

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS -CUSAM-
INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE



TÍTULO

Soluciones minerales para el control de *Phytophthora infestans de Bary* en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum. L.* híbrido Retana F1, bajo condiciones de invernadero en aldea Agua Caliente San Marcos.

Por:

T.P.A. Héctor Antonio Fuentes De León

Carné: 200942577

Asesor principal: ING. AGR. Dany Francisco Fuentes de León

Asesor adjunto: ING. AGR. Eduardo Rodrigo Fuentes Navarro

San Marcos, octubre del 2024

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

TÍTULO

Soluciones minerales para el control de *Phytophthora infestans de Bary* en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum*. L. híbrido Retana F1, bajo condiciones de invernadero en aldea Agua Caliente San Marcos.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

MsC. Juan Carlos López Navarro	DIRECTOR
Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos	SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO
Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado	REPRESENTANTE DOCENTES
Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón	REPRESENTANTE ESTUDIANTIL
Br. Luis David Corzo Rodríguez	REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COORDINACION ACADEMICA

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez	COORDINADOR ACADÉMICO.
Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales	COORDINADOR DE LA CARRERA DE TÉCNICO PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE
Lic. Antonio Etihel Ochoa López	COORDINADOR CARRERA DE PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
Licda. Aminta Esmeralda Guillén Ruíz	COORDINADORA DE LA CARRERA DE TRABAJO SOCIAL, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Ing. Víctor Manuel Fuentes López	COORDINADOR CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Lic. Mauro Estuardo Rodríguez Hernández	COORDINADOR CARRERA DE ABOGADO Y NOTARIO Y LICENCIATURA EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES.
Dr. Byron Geovany Garcia Orozco	COORDINADOR CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO
Lic. Nelson de Jesús Bautista López	COORDINADOR PEDAGOGÍA EXTENSIÓN DE SAN MARCOS
Licda. Julia Maritza Gándara González	COORDINADORA EXTENSIÓN DE MALACATÁN
Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez	COORDINADORA EXTENSIÓN TEJUTLA
Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista	COORDINADOR EXTENSIÓN TACANÁ

Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez	COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
Lic. Mario René Requena	COORDINADOR DE ÁREA DE EXTENSIÓN
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	COORDINADOR CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	COORDINADOR CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA Y AUDITORÍA
Ing. Miguel Amílcar López López	COORDINADOR EXTENSIÓN IXCHIGUAN
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	COORDINADOR CARRERA PROFESORADO EN EDUCACIÓN BILINGÜE INTERCULTURAL
Lic. Yovani Alberto Cux Chan	COORDINADOR CARRERAS SOCIOLOGÍA, CIENCIAS POLÍTICAS Y RELACIONES INTERNACIONALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

MIEMBROS DE LA COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez.

COORDINADOR.

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

SECRETARIO.

Licda. Lourdes Carrera Munguía

VOCAL.



San Marcos, Guatemala 24 de octubre de 2024

Señores:

Coordinación Comité de Trabajo de Graduación

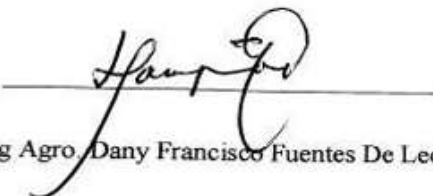
Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS

Centro Universitario de San Marcos

Por medio de la presente reciba un atento y respetuoso saludo, me dirijo a usted deseando éxitos en todas sus actividades que realizan al frente de la coordinación de la carrera de Ingeniero Agrónomo.

Seguidamente hago de su conocimiento que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación del estudiante Héctor Antonio Fuentes de León, de la carrera de Ingeniero Agrónomo con orientación en Agricultura Sostenible quien se identifica con el número de carné 200942577. Por lo tanto, a través de sus oficios de la manera más atenta solicito aprobación de orden de impresión del trabajo de graduación del tema; "Soluciones minerales para el control de ***Phytophthora infestans de Bary*** en el cultivo de tomate ***Solanum lycopersicum. L.*** híbrido Retana F1, bajo condiciones de invernadero en aldea Agua Caliente, San Marcos". Habiendo cumplido con los dictámenes favorables de la aprobación del informe final de trabajo de graduación.

De antemano agradezco su atención que se le pueda brindar a la presente. Se suscribe de usted como su atento y deferente servidor.


Ing Agro. Dany Francisco Fuentes De León
Asesor Principal



San Marcos, Guatemala 24 de octubre de 2024

Señores:

Coordinación Comité de Trabajo de Graduación

Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS

Centro Universitario de San Marcos

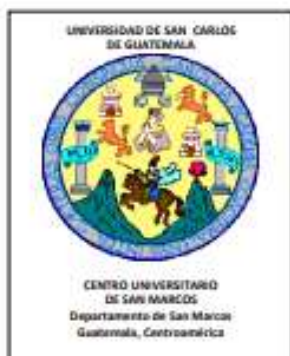
Por medio de la presente reciba un atento y respetuoso saludo, me dirijo a usted deseando éxitos en todas sus actividades que realizan al frente de la coordinación de la carrera de Ingeniero Agrónomo.

Seguidamente hago de su conocimiento que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación del estudiante Héctor Antonio Fuentes de León, de la carrera de Ingeniero Agrónomo con orientación en Agricultura Sostenible quien se identifica con el número de carné 200942577. Por lo tanto, a través de sus oficios de la manera más atenta solicito aprobación de orden de impresión del trabajo de graduación del tema; "Soluciones minerales para el control de ***Phytophthora infestans de Bary*** en el cultivo de tomate ***Solanum lycopersicum. L.*** híbrido Retana F1, bajo condiciones de invernadero en aldea Agua Caliente, San Marcos". Habiendo cumplido con los dictámenes favorables de la aprobación del informe final de trabajo de graduación.

De antemano agradezco su atención que se le pueda brindar a la presente. Se suscribe de usted como su atento y deferente servidor.



Ing. Agro. Eduardo Rodríguez Fuentes Navarro
Asesor adjunto



EL INFRASCRITO SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, SEGUNDO, DÉCIMO NOVENO Y VIGÉSIMO DEL ACTA No. 001-2023, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 001-2023

En la ciudad de San Marcos, siendo las diez y nueve horas, del día viernes, trece de enero del año dos mil veintitrés, reunidos de forma virtual por la plataforma Google meet enlace <https://meet.google.com/boi-rvoy-dix>, los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Carlos Barrios Morales Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía y quién suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: a) Apertura, b) aprobación de temas de trabajo de graduación, c) Solicitudes de Seminario I, d) Solicitudes de Seminario II y e) Varios **SEGUNDO:** **APERTURA:** El Coordinador del Comité procedió a dar la bienvenida a los presentes...**DÉCIMO NOVENO:** El Secretario del comité de trabajo de graduación indico a los presentes que el estudiante Hector Antonio Fuentes de León solicita aprobación de seminario I presentando anteproyecto corregido. **VIGÉSIMO:** En base al artículo 39 del Normativo para la Elaboración de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, del Centro Universitario de San Marcos, Indicar al estudiante que fue APROBADO EL SEMINARIO I de Hector Antonio Fuentes de León, titulado EVALUACION DE CUATRO SOLUCIONES MINERALES UN TESTIGO QUIMICO, PARA EL CONTROL DE (phytophthora infestans) EN EL CULTIVO DE TOMATE (Solanum lycopersicum L), HIBRIDO RETANA F1, BAJO CONDICION DE INVERNADERO EN ALDEA AGUA CALIENTE DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS. Concluyó la reunión en el mismo lugar y fecha a las veintiún horas, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. (FS) legibles Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales, Lcda. Lourdes Carrera Munguía, Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS SEIS DÍAS DEL MES DE FEBRERO DEL AÑO DOS MIL VEINTITRES.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Secretario Comité Trabajo de Graduación

CC. archivo



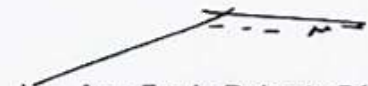
EL INFRASCRITO SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, DÉCIMO OCTAVO Y VIGÉSIMO DEL ACTA No. 003-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 003-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las catorce horas con treinta minutos, del día miércoles veintinueve de mayo del año dos mil veinticuatro, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía Vocal y quien suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: 1) Bienvenida, 2) solicitudes de estudiantes de Seminario II, 3) solicitudes de estudiantes seminario I, 4) Solicitudes de prorrogas de tiempo para entrega de correcciones seminario I y II, 5) Solicitudes de temas de trabajo de graduación, 6) Varios... **DÉCIMO OCTAVO:** Se conoce la solicitud de fecha 23 de mayo del 2024, del estudiante Hector Antonio Fuentes de León número de carné 200942577 proyecto de investigación titulado "EVALUACION DE CUATRO SOLUCIONES MINERALES UN TESTIGO QUIMICO, PARA EL CONTROL DE (phytophthora infestans) EN EL CULTIVO DE TOMATE (Solanum lycopersicum L), HIBRIDO RETANA F1, BAJO CONDICION DE INVERNADERO EN ALDEA AGUA CALIENTE DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS" Quién manifiesta que por estar vinculado como instructor deportivo en el Gimnasio Belen GYM y en la EORM de Cantón Agua Tibia municipio de San Pedro Sac. y participar como protector de los recursos naturales le fue imposible entregar el documento que contiene los resultados de la investigación SOLICITA al comité prorroga para la presentación de Seminario II. Con base a lo solicitado por el estudiante y contando con el aval de sus asesores. El Comité Trabajo de Graduación con base en lo establecido en el artículo 62 del normativo; acuerda autorizar una ampliación de tiempo a partir de la presente fecha 29/05/2024 al 30/07/2024...**VIGÉSIMO** Dando por finalizada la reunión en el mismo lugar y fecha a cuatro horas después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. (FS) ilegibles Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González, Lcda. Lourdes Carrera Munguía, Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS CINCO DÍAS DEL MES DE JULIO DEL AÑO DOS MIL VEINTICUATRO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Secretario Comité Trabajo de Graduación



