology, North Carolina State University, North Caroline, US. 7 p.
35. Porras, M. (1977). Selectividad de insecticidas en la polinización del cultivo de pepino (*Cucumis sativus*). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 29 p.
36. Quesada-Ocampo, L *et al.* (2012). The genetic structure of *Pseudoperonospora cubensis* populations. Michigan State University, Michhigan, US. 12 p.
37. Reuveni, R; Raviv, M. (1997). Control of downy mildew in greenhouse-grown cucumbers using blue photoselective polyethylene sheets. *Newe Ya'ar Research Center*. Israel. 6 p.

38. Runge, F; Thines, M. (2012). Reevaluation of host specificity of the closely related species *Pseudoperonospora humili* and *P. cubensis*. University of Hohenheim, Institute of Botany. Stuttgart, Germany. 7 p.
39. USAID (U.S. Agency for International Development). (2007). Manual de producción de pepino. Honduras. USAID RED. 31 p.
40. USDA (United States Department of Agriculture). (2006). Cucumber nutrition information (En línea). Estados Unidos. National Nutrient Database for Standard Reference. Consultado 10 mar 2014. Disponible en <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3006?qlookup=11205&format=Full&max=25&man=&lfacet=&new=>
41. Waterhouse, G *et al.* (1981). The taxonomy of *Pseudoperonospora*. Mycological Papers no. 148:1-28.
42. Yang, X. (2008). Distribution of baseline sensitivities to natural product phytoalexin among isolates of *Sphaeroteca fuliginie* and *Pseudoperonospora cubensis*. China Agricultural University, Beijing, China. 5 p.
43. Zhang, S *et al.* (2013). Chromosomal mapping and QTL analysis of resistance to downy mildew in *Cucumis sativus*. Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China. 7 p.

2.10 APÉNDICE

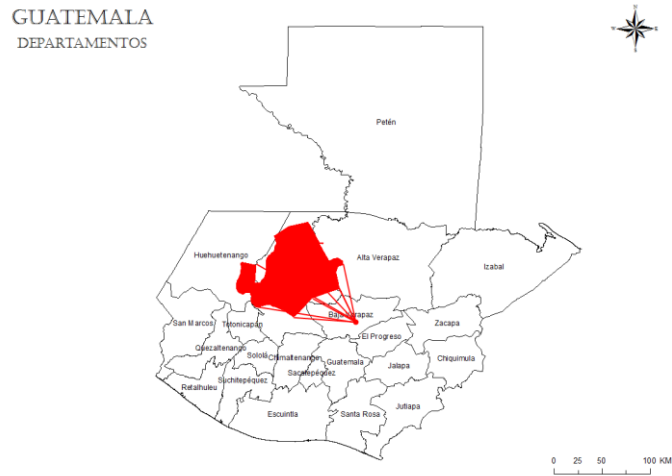


Figura 39A. Ubicación geográfica de la finca a nivel país.
Fuente: Elaboración propia con datos de Barrientos, 2007.

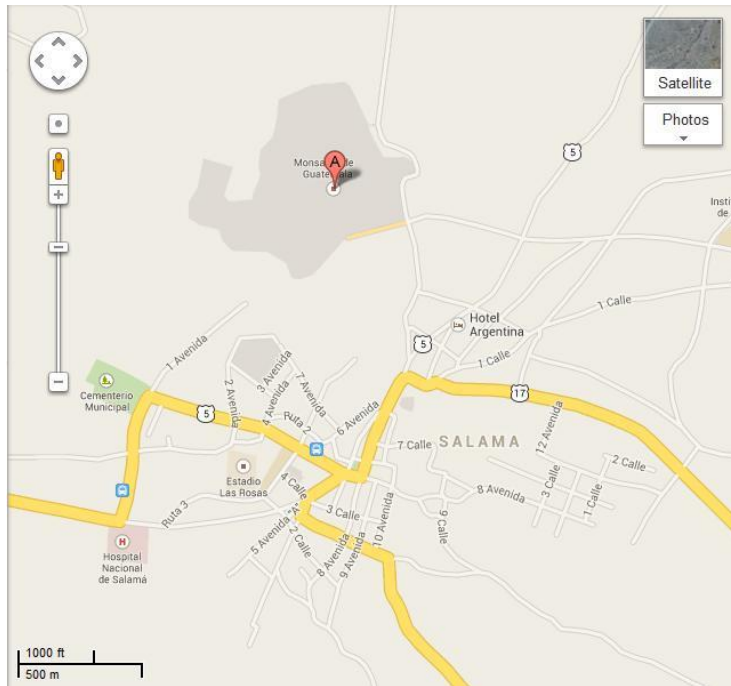


Figura 40A. Ubicación geográfica de la finca a nivel Salamá.
Fuente: Google Maps 2014

Cuadro 17A. Condiciones ambientales externas al macrotunel.

