

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



EVALUACIÓN DE TRES FUNGICIDAS QUÍMICOS PARA EL  
CONTROL DE *Alternaria solani* (ELL. & MART.) JONES & GROUT,  
EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.), BAJO  
LAS CONDICIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE –  
CUNOR-, COBÁN, A.V.

POR  
DARWIN IVÁN PACAY MEDINA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, JUNIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE TRES FUNGICIDAS QUÍMICOS PARA EL  
CONTROL DE *Alternaria solani* (ELL. & MART.) JONES & GROUT,  
EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.), BAJO  
LAS CONDICIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE –  
CUNOR-, COBÁN, A.V.

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

DARWIN IVÁN PACAY MEDINA  
CARNÉ: 201443407

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE TÉCNICO  
EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, JUNIO DE 2017

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

### **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

SECRETARIO: Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey

REPRESENTANTE DOCENTES: Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj

REPRESENTANTES  
ESTUDIANTILES: Br. Fredy Enrique Gereda Milián

PEM. César Oswaldo Bol Cú

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

### **COORDINADORA DE LA CARRERA**

Ing. Agr. *MSc.* Sandra Anabella Tello Coutiño

### **COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

COORDINADOR: Ing. Agr. *MSc.* Edgar Armando Ruiz Cruz

SECRETARIO: Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta

VOCAL: Ing. Agr. *MSc.* Sandra Anabella Tello Coutiño

### **REVISOR DE REDACCIÓN DE ESTILO**

Ing. Civil *MSc.* Julio Enrique Reynosa Mejía

### **REVISOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta

### **ASESOR**

Ing. Agr. *MSc.* Edgar Armando Ruiz Cruz



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.

E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A.V., 21 de febrero de 2017  
Ref. 15-A-065/2017

Señores:  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR.

Estimados señores:

Me dirijo a ustedes para informarles que he revisado el trabajo de graduación titulado:  
**“Evaluación de tres fungicidas químicos para el control de *Alternaria solani* (ELL. & MART.) JONES & GROUT, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), bajo las condiciones del Centro Universitario del Norte – CUNOR, Cobán, A.V”.**

Al respecto como asesor puedo indicar que a mi juicio, el informe reúne las calidades requeridas por la Carrera, por lo que recomiendo se le dé el trámite respectivo para ser aprobado como Informe Final de Práctica Profesional Supervisada del estudiante Darwin Iván Pacay Medina.

Atentamente,



*“D y enseñad a todos”*

Ing. Agr. MSc. Edgar Armando Ruiz Cruz  
Asesor Principal

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A.V., 02 de febrero de 2017  
Ref. 15-A-066/2017

Señores:  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de tres fungicidas químicos para el control de *Alternaria Solani* (ELL. & MART.) JONES & GROUNT, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), bajo las condiciones del Centro Universitario del Norte – CUNOR, Cobán, A.V.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Darwin Iván Pacay Medina** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



*“D y enseñad a todos”*

Ing. Agr. Lisbeth Johana Paredes Matta  
Revisor de Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera Agronomía  
CUNOR-USAC

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208  
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A.V., 22 de mayo de 2017  
Ref. 15-A-161/2017

Señores:  
Miembros de la Comisión de  
Trabajos de Graduación de  
Práctica Profesional Supervisada  
Carrera Agronomía  
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de tres fungicidas químicos para el control de *Alternaria Solani* (ELL. & MART.) JONES & GROUNT, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), bajo las condiciones del Centro Universitario del Norte – CUNOR, Cobán, A.V.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Darwin Iván Pacay Medina** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



*“D y enseñad a todos”*

Ing. Civil **José María Reynosa Mejía**  
Revisor de Redacción y Estilo

Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera Agronomía –CUNOR-

c.c. archivo



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVERSITARIO DEL  
NORTE – CUNOR –  
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
PBX 79 56 66 00 Ext. 208  
Finca Sachamach, Km. 110,5 Ruta Cobán, A.V.  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [agrocunor@gmail.com](mailto:agrocunor@gmail.com)

Cobán, A.V., 29 de mayo de 2017  
Ref. 15-A-169/2017

**Licenciado Zootecnista:  
Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
Director del Centro Universitario del Norte,  
CUNOR - USAC**

Señor Director:  
Saludos cordiales

Adjunto remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado **“Evaluación de tres fungicidas químicos para el control de *Alternaria solani* (ELL. & MART.) JONES & GROUT, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), bajo las condiciones del Centro Universitario del Norte – CUNOR, Cobán, A.V.”**

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **Darwin Iván Pacay Medina** y de acuerdo a la opinión de las diferentes comisiones responsables de su revisión y del suscrito, cumple con los requisitos para ser aceptado como tesis de pre-grado; por lo que solicito se le dé el trámite correspondiente a fin de que el estudiante Pacay Medina, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,



*“Id y enseñad a todos”*

**Ing. Agr. MSc. Edgar Armando Ruiz Cruz**  
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación a Nivel Técnico  
Carrera de Agronomía  
CUNOR- USAC

c.c. archivo

## HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: Evaluación de tres fungicidas químicos para el control de *Alternaria solani* (Ell. & Mart.) Jones & Grout, en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), bajo las condiciones del Centro Universitario del Norte -CUNOR-, Cobán, A.V.; como requisito previo para optar al título profesional de Técnico en Producción Agrícola.



Darwin Iván Pacay Medina  
Carné: 201443407



## **RESPONSABILIDAD**

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

**DIOS**

Por ser mi fortaleza en las adversidades de mi vida y fuente de inspiración.

**MIS PADRES Y HERMANOS**

Porque son y serán mi más grande felicidad, mis guías en la vida y mi razón de lucha

**ESCUELA DE FORMACIÓN  
AGRÍCOLA**

**ESCUELA NACIONAL CENTRAL  
DE AGRICULTURA**

**LA TRICENTENARIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

Por proveerme de salud y fortaleza, que me permite finalizar una etapa más de carrera y mi vida.

### **MIS PADRES Y MIS HERMANOS**

Elfego Pacay Sierra, Luz Aida Medina Melgar, Sugeily Antonieta, Elfego Alexander, Ludwin Ariel y Hillary Alejandra por su apoyo incondicional, en todo el proceso de formación.

### **MIS AMIGOS**

Carlos Pérez, Luis Guerra, Carlos Meléndez, Pedro Macz, Elder Daniel, Fernando Tecu y Cristian Teni por su amistad y su apoyo.

### **DOCENTES DE LA CARRERA DE AGRONOMÍA**

Por ser esa fuente de conocimiento y experiencia transmitida tanto en el campo de la agronomía como en el de la vida.

### **ASESOR Y COORDINADOR DE PRÁCTICA**

Ing. Agr. *MSc.* Armando Ruiz Por brindarme el apoyo y consulta.

### **PROFESIONALES QUE APOYARON EN LA FINALIZACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO**

Ing. Agr. *MSc.* Rodolfo Reyes, Ing. Agr. *MSc.* Gustavo Macz e Ing. Civil *MSc.* Julio Reynosa.

## ÍNDICE

RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	6

### CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1	Antecedentes	8
1.2	Origen y generalidades del tomate	9
1.3	Descripción botánica	10
	1.3.1 Planta	10
	1.3.2 Sistema radicular	10
	1.3.3 Tallo principal	11
	1.3.4 Hojas	11
	1.3.5 Flor	11
	1.3.6 Fruto	11
	1.3.7 Taxonomía	12
1.4	Requerimientos edáficos y climáticos	12
	1.4.1 Fotoperíodo	12
	1.4.2 Altitud	12
	1.4.3 Precipitación Pluvial	12
	1.4.4 Humedad ambiental	13
	1.4.5 Temperatura	13
	1.4.6 Luz	13
	1.4.7 Textura de suelo	14
	1.4.8 Salinidad	14
	1.4.9 Potencial de hidrogeno (pH)	14
	1.4.10 Drenaje	14
1.5	Tizón temprano	15
	1.5.1 Sintomatología	15
	1.5.2 Etiología y epidemiología	15
	1.5.3 Taxonomía	16
1.6	Fungicida	16
1.7	Azoxystrobin	17
	1.7.1 Mecanismo de acción	17
	1.7.2 Fórmula química	17
	1.7.3 Fórmula estructural	17

1.8	Clorotalonil	17
	1.8.1 Modo de acción	18
	1.8.2 Fórmula química	18
	1.8.3 Fórmula estructural	18
1.9	Captan	18
	1.9.1 Modo de acción	19
	1.9.2 Formula química	19
	1.9.3 Formula estructural	19
1.10	Hipótesis	19
<b>CAPÍTULO II</b>		
<b>METODOLOGÍA</b>		
2.1	Descripción general del área	21
	2.1.1 Ubicación geográfica	21
	2.1.2 Altitud	21
	2.1.3 Características climática	21
	2.1.4 Zonas de vida	22
2.2	Diseño experimental	22
	2.2.1 Modelo estadístico	22
	2.2.2 Repeticiones	22
	2.2.3 Factores	22
	2.2.4 Tamaño del experimento	23
	2.2.5 Número de unidades experimentales	23
2.3	Establecimiento de la investigación	23
2.4	Manejo de la investigación	24
	2.4.1 Preparación del suelo	24
	2.4.2 Trasplante	24
	2.4.3 Fertilización	24
	2.4.4 Riego	25
	2.4.5 Control de malezas	26
	2.4.6 Control de plagas	26
	2.4.7 Control de enfermedades	26
2.5.1	Inoculación	27
2.5.2	Aplicación de fungicidas	27
2.5.3	Toma de datos	28
	a) Tejido dañado	28
	b) Plantas muertas	29
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>		
3.1	Incidencia (% de plantas infectadas)	31
3.2	Severidad (% de área afectada)	34
3.3	Mortalidad (% de plantas muertas)	40
3.4	Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)	44
CONCLUSIONES		47
RECOMENDACIONES		49

BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	53

## ÍNDICE DE IMÁGENES

1. Ahoyado de posturas	53
2. Preparación del terreno	53
3. Aplicación de abono orgánico	53
4. Material vegetativo utilizado	53
5. Trasplante de pilones	54
6. Una semana después del trasplante	54
7. Estado de la plantación al momento de aplicación de los fungicidas	54
8. Selección del material infectado	54
9. Inoculación mediante atomizador	55
10. Filtrado del material macerado	55
11. Identificación de síntomas característicos de <i>Alternaria solani</i> (Ellis y Martin)	55
12. Determinación del % de severidad, incidencia y mortalidad	55
13. Muerte de planta causada por <i>A. solani</i> (Ellis y Martin)	56
14. Muerte por constricción del tallo, causado por <i>A. solani</i> (Ellis y Martin)	56
16. Lesiones en el tallo, características de <i>A. solani</i> (Ellis y Martin)	56
15. Hoja de tomate ( <i>L. esculentum</i> L.) con machas circulares necróticas	56

## ÍNDICE DE CUADROS

1. Plan de fertilización	25
2. Resultados del porcentaje de incidencia por repetición, de cada tratamiento, trece días después de la inoculación	32
3. Dispersión de los datos para porcentaje de severidad, a los 45 días después de aplicados los tratamientos	35
4. Análisis de varianza correspondiente al porcentaje de severidad, tercera toma de datos	36
5. Dispersión de los datos, para el porcentaje de mortalidad	40
6. Análisis de varianza del número total de plantas muertas por tratamiento	41
7. Comparaciones múltiples, en medias del porcentaje de mortalidad	41
8. Se presentan ordenados los tratamientos, por subconjuntos homogéneos	42
9. Análisis de varianza, correspondiente al área bajo la curva del progreso de la enfermedad	45
10. Comparaciones múltiples, en medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad	45
11. Agrupamiento de subconjuntos homogéneos	46
12. Primero toma de datos, fecha 2 de junio 2016	57
13. Segunda toma de datos, fecha 16 de junio 2016	58
14. Tercera toma de datos, fecha 1 de julio 2016	59
15. Cronograma de actividades	60

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Porcentaje de severidad a los 45 días después de la primera aplicación de los tratamientos	37
2. Progreso de la enfermedad, dada en términos del porcentaje de severidad	38
3. Porcentaje promedio de mortalidad por tratamiento	43

## ÍNDICE DE FIGURAS

1. Croquis de campo	23
2. Escala diagramática de porcentaje de severidad para <i>Alternaria solani</i> (Ellis y Martin) en tomate ( <i>L. esculentum</i> L.)	61

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se sometió a evaluación tres fungicidas comerciales Amistar ® (azoxystrobin), Clorotac ® (clorotalonil), Captan ® así como un testigo al que no se le aplicó fungicida, para el control de *Alternaria solani* (Ellis y Martin) en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) Este se realizó bajo las condiciones edafoclimáticas del Centro Universitario del Norte -CUNOR-, Cobán, Alta Verapaz.