EL INFRASCRITO SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, SEGUNDO, SÉPTIMO Y DÉCIMO OCTAVO DEL ACTA No. 008-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 008-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las dieciséis horas en punto, del día lunes veinticinco de noviembre del año dos mil veinticuatro, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía Vocal y quien suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera: 1) Bienvenida, 2) aprobación de informes finales, 3) aprobación temas de investigación, 4) Solicitudes varias **SEGUNDO:** El Coordinador del Comité da la bienvenida a los presentes y somete en consideración la aprobación de la agenda, la cual queda aprobada... **SÉPTIMO:** El secretario del Comité de Trabajo de Graduación dio a conocer solicitud de Informe Final de Trabajo de Graduación del estudiante Héctor Antonio Fuentes De León con número de carné 200942577 estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible para la aprobación del Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "Soluciones minerales para el control de *Phytophthora infestans* de Bary en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. híbrido Retana F1, bajo condiciones de invernadero en aldea Agua Caliente San Marcos". Cumpliendo con los requisitos establecidos en los artículos 56 y 57 del normativo de Trabajo de Graduación. El Comité Trabajo de Graduación con base en el artículo 58 acuerda **APROBAR** el Informe Final del estudiante Héctor Antonio Fuentes De León con número de carné 200942577 adjuntando los dictámenes favorables del asesor principal Ing. Agr. Dany Francisco Fuentes De León y asesor adjunto Ing. Agr. Eduardo Rodrigo Fuentes Navarro... **DÉCIMO OCTAVO:** Dando por finalizada la reunión en el mismo lugar y fecha a una hora y media después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos.

Y A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MARCOS A LOS DIECISIETE DÍAS DEL MES DE ENERO DEL AÑO DOS MIL VEINTICINCO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
Secretario Comité Trabajo de Graduación



ESTUDIANTE: HÉCTOR ANTONIO FUENTES DE LEÓN
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.15) del Acta No. 002-2025**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 29 de enero de 2025, que dice:

“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.15) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-3-2025, de fecha 20 enero de 2024, suscrita por el Lic. Antonio Etihel Ochoa López, Coordinador Carrera Agronomía, a la que adjunta solicitud del estudiante: HÉCTOR ANTONIO FUENTES DE LEÓN, Carné No. 200942577, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DE LA TESIS SOLUCIONES MINERALES PARA EL CONTROL DE Phytophthora infestans de Bary EN EL CULTIVO DE TOMATE Solanum lycopersicum. L. HÍBRIDO RETANA F1, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN ALDEA AGUA CALIENTE SAN MARCOS**, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN DE LA TESIS SOLUCIONES MINERALES PARA EL CONTROL DE Phytophthora infestans de Bary EN EL CULTIVO DE TOMATE Solanum lycopersicum. L. HÍBRIDO RETANA F1, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO EN ALDEA AGUA CALIENTE SAN MARCOS**, al estudiante: HÉCTOR ANTONIO FUENTES DE LEÓN, Carné No. 200942577, previo a conferírsele el Título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.”

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez
Coordinador Académico



c.c. Archivo
REOS/ajle

DEDICATORIA

A DIOS: Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de mi estudio.

A MIS PADRES: Héctor Eduardo Fuentes Fuentes e Ilianita Irma de León Guzmán, por su apoyo incondicional, por sus palabras de alientos, sus consejos, su amor, por haberme formado como un hombre de bien y porque siempre será mi ejemplo a seguir.

A MIS HERMANOS: Gricely Fuentes, Dany Fuentes, Sandra Fuentes y Mynor Fuentes, por el apoyo y respaldo por ser ejemplo de lucha y perseverancia.

A MI HIJA: Nayeli Julieta Fuentes de León, por ser parte importante en mi vida con mucho cariño y fuerza para sobresalir.

A MIS AMIGOS: Luis Fernando Navarro, Miguel de León, Gudilberto Ramírez y Luis Sandoval, por todo el apoyo y aprecio que han demostrado durante los años de estudio.

AGRADECIMIENTO

A DIOS: Por estar conmigo en cada momento y por guardar cada paso que doy, por darme la fuerza para seguir adelante y no desmayar por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a las mejores personas como reflejo de su mano y apoyo incondicional, por sus infinitas bendiciones y por ser mi todo.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS: Alma Mater y templo del saber, gloriosa universidad donde he adquirido la preparación académica, formándome profesionalmente y brindándome educación para apoyar a nuestros productores y a la sociedad que lo requiera.

MIS ASESORES: Ing. Agr. Dany Francisco Fuentes de León y Eduardo Rodrigo Fuentes, por guiarme al conocimiento en este proceso estudiantil en los diferentes procesos del trabajo de graduación.

A LOS DOCENTES: Sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes docentes queridos, les debo mis conocimientos. Donde quiera que vaya, los llevare conmigo en mi transitar profesional. Su semilla de conocimientos, germino en el alma y el espíritu. Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable por su dedicación perseverancia y tolerancia, especialmente a docentes que marcaron algo especial en mi vida, Ing. Agr. Emanuel Velásquez, Nehemías Rivera y José Manuel Guzmán.

A LAS AUTORIDADES DEL CUSAM: Miembros del consejo directivo y coordinación académica por el trabajo que realizan día a día en el centro universitario.

ÍNDICE GENERAL

I.	RESUMEN.....	1
II.	INTRODUCCIÓN	2
III.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	5
V.	MARCO TEÓRICO	7
5.1	Marco conceptual	7
5.1.1	Origen del cultivo de tomate	7
5.1.2	Descripción del cultivo de la variedad Retana	7
5.1.3	Tizón Tardío	8
5.2	Marco referencial	15
5.2.1	Generalidades de los materiales experimentales	15
5.2.2	Métodos para medición severidad e incidencia de <i>Phytophthora infestans</i> en tomate	18
VI.	OBJETIVOS.....	21
VII.	HIPÓTESIS	22
7.1	Hipótesis nula	22
7.2	Hipótesis alterna	22
VIII.	MATERIALES Y METODOS	23
8.1	Descripción del área de estudio	23
8.1.1	Aldea Agua Caliente.....	23
8.2	Materiales	24
8.3	Métodos	24
8.3.1	Estadística experimental	24
8.3.3	Fases de la investigación	25
IX.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33

9.1 Análisis de la varianza para variables cuantitativas	33
9.1.1 Resultados para el modelo	33
Especificación del modelo en R	33
9.1.2 Variable dependiente: Rendimiento total t/ha.	33
9.2 Análisis para Severidad de Tizón tardío	37
9.2.1 Variable dependiente: Severidad a los 90 días	37
9.2.2 Análisis de conglomerados.	40
9.3 Análisis económico.....	41
9.3.1 Tasa de Retorno Marginal	41
9.4 Dominio de recomendación.....	45
9.4.2 Pequeños productores de tomate con variedades de crecimiento determinado	45
X. CONCLUSIONES	46
XI. RECOMENDACIONES	47
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
XIII. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de <i>Phytophthora infestans</i> de Bary	8
Tabla 2 Clave de campo para evaluar severidad del tizón tardío de la papa (Henfling, 1987). 19	
Tabla 3 Programación de la aplicación de fungicidas, según tratamiento.....	26
Tabla 4 Medidas de ajuste del modelo	33
Tabla 5 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)	33
Tabla 6 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)	34
Tabla 7 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)	35
Tabla 8 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)	35
Tabla 9 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)	36
Tabla 10 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)	36
Tabla 11 Medidas de ajuste del modelo	37
Tabla 12 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)	38
Tabla 13 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)	38
Tabla 14 Costos Variables.	41
Tabla 15 Beneficio bruto para fruto de calibre comercial (grande y mediano).....	41
Tabla 16 Beneficio bruto para fruto pequeño	42
Tabla 17 Beneficio bruto total	42
Tabla 18 Beneficio neto.....	43
Tabla 19 Análisis de dominancia de tratamientos	43
Tabla 20 Tasa de retorno marginal 1	44
Tabla 21 Tasa de retorno marginal 2	44
Tabla 22 Cronograma de actividades	50
Tabla 23 Presupuesto, costo de la investigación	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo del tizón tardío del tomate <i>Phytophthora infestans</i> de Bary.	14
Figura 2 Diagrama de área estándar para la evaluación de severidad de tizón tardío en plantas de papa (CIP, 2010).	20
Figura 3 Medias ajustadas para rendimiento total	34
Figura 4 Medias ajustadas para rendimiento comercial	35
Figura 5 Medias ajustadas para rendimiento en fruto pequeño	37
Figura 6 Medias ajustadas para Severidad del Tizón tardío a los 90 días	38
Figura 7 Curva de progreso del tizón tardío	39
Figura 8 Conglomerados.....	40
Figura 9 Curva de beneficios netos	45
Figura 10 Independencia de errores.....	53
Figura 11 Normalidad de errores.....	53
Figura 12 Homogeneidad de varianzas.....	54
Figura 13 Ubicación del municipio de San Marcos.....	54
Figura 14 Ubicación del experimento.....	55
Figura 15 Elaboración de camellones.....	55
Figura 16 Recepción de pilones Retana F1	56
Figura 17 Siembra del híbrido Retana F1.....	56
Figura 18 Identificación de las unidades experimentales	57
Figura 19 Primera aplicación de los tratamientos.....	57
Figura 20 Tutorado de plantas	58
Figura 21 Monitoreo del desarrollo del cultivo y del tizón tardío.....	58
Figura 22 Aplicación de los tratamientos (soluciones minerales y testigo químico)	59
Figura 23 Solución Sulfocalcica.....	59
Figura 24 Monitoreo del cultivo para determinar el desarrollo de Tizón tardío	60
Figura 25 Maduración de frutos	60
Figura 26 Cosecha y toma de datos de rendimiento	61
Figura 27 Clasificación de frutos.....	61
Figura 28 Ficha técnica del testigo químico	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Tablas de referencia.....	50
Anexo 2 Localización del área de estudio.....	53
Anexo 3 Fase de campo del experimento.....	55