Mes	Variable	MIN	MAX	MEDIA
Mayo	Temperatura (°C)	14.34	43.36	25.3458
	Humedad Relativa (%)	35.23	99.49	82.6864
	Punto de Rocío (°C)	16.76	24.31	19.1126
Junio	Temperatura (°C)	15.28	44.91	25.2098
	Humedad Relativa (%)	21.32	98.74	71.1983
	Punto de Rocío (°C)	14.95	26.21	18.5105
Julio	Temperatura (°C)	11.52	44.52	25.1894
	Humedad Relativa (%)	16.77	98.67	66.5736
	Punto de Rocío (°C)	10.41	21.89	17.0211
Agosto	Temperatura (°C)	11.83	45.44	26.4352
	Humedad Relativa (%)	15.43	97.67	70.1123
	Punto de Rocío (°C)	10.01	22.89	16.9656

Cuadro 18A. Condiciones ambientales internas del macrotunel.

Mes	Variable	MIN	MAX	MEDIA
Mayo	Temperatura (°C)	15.6	43.36	25.3458
	Humedad Relativa (%)	29.99	98.49	72.6864
	Punto de Rocío (°C)	15.26	24.31	19.1126
Junio	Temperatura (°C)	18.36	37.4	24.5668
	Humedad Relativa (%)	36.53	97.24	78.5681
	Punto de Rocío (°C)	17.9	26.19	19.9112
Julio	Temperatura (°C)	11.52	39.28	24.091
	Humedad Relativa (%)	23.77	98.84	71.3032
	Punto de Rocío (°C)	9.93	26.03	17.5459
Agosto	Temperatura (°C)	16.32	46.23	25.7643
	Humedad Relativa (%)	32.12	96.92	71.1123
	Punto de Rocío (°C)	17.66	25.45	23.3423



Figura 41A. Metodología de muestreo de hojas de pepino con síntomas de *P. cubensis*.



Figura 42A. Equipo utilizado para elaboración de montajes de *P. cubensis*.



Figura 43A. Representación de escala de Michereff 2009.

Figura 44.A. Resultados determinación de patógeno en laboratorio.



14 Avenida 19-50, Conado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX: 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE FITOPATOLOGIA

Cliente	: MONSANTO DE GUATEMALA S. A. (00104)	Número de orden	: 88517
Persona Responsable	: JORGE CEBALLOS	Código de muestra	: 14.10.17.06.01
Finca	: 0	Fecha de ingreso	: 17/10/2014
Localización	: ,	Fecha del informe	: 21/10/2014
Referencia Cliente	: INV3	Asesor	: CARLOS SAGASTUME
Cultivo	: PEPINO -Cucumis sativus (39)		

TIPO DE MUESTRA

SINTOMAS

Hojas.

Manchas en haz y envés de las hojas.

PROCEDIMIENTO

De las manchas observadas en el envés de las hojas, se tomaron secciones de tejido y fueron vistas en forma directa al estereo y microscopio.

RESULTADO

Las manchas que se observan en las hojas de Pepino, son causadas por el hongo del género PSEUDOPERONOSPORA sp.

Metodología:

Observación directa al estereo y microscopio.

Revisado: _____

Agr. Julio del Cid.
Jefe de Laboratorio de Fitopatología

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.
La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.
Este informe es válido únicamente en su impresión original





CAPÍTULO III

**INFORME DE SERVICIOS
ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE MONSANTO EN
SALAMÁ, BAJA VERAPAZ, GUATEMALA. C.A.**

3.1 PRESENTACIÓN

En el diagnóstico realizado en la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A. se identificó una serie de problemáticas con base en las cuales se prestaron los servicios para mejorar y apoyar en los procesos de la empresa.

En la priorización de problemas, en común acuerdo con la gerencia de la empresa se logró decidir que se realizarían los siguientes servicios: a) Establecimiento del STI WHITEFLY PROJECT. b) Mediciones y optimización de proceso de traslado de cosechas. c) Apoyo en la evaluación de sustratos en el cultivo de chile (*Capsicum annum*).

El STI WHITEFLY PROJECT se basó en el establecimiento de la evaluación de la resistencia de diferentes genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y chile (*Capsicum annum*) a la infección de 6 geminivirus transmitidos por *Bemisia tabaci*. Con este proyecto Monsanto de Guatemala intenta desarrollar variedades resistentes a estos geminivirus, aunque actualmente en este proyecto se desarrolla la primera etapa de la investigación comparando plantas inoculadas con estos geminivirus contra plantas no inoculadas.