Es bien sabido de la importancia de este cultivo en la economía agrícola de la región y debido a su alta susceptibilidad al ataque de enfermedades fungosas como los es *A. solani* (Ellis y Martin), generar alternativas viables para la el control de éstas es de mucha ayuda a los pequeños agricultores con poca tecnología y limitados conocimientos en la selección de agroquímicos. Es por esto que el objetivo del presente trabajo es contribuir a la generación de información sobre alternativas de control químico para *A. solani* (Ellis y Martin).

Durante el periodo comprendido entre los meses de mayo y julio del 2016, se inoculó el patógeno cuatro veces a intervalos de catorce días, los fungicidas Clorotac ® y Captan ® se aplicaron de igual manera (intervalo de catorce días), en el caso de Amistar ® únicamente fueron 2 veces debido a el intervalo de aplicación que es de treinta días, ya que este no puede aplicarse más de tres veces por ciclo del cultivo. La toma de datos estuvo ligada al momento de aplicación de los fungicidas así como al desarrollo del patógeno en la plantación. Por lo tanto si éste causaba la muerte en la mayoría de la plantación se daría por finalizada la toma de datos y la investigación. Debido a esto se realizaron cuatro tomas de datos, en donde la última sirvió para determinar el tiempo requerido por el patógeno para alcanzar un 100 % de severidad



Para la evaluación de los fungicidas se consideró la variable tejido dañado, que está dada en términos de porcentaje de severidad e incidencia, y mortalidad. De acuerdo a la información obtenida en campo se determinó que: con Amistar se obtuvo el menor porcentaje de severidad (63,44 %), a pesar de la diferencia de 31,24 % con testigo no se obtuvo diferencia estadística por lo que los fungicidas no ejercieron mayor control que el testigo (sin aplicación de fungicida).

Para el caso de la variable incidencia se presentó el 100% a los 14 días después de la inoculación, indica la presencia de sintomatología características de alternaría en todas las plantas de cada tratamiento. Es de resaltar que el período de incubación determinado fue de 5 días, por lo que a los 11 días después todas las plantas presentaban al menos un síntoma (manchas circulares necróticas con anillos concéntricos).

Según la prueba múltiple de medias con estimador de Tukey, el porcentaje de mortalidad de los fungicidas Amistar, Captan y Clorotalonil presentaron diferencia significativa respecto al testigo; los valores obtenidos fueron de 22,70 %, 40,53 % y 58,77 % al día 45 después de la primera inoculación, el porcentaje de mortalidad que alcanzó el testigo fue de 100 %.

Se determinó que las condiciones climáticas influyeron de manera considerable así como el tipo de ciclo que presenta *A. solani* (Ellis y Martin) (múltiple) en el efecto de los fungicidas evaluados.

## INTRODUCCIÓN

El tomate, (*L. esculentum* L.), está identificado internacionalmente bajo la sub partida arancelaria 070200. Está considerada como la hortaliza más importante del mundo, dada la variedad de usos y su alto consumo en el arte culinario.

Pertenece a la familia de las solanáceas, “es originario de la América andina, pero fue en México donde se adaptó para el cultivo, y posteriormente fue llevado por españoles y portugueses al resto del mundo”.<sup>1</sup>

A pesar de que es uno de los cultivos más explotados comercialmente, es una de las actividades de mayor costo, debido a sus altos requerimientos nutricionales e hídricos, sumado a la presencia de enfermedades provocadas por hongos, bacterias y virus principalmente. Repercuten en un alto costo de producción, que causan pérdidas a muchos agricultores debido a que no realizan un adecuado control de plagas y enfermedades.

Las condiciones climáticas imperantes en Cobán han permitido establecer plantaciones comerciales de tomate. Sin embargo estas condiciones (alta humedad relativa y alta temperatura) que ocurren en los meses de mayo a septiembre son propicias para el desarrollo de *A. solani* (Ellis y Martin), causante de la enfermedad llamada “tizón temprano” que es de importancia en este cultivo. Por lo que se evaluaron tres fungicidas comerciales para determinar cuál de estos presenta la mayor eficiencia y menor costo de

---

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura Ganadería y alimentación-MAGA-, Perfil comercial tomate, <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20tomate.pdf> (16 de marzo de 2016).

aplicación en el control de *A. solani* (Ellis y Martin), bajo las condiciones edafoclimáticas del -CUNOR-, Cobán A.V.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tomate es uno de los cultivos de mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades que existe, aunque estas son propiciadas por las condiciones medio ambientales y el manejo agronómico, solo en este último es en el que se puede intervenir de mayor forma para desfavorecer su desarrollo. Esto da paso a que los productores con menos tecnología y conocimientos técnicos, realicen una inadecuada selección de los agroquímicos, sin considerar aspectos importantes como el ingrediente activo y los mecanismo de acción para la selección, por lo que existe un desconocimiento en cuanto a qué producto emplear al momento de realizar un control ya sea de carácter preventivo o curativo.

No es la excepción para *Alternaria solani* (Ellis y Martin) que es una de las enfermedades mas importantes del cultivo de tomate, debido a que puede afectarlo en cualquier etapa de su desarrollo, en condiciones de alta humedad relativa y temperatura, capaz de infectar cualquier órgano aéreo de la planta, desde la base del tallo, peciolos, hojas, flores y frutos. Por lo que hace falta informacion que se extraiga a nivel de campo bajo las condicones climáticas imperantes de la region, sobre qué productos son mejores en términos de eficiencia de control y cuál de ellos les otorga un mayor costo/beneficio.

## JUSTIFICACIÓN

El tomate es uno de los cultivos de mayor importancia en Guatemala debido a su variedad de usos y generalizado consumo, según información publicada por el MAGA: “Durante el año 2013, la cosecha de tomate alcanzó los 7 millones de quintales. El 72,1% de la superficie cultivada está concentrada entre Jutiapa, Baja Verapaz, Chiquimula, Guatemala, Alta Verapaz, El Progreso y Jalapa. En cuanto al empleo directo que genera esta actividad, el citado organismo lo sitúa en 10 029 plazas”<sup>2</sup>.

Si se traduce en términos de requerimientos, implica una alta demanda de productos agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, fungicidas, insecticidas y pesticidas en general). Los fungicidas son un componente vital del manejo de enfermedades ya que controlan satisfactoriamente muchas de éstas; las prácticas culturales a menudo no proporcionan un control adecuado, los cultivares resistentes no están disponibles o no son aceptados en el mercado y algunos cultivos de un gran valor, presentan una muy baja tolerancia a la presencia de síntomas causados por agentes fitopatógenos<sup>3</sup>.

Por ello el uso de fungicidas hasta el momento es el más utilizado para el control de *Alternaria solani* (Ellis y Martin), que es una enfermedad que presenta mayor problema en la época lluviosa y alta temperatura.

La propagación de las enfermedades son muy amplias; no obstante, Santamaria, L. y Ureta, J. mencionan<sup>4</sup> que las temperaturas que oscilan

---

<sup>2</sup> Producción de tomate en Guatemala. [http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-tomate-en-guatemala.shtml#.Vuc1L\\_nhDIU](http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-tomate-en-guatemala.shtml#.Vuc1L_nhDIU) (10 de marzo de 2016).

<sup>3</sup> Fungicidas. <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicidesSpanish.aspx> (10 de marzo de 2016).

<sup>4</sup> Luisa Santamaria y José Carlos Ureta R., 2014, <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicidesSpanish.aspx> (10 de marzo de 2016).

entre 25 °C y 30 °C son las más adecuadas, como una humedad relativa cercana al 75 %.

Las condiciones climáticas que se presentan en la región de Cobán según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) son: temperatura máxima promedio anual de 26 °C y una humedad relativa media anual de 83 %. En los meses de marzo a septiembre se reportan las mayores temperaturas<sup>5</sup>. Esto hace idóneas las condiciones para el desarrollo de *A. solani* (Ellis y Martin) en el medio.

Es por eso que con la presente investigación se evaluaron 3 fungicidas comerciales seleccionados por su mecanismo de acción, para determinar cual tiene una mayor eficiencia en el control del hongo, y considerar a su vez cuál representa un mayor costo/beneficio y así tener una mejor alternativa de control para este hongo en las condiciones climáticas de Cobán, A.V.

---

<sup>5</sup> Estación Cobán. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ALTA%20VERAPAZ/COBAN%20PARAMETROS.htm> (11 de marzo de 2016).

## OBJETIVOS

### General

Evaluar la eficiencia de tres fungicidas comerciales en *Alternaria solani* (Ellis y Martin), en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.)

### Específicos

- A. Establecer cuál de los fungicidas comerciales tiene una mayor eficiencia de control
- B. Determinar la incidencia y la severidad del tizón temprano, bajo el efecto de los fungicidas sometidos a evaluar
- C. Comparar el costo/beneficio de los fungicidas en estudio, mediante la tasa marginal de retorno





## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes

Enríquez, Cristina<sup>6</sup> en su investigación evaluó extractos vegetales y fungicidas químicos para el manejo integrado de *Alternaria solani* (Ellis y Martin). Se utilizaron seis tratamientos en los cuales se incluyó un antagonista *Trichoderma asperellum* Samuels, tres extractos vegetales; Marigold (*Calendula officinalis* L.), Noni (*Morinda citrifolia* L.), Neem (*Azadirachta indica* Adr. Juss.), un fungicida químico y un testigo absoluto. En donde el menor porcentaje de folíolos infectados por *A. solani* (Ellis y Martin) fue en los tratamientos con extracto de *Morinda C.* y *T. asperellum*, adicionalmente menciona que el extracto de *Morinda C.* presentó los mejores rendimientos.

Mendoza, Et. Al.<sup>7</sup> En su investigación realizada en el Municipio de Sebéco, Matagalpa, Nicaragua, evaluaron diferentes fungicidas sistémicos (Phyton, Benomil y Curazate) y de carácter preventivo (Mancozeb, Clorotalonil) para el control de enfermedades foliares causadas por dos patógenos (*A. solani* (Ellis y Martin) y *Xanthomonas campestris*); se comprobó que Clorotalonil era el mejor tratamiento para protección contra *A. solani* (Ellis y Martin), para el caso de *X. campestris* el que presentó mayor eficiencia de control fue el Phyton. Para la variable rendimiento se presentó diferencia significativa

---

<sup>6</sup> Cristina Lizeth Enríquez Moreno, Evaluación de alternativas para el manejo integrado del tizón temprano (*Alternaria solani* sor) en el cultivo tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), Universidad de Gayaquil, Facultad de ciencias agrarias, 2014. (16 de marzo de 2016).

<sup>7</sup> Fernando Mendoza y Ana Torres, Evaluación de cinco fungicidas para el manejo de enfermedades foliares y su rentabilidad en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) C.V. Butte.Sébaco, Matagalpa, Nicaragua, <http://repositorio.una.edu.ni/1963/1/tnh20m539e.pdf> (16 de marzo de 2016).

entre los grupos evaluados, encontrado que los tratamientos preventivos presentaron el mejor rendimiento 5 658,56 kg/ha.

Santos, Castró *Et. Al.*<sup>8</sup>, evaluaron el efecto de inductores de resistencia sistémica en tomate *L. esculentum* Milli., mediante agentes químicos y biológicos, se dividió en dos fases; fase de laboratorio que consistió en la búsqueda, aislamiento, reproducción del hongo y pruebas de compatibilidad de los agentes químicos y agentes biológicos, con el fin de eliminar el efecto antagónico que pudiera ejercer algún tratamiento químico, y la fase de campo que se llevó a cabo bajo condiciones protegidas (invernáculo de vidrio). Los tratamientos utilizados fueron: K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, KCL 50 M, Paracuat 12 M, Mancozeb 12 g/l, *Bacillus thuringiensis* 10 g/l y *Bacillus subtilis* 10 g/l. Se concluyó que al comparar los agentes químicos, inductores de resistencia y los biológicos, estos últimos presentaron una leve ventaja comparativa con el resto, por lo que son una alternativa más amigable con el ambiente.

## 1.2 Origen y generalidades del tomate

El origen del género *Lycopersicum* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al norte de Chile. Probablemente desde allí fue llevado a Centroamérica y México donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta. Luego, fue llevado por los conquistadores a Europa. “Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos y para entonces ya habían sido llevados a España y servían como alimento allí y en Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente

---

<sup>8</sup> Santos, Castro, Et. Al., *Inducción a la resistencia en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.), hacia Alternaria solani (Ellis y Martin), con agentes químicos y biológicos*, (tesis de ingeniero agrónomo, Universidad del Salvador, San Salvador, 2002).

Medio y África, y de allí a otros países asiáticos; y de Europa también se difundió a Estados Unidos de Norte América y Canadá.”<sup>9</sup>

Se utiliza para consumo en fresco, ensaladas y guisos. Además está muy extendida su industrialización mediante la realización de conservas, zumos, salsas, etc.