I. RESUMEN

El tizón tardío, causado por el Oomyceto *Phytophthora infestans de bary*, es una de las enfermedades más devastadoras del tomate. En Guatemala, esta enfermedad causa importantes pérdidas económicas a los productores, este estudio evaluó la eficacia de productos a base de soluciones minerales para el manejo y control del tizón tardío en el cultivo de tomate en San Marcos, Guatemala. Se comparó el uso de soluciones minerales y un testigo químico (Mancozeb) y otras soluciones minerales Sulfocalcica, bordelesa, cola de caballo y base de ceniza. Los resultados del estudio demostraron que el programa de control mineral con la solución Sulfocalcica presenta un potencial significativo para el manejo del tizón tardío. Esta solución mineral no solo ofrece un control efectivo de la enfermedad, sino que también aumenta el rendimiento del cultivo y reduce la dependencia de fungicidas químicos. En específico, se encontró que la solución Sulfocalcica; presentó la menor severidad de tizón tardío, segundo mayor rendimiento total y comercial de fruto. la mayor tasa marginal de retorno (TMR) comparado a las otras soluciones. Con base en estos resultados, se recomienda la implementación del programa de control mineral a base de Sulfocalcica como una alternativa viable y sostenible para el manejo del tizón tardío en el cultivo de tomate en San Marcos, Guatemala. Este estudio representa un avance importante en la búsqueda de alternativas sostenibles para el control del tizón tardío en el tomate. La implementación del programa de control mineral a base de Sulfocalcica puede contribuir a mejorar la productividad del cultivo, reducir el uso de fungicidas químicos y proteger el medio ambiente.

Palabras clave: tomate, tizón tardío, phytophthora infestans, control mineral, Sulfocalcica, Mancozeb, ceniza, bordelés, rendimiento, tasa marginal de retorno (TMR), sostenibilidad

II. INTRODUCCIÓN

En Guatemala el cultivo de tomate *Solanum Lycopersicum* L es de importancia, la producción se ha incrementado y en la actualidad se le cultiva en gran escala tanto para el mercado nacional como para exportación.

El departamento de San Marcos se ha caracterizado por ser una zona de producción agrícola y el cultivo de tomate, es actualmente uno de los cultivos de mayor importancia para la agricultura de la localidad, debido a que es fuente de ingresos y generador de fuentes de trabajo, llegándose a cultivar de 266 a 280 hectáreas al año, de acuerdo a las casas comerciales el rendimiento potencial es de 54 a 89 TM/Hectárea (1,500 a 2,100 cajas por manzana) con variedades e híbridos de crecimiento determinado.

Sin embargo, uno de los principales problemas que minimiza el éxito del cultivo durante la temporada de lluvia es el desarrollo de enfermedades cuando las condiciones climáticas son favorables para su desarrollo, mencionándose al tizón tardío, siendo el agente causal *Phytophthora infestans de Bary*, enfermedad más devastadora que se presenta en la mayoría de las zonas de cultivo de tomate como el principal problema fitosanitario, debido que puede causar la pérdida total del cultivo en cualquier etapa de desarrollo en que se manifieste, si no se controla eficazmente.

El siguiente trabajo de investigación describe la implementación de soluciones minerales de control para el manejo del tizón tardío, como búsqueda de alternativas para el control fitosanitario del cultivo de tomate reduciéndose el uso de agroquímicos.

Para la evaluación del control en tizón tardío, se establecieron dos invernaderos que en conjunto tienen las dimensiones de 28 metros de largo por 6 metros de ancho, haciendo un área de trabajo de 158 metros cuadrados, donde se evaluaron cuatro soluciones minerales y un producto químico (testigo), bajo el diseño experimental de bloques completos al azar.

Las variables que se tomaron para determinar la eficiencia de los controles fueron: rendimiento, severidad de tizón tardío y tasa marginal de retorno. Los resultados obtenidos se analizaron mediante el análisis de varianza (Andeva) empleando los modelos lineales generales y mixtos.

Dentro de los resultados se resalta que el mejor de los tratamientos fue el testigo Mancozeb obtuvo el mejor control de tizón tardío con un nivel de incidencia de 1.63 en la escala 1-9 con un rendimiento experimental de 106.34 t/ha (40 quintales por invernadero de 168 metros cuadrados) y la mejor de las soluciones fue la solución Sulfocalcica con un nivel medio de control de tizón tardío con un nivel de incidencia media de 3.24 y un rendimiento experimental de 95.65 t/ha (35 quintales por invernadero), en cuanto al análisis de la tasa de retorno marginal se obtuvo 9168% de diferencia al cambiar la solución Sulfocalcica por el control químico Mancozeb.

III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Según el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), citado por Quixtan Gómez (1999), los productores de tomate sufren pérdidas que en algunos casos pueden ser del 100 por ciento debido a la incidencia y severidad del tizón tardío principalmente cuando no se aplican medidas de prevención o cuando las de control se realizan fuera de tiempo.

El departamento de San Marcos, específicamente en aldea Agua Caliente, no es la excepción, pues el tizón tardío se encuentra entre las principales causas de daño al cultivo. Los productores recurren principalmente a métodos químicos de control, por esta razón los trabajos de investigación o documentación enfocados a buscar soluciones integradas a este problema son de apreciable valor.

Actualmente se encuentra en el mercado un gran número de productos químicos que ofrecen controlar al tizón tardío, creando un ambiente de uso irregular y arbitrario de cada uno de ellos, provocando problemas el uso de productos cuando no es necesario y así mismo el uso de productos químicos con similar modo y mecanismo de acción, con lo cual puede incrementarse la resistencia del patógeno hacia los ingredientes activos utilizados. Las consecuencias por el exceso en la aplicación de plaguicidas han sido y siguen siendo graves.

Por lo tanto es necesario contar con un programa fitosanitario en el manejo del tizón tardío ocasionado por *Phytophthora infestans de Bary* de tal manera que esté estructurado con el objetivo de incrementar el vigor del cultivo a través de su manejo integrado con prácticas que promuevan las defensas naturales de la planta y aporten condiciones de campo que disminuyan la presencia del inóculo y que además disminuya el número de aplicaciones, incrementando la eficiencia de las mismas, reduciendo la posibilidad de resistencia por parte de *Phytophthora infestans de Bary* hacia los productos químicos utilizados, generando como resultado cultivos sanos y un incremento en la producción.

IV. JUSTIFICACIÓN

El tomate se ubica entre los 10 cultivos más importantes en los países en desarrollo y el cuarto alimento más importante del mundo en cuanto a producción y consumo, superado únicamente por el arroz, el trigo y el maíz en términos de producción total de alimento. (Scott et al. 2000).

La producción de tomate en el país se ve limitada por varias razones, una muy importante es la enfermedad conocida como Tizón tardío, causada por el Oomiceto *Phytophthora infestans de Bary*. Que es un problema difícil de controlar en los cultivos de tomate, especialmente en la región central y el occidente del país. (Castañeda et al. 2000).

A pesar de la importancia alimentaria y socio-económica del tomate, en Guatemala se hacen pocas investigaciones sobre las enfermedades y no se tienen estimaciones de las pérdidas debidas al Tizón Tardío. No obstante, si las condiciones climáticas son favorables para el desarrollo de la enfermedad, y las variedades empleadas son susceptibles, las pérdidas pueden alcanzar el 100% si no se realiza ningún tipo de protección. (Brenes, et al 2005)

Al ser el Tizón tardío el factor limitante más importante en la producción de tomate, se hace necesaria la investigación en el campo, ya que en la actualidad se han fabricado nuevos fungicidas con características protectoras, curativas y erradicarías, con el fin de brindar una opción más eficiente en el control del tizón tardío. (Barquero, et al 2005).

La búsqueda de opciones para el control del Tizón tardío es la parte fundamental de la presente investigación y los productos a evaluar son objetos de estudio ya que no se conoce la capacidad de control bajo las condiciones climáticas del Municipio y departamento de San Marcos,

Por ello es absolutamente importante y necesario encontrar una apropiada solución al ataque del Tizón tardío. Ya que esta enfermedad ataca a los tallos, hojas y frutos limitando

su desarrollo y si una planta no tiene un área foliar grande, vigorosa y sana se verá influenciada en la productividad y calidad de los frutos. (Harrison, 1995), (Huilcapi, 2012).

En la actualidad el uso de fungicidas de síntesis química es muy intenso para el control de las enfermedades en el cultivo del tomate, por lo que se trata de buscar un producto eficiente entre las alternativas propuestas en la investigación, con el fin de dar al productor de tomate un fungicida de fácil manejo, disponibilidad, bajo costo y lo principal un control eficiente de esta enfermedad.

Las soluciones minerales son de importancia para una agricultura sostenible en la cual se busca reducir la dependencia y uso de productos de síntesis química, ayudan a prevenir el desarrollo de las enfermedades fúngicas y aportan nutrientes y minerales que pueden contribuir a compensar deficiencias nutricionales en el cultivo de tomate, estas soluciones se realizan con insumos de origen natural y mineral lo cual es beneficioso para los productores con el acceso a los insumos elaborando ellos mismos sus productos.

V. MARCO TEÓRICO

5.1 Marco conceptual

5.1.1 Origen del cultivo de tomate

El tomate *Solanum Lycopersicum* L., pertenece a la familia solanácea. Es una planta herbácea anual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cultivada en varios países, es cultivada para consumo fresco e industrializado. Dentro de la horticultura mundial, el cultivo de tomate es uno de las hortalizas con mayor dinamismo en la comercialización (INIA 2017).