El proyecto de la mejora del proceso de cosechas se basó en la búsqueda de herramientas y alternativas para que el transporte de los productos sea más eficiente en la utilización de los recursos. Se buscó disminuir fallas que repercuten en los costos de este proceso, tratando de mejorar la cantidad de personal involucrado, tiempo de la tarea y ergonomía, manteniendo el enfoque de la obtención de productos de la mejor calidad.

La evaluación de sustratos constó en evaluar seis sustratos diferentes con dos variedades de chile (picante y dulce) y esperar resultados satisfactorios en alguna variación de la turba original. Los sustratos a evaluar fueron: Coco growbag, coco en bolsa, Turba en un 100%, 75% turba y 25% piedra pómez, 50% turba y 50% pómez y 25% turba y 75% pómez. Esperando que la piedra pómez aumentara el espacio poroso en la bolsa de sustrato y con ello la aireación y el drenaje y de esta manera reducir en volumen la utilización de turba.

Con el desarrollo de estos servicios prestados a la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala S.A se aportó en la mejora de procesos importantes en la operación de la empresa así como en la obtención de nuevas herramientas y metodologías para contribuir con el proceso de la mejora continua.

3.2 SERVICIO 1: STI WHITEFLY PROJECT.

La mosca blanca (*Bemisia tabaci*) fue descubierta en 1889 y se ha convertido en una de las plagas más importantes a nivel mundial en agricultura tradicional a campo abierto y bajo condiciones controladas, en ambientes tropical y subtropical. El control efectivo de esta plaga depende principalmente de la aplicación de insecticidas, convirtiendo el manejo de esta un proceso costoso económica y ambientalmente (Olivera 2001). Por lo que la utilización de variedades resistentes es una alternativa más amigable con el medio ambiente y de menor costo en cuanto a las aplicaciones de insecticidas en el ciclo de producción.

En el valle de Salamá se cuenta con ocho geminivirus distintos que afectan pequeños y grandes agricultores, no solamente en cultivos como tomate y chile si no también otras solanáceas, cucurbitáceas, especies frutales y ornamentales. Las virosis transmitidas por *Bemisia tabaci* son un factor determinante en los distintos sistemas de producción nacional e internacional. El daño económico que produce *B. tabaci* ha sido un tema muy complicado para determinar ya que es una plaga que afecta grandes extensiones de un gran número de hospederos y en diferentes sistemas monetarios efecto del daño fisiológico que ocasiona en la planta como acoloramiento de hojas, bajo rendimiento, disminución en la fotosíntesis, daño en frutos, semilla de mala calidad etc. La presencia de *B. tabaci* aumenta los costos de producción y disminuye el rendimiento, calidad y ganancias.

3.2.1 OBJETIVO GENERAL.

Establecer, supervisar y apoyar en el desarrollo del STI WHITEFLY PROJECT.

3.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Realizar la siembra de los materiales a evaluar.
- Diseñar la distribución espacial de las plantas en el invernadero.
- Supervisar el desarrollo y manejo agronómico del cultivo.

3.2.3 RESULTADOS ESPERADOS.

- Establecer el STI WHITEFLY PROJECT en el tiempo establecido, sin ningún contratiempo.
- Llevar a cabo un correcto y eficiente manejo agronómico de los materiales de tomate a evaluar.

3.2.4 METAS ESPERADAS

- Realizar el trasplante y manejo agronómico de 3,447 plantas en invernadero.
- Mantener libre de síntomas de virosis a las 432 plantas no inoculadas.

3.2.5 INDICADORES

- Plantas sin síntomas de virus.
 - Plantas sin síntomas de marchitamiento, deficiencia nutricional o toxicidades
- Plantas sin síntomas o daños de plagas y enfermedades ajenas a *Bemisia tabaci*.

3.2.6 RESULTADOS OBTENIDOS.

Siembra: Esta actividad consistió en sembrar dos semillas por celda en una bandeja de semillero utilizando peatmoss como sustrato. Se sembraron 53 bandejas de 96 celdas.

Control de germinación y conteo: Fue necesario llevar un conteo de los materiales que germinaron para saber el total de plantas a trasplantar a la bolsa de sustrato.

Inoculación: Las bandejas con los pilones se ubicaron en cajas con *B. tabaci* para que estas se alimentaran e inocularan el pilón. La inoculación se llevó a cabo a los 20 días después de la siembra y se mantuvieron las plantas en la caja por 12 días.