### **1.3 Descripción botánica**

Hernán Monardes<sup>10</sup> realizó una descripción botánica del cultivo de tomate en “El manual del cultivo de tomate” que se detalla a continuación:

#### **1.3.1 Planta**

El tomate puede presentar básicamente dos hábitos de crecimiento: determinado e indeterminado. La planta indeterminada es la normal y se caracteriza por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. Los tallos presentan segmentos uniformes con tres hojas (con yemas) y una inflorescencia, finaliza siempre con un ápice vegetativo. La planta determinada tiene tallos con segmentos que presentan progresivamente menos hojas por inflorescencia y terminan en una inflorescencia, lo que resulta en un crecimiento limitado.

#### **1.3.2 Sistema radicular**

El sistema radicular alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante (primaria) y muchas secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrolla un sistema fasciculado, en donde dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil.

---

<sup>9</sup> Manual del cultivo de tomate, 2009, [http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf) (12 de marzo de 2016)

<sup>10</sup> Ibid., 10.

### **1.3.3 Tallo principal**

Los tallos son ligeramente angulosos, semileñosos, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2 cm a 4 cm en su base, sobre el que se desarrollan las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales.

### **1.3.4 Hojas**

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternada sobre el tallo.

### **1.3.5 Flor**

La flor del tomate es perfecta. Consta de 5 o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como “racimos”. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada 2-3 hojas en las axilas.

### **1.3.6 Fruto**

Baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 g. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas.

### 1.3.7 Taxonomía

Según Cronquist (1986) la clasificación taxonómica del tomate es la siguiente:

Reino	<i>Plantae</i>
Sub-reino	<i>Embryobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Genero	<i>Lycopersicon</i>
Especie	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.

## 1.4 Requerimientos edáficos y climáticos

### 1.4.1 Fotoperíodo

Es una planta que para florecer no se basa en un fotoperíodo por lo que es considerada una planta de día neutro.

### 1.4.2 Altitud

Según Gonzales citado en “Requerimientos agroecológicos de cultivos”<sup>11</sup> La altitud óptima se encuentra en un rango menor a 1 800 msnm.

### 1.4.3 Precipitación Pluvial

Barandas<sup>12</sup> menciona que el cultivo requiere 460 mm de agua por ciclo vegetativo.

---

<sup>11</sup> Requerimientos agroecológicos, <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf> (12 de marzo de 2016).

<sup>12</sup> Ibid., 138.

Doorenbos y Kassam<sup>13</sup> mencionan que en condiciones donde la evapotranspiración es de 5 a 6 mm/d y cuando se ha consumido más del 40 % del agua disponible en el suelo, la absorción de agua se ve afectada comprometiendo las necesidades hídricas del cultivo. Por estas razones es preferible que se cultive con suministro constante de agua.

#### **1.4.4 Humedad ambiental**

Según Huerres y Caraballo<sup>14</sup> el rango más favorable de humedad relativa va de 50 % a 60 %.

#### **1.4.5 Temperatura**

El Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAG-<sup>15</sup> de San José Costa Rica, menciona que la temperatura óptima para su desarrollo se encuentra entre 21 y 24 °C. Las máximas no deben sobrepasar de 37°C y las mínimas no deben ser inferiores a 15 °C. Asimismo las temperaturas nocturnas pueden ser determinantes en el cuaje de frutos y deben oscilar entre 15 °C y 20°C.

El crecimiento vegetativo es muy lento con temperaturas por debajo de 10°C, así como la floración se detiene con temperaturas menores que 13 °C.

#### **1.4.6 Luz**

Según Barandas requiere alta intensidad luminosa. La escasez de luz produce debilitamiento en las plantas, las cuales se tornan más susceptibles a enfermedades. Asimismo menciona que los

---

<sup>13</sup> Ibid., 138.

<sup>14</sup> Ibid., 138.

<sup>15</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG-, San José Costa Rica, [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_tomate.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_tomate.pdf) (12 de marzo de 2016).

frutos registran el más alto contenido de ácido ascórbico cuando crecen a alta intensidad luminosa.

#### **1.4.7 Textura de suelo**

Los suelos para este cultivo pueden ser de arcilloso a arenosos, aunque se obtiene mejores rendimientos en suelos de textura franco arenosa y franco limosa.

#### **1.4.8 Salinidad**

El cultivo es moderadamente sensible a la salinidad. Doorenbos y Kassam<sup>16</sup> dicen que el periodo más sensible a la salinidad es durante la germinación y desarrollo inicial de la planta.

#### **1.4.9 Potencial de hidrogeno (pH)**

*Food and Agriculture Organization-FAO*<sup>17</sup> propone que el pH va de 5,5 a 7,0, el óptimo es 6,2.

#### **1.4.10 Drenaje**

El MAG<sup>18</sup> de San José Costa Rica indica que requiere suelos con buen drenaje. Los encharcamientos pueden promover el desarrollo de enfermedades, a las cuales el tomate es muy susceptible.

---

<sup>16</sup> Requerimientos agroecológicos, <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf> (12 de marzo de 2016).

<sup>17</sup> Ibid., 139.

<sup>18</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería-MAG-, San José Costa Rica, [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_tomate.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_tomate.pdf) (12 de marzo de 2016).

## 1.5 Tizón temprano

### 1.5.1 Sintomatología

Sánchez, M.<sup>19</sup> indica que los primeros síntomas ocurren en las hojas más viejas, y consiste en pequeñas lesiones irregulares color café oscuro, en cuyo interior se forman anillos concéntricos, debido a la resistencia que presenta la planta para detener el avance de la infección. Las lesiones pueden crecer hasta alcanzar 1,5 cm de diámetro o más. Típicamente las lesiones se rodean de un color amarillo, debido a la producción de toxinas; y cuando las lesiones son numerosas, se pueden unir y provocar la destrucción del tejido foliar, lo que incide en la producción y la calidad de la fruta ya formada que sufre quemaduras de sol al quedarse desprotegida. Puede causar tizón de las flores, y las lesiones en tallos, peciolo y frutos normalmente muestran el patrón de anillos concéntricos; además cuando envejecen producen un polvillo negro que corresponde a la producción de esporas del hongo.

### 1.5.2 Etiología y epidemiología

El agente causal del tizón temprano del tomate es el hongo *Alternaria solani*. El patógeno inverna en residuos de cosecha que permanecen en el suelo o en otras solanáceas. Sánchez, M.<sup>20</sup>; asimismo indica que los conidios germinan a una temperatura de 24 °C a 29 °C y ambiente húmedo o lluvioso; estos se diseminan fácilmente a través del aire y lluvia. La enfermedad también puede ser importante en climas áridos, si existen periodos frecuentes de rocío o riego por aspersión.

---

<sup>19</sup> Miguel Sánchez Castro, Manejo de enfermedades del tomate, [http://www.funprover.org/formatos/\\_manual\\_Tomate/Manejo%20de%20Enfermedades%20del%20Tomate.pdf](http://www.funprover.org/formatos/_manual_Tomate/Manejo%20de%20Enfermedades%20del%20Tomate.pdf) (13 de marzo de 2016).

<sup>20</sup> Ibid., 20.



### 1.5.3 Taxonomía

De acuerdo al sistema de clasificación que propone Agrios<sup>21</sup> la clasificación taxonómica es la siguiente:

<b>Reino</b>	<i>Fungi</i>
<b>División</b>	<i>Eumycota</i>
<b>Subdivisión</b>	<i>Deuteromycotina</i>
<b>Clase</b>	<i>Hyphomycetes</i>
<b>Orden:</b>	<i>Hyphales</i>
<b>Familia:</b>	<i>Demanticeae</i>
<b>Género:</b>	<i>Alternaria</i>
<b>Especie:</b>	<i>Alternaria solani</i> (Ellis y Martin)

### 1.6 Fungicida

Alfonso, D.<sup>22</sup> indica que la palabra fungicida se deriva de los términos latinos “*fungus*”: hongo y “*caedo*”: matar. En este sentido etimológico, fungicida es todo agente con habilidad para destruir organismos fungosos. El calor, los ácidos, la luz ultravioleta, son agentes físicos fungicidas. Sin embargo, el término fungicida se refiere a los productos químicos usados en la prevención y en algunos casos la erradicación o curación de enfermedades producidas por hongos fitopatógenos.

En este sentido estricto, es conveniente distinguir entre acción fungicida y acción fungistática. Se habla de la primera cuando la sustancia química produce la destrucción del organismos fungoso, es decir ocasiona una acción irreversible. En cambio, cuando la actividad es reversible,

---

<sup>21</sup> Agrios, Fitopatología 2° edición (México: Limusa S.A de C.V., 2002), Pagina 281.

<sup>22</sup> Diana, Alfonso, Evaluacion “*in vitro*”de fungicidas para el cotrol de hongos patógenos en esquejes de clavel en la etapa de enraizamiento, julio de 2008, <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis136.pdf> (13 de marzo de 2016)

produciendo un efecto inhibitorio temporal en la germinación de las esporas, se hace referencia a una acción fungistática.

## 1.7 Azoxystrobin

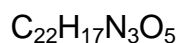
El azoxystrobin o azoxistrobina es un fungicida utilizado en cereales, viñas, arroz, cítricos, papas y tomates. Está incluido dentro de los primeros fungicidas de una nueva clase química disponible en el mercado, las estrobilurinas. Ahora es un producto líder a nivel mundial, pero hay serias preocupaciones relativas a la resistencia que genera.

El azoxystrobin se comenzó a vender por primera vez en 1998, y es un fungicida sistémico de contacto, de amplio espectro, cuya actividad está dirigida contra los cuatro principales grupos de hongos patógenos: Ascomycotina (por ejemplo, el polvillo de moho), Basidiomycotina (ej., tizón), Deuteromycotina (ej., necrosis del arroz) y Mastigomycotina (ej., mildiú de la vid o polvo de azúcar).<sup>23</sup>

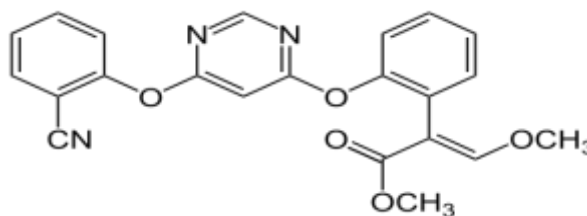
### 1.7.1 Mecanismo de acción

Inhibe la germinación de las esporas y el crecimiento micelial.<sup>24</sup>

### 1.7.2 Fórmula química



### 1.7.3 Fórmula estructural



## 1.8 Clorotalonil

<sup>23</sup>Ficha técnica Azoxystrobin, marzo de 2001, [http://www.rapal.org/db\\_files/PlaguiAL\\_PpioAc\\_Azoxystrobin\\_FichaTecnica\\_09.pdf](http://www.rapal.org/db_files/PlaguiAL_PpioAc_Azoxystrobin_FichaTecnica_09.pdf) (13 de marzo de 2016)

<sup>24</sup> Ibid., 4.

Según su ficha técnica<sup>25</sup> es un fungicida de efecto preventivo. Controla una amplia gama de enfermedades en diversos cultivos. Es un fungicida multisitio, con muy bajo riesgo de resistencia.

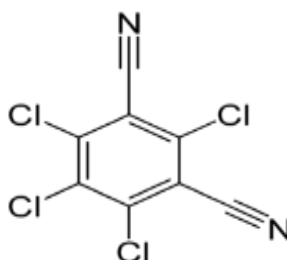
### 1.8.1 Modo de acción

“Actúa por conjugación y disminución de tioles (particularmente glutatión), de las células fúngicas germinales, conduciendo a una interrupción de la glucólisis y producción de energía. Tiene acción fungistática y fungicida.”<sup>26</sup>

### 1.8.2 Fórmula química



### 1.8.3 Fórmula estructural



## 1.9 Captan

Es un fungicida protectante y erradicante que combate diversas enfermedades causadas por hongos habitantes del suelo y foliares. Se obtiene un efectivo control cuando se aplica a niveles bajos de infección. Puede ser aplicado en campo abierto y en cultivos bajo invernadero; como desinfectante del suelo, semilleros, viveros y en forma foliar. Es además

---

<sup>25</sup> Ficha técnica Clorotalonil, <http://www.tridente.com.mx/fichas-tecnicas/FICHATECNICA-CLOROTALONIL.pdf> (13 de marzo de 2016)

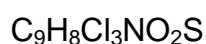
<sup>26</sup> Ibid., 1.

un estimulante de la vegetación, mejora el aspecto y coloración de los frutos y favorece la cicatrización de heridas.<sup>27</sup>

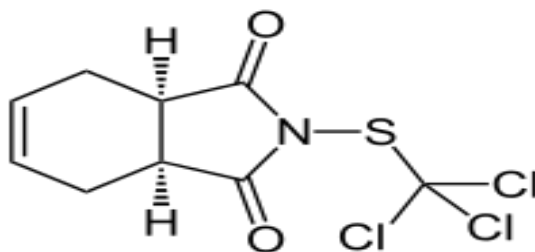
### 1.9.1 Modo de acción

Inhibe la actividad de las enzimas sulfhídricas con lo que se libera tiosfeno, producto tóxico para el hongo, también interfiere en la respiración y el transporte de electrones.<sup>28</sup>

### 1.9.2 Formula química



### 1.9.3 Formula estructural



### 1.10 Hipótesis

El fungicida comercial captan será más efectivo en el control de *Alternaria solani* (Ellis y Martin), debido a su mecanismo de acción, que inhibe la actividad de las enzimas sulfhídricas, que provoca la muerte celular por intoxicación, además de interferir con la respiración celular.