5.1.2 Descripción del cultivo de la variedad Retana

Híbrido de tomate de crecimiento determinado tipo roma (frutos alargados), planta con vigor medio y entrenudo largo. Fruto alargado y racimo bastante grande, buen cuaje con altas temperaturas, excelente firmeza y larga vida de anaquel, alta resistencia al virus del Mosaico del tomate ToMV, a los hongos F. *Oxysporum lycopersici* y *Verticillium*, resistencia media a nematodos principalmente al género *Meloidogyne* (Rijk Zwaan 2014).

5.1.2.1 Morfología.

5.1.2.1.1 Raíces.

La planta de tomate, está constituido por la raíz principal y raíces secundarias, también pueden estar constituidas por raíces adventicias, estas últimas son numerosas y potentes, no superan los 30 centímetros de profundidad (INIA 2017).

5.1.2.1.2 Tallos.

El tallo es grueso, pubescente, anguloso y de color verde. Mide entre 2 y 4 centímetros de ancho y es más delgado en la parte superior. En el tallo principal se forman tallos secundarios, nuevas hojas y racimos florales, y en la porción distal se ubica el meristemo apical, de donde surgen nuevos primordios florales y foliares (IICA 2017).

5.1.2.1.3 Hojas.

Las hojas son pinnadas y compuestas. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos opuestos y, por lo general, de color verde, granduloso-pubescente por el haz y ceniciento por el envés. Se encuentra recubierta de pelos glandulares y dispuestos en posición alternada sobre el tallo. La posición de las hojas en el tallo puede ser semierecta, horizontal o inclinada (IICA 2017).

5.1.2.1.4 Inflorescencia.

Es perfecta y regular. Los sépalos, los pétalos y los estambres se insertan en la base del ovario. El cáliz y la corola constan de cinco o más sépalos y de cinco pétalos de color amarillo, que se encuentran dispuestos de forma helicoidal. Poseen cinco o seis estambres que se alternan con los pétalos, formando los órganos reproductivos. El ovario tiene dos o más segmentos (IICA 2017).

5.1.2.1.5 Fruto.

Fruto redondo alargado y de color rojo (Rijk Zwaan 2014).

5.1.3 Tizón Tardío

Tabla 1 Clasificación taxonómica de Phytophthora infestans de Bary

Taxonomía	
Reino:	Cromista.
Phyllum:	Oomycota.
Clase:	Oomycete.
Orden:	Phythiales.
Familia:	Phythiaceae.
Género:	Phytophthora.
Especie:	Infestans de Bary.

Fuente: Agrios 1998.

5.1.3.1 Generalidades.

Es causado por el cromista *Phytophthora infestans de Bary*, recibe varios nombres, que varían de país y región, los más conocidos en América Latina son: gota, gotera, lancha, hilo fungoso, es sin lugar a duda la enfermedad que causa mayores pérdidas en el mundo entero en papa y tomate, se presenta siempre que haya condiciones climáticas propicias, siendo estas lluvias frecuentes, alta humedad relativa (90 a 100%) o roció abundante (Gómez 2001).

5.1.3.2 Centro de Origen.

Se supone que la enfermedad es originaria de México, condiciones especiales de clima y especies hospedantes avalan tal suposición, que podría extenderse por los mismos motivos a ciertas zonas de Centro América y acaso algunas de América del Sur: *Phytophthora* está presente en forma perenne en el valle de Toluca (México) siendo probable que haya estado allí por cientos de años (Nieder Lauser y Mills, 1954). Según Heald (1933), Walker (1957) y muchos otros, fue introducida en Europa simultáneamente en EE.UU. entre 1830 y 1840. En 1843 produjo serios daños en cultivos de Irlanda, Inglaterra y EE.UU.

5.1.3.3 Hospedantes.

Solanáceas como la papa, tomate y berenjenas: malezas como chamico, tomatillo y otras plantas de la misma familia (INIA 2017).

5.1.3.4 Distribución e importancia económica.

Se encuentra a nivel mundial, genera importantes daños económicos. Puede causar perdida completa de la producción de la temporada y/u obligar a cosechar y vender prematuramente, con baja de rendimiento y menores ingresos (INIA 2017).

5.1.3.5 Sintomatología.

Los síntomas de la enfermedad en un principio toman la apariencia de manchas húmedas circulares o irregulares y por lo común aparecen en las puntas o bordes de las hojas inferiores. En tiempo húmedo, las manchas se extienden con rapidez y forman zonas cafés y atizonadas que presentan bordes irregulares (Agrios 1998).

A nivel del borde de las lesiones en el envés de las hojas, se forma una zona blanca constituida por las hifas del hongo, la cual presenta una anchura de 3 a 5 cm. Poco después todo el foliolo, y más tarde todos los foliolos, de una hoja son infectados, mueren y se hacen flácidos. En condiciones prolongadas de humedad, todos los órganos tiernos y aéreos de las plantas se marchitan y pudren con gran rapidez, desprendiendo un aroma característico. En climas secos, las funciones del hongo se inhiben. Las lesiones existentes dejan de extenderse, se ennegrece, enrollan y marchita, de ahí que el hongo ya no se desarrolle más en el envés de las hojas. Cuando retorna el tiempo húmedo, el hongo reanuda sus actividades y la enfermedad se desarrolla una vez más con gran rapidez, el fruto presenta pudrición parda firme (Agrios 1998).

5.1.3.6 Tipos de *Phytophthora*.

El género *Phytophthora*, aislado por de Bary (1876), está representado por un número de especies relativamente reducido, pues existen actualmente descritas, aproximadamente 27, incluyendo sus sinónimos (Gómez 2001).

Según Frezzi (1950), en mayor o menor grado causan importantes enfermedades, de preferencia radicales, en las plantas cultivadas. Algunas especies son específicas de un determinado huésped o parasitan a unos pocos, mientras que otras son polífagas y se encuentran muy difundidas, tales como *P. cinnamomi*, *P. citrophthora* y *P. parasitica* (Gómez 2001).

Frezzi, describe para el país de argentina mediante un estudio morfológico, cultural y fisiológico bien detallado, once especies y una variedad, siendo las mismas las siguientes: ***Phytophthora boehmeriae*, *Phytophthora cactorum*, *Phytophthora capsici*, *Phytophthora cinnamomi*, *Phytophthora citrophthora*, *Phytophthora drechsleri*, *Phytophthora megasperma*, *Phytophthora palmivora*, *Phytophthora parasitica*** (Gómez 2001).

5.1.3.7 Control de Phytophthora.

El tizón tardío del tomate puede controlarse satisfactoriamente mediante la combinación de varias medidas sanitarias, variedades resistentes y aspersiones con compuestos químicos aplicadas en la temporada adecuada, las plantas infectadas de cultivos anteriores, constituyen una fuente de infección del tizón tardío (Agrios 1998).

5.1.3.8 Etiología.

El organismo causal del tizón tardío es el cromista denominado ***Phytophthora infestans de Bary***. El micelio de este cromista produce esporangióforos ramificados de crecimiento indeterminado. En las puntas de las bifurcaciones de esos esporangióforos se forman esporangios papilados que tienen la forma de un limón, pero conforme prosigue el crecimiento de las puntas de las ramas, los esporangios son desplazados hacia los lados y más tarde se desprende, en los sitios donde se forman los esporangios, los esporangióforos forman hinchamientos que son una característica particular del hongo, Los esporangios germinan directamente en un tubo germinal. Cada uno de los esporangios produce de 3 a 8 zoosporas (o en algunas ocasiones un número mayor), las cuales son diseminadas cuando se rompe la pared esporangial a nivel de su papila (Agrios 1998).

5.1.3.9 Desarrollo de la enfermedad.

El primero que dio información sobre la penetración, fue De Bary quien indico la penetración era indirecta y que ocurría a las pocas horas de la inoculación con las zoosporas. La primera infección del tallo, marca el real comienzo de un ataque de tizón, las manchas que se producen en hojas por infecciones, dan lugar a la producción de grandes cantidades de materiales reproductivos, los cuales son transportados por el agua y el viento (Pérez 2008).

5.1.3.9.1 Reproducción.

a) Sexual

Los gametangios se forman en dos hifas separadas, por lo que *P. infestans* es heterotálica. Así, ambos tipos de apareamiento A1 y A2, deben estar presentes para que ocurra la reproducción sexual. La unión de los gametos ocurre cuando el oogonio atraviesa el anteridio y ocurre la plasmogamia. Esto conduce a la fertilización y al desarrollo de una oospora con paredes celulares gruesas. La oospora es fuerte y puede sobrevivir en los rastrojos. Bajo condiciones favorables. La oospora produce un tubo germinativo que forma un esporangio apical, el cual puede liberar zoosporas o formar nuevamente un tubo germinativo, los cuales sirven como inoculo primario (Pérez 2008).

b) Asexual

En agua libre y con bajas temperaturas, los esporangios germinan indirectamente produciendo alrededor de 8-12 zoosporas uninucleadas y biflageladas. Las zoosporas se forman dentro del esporangio y son liberadas cuando se rompe la pared esporangial a nivel de su papila, lo cual permite a las zoosporas nadar libremente. Las zoosporas tienen dos flagelos diferentes: uno de los flagelos es largo y en forma de látigo, en tanto que el otro es más corto y ornamentado, con dos filas laterales de pelos en el extremo. Las zoosporas se enquistan sobre superficies sólidas, es decir, se detiene, adquieren una forma redondeada y