Aplicación de insecticida. En el momento que el pilón tenía 32 días de edad, se aplicó insecticida en las cajas para poder eliminar la *B. tabaci* y llevar a cabo el trasplante sin presencia del insecto.

Trasplante: Se esperaron 4 días para que el insecticida hiciera efecto y controlara la mosca, además de esperar a que se pudiera tener contacto con las bandejas por el tiempo de restricción que poseen estos productos. El trasplante se realizó a los 36 días de edad del pilón.

Supervisión y manejo del cultivo: Durante la etapa del cultivo, ya en la bolsa de sustrato, establecidas en el invernadero, se llevó a cabo la supervisión y el seguimiento al desarrollo y comportamiento del cultivo, observándose los síntomas de las plantas inoculadas con los virus y comparando su crecimiento con las plantas testigo no inoculadas. Actualmente el experimento sigue en desarrollo.

En la figura 45 y 46 se presenta la manera en que fueron distribuidas las bolsas de sustrato en donde se trasplantarían los pilones de tomate y los síntomas de la virosis transmitida por *B. tabaci*.



Figura 45. Distribución espacial de la bolsa de sustrato en el invernadero.



Figura 46. Plantas de tomate con síntomas de virus.

Durante la etapa de desarrollo vegetal se presentó un problema con la contingencia de la mosca blanca en las cajas de criadero. Se necesitó realizar aplicaciones extras de insecticidas para poder controlar la población no deseada de estas en el área de cultivo evaluado. Se presentaron algunas plantas testigo (no inoculadas) con síntomas de virosis, aunque se espera que no afecte la población severamente para que puedan cumplir con su función de comparación.

3.2.7 EVALUACIÓN

- Se llevó a cabo la siembra de los 419 genotipos distintos de plantas a evaluar en el proyecto sin problema alguno. Se obtuvo una aceptable germinación ya que solamente 3 de estos no germinaron, siendo los materiales No.43, 167 y 174.
- Se logró establecer las 3,447 plantas en el invernadero con especificaciones del genetista, en el momento de trasplante se perdieron 46 debido a daño en la raíz o falta de humedad en la bandeja.
- No se logró obtener 0 incidencia de virosis en las plantas testigo debido a la presencia de mosca blanca en el área de cultivo, la cual provino de las cajas de criadero y no se logró aislar durante el proyecto.
- Se obtuvo 0 incidencia de síntomas de otras enfermedades o daños de deficiencia o toxicidad por mala nutrición.

3.2.8 RECOMENDACIONES

- Es importante que cada proceso tenga un supervisor, todas las etapas del establecimiento del experimento son determinantes por lo que es necesario realizar control cruzado en cada paso de estas etapas.
- Realizar una cotización y un análisis de viabilidad de la implementación de cubículos de invernadero de vidrio en las cajas de criadero de mosca blanca, los cuales podrían disminuir la cantidad de mosca escapada hacia el área de cultivo.
- Mejorar el sistema de riego y ventilación en el invernadero del STI, debido a que el riego se convierte en una tarea que toma mucho tiempo y pone en peligro las últimas plantas que se riegan con manguera.
- Implementar lo más pronto posible una máquina de riego y motores para ventanas cenitales y automatizar el manejo agronómico.

3.3 SERVICIO 2: MEDICIONES Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESO DE TRASLADO DE COSECHAS

Se puede definir un proceso como cualquier secuencia repetitiva de actividades que una o varias personas desarrollan para hacer llegar un resultado a un destinatario a partir de recursos que se utilizan o bien se consumen. Para obtener un producto de óptima calidad, como lo intenta Monsanto de Guatemala es necesario gestionar y mejorar los procesos, en este caso el de producción de las semillas. (Harrington, 2009)

Las cosechas en la estación se han estado llevando a cabo utilizando cajas de máximo 50 libras, según las normas de seguridad industrial, y se han trasladado en carretones con capacidad de 12 de cajas, halados y empujados por el personal de los departamentos de Apoyo y Polinización. Se necesitan al menos 4 personas para llevar el carretón de un punto A a un punto B haciendo que el proceso demande mucho personal y por ende horas/hombre, siendo también una tarea que afecta directamente la ergonomía de las personas al realizarla.

Bajo la necesidad de mejorar estas condiciones se optó por la utilización de un carretón más grande con capacidad para 48 cajas y halado únicamente por un vehículo automotor conducido por una persona. Para esto fue necesario realizar la observación de ambas metodologías y la toma de datos de tiempo que toma la tarea, personal, cajas producidas y distancia recorrida.

3.3.1 OBJETIVO GENERAL.

- Comparar dos metodologías de transporte de cosechas y seleccionar en base a los resultados la metodología más eficiente.