---

<sup>27</sup> Captan 50 PM, [http://www.ecuaquimica.com/pdf\\_agricola/CAPTAN50.pdf](http://www.ecuaquimica.com/pdf_agricola/CAPTAN50.pdf) ( 13 de marzo de 2016)

<sup>28</sup> Ibid.



## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

### 2.1 Descripción general del área

#### 2.1.1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en las instalaciones del CUNOR, que se encuentran ubicadas en la finca Sachamach, localizada en el municipio de Cobán, Alta Verapaz. Aproximadamente a 2 km del centro de la ciudad. Las coordenadas geográficas son 16°21' latitud norte y 90° 22' longitud oeste.

#### 2.1.2 Altitud

Se encuentra a 1 316 msnm.

#### 2.1.3 Características climática

Las condiciones climáticas en Cobán, Alta Verapaz, son las siguientes:

Temperatura media anual	22,2 °C
Temperatura máxima promedio	26 °C
Temperatura mínima promedio	14,3 °C
Precipitación promedio anual	2 385 mm
Humedad relativa media	83 % <sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología- INSIVUME-, Estación Cobán parámetros, <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ALTA%20VERAPAZ/COBAN%20PARAMETROS.htm> (15 de marzo de 2016).

### 2.1.4 Zonas de vida

Según el sistema de clasificación de Holdridge<sup>30</sup>, La zona de vida en la que se encuentra ubicado Cobán corresponde a; bosque muy húmedo sub-tropical frío.

## 2.2 Diseño experimental

El diseño que se utilizó fue completamente al azar, ya que se consideraron como condiciones homogéneas.

### 2.2.1 Modelo estadístico

$$y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Dónde:

$y_{ij}$  = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del tratamiento i

$E_{ij}$  = Error aleatorio

### 2.2.2 Repeticiones

El número de repeticiones definido fue 4.

### 2.2.3 Factores

#### a) Fungicidas

F1: Azoxystrobin: Nombre comercial (Amistar)

F2: Captan: Nombre comercial (Captan)

F3: Clorotalonil: Nombre comercial (clorotac)

F4: Testigo (Sin aplicación de fungicida)

---

<sup>30</sup> Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-, Mapas de zona de vida Holdridge República de Guatemala, octubre de 2,002, <http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/vegetacion/zonas-de-vida.pdf> (15 de marzo de 2016).

### 2.2.4 Tamaño del experimento

El número de plantas por unidad experimental fue de diez, cada unidad experimental fue de 4 m, contenidas en 4 camellones. Por lo tanto las dimensiones del área total fueron de 20 m X 10,4 m.

### 2.2.5 Número de unidades experimentales

El número de unidades experimentales se determinó de la siguiente manera:

Tratamientos: 4 Repeticiones: 4

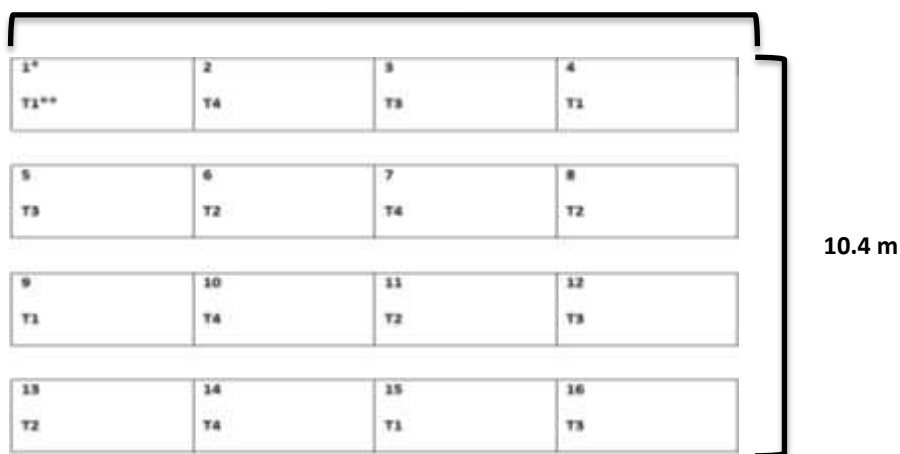
No: de unidades experimentales=  $R \cdot T = 4 \cdot 4 = 16$  Unidades experimentales

## 2.3 Establecimiento de la investigación

El establecimiento de investigación fue basado en el diseño experimental completamente al azar. Esta fue una de las modificaciones que se realizó. El número de tratamientos se redujo a cuatro en donde se incluye el testigo, se incrementó el número de repeticiones a cuatro por lo tanto se establecieron dieciséis unidades experimentales.

**FIGURA 1**  
**Croquis de campo**

20 m



Fuente: Investigación de campo. 2016

\* = No. de unidad experimental

\*\*= Tratamiento



En el figura anterior se detallan las dimensiones del área ocupada por el experimento, en donde las dimensiones de cada unidad experimental corresponde a un surco de 4 m, la distancia entre cada unidad experimental es de 1 m y la distancia entre surco es de 2,2 m. Las plantas fueron dispuestas a hilera simple, a 0,4 m entre cada una.

## **2.4 Manejo de la investigación**

### **2.4.1 Preparación del suelo**

Se inició con un chapeo al ras del suelo en toda el área del experimento, y 1.5 m más de orilla. La maleza resultante fue retirada del área. Luego se procedió a raspar con azadón, con el fin de dejar completamente libre de malezas.

Finalmente se procedió a voltear el suelo a una profundidad de 40 cm, definiendo el surco a su vez de 40 cm de ancho aproximadamente. Se utilizó rafia para señalar guías y evitar sinuosidades en el surco.

### **2.4.2 Trasplante**

La variedad utilizada fue Retana, debido a que es la más empleada por los agricultores de la región. Esta se trasplantó a los 35 días después de la siembra a un distanciamiento de 40 cm entre planta. El riego se suministró por medio de una manguera; además de esto, 3 d antes se realizó la aplicación de Ridomil Gold ®, fungicida para la desinfección del suelo, con el fin de reducir el ataque de la enfermedad conocida como Mal del talluelo.

### **2.4.3 Fertilización**

La fertilización se llevó acabo de conformidad, con el plan de fertilización que a continuación se presenta:

**CUADRO 1**  
**Plan de fertilización**

Edad	Fertilizante	No. de aplicaciones	kg del fertilizante/por aplicación
Plántula	15-30-15	1	0,8
1-20 (d)	Urea	1	0,3
Desarrollo vegetativo y floración			
21-40 (d)	Nitrato de calcio	2	1,5
	Nitrato de magnesio	1	1
Cuajado y maduración			
41-60 (d)	15-30-15	1	0,46
	Nitrato de potasio	2	1,8
	Nitrato de calcio	1	1,2
Cosecha			
60-120 (d)	Nitrato de potasio	2	1,46
	Nitrato de magnesio	1	0,8
	Nitrato de Calcio	2	1,05

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

#### **2.4.4 Riego**

El riego fue suministrado cuando fue necesario con ayuda de una manguera, la duración promedio fue de 45 min/riego, principalmente las últimas semanas de mayo.

Debido a que la distribución de las lluvias fue regular en los meses que siguieron, ya no fue necesario realizar aplicaciones consecutivas, reduciéndose considerablemente el número de aplicaciones semanales.

#### **2.4.5 Control de malezas**

Para el control de malezas se definió un intervalo de 14 d, pero no se utilizó debido a que las malezas presentaron una alta tasa de crecimiento propiciada por la constante precipitación. Razón por la que se redujo a 7 d. El desmalezado fue realizado entre plantas, entre camellones y en la periferia del área de ensayo que fue aproximadamente de 2 m. Esta labor fue realizada de manera manual para el control entre plantas, para el resto del área fue utilizado azadón y machete debido a que no se tenía el riesgo de lesionar o cortar alguna de las plantas evaluadas.

#### **2.4.6 Control de plagas**

EL control de plagas fue de carácter preventivo, en donde se aplicaron insecticidas sistémicos a intervalos de 14 d, alternando Connect ® y Monarca ®. Cuando las precipitaciones fueron constantes se dejaron de aplicar, ya que se observó que ejercían un control sobre la población de mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius).

#### **2.4.7 Control de enfermedades**

La única enfermedad a la que se le realizó un control de carácter preventivo fue al Mal del talluelo, debido a que no se presentó otra, además de la causada por *A. solani* (Ellis y Martin).

### **2.5 Metodología experimental**

A partir del establecimiento de la investigación, se inició con el manejo anteriormente descrito. Para el caso de la toma de datos se utilizó la siguiente metodología:

### **2.5.1 Inoculación**

La inoculación de *A. solani* (Ellis y Martin) se inició a los 20 d después del trasplante de los pilones, con el fin de tener plantas con órganos más desarrollados. Esta se realizó cada 14 d; 3 d después de la aplicación de los fungicidas.

Para la inoculación se tomó tejido infectado con *A. solani* (Ellis y Martin), identificado a nivel de campo por la sintomatología característica (manchas circulares con anillos concéntricos de color negro, que coalescen al progresar la infección), en plantaciones de la región de Cobán, a razón de 10 g de tejido infectado por cada 100 ml de agua (P/V); se filtró la disolución con el fin de evitar el taponamiento del atomizador, posteriormente se atomizó 2 L de solución en total, se hizo de tal forma que toda la planta fuera cubierta con la disolución.

El tejido infectado siempre fue obtenido de una plantación distinta de la sometida a investigación.

### **2.5.2 Aplicación de fungicidas**

La frecuencia de aplicación de los fungicidas fue definida por las recomendaciones técnicas en los panfletos de cada producto, para el caso de Amistar® se recomienda no aplicar más de tres veces por ciclo del cultivo, por lo que se definió un intervalo de 30 d, aplicándolo dos veces en lo que duró la investigación.

El intervalo de aplicación de Clorotac® y Captan® fue de catorce días, estos sin restricción en el número de veces por ciclo de cultivo, debido a su mecanismo de acción multisitio hacia el patógeno. En donde se aplicaron tres veces ambos fungicidas durante la investigación.

### 2.5.3 Toma de datos

Para la toma de datos se midió la variable tejido dañado y plantas muertas, el rendimiento fue la única variable no cuantificada, ya que la plantación no llegó a un estado fenológico de fructificación, que permitiera obtener datos representativos.

Los datos se comenzaron a medir un día antes de la segunda aspersión de los fungicidas, con mayor frecuencia de aplicación (Clorotac® y Captan®)

#### a) Tejido dañado

Fue definida en términos de incidencia y severidad. Ambas se encuentran definidas por ecuaciones:

##### 1. La incidencia

Se determinó, realizando una evaluación a nivel de campo de las plantas que presentaron la sintomatología de *A. solani* (Ellis y Martin), el número de plantas infectadas entre el total de plantas por unidad experimental por cien nos da el porcentaje de incidencia por unidad experimental.

$$\text{Incidencia \%} = \frac{\text{Plantas infectadas/tratamiento}}{\text{Total de plantas/tratamiento}} \times 100$$

##### 2. La severidad

Está expresada en términos del porcentaje del área total infectada por el patógeno, la unidad de muestreo fue de una planta por unidad experimental. Para cuantificar el área

foliar total por planta, fue necesario la medición del área de cada foliolo que conforman una hoja, tomando largo ( Desde el ápice hasta la base de la hoja) y ancho ( Medido en la parte media), en donde:  $\text{Área} = \text{Largo} \times \text{Ancho} \times \pi$ . Para el área infectada se utilizaron diagramas de severidad para *A. solani* (Ellis y Martin).

$$\text{Severidad \%} = \frac{\text{Área afectada/planta}}{\text{Área total/planta}} \times 100$$

**b) Plantas muertas**

Se evaluó la muerte de la planta a lo largo de la investigación, es importante resaltar que únicamente se consideró aquella que se atribuyera a daños causados por *A. Solani* (Ellis y Martin) Ésta provoca la muerte general del tejido foliar y/o lesiones en tallo y peciolo, en estos últimos provocan constricciones, evita el flujo de sustancias elaboradas y agua.