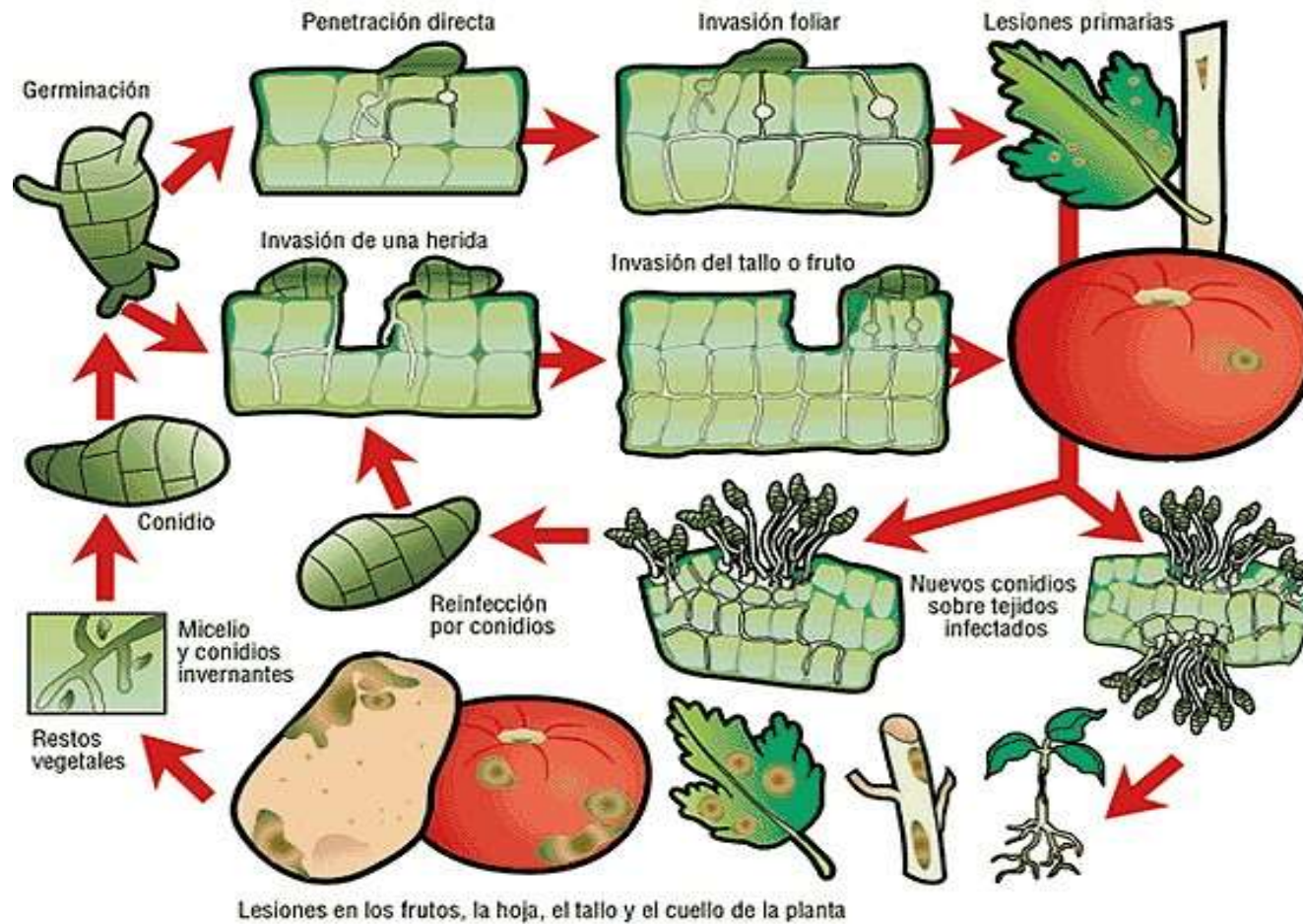
forman una pared celular. Luego, en presencia de humedad, pueden desarrollar un tubo germinativo y penetrar a la hoja por las estomas, o formar el apresorio, de tal manera que la hifa de penetración ingresa indirectamente a través de la cutícula. Una vez dentro de la planta, el micelio se desarrolla intercelularmente formando haustorios dentro de las células, ocasionalmente se forma haustorios en forma extracelular. Cuando la temperatura es mayor a 15 °C, los esporangios pueden germinar directamente, formando un tubo germinativo que penetra la epidermis de la hoja e infecta al hospedante (Pérez 2008).

5.1.3.9.32 Ciclo biológico

La forma en que este hongo sobrevive de un año a otro ha dado lugar a numerosas explicaciones y se han enunciado varias teorías.

- a) Que el micelio permanece en el suelo.
- b) Que el micelio permanece en el tubérculo o fruto de tomate enfermo.
- c) Que se producen esporas de permanencia, las que originan nuevas infecciones.
- d) Que el micelio permanece latente en la planta de papa o tomate.
- e) Que el hongo fructifica en los tubérculos, semilla, en el suelo y la espora alcanza la superficie del suelo causando infecciones en el follaje.
- f) Que cuerpos semejantes a esclerocios originan infecciones.
- g) De estas teorías la más aceptada es la que indica que *Phytophthora infestans de Bari* puede pasar de un año a otro en tubérculos o parte de una planta infectada de tomate (Gonzales 2001).

Figura 1 Ciclo del tizón tardío del tomate *Phytophthora infestans* de Bary.



Fuente: Gómez, F. B. (1999).

5.2 Marco referencial

5.2.1 Generalidades de los materiales experimentales

5.2.1.1 Producto químico.

5.2.1.1.1 Mancozeb.

a) Descripción

- Clase: Fungicida
- Formulación: Polvo mojable (wp)
- Ingredientes activos: 64% de Mancozeb, 8% de Cimoxanil, y 28% ingredientes aditivos e inertes (DuPont 2010).

b) Dosis

- 38 cm³ o gramos/bomba de 16 litros.

c) Observaciones generales:

- Intervalo de aplicación: 6 días, no más de 8 aplicaciones por temporada.
- Intervalo entre la última aplicación y la cosecha: 15 días.
- Intervalo de reingreso al área tratada: 23 horas
- Modo de acción: Sistémico y de contacto.
- Compatibilidad: Es incompatible con productos de reacción alcalina. Es compatible con la mayoría de los plaguicidas de reacción neutra o acida utilizados comúnmente en el cultivo de papa (DuPont 2010).

d) Toxicidad:

- Ecotoxicidad: No presenta.
- Fitotoxicidad: No es Fitotóxico siempre y cuando se sigan las instrucciones que contempla el panfleto (DuPont 2010).

e) Mecanismo de acción:

- Actividad antiesporulante, evita que el hongo forme esporas y se propaguen.
- Activo sobre todos los estados de desarrollo del hongo (DuPont 2010).

f) Aplicación de Mancozeb

La aplicación del fungicida se realizó a intervalos de 10 días después del 80% de emergencia de las plantas en un calendario fijo.

5.2.1.2 Soluciones minerales para el control del tizón tardío.

5.2.1.2.1 Aplicación de solución bordelesa al 1%.

La solución bordelesa en algunos cultivos se puede aplicar puro, pero en otros lo más recomendable es disolverlo con agua, para evitar “quemar” los cultivos.

Para cultivos de cebolla, ajo, tomate, remolacha y otros: tres partes de caldo (75%) y una parte de agua (25%)

Para el cultivo del tomate, después que las plantas alcanzaron 30 centímetros de altura se aplica gradualmente con intervalos entre 7 y 10 días con el preparado puro.

5.2.1.2.1.1 Aplicación de solución bordelesa al 1% con permanganato de potasio (125gramos)

Las preparaciones a base de solución bordelés, más el permanganato de potasio, son recomendables para los casos de fuertes ataques simultáneos de tizón tardío.

Para el cultivo del tomate, después que las plantas alcanzaron 30 centímetros de altura se aplicó gradualmente con intervalos de entre 7 y 10 días con el preparado puro.

5.2.1.2.1.2 Aplicación de pasta mineral con cebo, ceniza y azufre

Es ideal para la prevención y control de enfermedades fungosas. Las aplicaciones se realizaron con intervalos quincenales utilizando la cantidad de por cada 100 litros de agua tres litros del compuesto.

5.2.1.2.1.2 Mecanismo de acción:

- **Cal viva**

Material obtenido de la calcinación de la caliza que, al desprender anhídrido carbónico, se transforma en óxido de calcio. La cal viva debe ser capaz de combinarse con el agua, para transformarse de óxido a hidróxido y una vez apagada (hidratada), por lo que se puede decir que la cal viva actúa modificando el pH de la epidermis de la planta, por lo que no permite el desarrollo del patógeno en condiciones aptas (Ruiz 2003).

- **Azufre**

El azufre puede actuar como un fungicida preventivo y es de contacto directo y a distancia, esto último debido a los compuestos gaseosos que produce, las células de los hongos son permeables al azufre. Es capaz de frenar la infección del hongo, al menos en algunas fases de su ciclo biológico. También es utilizado para el control de ácaros y algunos trips, principal mente en los primeros estadios larvarios (Borrero 2012).

- **Polvo de roca**

Las harinas de roca molida fueron la base de los primeros fertilizantes usados en la agricultura para asegurar el equilibrio nutricional de las plantas, al utilizar materia orgánica combinada con harina de roca, le permite al productor utilizar una tecnología sana que requiere poca inversión de energía, capital, equipo, también reducir los costos de producción y mejorar la producción y preservar los ecosistemas, mejorando la calidad de los productos, garantizando a los consumidores buenas hortalizas con calidad de higiene, por lo que las harinas de rocas funcionan como un fertilizante foliar donde se le aplica cantidades pequeñas de nitrógeno, potasio, fosforo, silicio, aluminio, calcio, magnesio y sodio (Ruiz 2003).

Solución a base de Ceniza

La ceniza se ha utilizado como suplemento nutricional de las plantas, la ceniza se puede obtener de plantas (madera, restrojos, bagazo de caña, etc.) tiene un alto contenido en potasio, calcio, magnesio y otros minerales esenciales para ellas, por tal razón puede ser utilizado como fertilizante y para el control de enfermedades producidas por hongos (Rivera 2007).