3.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Observar y determinar los aspectos a favor y en contra de cada metodología utilizada de transporte de cosechas.
- Recopilar datos de tiempo, cantidad de personal, distancias recorridas y cantidad transportada por viaje en ambas metodologías.
- Determinar que metodología resulta más segura para el personal de la estación.

3.3.3 RESULTADOS ESPERADOS

Se espera que la metodología de carretón halada por el vehículo sea más eficiente que la metodología halada por 4 personas.

3.3.4 METAS ESPERADAS

- El tiempo que toma la tarea se vea reducido en al menos 50% con la aplicación de la nueva metodología.
- El personal involucrado en este proceso se vea reducido en un 75%.
- La cantidad de accidentes ocurridos en este proceso se reduzcan a 0.

3.3.5 INDICADORES

- Tiempo demorado en transporte de cosecha de invernadero al área de procesos mayores.
- Personal utilizado en el proceso.
- Cantidad de cajas cosechadas.
- Distancia recorrida por viaje.
- Accidentes reportados.
- Observaciones de seguridad.

3.3.6 METODOLOGÍA

Paso 1. Preparar materiales e insumos para cosechar. Los insumos requeridos son cubetas, canastas, tijeras para podar, guantes anticorte, leche, Virkon o Chemprocide, carretón de cosecha, Gator (vehículo automotor) y carretón.

Paso 2. El personal de apoyo, protección o polinización realizara la cosecha de los distintos cultivos a evaluar.

Paso 3. Documentar las distintas variables o recursos que se necesitaron al realizar la cosecha. Tiempo, cajas cosechadas y personal.

Paso 4. Realizar los traslados de las cajas cosechadas utilizando las dos metodologías a evaluar.

Paso 5. Realizar mediciones de las distancias recorridas así como el tiempo, personal y cajas cosechadas. Se deberán medir las metodologías por separado.

Paso 6. Analizar los resultados obtenidos a manera de comparar ambas metodologías y recomendar la más eficiente.

3.3.7 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos de las mediciones se resumen en los cuadros 19 y 20.

Cuadro 19. Resultados obtenidos de la recolección de datos y observación de metodología tradicional de transporte de cosechas.

Indicadores	Cantidad	Productividad
Operarios	4	3 cajas/op
Tiempo de traslado	25	8.33 min/cajas/op
Cajas por viaje	12	7.20 cajas/op/hora

Cuadro 20. Resultados obtenidos de la recolección de datos y observación de metodología nueva de transporte de cosechas.

Indicadores	Cantidad	Productividad
Operarios	1	48 cajas/op
Tiempo de traslado	10	0.20 min/caja/op
Cajas por viaje	48	300 cajas/op/hora

Con estos resultados se concluyó que en 1 hora con la metodología tradicional podríamos transportar 7.20 cajas con 4 personas. Mientras que con la nueva metodología podríamos transportar 300 cajas utilizando 1 operario en el vehículo en esa misma hora. En la figura 47 se observa la manera de operar de las personas halando y empujando el carretón.

El procedimiento se mejoró en un 98% en lo que son cajas a transportar por hora, mientras que el tiempo de traslado por caja se aumentó en un 97% y el personal se vio reducido en un 75%.



Figura 47. Carretón halado por 4 personas.

La figura 48 presenta el vehículo utilizado para la metodología automatizada de traslado de cosechas.



Figura 48. Carretón halado por el vehículo y 1 operario.

A. Ergonomía y seguridad.

Se llegó a la conclusión de que la metodología de carretón halado es la más peligrosa para el personal encargado de la cosecha ya que requiere mucho esfuerzo físico al empujar y halarlo. La tarea se realiza siempre bajo condiciones de alta temperatura por lo que resulta ser un trabajo agotador y debido a que la estación no presenta una superficie uniforme y libre de obstáculos, los traslados presentaron muchos peligros para el personal con lo que eran altas pendientes, terreno suelto, obstáculos (piedras y agujeros) y áreas húmedas.

La metodología del vehículo automotor presentó posibles peligros nada más para el conductor en lo que pudiera pasar con algún desperfecto del vehículo o en algún momento de este volcar. El conductor se desenvolvió en condiciones de comodidad del vehículo y poco esfuerzo al operarlo.

3.3.8 EVALUACIÓN

- Se observó que la metodología del carretón halado por el vehículo logro ser la más segura para el personal ya que involucra menos esfuerzo físico, no involucra a los empleados a trabajar bajo condiciones ambientales pesadas, no los expone a peligros en el traslado de la cosecha como tropezones y resbalones etc.
- La metodología del carretón halado por el vehículo resultó ser la más rápida y que involucra menos personal en la tarea por caja cosechada lo que conlleva a ser la más eficiente.