## CAPÍTULO III

### DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La selección de los fungicidas Amistar®, Captan® y Clorotac® como alternativas para el control del hongo Fito-patógeno *Alternaría solani* (Ellis y Martin) en el cultivo de tomate, han sido debido a que sus ingredientes activos presentan distintos mecanismos de acción hacia el patógeno, en donde se buscó que cada fungicida representara una opción distinta de control, además de incluir el costo y disponibilidad de estos en los agroservicios de la región, como factores de selección.

La efectividad de cada fungicida fue evaluada únicamente a nivel de campo mediante el porcentaje de incidencia, severidad, mortalidad y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad.

#### **3.1 Incidencia (% de plantas infectadas)**

Esta variable se inició a medir a partir de los 13 d después de la inoculación del hongo (como se definió en la metodología). Para su determinación se realizó un diagnóstico visual, con el fin de identificar la presencia de la sintomatología que caracteriza a *A. Solani* (Ellis y Martin), por cada unidad experimental.



**CUADRO 2**  
**Resultados del porcentaje de incidencia por repetición, de cada tratamiento, trece días después de la inoculación**

Tratamiento	Total de plantas al inicio de la toma de datos	Plantas sin síntomas	Plantas con síntomas
<b>T1</b>			
Repetición			
1	8	0	8
2	9	0	9
3	5	0	5
4	6	0	6
<b>T2</b>			
Repetición			
1	5	0	5
2	9	0	9
3	6	0	6
4	5	0	5
<b>T3</b>			
Repetición			
1	8	0	8
2	7	0	7
3	6	0	6
4	8	0	8
<b>T4</b>			
Repetición			
1	0	0	10
2	0	0	7
3	0	0	7
4	6	0	6

Fuente: Investigación de campo. 2016

Esta tabla ilustra cómo se distribuyeron los datos en el campo, para cada tratamiento, se encontró que el porcentaje de incidencia en todos es del 100 %. Por esta razón no se realizó un análisis estadístico ya que no existe varianza entre las repeticiones y entre tratamientos; que es lo que más importa al momento de diferenciar el mejor de ellos.

Pero el hecho de que ningún fungicida haya sido efectivo en cuanto a la protección de tejido contra *A. Solani*, no significa que estos no incidan en el control del patógeno.

La incidencia está dada en términos del número de plantas afectadas por unidad experimental, dentro del número total de plantas. Así que esta variable respuesta otorga información sobre la proporción de individuos afectados, del total de la población susceptible, en un determinado tiempo y no la cantidad de tejido afectado.

El periodo de incubación que presentó *A. solani* fue de 5 d, evidenciando pequeñas manchas necróticas circulares que iban de 1 mm a 2 mm de diámetro, momento en el cual la sintomatología era focalizada y dispersa en toda la plantación. Ocho días después del período de incubación se inició a medir el porcentaje de incidencia; presentándose ya de manera generalizada la sintomatología dentro de la plantación.

El inóculo, fue tomado de tejido infectado en una plantación comercial de Cobán A.V.; él cual se maceró, filtró y atomizó a toda la parte área de la planta. Con el fin de hacer aplicaciones homogéneas y evitar regiones con mayor concentración de inóculo, se preparaban 2 000 ml de solución, a razón de 10 g de tejido infectado por cada 100 ml de agua, de la cual se tomaba las veces que fuese necesaria para inocular todas las unidades experimentales; por lo que la desigualdad en la concentración de la solución, no constituyó un factor que incidiera en que la efectividad de protección de Azoxystrobin, Captan y Clorotalonil.

Como se mencionó el período de incubación fue de 5 d, según Walker 1950, el período para *A. solani* va de 2 d a 4 d en condiciones óptimas, por lo que incluso el haber aplicado 3 d antes los fungicidas, no repercutió en el aumento de este periodo de manera significativa. Como se sabe las esporas de los hongos son el tipo más importante de inóculo, debido a su especialización, para el caso de *A. solani* las conidias son la manera más fácil de diseminar y dispersar, comparado con otras estructuras como el micelio. Estas deben de germinar para penetra en el hospedero, “fase que se considera crítica para la mayoría de hongos fitopatógenos”, ya que el tubo germinativo de la espora es muy delicado y puede morir rápidamente

por desecación o al hacer contacto con sustancias fungitóxicas; lo que repercute en la mayoría de los casos en un bajo porcentaje de esporas que logran germinar e iniciar el proceso de penetración sobre tejido tratado.

Esto es más común en casos en donde la vía de transporte del inóculo primario se da por agentes como el agua, viento o el roce por actividad agrícola y en concentraciones bajas. En diferencia, en la investigación se realizó de manera intencional la inoculación, además de que la solución aplicada contenía dos tipos de inóculo; conidias y estructuras vegetativas (micelio).

Además, se atomizó toda la planta, para facilitar a las estructuras reproductivas el acceso a aperturas naturales (estomas) y heridas.

Las condiciones climáticas también propiciaron la infección, durante el periodo de estudio se presentaron periodos continuos de radiación solar, seguidos por precipitación pluvial.

A pesar de que los fungicidas de carácter protectante, poseen la característica de ser poco solubles en agua y de alta residualidad, las constantes lluvias limitaron la efectividad de estos.

### **3.2 Severidad (% de área afectada)**

Se determinó a intervalos de 13 d con 4 mediciones hasta finalizar el estudio. Esta variable se determinó en función de la proporción de tejido infectado en relación al total de tejido por planta; en donde se tomó una muestra aleatoria por cada unidad experimental.

Los puntos críticos en la metodología para la determinación de la severidad corresponden a la obtención del área infectada y el área total por planta. Aunque se proponen muchas metodologías para definir la severidad, algunas se dificultan debido a que son muy subjetivas y requieren de personal experimentado para realizar evaluaciones visuales y mapeos analizados mediante un procesador de imágenes (*software*) de

alto costo. Dada la disponibilidad de diagramas especializados para A. solani, que miden el porcentaje de área infecta en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* L), se definió esta como la metodología a emplear.

Para el caso del área total por planta, se utilizó geometría analítica para obtener el área total, se realizaron mediciones de largo y ancho (parte media) de los folíolos que conformaban cada hoja, debido a su similitud con una elipse se optó por esta figura, como modelo para determinar el área por folíolo, y posteriormente una sumatoria de las área de cada folíolo para determinar el total.

Aunque esta metodología es laboriosa es la más precisa y exacta para definir el área foliar de una planta.

Se realizó un análisis de varianza, al resultado obtenido en la tercera toma de datos, debido a que estos corresponden a la última toma en donde los tratamientos presentaron diferencias entre sus medias.

### **CUADRO 3**

#### **Dispersión de los datos para porcentaje de severidad, a los 45 días después de aplicados los tratamientos**

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
T1	4	63,417	15,335	7,667	39,015	87,819	45,60	83,00
T2	4	81,885	12,219	6,109	62,440	101,329	73,40	100,00
T3	4	77,497	26,623	13,311	35,133	119,861	47,89	100,00
T4	4	96,557	6,885	3,442	85,601	107,513	86,23	100,00
Total	16	79,839	19,420	4,855	69,490	90,188	45,60	100,00

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

El cuadro anterior indica las medias para los cuatro tratamientos, en donde el menor corresponde a Azoxistrobin con un media de 63,42, le sigue Clorotalonil con 77,49 y 81,88 para Captan (el peor fungicida) y 96,55 para el testigo. Estas medias representan al porcentaje de severidad alcanzado. Al analizar las desviaciones que presentaron los datos de cada tratamiento el más homogéneo fue el testigo con 6,88 de desviación con respecto a la media, Azoxistrobin y Captan presentaron desviación de 15,33 y 12,21, respectivamente. Por lo que se consideran datos representativos. Clorotalonil fue el que presentó la mayor variación en sus datos con 26,62 pero a pesar de ello es una varianza baja por lo que sus datos son lo suficientemente homogéneos como para considerarlos representativos.

#### **CUADRO 4**

##### **Análisis de varianza correspondiente al porcentaje de severidad, tercera toma de datos**

FV	G.L.	S.C	C.M.	Fo	Ft, 0,05
Tratamientos	3	2235,370	745,123	2,612	3,49 NS
Error	12	3422,129	285,177		
Total	15	5657,5			

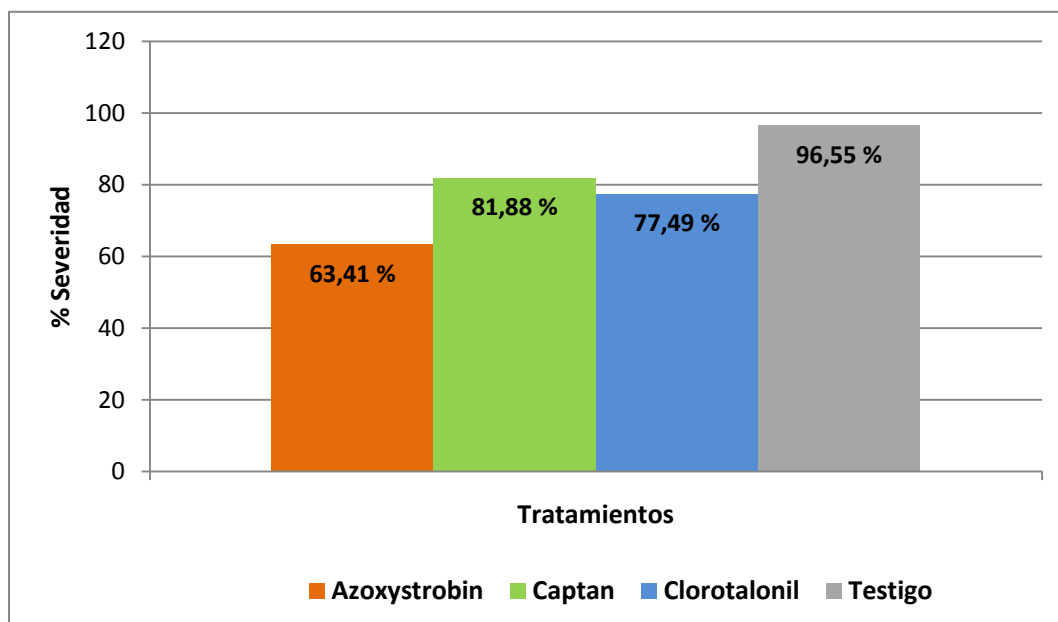
**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Con un alfa de 0,05 y un 95 % de confiabilidad en los resultados se determinó que la F observada (2,612) fue menor que el F de tabla (3,49), por lo que se rechaza la hipótesis nula, por consiguiente; no existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos.

Debido a la igualdad estadística entre los tratamientos, no ameritó realizar una prueba múltiple de medias.

### GRÁFICO 1

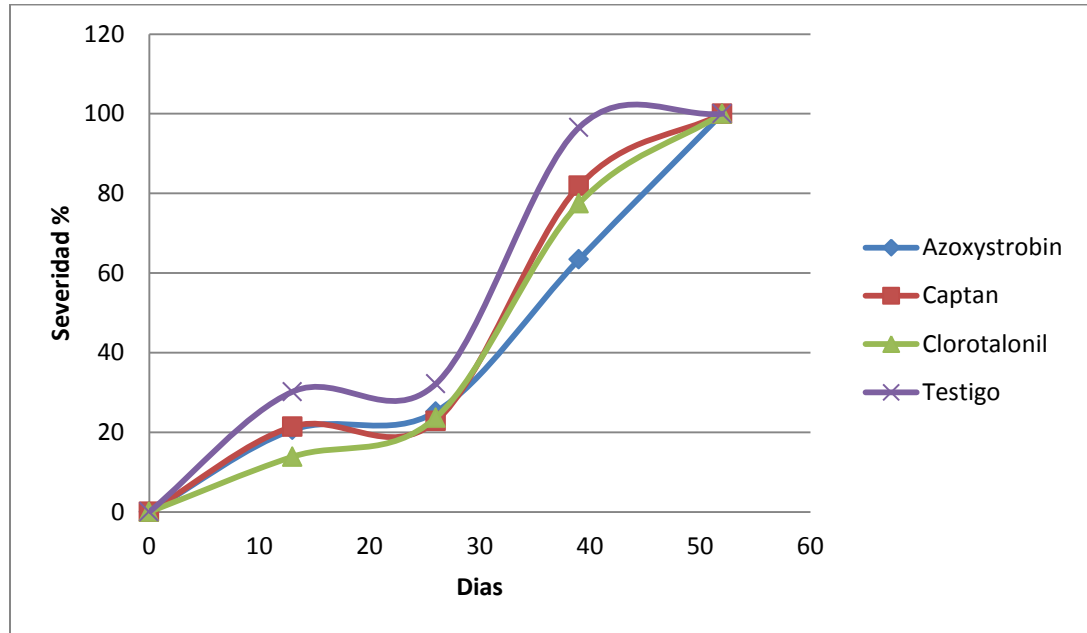
#### Porcentaje de severidad a los 45 días después de la primera aplicación de los tratamientos



Fuente: Investigación de campo. 2016

Se observan los porcentajes de severidad obtenidos. La selección de estos datos se debió a que el progreso de la enfermedad al día 45 fue donde aún se presentaron diferencias entre los tratamientos; el mejor fue Azoxystrobin, luego Clorotalonil, Captan el tercero y el testigo con la mayor severidad cercana a 100 %. Se presentó una diferencia de 31,24 % de daño entre el mejor (Azoxystrobin) y el testigo. Aunque esta diferencia se considera no significativa como ya se mostró, es cerca de un 1/3 del área foliar, que estaría en la capacidad de seguir con el proceso fotosintético. Si la planta estuviera en la etapa fenológica final, sería capaz de mantener y finalizar el llenado del fruto. De encontrarse en etapas más tempranas sería incapaz de mantener los sistemas con normalidad colapsado en un periodo corto de tiempo.