5.2.2 Métodos para medición de severidad e incidencia de *Phytophthora infestans* en tomate

5.2.2.1 de *Phytophthora infestans*

Intensidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) de la papa Para la evaluación del comportamiento de tizón tardío de la papa se determinó la intensidad de la enfermedad en términos de severidad a nivel de planta, utilizando como apoyo la clave de campo de Henfling (1987) que se presenta en la tabla 2 y el diagrama de área estándar utilizado en el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2010) que se presenta en la Figura 2. La evaluación de severidad de tizón tardío, se realizó determinando visualmente la cantidad de tejido foliar afectado por *Phytophthora infestans* expresado en porcentaje entre 0 y 100%, siendo correspondiente a una planta sana y 100 a una planta con máximo nivel de severidad.

Para la recolección de datos se utilizó un diseño de muestreo por conglomerados bietapico (diseño jerárquico). En la primera etapa del diseño se seleccionaron las fincas (sitios de producción), en las cuales se incluyeron criterios como productor, variedad y tipo de semilla utilizada. En la segunda etapa, en la parcela de papa de cada finca se seleccionaron al azar cinco conglomerados (estaciones fijas de muestreo) de 10 plantas cada uno, para un total de 50 plantas evaluadas por cada fecha y finca durante el periodo de estudio (Figura 2).

Las evaluaciones se realizaron periódicamente a intervalos de siete días, utilizando el formato que se encuentra en tabla 2. En las estaciones fijas de muestreo se realizó el registro de la severidad de tizón tardío a intervalos de siete días con la ayuda de la clave de campo de Henfling (1987) y el diagrama de área estándar (DAE) propuesto por el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2010).

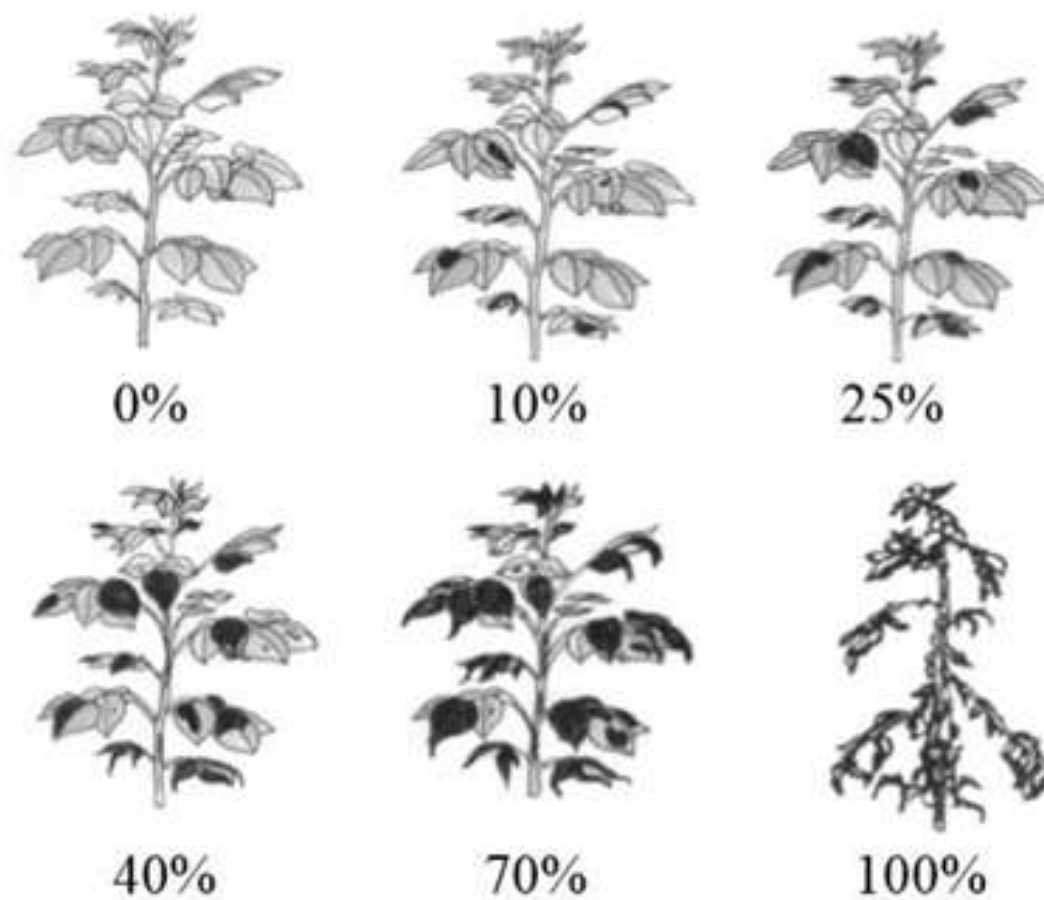
Para realizar mediciones de la severidad de *P. infestans* se emplea el uso de la escala del CIP para el cultivo de papa adaptada al cultivo de tomate por el simple motivo de pertenecer a la familia de las solanáceas.

Tabla 2 Clave de campo para evaluar severidad del tizón tardío de la papa (Henfling, 1987).

Escala CIP	% tizón		Síntomas
	Media	Limites	
1	0	Trazas	No se observa síntomas
2	2.5	< 5	Tizón tardío presente, máximo 10 lesiones por planta.
3	10	5. < 15	Las plantas parecen sanas, pero las lesiones son fácilmente observadas de cerca. Máxima área afectada por lesiones o destruidas corresponde a menos de 20 foliolos.
4	25	15. < 35	Tizón tardío fácilmente visto en la mayoría de las plantas Alrededor del 25% del follaje está cubierto por lesiones o destruido.
5	50	35. < 65	La parcela luce verde, pero todas las plantas están afectadas, las hojas inferiores muertas. Alrededor del 50 % del área foliar está destruida.
6	75	65. < 85	La parcela luce verde con manchas pardas. Alrededor del 75% de cada planta está afectada, Las hojas de la mitad inferior de las plantas están destruidas.
7	90	85. < 95	La parcela no está predominantemente verde ni parda. Solo las hojas superiores están verdes. Muchos tallos tienen lesiones extensas.
8	97.5	95. < 100	La parcela se ve parda, unas cuantas hojas superiores aun presentan algunas áreas verdes, La mayoría de los tallos están lesionados o muertos.
9	100		Todas las hojas y tallos están muertos.

Fuente: (Siles, 2018)

Figura 2 Diagrama de área estándar para la evaluación de severidad de tizón tardío en plantas de papa (CIP, 2010).



VI. OBJETIVOS

6.1 GENERAL

Evaluar el efecto de las soluciones minerales para el control de *Phytophthora infestans de Bary* en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum. L.* híbrido Retana F1, bajo condiciones de invernadero en aldea Agua Caliente San Marcos.

6.2 ESPECÍFICOS:

1. Determinar el rendimiento en el híbrido Retana F1 al aplicar las soluciones minerales, cultivado bajo condiciones de invernadero.
2. Determinar la eficiencia de las cuatro soluciones minerales para el control de *Phytophthora infestans de Bary* por medio de la escala de severidad propuesta por el CIP 2010, ver tabla 2.
3. Decretar el análisis económico por medio de la tasa de retorno marginal en la aplicación de soluciones minerales en el híbrido Retana F1 cultivado bajo condiciones de invernadero.

VII. HIPÓTESIS

7.1 Hipótesis nula

Ho1: Ninguna de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento en el híbrido Retana F1, respecto al control químico.

Ho2: Ninguna de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa sobre la incidencia y severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans de Bary* en el híbrido Retana F1, respecto al control químico.

Ho3: Ninguna de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa en cuanto a la tasa de retorno marginal en el híbrido Retana F1, respecto al control químico.

7.2 Hipótesis alterna

Ha1: Al menos una de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento en el híbrido Retana F1, respecto al control químico.

Ha2: Al menos una de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa sobre la incidencia y severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans de Bary* en el híbrido Retana F1, respecto al control químico.

Ha3: Al menos una de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa en cuanto a la tasa de retorno marginal en el híbrido Retana F1, respecto al control químico.

VIII. MATERIALES Y METODOS

8.1 Descripción del área de estudio

La evaluación titulada “Soluciones minerales para el control de *Phytophthora infestans de Bary* en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum. L.* híbrido Retana F1, bajo condiciones de invernadero en aldea Agua Caliente San Marcos”, se realizó en un área de 168 m² compuesta por dos invernaderos con productores locales de la aldea Agua Caliente del departamento de San Marcos.

El Departamento de San Marcos, se localiza a una altitud de 2,380 metros sobre el nivel del mar con una temperatura promedio anual de 12 a 14 °C, con suelos tipo Quetzaltenango con base a la clasificación de Simmons versión del sistema de información geográfica MAGA, zona con bajos riesgos de heladas, humedad relativa entre 80 y 85%.

8.1.1 Aldea Agua Caliente.

Aldea Agua Caliente de la cabecera departamental de San Marcos, se encuentra ubicada al sureste de la cabecera municipal, tiene una altura aproximada de 2,100 msnm y se localizan en las coordenadas 14°56'10" latitud norte y 91°46'30" longitud oeste.

8.1.1.1 Límites territoriales

La aldea Agua Caliente colinda al Norte con aldea Mavil del municipio de San Pedro Sacatepéquez del ^{departamento} de San Marcos, al sur con aldea San José las Islas del municipio de San Marcos y aldea San Pedro Petz del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, al este con aldea Cantel del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos y al oeste con aldea Las Lagunas del municipio de San Marcos, San Marcos.