3.3.9 RECOMENDACIONES

- Se recomienda entrenar y capacitar al menos dos empleados del personal del departamento de Apoyo para que al menos haya una persona con las capacidades de conducir el vehículo al momento de realizar el transporte de las cosechas y con esto no depender de un conductor de otro departamento.
- Mejorar las condiciones del área de descarga de cosechas eliminando todos los obstáculos que ahí se encuentran e implementando una rampa para que el vehículo logre ubicar las cosechas ya en su interior y así sea más fácil y rápido el proceso de descargue del carretón.
- Implementar un calendario de uso del vehículo para no interferir en otras tareas y así este sea destinado únicamente para esta tarea en la temporada de cosecha.

3.4 SERVICIO 3: APOYO EN EVALUACIÓN DE SUSTRATOS EN EL CHILE (*Capsicum annum*).

En la Estación de Investigación de Salamá se utiliza como sustrato turba de pantano en todos los cultivos, es un sustrato orgánico, de color pardo oscuro y rico en micronutrientes esenciales para las plantas. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Son suelos carbonosos que se han formado como resultado de una descomposición libre de oxígeno de las plantas muertas. La turba natural es ácida y contiene mucha agua.

Debido a que es un recurso no renovable a corto plazo, las fuentes de este sustrato se reducen con el pasar de los años por lo cual hace necesario la disminución de su consumo y la búsqueda de otro tipo de sustrato que a largo plazo pueda sustituirle sin que la producción y la calidad de la semilla se vea afectada.

La turba utilizada como sustrato para la producción de semilla presenta una alta capacidad de retención de agua, así como altas concentraciones de micronutrientes útiles para la nutrición de los diferentes cultivos producidos en la estación. Se hace necesaria la búsqueda de una variable en la utilización de este recurso ya que en los últimos ciclos de producción, debido a que es un material de origen orgánico presenta altas poblaciones de hongos y bacterias fitopatógenas además de las altas concentraciones de micronutrientes que pueden ser dañinos para las plantas provocando toxicidades.

3.4.1 OBJETIVO GENERAL.

- Evaluar 6 diferentes sustratos en el cultivo de chile dulce y picante (*Capsicum annum*).

3.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Evaluar el rendimiento de las plantas de chile en cada sustrato.
- Determinar que sustrato presenta menos toxicidad para las plantas.

3.4.3 RESULTADOS ESPERADOS.

Se espera que al menos uno de los tratamientos sea igual o mejor en rendimiento y menor en costos que el testigo.

3.4.4 METAS ESPERADAS.

Al menos un tratamiento presente un aumento del 10% en rendimiento comparado con el testigo (tratamiento III).

3.4.5 INDICADORES.

- Cantidad de frutos.
- Cantidad de semillas.
- Peso de 1000 semillas (TSW).

3.4.6 RESULTADOS OBTENIDOS.

El cuadro 21 presenta la descripción de los tratamientos evaluados y la nomenclatura utilizada durante la evaluación.

Cuadro 21. Descripción de tratamientos evaluados.

Tratamiento	Descripción
1D/1P	Coco growbag
2D/ 2P	Coco en bolsa
3D/ 3P	Turba
4D/ 4P	75% Turba 25% Pomez
5D/ 5P	50% Turba 50% Pomez
6D/ 6P	25% Turba 75% Pomez

A. Conteo de Frutos

Se llevó a cabo el cálculo de rendimiento de frutos por tratamiento así como el conteo de semilla que produjo cada fruto. Los resultados se presentan en las siguientes gráficas.

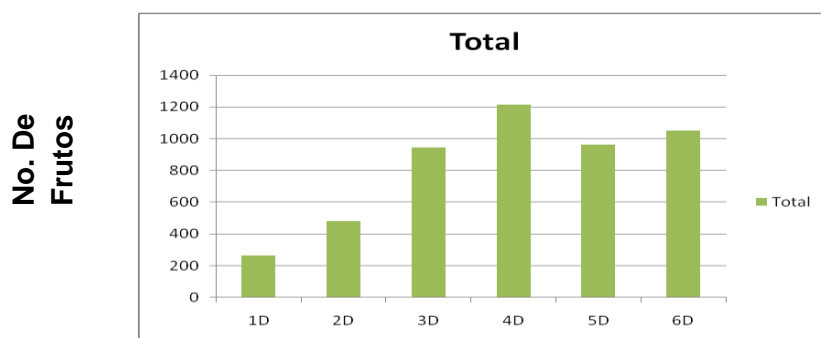


Figura 49. Rendimiento de frutos por tratamiento de chile dulce.