**GRÁFICO 2**  
**Progreso de la enfermedad, dada en términos del porcentaje de severidad**



**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Este gráfico muestra el progreso de avance de la enfermedad. Como se puede visualizar, las curvas para los tratamientos son muy similares en su comportamiento así como una poca variación entre las dispersión de sus datos, y llegan a intersectarse en algunos puntos, para el caso de los fungicidas, por lo que en ese momento se igualó la efectividad en el control, momento entre los 25 d y 30 d después de aplicados los tratamientos.

La curva del testigo siempre se mantiene por encima. Como se mencionó antes, no se consideró la última medición en el análisis estadístico, debido a que corresponde, cuando la curva de todos los tratamientos se vuelven a unir, más tangiblemente cuando la plantación alcanzó el 100 % de severidad. Fueron necesarios 52 d para alcanzar tal punto.

En otra investigación realizada en San Salvador<sup>31</sup>, en condiciones protegidas (Invernadero) la plantación murió a los 57 d, se evaluaron fungicidas comerciales e inductores de resistencia; inició la inoculación después del trasplante. Con ello se comprueba la agresividad de *A. solani* y el daño en las primeras etapas fenológicas del cultivo de tomate (*L. esculentum* L.)

Algo importante de resaltar es que, a través de esta gráfica se pueden caracterizar las interacciones entre el patógeno, hospedero y ambiente, como es el tipo de ciclo que presenta el patógeno, la curva que presenta *A. solani* es de ciclo múltiple, por lo que presenta numerosos ciclos secundarios durante el periodo de susceptibilidad; se puede notar que al inició el incremento en el número de lesiones es lento, debido a la dificultad que presentó el inóculo al momento de penetrar el tejido, luego un crecimiento de tipo exponencial, en donde las regiones focalizadas de inóculo primario, aunque pocas, bastaron para generar el suficiente inóculo secundario.

Como ya se mencionó el periodo de incubación que presentó *A. solani* bajo las condiciones climáticas dadas en la región (alta precipitación, alta humedad relativa y periodos de alta temperatura) fue de 5 d, por lo tanto cada 5 d generaba más inóculo secundario, y además de ello se aplicó inóculo primario a intervalos de 13 d, lo que generó una explosividad en el avance de la enfermedad, hasta llegar al punto en que empezó a decrecer su ritmo, momento en el cual fue limitada la disponibilidad de tejido sano.

En tal caso, el efecto del fungicida se redujo, debido a la elevada tasa de reproducción que presentó el patógeno, y como ya se mencionó, los periodos de precipitación jugaron un papel importante al favorecer al patógeno, además de disminuir la efectividad de los fungicidas por lavado.

---

<sup>31</sup> Santos, Castro, Et. Al., *Inducción a la resistencia en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.), hacia Alternaria solani (Ellis y Martin), con agentes químicos y biológicos*, (tesis de ingeniero agrónomo, Universidad del Salvador, San Salvador, 2002).



### 3.3 Mortalidad (% de plantas muertas)

Esta variable respuesta fue determinada a nivel de campo, mediante diagnósticos visuales, en donde se consideraron muertas aquellas plantas que presentaran un 100 % de severidad o los tejidos conductores dañados (Constricción provocadas por el coalecimiento de las manchas) impidiendo el paso del agua, minerales y sustancias elaboradas; caracterizándose marchitez en las hojas jóvenes. Éstas eran eliminadas de la unidad experimental, para evitar confusiones en la siguiente toma de datos.

**CUADRO 5**  
**Dispersión de los datos, para el porcentaje de mortalidad**

	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior
T1	4	22,707	16,878	8,439	-4,149	49,5644	0,00	37,50
T2	4	40,532	32,786	16,393	-11,637	92,7026	20,00	88,80
T3	4	58,777	41,440	20,720	-7,163	124,718	14,28	100,00
T4	4	100,00	0	0	100,000	100,000	100,00	100,00
Total	16	55,504	38,637	9,659	34,9159	76,092	0	100,00

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Como se puede observar en el cuadro anterior, las medias del porcentaje de mortalidad, para cada tratamiento. El testigo presentó mayor porcentaje con 100 %, siendo Azoxistrobin con el que se obtuvo el menor porcentaje (22,07 %). Captan y Clorotalonil presentaron 48 % y 58,77 % respectivamente. Por lo que se espera que exista diferencia significativa al menos entre dos grupos de tratamientos.

La mayor desviación la presentó Clorotalonil con un 41,44 de desviación respecto a su media, esto es posible al observar los valores máximos y mínimos que fueron de 100 % y 14,28 %, por lo que en una unidad experimental el total de plantas murieron. Azoxistrobin presentó la menor desviación de los fungicidas, con 16,87 de desviación típica.

### CUADRO 6

#### Análisis de varianza del número total de plantas muertas por tratamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fo	Ft, 0.05
Tratamientos	3	13 161,459	4 387,1532	5,694	3,49 *
Error	12	9 245,22	770,435		
Total	15	22 406.679			

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Al realizar un análisis de varianza con un alfa de 0,05, se obtuvo un F de tabla de 3,49, al comparar con la F observada, es mayor, por lo que cae en la zona de rechazo. Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, al considerar que al menos existe diferenciada estadística entre dos tratamientos. Por lo que se procedió a realizar una prueba múltiple de medias.

### CUADRO 7

#### Comparaciones múltiples, en medias del porcentaje de mortalidad

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	p	Intervalo de confianza al 95 %	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
T1	2,00	-17,825	19,612	0,801	-76,051	40,401
	3,00	-36,070	19,612	0,303	-94,296	22,156
	4,00	-77,292(*)	19,612	0,009	-135,51	-19,065
T2	1,00	17,825	19,612	0,801	-40,401	76,051
	3,00	-18,245	19,612	0,790	-76,471	39,981
	4,00	-59,467(*)	19,612	0,045	-117,694	-1,240
T3	1,00	36,070	19,612	0,303	-22,156	94,296
	2,00	18,245	19,612	0,790	-39,981	76,471
	4,00	-41,222	19,612	0,207	-99,449	17,004
T4	1,00	77,292(*)	19,612	0,009	19,065	135,519
	2,00	59,467(*)	19,612	0,045	1,2409	117,694
	3,00	41,222	19,612	0,207	-17,004	99,449

**Fuente: Investigación de campo. 2016\***

\* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

En el cuadro anterior se determinaron las interacciones entre los tratamientos, en donde el (I) tratamientos indica el tratamiento que se compara con el resto de (J) tratamientos. El criterio de decisión se da con la siguiente analogía; si el  $p < 0.05$  rechazamos la hipótesis nula.

De esta forma se tiene que T1 (Azoxistrobin) es diferente únicamente al T4 (testigo) con una diferencia de 77,29 entre sus medias, encontrado que con T2 (Captan) y T3 (Clorotalonil) la diferencia es de 17,82 y 36,07 respectivamente; considerándose no significativas. Para T2 al igual que T1, solo con T4 existe diferencia.

Para T3 se encontró que no existe diferencia significativa entre alguna media. Con T4 es donde se presentó diferencia significativa entre el T1 y T2. Por lo tanto se ordena de la siguiente forma los tratamientos.

### **CUADRO 8**

#### **Se presentan ordenados los tratamientos, por subconjuntos homogéneos**

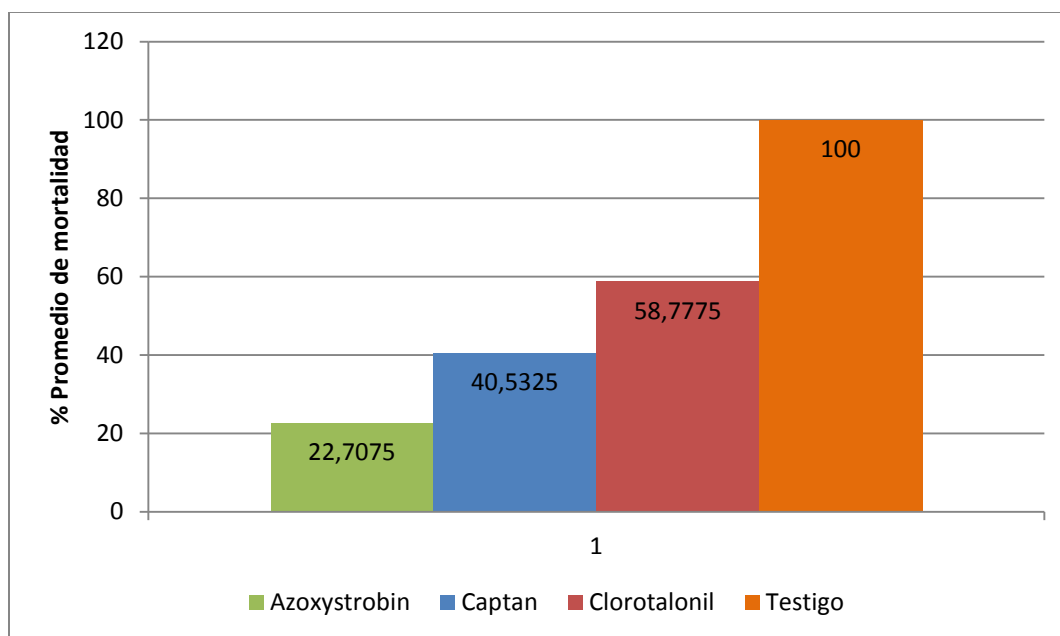
Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0,05	
		2	1
T1	4	22,707	
T2	4	40,532	
T3	4	58,777	58,777
T4	4		100,000
Sig.		0,303	0,207

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Este cuadro muestra la división de dos subconjuntos homogéneos, ordenados por sus medias de menor a mayor. El subconjunto dos está conformado por los tratamientos T1, T2 y T3 y el subconjunto uno lo constituyen el T3 y T4. Como se puede apreciar el T3 está incluido en los dos grupos debido que su media no se considera estadísticamente diferente al compararla con las demás. Ya que la media representa el

porcentaje de mortalidad el grupo dos lo conforman los mejores tratamientos y el uno los peores. Por lo que los dos mejores en el control de la mortalidad son el T1 y el T2. El T3 se considera como poco efectivo en la disminución del porcentaje de mortalidad.

**GRÁFICO 3**  
**Porcentaje promedio de mortalidad por tratamiento**



**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Se observa comparativamente que Azoxystrobin fue el mejor de todos, pero aunque Captan doblegue el porcentaje de mortalidad según la prueba de Tukey son estadísticamente iguales. Pero es innegable que ha sido el mejor en el control de *A. solani*, tanto en severidad como en mortalidad.

Una característica que le da ventaja con respecto a Captan y Clorotalonil, es el mecanismo de acción dentro de la planta, es de tipo sistémico tras-laminar. Ya que los otros son protectantes y curativo para el caso de Captan, y sus habilidades fungitóxicas se ven limitadas a la superficie en donde estos hayan alcanzado llegar. Debido a que estos no son capaces de ingresar al sistema vascular, ni a través de la lámina foliar, dependen de factores climáticos y de la serosidad de la cutícula. Por ello es

que Azoxistrobin fue capaz de controlar mejor la mortalidad, ya que este tiene la facultad de ingresar al sistema vascular de la planta, por lo que las altas precipitaciones no influyen en su acción, una vez ingresado a la planta.

La desventaja es que el único mecanismo de acción hacia el hongo (interferencia en la respiración mitocondrial) lo hace susceptible a que éste sea capaz de generar resistencia, y como ya se demostró *A. solani* tiene una alta velocidad de reproducción por lo que la presión de selección, provocaría que este fungicida ya no sea una alternativa factible para el control de este patógeno, por ello es que se limita a tres aplicaciones por ciclo de cultivo.