8.2 Materiales

Recursos empleados para el desarrollo de la investigación

Recurso humano	Recurso Físico	Recurso de oficina
Productores	Pilones Retana F1.	Computadora
Tesista	Abono Bokashi	Bitácoras
Asesores	Fertilizantes	Libreta
	Fungicidas	Calculadora
	Insecticidas	
	Abono Foliar	
	Herramientas	
	Manguera de goteo	
	Bomba de fumigar	
	Cajas de madera	
	Balanzas	

8.3 Métodos

8.3.1 Estadística experimental

8.3.1.1 Método deductivo.

Permitió a los investigadores aplicar un principio general a un caso específico, lo que puede ayudar a identificar las relaciones entre las variables y a llegar a conclusiones válidas.

8.3.1.2 Diseño experimental

Se utilizará el diseño de DBCA (Diseño de bloques completos al azar), debido a que se adapta a las condiciones del experimento, estableciendo el efecto de la gradiente externa de pendiente en el suelo.

8.3.1.2.1 Modelo estadístico

El experimento se conformó por bloques y tratamientos, estos serán debidamente aleatorizados, con la finalidad de tener resultados más verídicos.

El modelo estadístico, está en función de la siguiente ecuación.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

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

- μ = Efecto de la media general.
- T_i = Efecto de la i-ésimo del tratamiento.
- β_j = Efecto de la j-ésimo de los bloques.
- ϵ_{ij} = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

8.3.3 Fases de la investigación

8.3.3.1 Fase 1. Planeación

8.3.3.1.1 Delimitación espacial.

Se trabajará con dos invernaderos con dimensiones de 28*6 metros, haciendo un total de 168 metros cuadrados, la unidad experimental por tratamiento se realizará en hileras con dimensiones de 28 metros lineales, cada tratamiento está conformado por 10 plantas, la distancia entre hileras es de 0.70 m y entre plantas es de 0.46 m, la unidad experimental tendrá un total de 250 plantas y al mismo tiempo la evaluación de las soluciones minerales y un testigo.

8.3.3.1.2 Información de la parcela experimental

- Largo de la parcela experimental: 28 m
- Ancho de la parcela experimental: 6 m
- Área de la parcela experimental: 168 m².
- Número de unidades experimentales: 25
- Área de cada unidad experimental: 4.60 m²
- Distancia entre unidades experimentales: 1 m
- Distancia entre hileras: 1 m
- Distancia entre plantas: 0.46 m
- Número de plantas totales: 250

8.3.3.1.2 Variable Independiente

Tratamientos

1. Testigo relativo (Mancozeb).
2. Solución Sulfocalcica
3. Solución Bordelesa al 1%.
4. Solución a base de Ceniza.
5. Solución cola de Caballo.

Se empleó el uso de cuatro soluciones minerales y un testigo químico para el control de tizón tardío causado por *Phytophthora infestans de Bary*, la forma de aplicación de los tratamientos se calendarizo según el siguiente cuadro.

Tabla 3 Programación de la aplicación de fungicidas, según tratamiento

Tratamiento	Dosis para 16 litros de agua	Frecuencia de aplicación.	Organismo a controlar.	Método de aplicación
Testigo Mancozeb	38 cc.	6 días	<i>Phytophthora infestans de Bary</i>	Vía Foliar
Solución Sulfocalcica	250 cc.	6 días		
Solución bordelesa al 1%	1 litro	4 días		
Solución a base de ceniza.	800 cc.	6 días		
Solución de cola caballo.	1 litro	4 días		

Número de repeticiones

Se trabajará con un total de cinco repeticiones en el área experimental.

8.3.3.1.3 Variable dependiente o de respuesta

a) Rendimiento

El rendimiento se evaluó mediante la clasificándolas en categorías: comercial (primera y segunda), y pequeño (tercera). La tercera categoría tendrá un diámetro

comprendido de 10 a 65 mm, la segunda categoría de 66 a 80 milímetros y la primera categoría mayor de 80 milímetros, esto se realizará en cada unidad experimental.

El rendimiento es la medida en peso de la cantidad de frutos, respecto de una unidad experimental, esto aplicado a cada unidad experimental del mismo tratamiento, con la finalidad de poder realizar un análisis de varianza, para determinar cuál de los tratamientos ofrece una mayor producción debido al control del patógeno, los resultados obtenidos se analizarán utilizando el software Infostat.

b) Severidad del tizón tardío

La determinación del grado de incidencia de una plaga o enfermedad probablemente es el factor de mayor importancia en cualquier programa de evaluación de pérdidas. Es el proceso que genera la información que permitirá cuantificar el progreso del daño causado.

$$\text{Porcentaje de incidencia} = \frac{\text{Plantas dañadas por parcela}}{\text{Plantas totales por parcela}} * 100$$

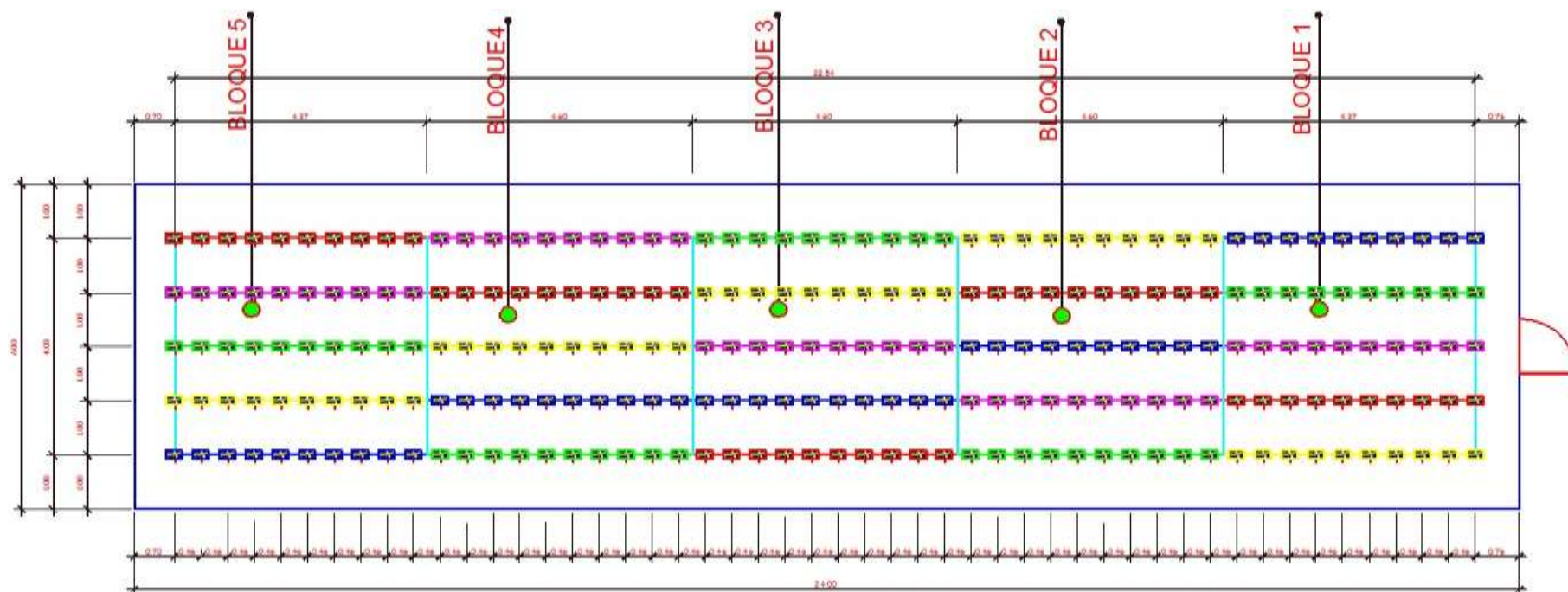
Para la severidad se empleó la escala visual propuesta por el CIP la cual se muestra en la Figura 2 Diagrama de área estándar para la evaluación de severidad de tizón tardío en plantas de papa, la cual se adaptó al cultivo de tomate al pertenecer a la familia de las solanáceas

c) Tasa de retorno marginal

Con los costos variables de las tecnologías utilizadas siendo estas las soluciones minerales conociéndose así el beneficio neto, presentando la curva de beneficio neto que representa la dominancia entre los tratamientos, estableciendo los dominios de recomendación, se utilizó la metodología del análisis económico con la tasa marginal de retorno propuesta por CYMMIT (1998).

9.3 Distribución del experimento

Ilustración 2: Diseño de bloques completamente al azar



DISEÑO BLOQUES COMPLETAMENTE AL AZAR

TRATAMIENTOS	
T-1 = TESTIGO RELATIVO (MANCOZEB)	—
T-2 = SOLUCIÓN SULFOCALCICA	—
T-3 = SOLUCIÓN BORDELÉS AL 1%.	—
T-4 = SOLUCIÓN A BASE DE CENIZA.	—
T-5 = SOLUCIÓN COLA DE CABALLO.	—

8.3.3.2 Fase 2. Experimentación

8.3.3.2.1 Delimitación temporal.

La fase experimental de la investigación se realizó durante los meses de marzo a junio de 2023 en la Aldea Agua Caliente, San Marcos.

El estudio consistió en la aplicación de soluciones minerales y un testigo químico para el control de tizón tardío en el híbrido Retana F1, para este proceso se realizaron las actividades siguientes:

- Establecimiento de parcela experimental
- Manejo agronómico (Fertilización, Control de malezas, Control de plagas)
- Aplicación de soluciones minerales y producto químico según corresponda.
- Cosecha y toma de datos

8.3.3.2.2 Manejo agronómico.

a) Preparación del terreno

Se realizará una labranza profunda utilizando azadón, piocha, carreta, pala y rastrillo dos semanas antes de la siembra, esto con la finalidad de que la raíz de la planta se desarrolle en óptimas condiciones.

b) Riego

El riego que se utilizara es a través de un sistema de riego por goteo.

c) Fertilización

La fertilización se realizará de forma convencional de acuerdo a lo acostumbrado por el productor, utilizando un plan de fertilización (bofemente base) más fertilizante químico, esto con la finalidad de que no exista variables que puedan afectar el estudio actual con las producciones pasadas.

d) Control fitosanitario

Este control se realizará de acuerdo al diseño de tratamientos.

e) Control de plagas

El control de plagas se realizará de acuerdo a las exigencias y presencia de plagas en el cultivo utilizando insecticida picante y trampas etológicas.

f) Control de malezas.