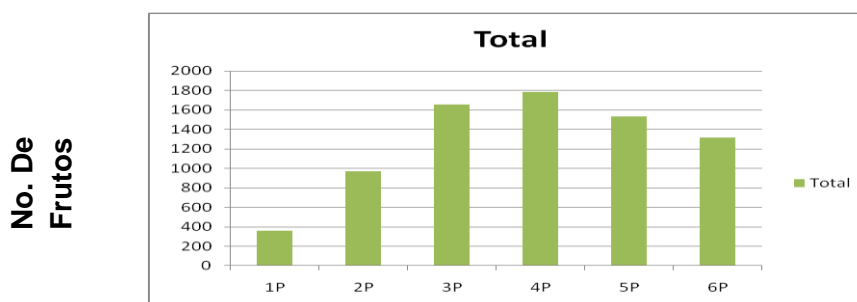


Figura 50. Rendimiento de frutos por tratamiento de chile picante.

En la figura 49 se presentan los datos obtenidos del conteo de frutos por tratamiento en la variedad de chile dulce. El tratamiento 4D (75% Turba y 25% Pómez) presenta el más alto rendimiento indicando que agregando un tercio de piedra pómez en volumen a la mezcla proporciona adecuada aireación y drenaje a la raíz para que la planta se desarrolle de una mejor manera y sea capaz de producir más frutos durante su ciclo de vida (García, 2001). La producción de chile dulce del tratamiento 4D significó un aumento del 28% en comparación con el testigo. La figura 50 nos muestra el mismo efecto del tratamiento 4 en la variedad de chile picante. Aunque el aumento de producción fue del 8%.

A. Conteo de semillas.

De los frutos previamente calculados se llevó a cabo el conteo de semillas producidas por tratamiento presentado en las siguientes gráficas.

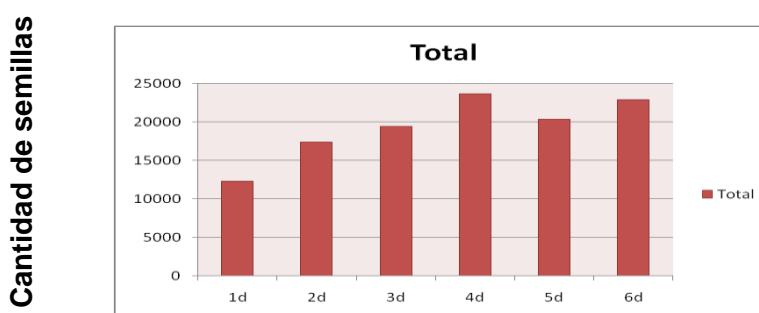


Figura 51. Cantidad de semillas producidas de chile dulce por tratamiento.

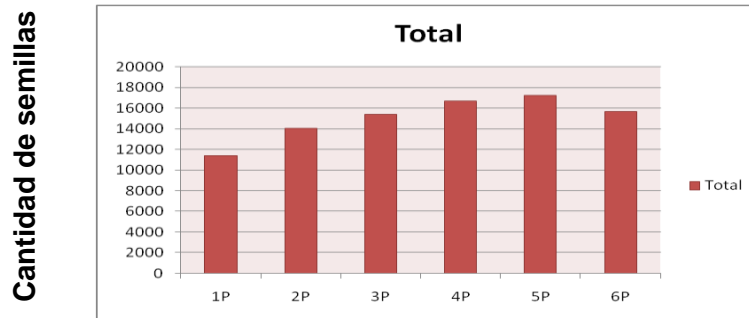


Figura 52. Cantidad de semillas producidas de chile picante por tratamiento.

Ya que el objetivo de la Estación de Investigación de Salamá de Monsanto de Guatemala es producir semilla se intentó que, a pesar de que la planta produjera poca cantidad de frutos, la cantidad de semilla fuera alta y que cumpliera con los estándares de calidad requeridos.

Para el chile dulce se observó que la mayor producción de semilla se dio en el sustrato de 75% Turba y 25% Pómez, este tratamiento presento un aumento del 22% en comparación con el testigo. Mientras que para el chile picante se obtuvieron mejores resultados en el sustrato de 50% Turba y 50% Pómez. Se observó que el chile picante presenta una mejor producción en suelos con mayor drenaje y aireación (Baltazar, 2003), aunque el segundo mejor tratamiento para esta variedad fue el de 75% Turba y 25% Pómez. Recalcando la que vuelve a presentar los mejores resultados este tipo de combinación presentando un aumento del 10% en la producción.