Es aquí donde los mecanismos de acción de Captan y Clorotalonil toman ventaja. Ya que estos son fungicidas multisitio, por lo que no generan resistencia y no se tiene limitaciones en el número de aplicaciones por ciclo.

### **3.4 Área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)**

El ABCPE fue determinada en función de la severidad, al considerar las evaluaciones periódicas que se realizaron cada 13 d. Esta variable indica la cantidad de enfermedad en un determinado tiempo; para el caso de este estudio fue de 49 d. Es de aclarar que el ABCPE no es una técnica estadística, sino un pre-acondicionamiento de la variable severidad para un mejor análisis estadístico, que permite trabajar todos los datos recopilados en las 4 tomas de datos.

Se realizó un análisis a los datos obteniendo los siguientes resultados:

**CUADRO 9**  
**Análisis de varianza, correspondiente al área bajo la curva del progreso de la enfermedad**

FV	G.L.	S.C	C.M.	Fo	Ft, 0,05
Tratamientos	3	1 251 720	417 240	8,7203	3,49 *
Error	12	574 164,21	47 847,017		
Total	15	1 825 884,2			

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Como se muestra en el cuadro (9), se determinó con un alfa de 0,05 que la  $F_o$  de 8,723 es mayor a la  $F_t$  de 3,49; por lo que esta se encuentra en el área de rechazo. Rechazando la hipótesis nula. Esto indica que si existes diferencia significativa entro al menos dos grupos de tratamientos.

Debido a que existe diferencia significativa entre los tratamientos se realizó una prueba múltiple de medias:

**CUADRO 10**  
**Comparaciones múltiples, en medias del área bajo la curva del progreso de la enfermedad**

(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
		Límite inferior	Límite superior	Límite inferior	Límite superior	Límite inferior
1.00	2,00	-78,009	154,667	0,956	-537,201	381,181
	3,00	-105,040	154,667	0,903	-564,231	354,151
	4,00	-700,797(*)	154,667	0,003	-1 159,988	-241,606
2.00	1,00	78,009	154,667	0,956	-381,181	537,201
	3,00	-27,030	154,667	0,998	-486,221	432,161
	4,00	-622,787(*)	154,667	0,008	-1 081,979	-163,596
3.00	1,00	105,040	154,667	0,903	-354,151	564,231
	2,00	27,030	154,667	0,998	-432,161	486,221
	4,00	-595,757(*)	154,667	0,011	-1 054,948	-136,566
4.00	1,00	700,797(*)	154,667	0,003	241,606	1 159,988
	2,00	622,787(*)	154,667	0,008	163,596	1 081,979
	3,00	595,757(*)	154,667	0,011	136,566	1 054,948

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

\* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

El cuadro anterior muestra las diferencias entre las medias de cada tratamiento, para T1 se encontró que existe diferencia significativa respecto al T4, por lo que se considera que no existe diferencia entre el T2 y T3. En la comparación contra T2 se presentó de igual manera que con el T1 únicamente se presentó diferencia significativa con T4, de la misma forma sucedió con el T3. Por lo que el T4 fue el tratamiento que generó la diferencia entre los tratamientos. A continuación se presenta el cuadro en donde se agruparon los tratamientos por subconjuntos homogéneos.

**CUADRO 11**  
**Agrupamiento de subconjuntos homogéneos**

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = .05	
		2	1
T1	4	2 048,117	
T2	4	2 126,127	
T3	4	2 153,157	
T4	4		2 748,915
Sig.		0,903	1,00

**Fuente: Investigación de campo. 2016**

Los tratamientos se agruparon en dos subconjuntos homogéneos; T1, T2 y T3 en el subconjunto 2 y el T4 en subconjunto 1. Debido a que se ordenaron de menor a mayor en el subconjunto 2 se agrupan los tratamientos con menor ABCPE, fueron estos los mejores. Se esperaba que se presentara diferencia entre al menos uno de los tratamientos que corresponden a los fungicidas. Con esto se ratifica que entre los fungicidas no existe diferencia significativa con respecto al control de *A. solani*.

## CONCLUSIONES

- A. Dentro de la evaluación de los fungicidas comerciales Amistar, Captan y Clorotalonil en campo, se pudo determinar sin realizar un análisis estadístico, que Amistar fue el que presentó mejor habilidad de respuesta contra el progreso de infección de *Alternaria solani* (Ellis y Martin) dentro de la plantación, evaluados mediante el porcentaje de severidad, incidencia, mortalidad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad. Más sin embargo estadísticamente, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos que representan a los fungicidas. Por lo tanto es indiferente la elección de cualquiera de ellos en cuanto a eficiencia de control.
- B. Durante el periodo de evaluación, que lo conformaron los primeros 45 d después de la aplicación de los fungicidas, se determinó que Azosixtrobin presentó un 63,41 % de severidad, 100 % de incidencia y 22,70 % de mortalidad; Captan con 81,88 % de severidad, 100 % de incidencia y 40,53 % de mortalidad, Clorotalonil presentó un 49 % de severidad, 100 % de incidencia y 58,77 % de mortalidad y el testigo alcanzo un 96,55 % de severidad, 100 % de incidencia y 100 % de mortalidad. Azoxitrobin presentó aparentemente una mejor eficiencia de control, pero estadísticamente no se consideran diferentes.
- C. Inicialmente se esperaba determinar un análisis económico mediante la tasa marginal de retorno, pero debido a que las condiciones climáticas propiciaron la propagación e infección rápida de *A. solani* en el cultivo de tomate (*L. esculentum* L), ningún tratamiento logró llevar al cultivo hasta



su etapa fenológica de fructificación y finalizarla hasta la madures del fruto, por lo que la información sobre los ingresos que las tecnologías evaluadas generaron, no permitieron realizar un adecuado análisis económico, por lo tanto se considera que ningún tratamiento contribuyó en el incremento de rentabilidad o alcanzar un punto de equilibrio, en cuanto al costó de su aplicación y los ingresos generados.

- D. Según los resultados obtenidos en la presente investigación, se determinó que los fungicidas Amistar, Clorotac y Captan son incapaces de generar la suficiente protección al cultivo de tomate de manera individual, aunque con esto no se dice que no tengan propiedades fungistáticas o fungitóxicas. Esto es debido que los intervalos de aplicación que tienen definido cada uno de ellos, no les permite ser lo suficientemente eficientes ante el acelerado ciclo que *A. solani* (Ellis y Martin) puede desarrollar en condiciones óptimas. Por lo que una de la soluciones es incrementar el periodo en el cuales el patógeno está sometido a un agente fungicida, mediante la alternancia y posible sinergia que puedan presentar si se combinan.

## RECOMENDACIONES

- A. Evaluar la eficiencia de los fungicidas en diferentes etapas fenológicas.
- B. Evaluar combinación de fungicidas con el fin de identificar la sinergia que provoca la acción conjunta de estos.
- C. Evaluar los intervalos de aplicación de cada fungicida.
- D. Efectuar evaluaciones de laboratorio y campo para comprobar los resultados obtenidos.
- E. Evaluar otras alternativas de control como extractos vegetales.
- F. No utilizar los fungicidas Amistar ®, Captan ® y Clorotalonil ® de manera individual para el control de *Alternaria solani* (Ellis y Martin).



## BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G.N. *Fitopatología*. México: Limusa, 2002.
- Alfonso, Diana. *Evaluación in vitro de fungicidas para el control de hongos patógenos en esquejes de clavel en la etapa de enraizamiento*. 2008. <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis136.pdf>. (13 de marzo de 2016).
- Captan 50 PM*. [http://www.ecuaquimica.com/pdf\\_agricola/CAPTAN50.pdf](http://www.ecuaquimica.com/pdf_agricola/CAPTAN50.pdf). (13 de marzo de 2016).
- Enríquez Moreno, Cristina. *Evaluación de alternativas para el manejo integrado del tizón temprano (Alternaría solani sor) en el cultivo tomate (Lycopersicon esculentum mill)*. 2014. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/5721>. (16 de marzo de 2016).
- Ficha técnica de Azoxystrobin*. 2001. [http://www.rapal.org/db\\_files/PlaguiAL\\_PpioAc\\_Azoxystrobin\\_FichaTecnica\\_09.pdf](http://www.rapal.org/db_files/PlaguiAL_PpioAc_Azoxystrobin_FichaTecnica_09.pdf). (13 de marzo de 2016).
- Ficha técnica de Clorotalonil*. <http://www.tridente.com.mx/fichas-tecnicas/FICHATECNICA-CLOROTALONIL.pdf>. (13 de marzo de 2016).
- Fungicidas*. [http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicides\\_Spanish.aspx](http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicides_Spanish.aspx). (10 de marzo de 2016).
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e hidrología – INSIVUMEH-. *Parámetros meteorológicos*. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ALTA%20VERAPAZ/COBAN%20PARAMETROS.htm>. (11 de marzo de 2016).
- . *Parámetros meteorológicos de la estación Cobán*. <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ALTA%20VERAPAZ/COBAN%20PARAMETROS.htm>. (15 de marzo de 2016).
- Manual del cultivo de tomate*. 2009. [http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf). (12 de marzo de 2016).

Mendoza, Fernando y Ana Torres. *Evaluación de cinco fungicidas para el manejo de enfermedades foliares y su rentabilidad en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)* C.V. Butte. Sébaco, Matagalpa, Nicaragua. <http://repositorio.una.edu.ni/1963/1/tnh20m539e.pdf>. (16 de marzo de 2016).

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-. *Mapas de zona de vida Holdridge República de Guatemala*. 2002. <http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/vegetacion/zonas-de-vida.pdf>. (15 de marzo de 2016).

----- . *Perfil comercial tomate*. <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20tomate.pdf>. (16 de marzo de 2016).

Ministerio de Agricultura y Ganadería -MAG-. *Cultivo del tomate*. [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/tec\\_tomate.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_tomate.pdf). (12 de marzo de 2016).

*Requerimientos agroecológicos*. <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Norte/RegionNorteReqAgroecologicos.pdf>. (12 de marzo de 2016).

*Requerimientos nutricionales de distintos cultivos*. 2015. <http://www.smart-fertilizer.com/es/nutrient-requirements>. (15 de marzo de 2016).

Sánchez Castro, Miguel. *Manejo de enfermedades del tomate*. <http://www.funprover.org/formatos/manualTomate/Manejo%20de%20Enfermedades%20del%20Tomate.pdf>. (13 de marzo de 2016).

Santamaria, Luisa y Carlos R. Ureta. *Que son los fungicidas*. <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/topics/Pages/fungicidesSpanish.aspx>. (10 de marzo de 2016).

Santos Castro, Et. Al. *Inducción a la resistencia en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.), hacia Alternaria solani (Ellis y Martin), con agentes químicos y biológicos*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad del Salvador. San Salvador: Facultad de ciencias agronómicas. 2002.



V. B.

Adán García Véliz  
 Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa  
 Bibliotecario



## ANEXOS

**IMAGEN 1**  
**Ahoyado de posturas**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 2**  
**Preparación del terreno**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 3**  
**Aplicación de abono orgánico**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 4**  
**Material vegetativo utilizado**



Fuente: Darwin Pacay



**IMAGEN 5**  
**Trasplante de pilones**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 6**  
**Una semana después del trasplante**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 7**  
**Estado de la plantación al momento de aplicación de los fungicidas**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 8**  
**Selección del material infectado**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 9**  
**Inoculación mediante**  
**atomizador**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 10**  
**Filtrado del material**  
**macerado**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 11**  
**Identificación de síntomas**  
**característicos de Alternaria**  
**solani (Ellis y Martin)**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 12**  
**Determinación del % de**  
**severidad, incidencia y**  
**mortalidad**



Fuente: Darwin Pacay



**IMAGEN 13**  
**Muerte de planta causada por**  
**A. solani (Ellis y Martin)**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 14**  
**Muerte por constricción del**  
**tallo, causado por A. solani**  
**(Ellis y Martin)**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 15**  
**Lesiones en el tallo,**  
**características de A. solani**  
**(Ellis y Martin)**



Fuente: Darwin Pacay

**IMAGEN 16**  
**Hoja de tomate (L.**  
**esculentum L.) con machas**  
**circulares necróticas**



Fuente: Darwin Pacay

**CUADRO 12**  
**Primera toma de datos, fecha 2 de junio 2016**

Tratamiento	No. de plantas vivas	No. plantas muertas	Total de plantas al inicio de la toma de datos	Plantas sin síntomas	Plantas con síntomas	No. de hojas totales		No. de hojas infectadas		(%) de hojas infectadas	Promedio en % de hojas infectadas/tratamiento	Incidencia (%)	Severidad (%)		Promedio de severidad (%) / tratamiento
						Planta 1	Planta 2	Planta 1	Planta 2				Planta 1	Planta 2	
<b>T1</b>															
Repetición															
1	8	0	0	0	8	8	9	7	7	82,35	69,507	100	2,987	10,14	20,62
2	9	0	9	0	9	9	7	4	56,25	100		30,79	28,28		
3	5	0	5	0	5	9	7	5	5	62,50		100	19,1	26,65	
4	6	0	6	0	6	6	7	5	5	76,92		100	14,44	14,94	
<b>T2</b>															
Repetición															
1	5	0	5	0	5	6	10	4	6	62,50	61,354	100	33,01	21,85	21,435
2	9	0	9	0	9	6	9	5	6	73,33		100	38,42	19,34	
3	6	0	6	0	6	6	10	5	4	56,25		100	27,82	9,4	
4	5	0	5	0	5	8	7	4	4	53,33		100	8,17	13,47	
<b>T3</b>															
Repetición															
1	8	0	8	0	8	7	9	4	6	62,50	57,537	100	10,17	13,011	13,877
2	7	0	7	0	7	8	9	6	4	58,82		100	23,78	8,25	
3	6	0	6	0	6	6	11	3	7	58,82		100	11,34	12,46	
4	8	0	8	0	8	7	7	4	3	50,00		100	18,13		
<b>T4</b>															
Repetición															
1	10	0	0	0	10	6	10	4	5	56,25	62,698	100	26,74	28,79	30,195
2	7	0	0	0	7	7	7	5	4	64,29		100	48,5	27,17	
3	7	0	0	0	7	8	7	4	4	53,33		100	13,13	21,85	
4	5	1	6	0	6	6	7	6	4	76,92		100	32,41	64	

Fuente: Investigación de campo. 2016

**CUADRO 13**  
**Segunda toma de datos, fecha 16 de junio 2016**

Tratamiento	No. de plantas vivas	No. plantas muertas	Total de plantas al inicio de la toma de datos	Plantas sin síntomas	Plantas con síntomas	No. de hojas totales		No. de hojas infectadas		(%) de hojas infectadas	Promedio en % de hojas infectadas/tratamiento	Incidencia (%)	Severidad (%)	Promedio de severidad (%) / tratamiento	
						Planta 1	Planta 2	Planta 1	Planta 2						
<b>T1</b>															
<b>Repetición</b>															
<b>1</b>	7	1	8	0	8	11	9	7	7	70,00	66,429	100	30,68	25,1575	
<b>2</b>	9	0	9	0	9	13	8	5	6	52,38		100	21,42		
<b>3</b>	5	0	5	0	5	8	10	7	8	83,33		100	31,99		
<b>4</b>	5	1	6	0	6	7	8	4	5	60,00		100	16,54		
<b>T2</b>															
<b>Repetición</b>															
<b>1</b>	5	0	5	0	5	10	10	7	5	60,00	62,901	100	17,975	22,81325	
<b>2</b>	9	0	9	0	8	11	6	7	6	76,47		100	28,098		
<b>3</b>	6	0	6	0	6	8	11	4	6	52,63		100	21,48		
<b>4</b>	5	0	5	0	5	9	7	6	4	62,50		100	23,7		
<b>T3</b>															
<b>Repetición</b>															
<b>1</b>	8	0	8	0	8	11	13	7	8	62,50	60,315	100	33,9	23,68	
<b>2</b>	7	0	7	0	7	10	9	6	6	63,16		100	29,94		
<b>3</b>	6	0	6	0	6	8	9	6	7	76,47		100	18,21		
<b>4</b>	8	0	8	0	8	10	13	4	5	39,13		100	12,67		
<b>T4</b>															
<b>Repetición</b>															
<b>1</b>	9	1	10	0	10	10	8	6	7	72,22	72,076	100	44,34	32,015	
<b>2</b>	7	0	7	0	7	10	12	7	8	68,18		100	32,78		
<b>3</b>	5	2	7	0	7	10	11	7	8	71,43		100	26,69		
<b>4</b>	5	0	5	0	5	7	10	5	8	76,47		100	24,25		

Fuente: Investigación de campo. 2016

**CUADRO 14**  
**Tercera toma de datos, fecha 1 de julio 2016**

Tratamiento	No. de plantas vivas	No. de plantas muertas	Total de plantas al inicio de la toma de datos	Plantas sin síntomas	Plantas con síntomas	No. de hojas totales		No. de hojas infectadas		(%) de hojas infectadas	Promedio en % de hojas infectadas/tratamiento	Incidencia (%)	Severidad (%)	Promedio de severidad (%) / tratamiento	
						Planta 1	Planta 2	Planta 1	Planta 2						
<b>T1</b>															
<b>Repetición</b>															
1	5	2	7	0	7	15	19	14	19	97,06	97,652	100	45,6	63,4175	
2	9	0	9	0	9	18	13	16	13	93,55		100	63,77		
3	4	1	5	0	5	15	16	15	16	100		100	61,3		
4	4	1	5	0	5	14	10	14	10	100		100	83		
<b>T2</b>															
<b>Repetición</b>															
1	4	1	5	0	5	18	20	18	20	100	98,214	100	77,92	81,885	
2	1	8	9	0	8	15	11	11	15	100		100	100		
3	4	2	6	0	6	17	25	17	25	100		100	73,4		
4	4	1	5	0	5	17	11	17	9	92,86		100	76,22		
<b>T3</b>															
<b>Repetición</b>															
1	0	8	8	0	8	NN	NN	NN	NN	100	100	100	100	77,4975	
2	6	1	7	0	7	NN	NN	NN	NN	100		100	47,89		
3	4	2	6	0	6	NN	NN	NN	NN	100		100	62,1		
4	1	7	8	0	8	NN	NN	NN	NN	100		100	100		
<b>T4</b>															
<b>Repetición</b>															
1	0	10	10	0	10	NN	NN	NN	NN	100	100	100	100	96,5575	
2	0	7	7	0	7	NN	NN	NN	NN	100		100	100		
3	0	7	7	0	7	NN	NN	NN	NN	100		100	100		
4	0	5	5	0	5	NN	NN	NN	NN	100		100	86,23		

Fuente: Investigación de campo. 2016

Dónde:

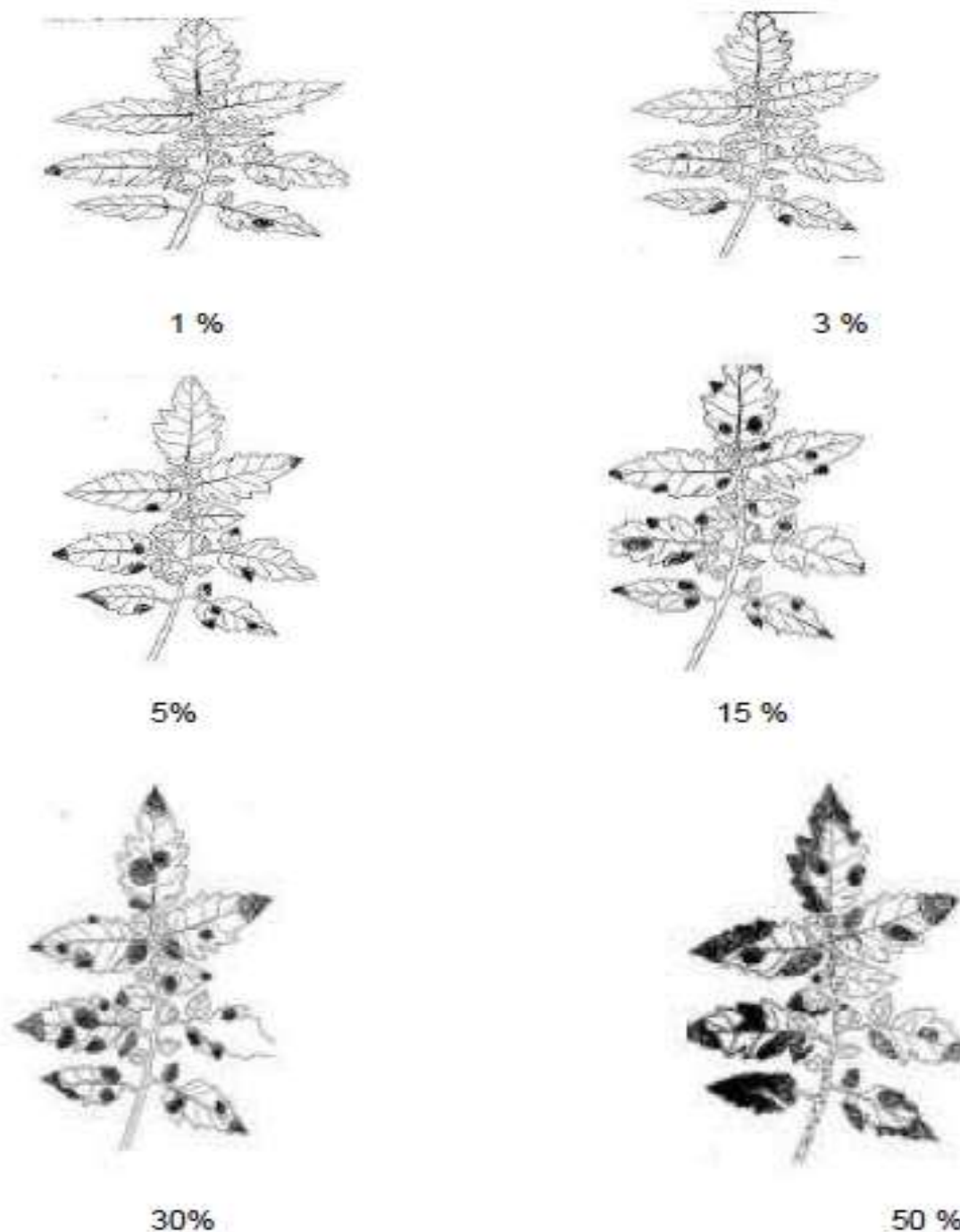
NN: No necesario

**CUADRO 15**  
**Cronograma de actividades**

Actividades	Descripción	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Preparación del terreno	Se especifica en la metodología.	Fecha 7				
Delimitación e identificación de tratamientos	Se especifica en la metodología.	Fecha 8				
Trasplante	Se especifica en la metodología.	Fecha 9				
Aplicación de tratamientos	Amistar		Fecha 9,	Fecha 9	Fecha 9	
	Clorotac y Captan		Fecha 9, Fecha 22	Fecha 4, Fecha 17 y Fecha 30	Fecha 13	
Inoculación			Fecha 11, Fecha 24	Fecha 6, Fecha 19	Fecha 2, Fecha 15	
Fertilización	15-30-15 = p, Urea= U, Nitrato de potasio= K y, Nitrato de Magnesio = Mg y Nitrato de calcio (Ca)	Fecha 9 (p) Fecha 15 (U)	Fecha 2 (Ca) Fecha 10 (Mg)	Fecha 1 (P), Fecha 4(K), Fecha 13 (Ca) Fecha 30 (Ca y K)	Fecha 8 (k y Ca) Fecha 19 (Mg) Fecha 27 (ca y K)	
Riego	Se suministrar riego cuando sea necesario, se espera que cada 2 días se aplique riego.					
Desmalezado	Frecuencia (15 días)	Fecha 23	Fecha 7 fecha 21	Fecha 4, Fecha 18	Fecha 2, fecha 16	
Tutorado	Se especifica en la metodología	Fecha de inicio 23	Se realizara hasta que sea necesario			
Monitoreo de plagas	Frecuencia (20 días)	Fecha 28	Fecha 17	Fecha 5, Fecha 24	Fecha 13	
Cosecha				Fecha de inicio 14		Fecha final 9
Toma de datos	También se tomaran datos cada vez que se coseche.		Fecha 21	Fecha 3, Fecha 16 y fecha 29	Fecha 12	Fecha 9
Finalización de la Investigación						Fecha 9

Fuente: Investigación de campo. 2016

**FIGURA 2**  
**Escala diagramática de porcentaje de severidad para *Alternaria solani* (Ellis y Martin) en tomate (*L. esculentum* L.)**



Fuente: Inductores de resistencia sistémica en tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) hacia *Alternaria solani* (Ellis y Martin), con agentes químicos y biológicos. 2002



# USAC CUNOR

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario del Norte



El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

## TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Al trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE TRES FUNGIDAS QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE *Alternaria solani* (ELL. & MART.) JONES & GROUT, EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.), BAJO LAS CONDICIONES DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE -CUNOR-, COBÁN, A.V.**

Presentado por el (la) estudiante:

**DARWIN IVAN PACAY MEDINA**

Autoriza el

# IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 01 de Junio de 2017

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales  
DIRECTOR