A. Peso de semilla.

El peso de la semilla es una de las principales características a tomar en cuenta en la calidad de esta. En este caso se procedió a evaluar lo que es el peso de 1000 semillas o TSW (Ver figura 53 y 54).

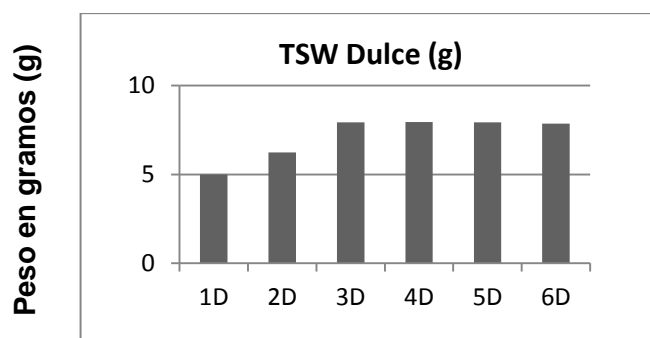


Figura 53. Peso de mil semillas de chile dulce de los diferentes tratamientos.

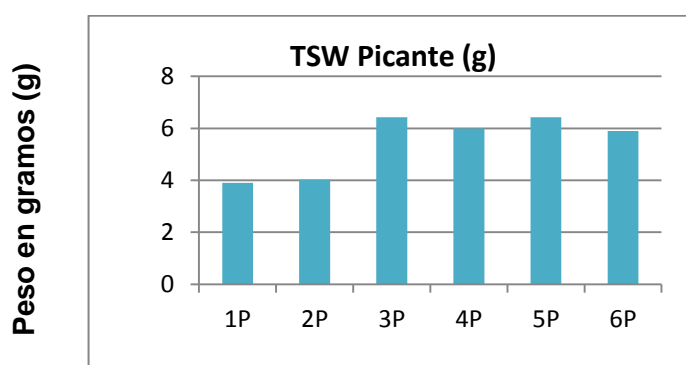


Figura 54. Peso de mil semillas de chile picante de los diferentes tratamientos.

La media de pesos de mil semillas entre los tratamientos III, IV, V no presentó diferencia significativa, indicando que la relación de composición no tuvo efecto en la calidad de semilla producida. Mas no así con los sustratos de coco lo cuales presentaron la más baja calidad de semilla de todos los tratamientos.

En el chile dulce el peso de 1000 semillas de los tratamientos III, IV, V y VI presentaron valores más altos a los 8 gramos mientras que en los sustratos 1 y 2 (coco) presentó 5 y 6 gramos respectivamente.

4.1.1 EVALUACIÓN

Se evaluaron 6 diferentes sustratos en dos variedades de chile, el sustrato que presento los mejores resultados en producción de frutos, producción de semilla y calidad de semilla fue el tratamiento IV. Este consto de la composición de 75% Turba y 25% Pómez en la bolsa de sustrato, presento un aumento de 28% en la producción de frutos en chiles dulce y 8 % en chiles picantes. En cuanto a la producción de semilla por tratamiento, presento un aumento en el 22 % en chiles dulces y 10 % en chiles picantes aunque esto no influyera en la calidad de la semilla ya que no hubo diferencia entre los tratamientos en el peso de 1000 semillas.

4.1.2 RECOMENDACIONES

- Realizar un experimento similar utilizando variedades de tomate, melón, pepino, sandía y berenjena para determinar que sustrato es mejor para estos cultivos que se comportan de diferente manera.
- Evaluar diferentes sustratos de coco, sean estos de diferente granulometría o diferentes proveedores y realizar un análisis de costos para poder compararlos en rendimiento y que sea económicamente favorable.
- Aumentar el número de plantas por repetición, ya que la muerte de algunas tuvo efecto en la investigación dejando muy pocas plantas para analizar y perdiendo objetividad. Evaluar al menos 30 plantas por repetición.

4.1.3 BIBLIOGRAFÍA.

1. Baltazar, J. Mendez, A. Pliego, L. (2013). Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile (*Capsicum annum*) en invernadero. Publicado en Revista mexicana de ciencias agrícolas. No 6. 1139-1150 p.
2. Garcia, O. Alcantar, G. Cabrera, R. (2001). Evaluación de sustratos para la producción de *Epiprennum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. México D.F., México. Publicado en Revista Terra No. 19. 249-258 p.
3. Harrington, H. (2009). Mejoramiento de los procesos administrativos. Texas, USA. Mc Graw Hill. 274 p.
4. Olivera, M. Henneberry, T. Anderson, P. (2001). History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. Nebraska, USA. USDA Agricultural Research Service. 16 p.