Se realizará haciendo una limpia de forma manual con azadón, machete rastrillo antes de sembrar, y durante el ciclo del cultivo, dependiendo del desarrollo de la maleza.

8.3.3.3 Fase 3. Finalización y elaboración de informe.

Se desarrolló el proceso de análisis de datos con las siguientes actividades:

Procesamiento y análisis de datos mediante ANDEVA.

Redacción del informe final

Presentación oral y escrita de informe final.

8.3.3.3.1 Análisis y síntesis de la información.

8.3.3.3.1.1 Análisis estadístico.

Análisis de Varianza ANDEVA

Este análisis demostró que, utilizando las reglas de decisión, se determinó con un 95% de confianza si hubo una diferencia significativa en el rendimiento del híbrido Retana F1 cultivo de tomate

Reglas de decisión

Estas reglas ayudaron a determinar el grado de significancia de los tratamientos en la tabla de análisis de varianza, lo que permitirá tomar decisiones sobre la necesidad o no de realizar las pruebas de medias y elegir el tratamiento que produce mejores resultados (López, E; Gonzales, B. 2019).

Rechazar H_0 si el valor de p es menor a al criterio de significancia F

Aceptar H_0 si el valor de p es mayor o igual a al criterio de significancia F

Pruebas de comparación múltiple de medias

Posteriormente al ANDEVA, se llevó a cabo. Si existe significancia en la tabla de tratamientos, se aplicará la prueba de comparación múltiple de medias, tomando en cuenta las reglas de decisión.

Comparación múltiple de medias, según Di Rienzo et al.

Di Rienzo et al. (2007) sugieren utilizar en el Análisis de Varianza (ANOVA) para realizar comparaciones múltiples de medias el comparador DGC. El objetivo de este método, que se basa en la teoría de la probabilidad de errores de tipo I, es controlar la tasa de errores falsos positivos en las comparaciones.

8.3.3.3.1.2 Severidad.

Se efectuó la toma de datos de severidad de tizón tardío por medio de escalas visuales para lo cual se tomó en cuenta la escala de severidad trabajada por el CIP para el cultivo de papa adaptada al cultivo de tomate la cual aparece en la tabla 2 la cual corresponde a la clave de campo para evaluar severidad del tizón tardío de la papa (Henfling, 1987).

Análisis estadístico

Se efectuó por medio de los modelos generales lineales y mixtos, en conjunto de los datos de rendimiento del cultivo y severidad del tizón tardío, logrado determinar si existe diferencia estadística significativa en cuanto a severidad de daños causados por tizón tardío.

Haciendo uso de los datos de rendimiento se pudo efectuar el análisis de conglomerados a fin de buscar alguna de las soluciones con características de rendimiento (alto rendimiento comercial y bajo rendimiento en fruto pequeño) y buen control de tizón tardío (severidad baja de la enfermedad).

Se estableció la curva de desarrollo de la enfermedad por medio de una regresión lineal para conocer cuál fue el comportamiento de la enfermedad respecto a los distintos métodos de control para tizón tardío.

8.3.3.3.1.3 Tasa marginal de retorno.

Después de calcular el presupuesto parcial, se llevó a cabo el análisis marginal para comparar los resultados. Para ello, se analizaron los datos en función de la preponderancia de uno de los tratamientos sobre los demás, lo que resultó en las recomendaciones correspondientes.

Análisis marginal del ensayo

Se determinó el beneficio neto marginal dividiendo por el costo marginal expresado en porcentaje para demostrar de manera precisa cómo aumentan los beneficios netos de una inversión al aumentar la cantidad invertida.

IX.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1 Análisis de la varianza para variables cuantitativas

9.1.1 Resultados para el modelo

Especificación del modelo en R

```
mlm.modelo.016_Rendimiento_total_t.ha_REML<lme(Rendimiento_total_t.ha~1+Tratamiento+Bloque,random=list(Area=pdIdent(~1)),method="REML",control=lmeControl(niterEM=150,msMaxIter=200),na.action=na.omit,data=mlm.modeloR.data16,keep.data=FALSE)
```

9.1.2 Variable dependiente: Rendimiento total t/ha.

Tabla 4 Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
40	140.37	155.03	-60.19	1.13	0.92	0.98

AIC y BIC menores implica mejor

Tabla 5 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	30	5360.63	<0.0001
Tratamiento	4	30	341.92	<0.0001*
Bloque	3	30	0.19	0.9005Ns

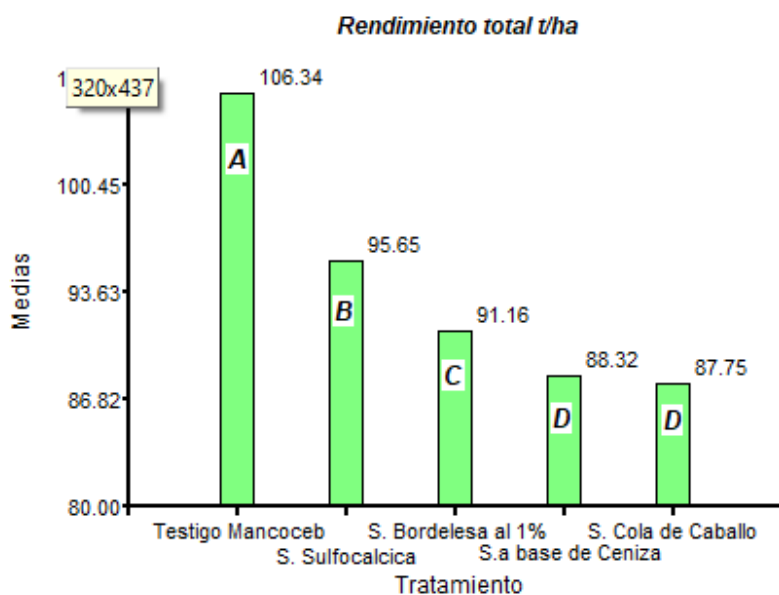
Discusión: de acuerdo a la tabla anterior se establece que en cuanto al rendimiento total en la variable de tratamientos existe diferencia estadística significativa por lo que fue necesario realizar la prueba de medias, en cuanto a la variable de bloques se establece que no existe diferencia estadística significativa por lo que se concluye que en esta investigación no era necesario el bloqueo de la gradiente externa que se tenía contemplada.

Tabla 6 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	E.E.			
Testigo Mancozeb	106.34	1.37	A		
Solución Sulfocalcica	95.65	1.4		B	
Solución Bordelesa al 1%	91.16	1.4			C
Solución a base de Ceniza	88.32	1.4			D
Solución Cola de Caballo	87.75	1.4			D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 3 Medias ajustadas para rendimiento total



Discusión: de acuerdo a la tabla anterior el testigo Mancozeb presento diferencia estadística significativa en cuanto a rendimiento total representado con la letra A, resaltando que la solución Sulfocalcica presento el segundo mejor rendimiento representado con la letra B.

9.1.2.1 Variable dependiente: Rendimiento comercial t/ha

Tabla 7 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	30	5058.26	<0.0001
Tratamiento	4	30	890.01	<0.0001*

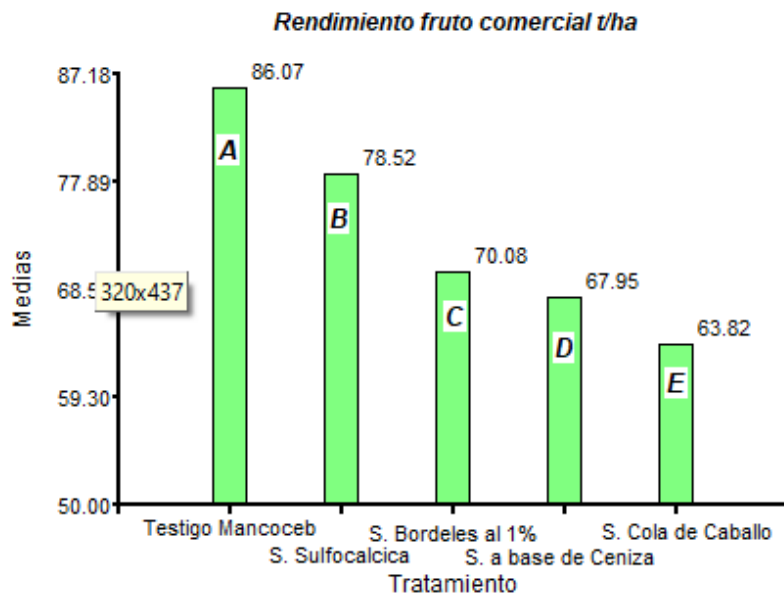
Discusión: de acuerdo a la tabla anterior se establece que en cuanto al rendimiento comercial (fruto grande y mediano) en la variable de tratamientos existe diferencia estadística significativa por lo que fue necesario realizar la prueba de medias

Tabla 8 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	E.E.			
Testigo Mancozeb	86.07	1.08	A		
Solución Sulfocalcica	78.52	1.1		B	
Solución Bordelesa al 1%	70.08	1.1			C
Solución a base de Ceniza	67.65	1.1			D
Solución Cola de Caballo	63.82	1.1			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Figura 4 Medias ajustadas para rendimiento comercial



Discusión: de acuerdo a la tabla anterior el testigo Mancozeb presento diferencia estadística significativa en cuanto a rendimiento comercial (frutos grandes y medianos) representado con la letra A, se puede resaltar que la solución Sulfocalcica presento el segundo mejor rendimiento comercial representado con la letra B.

9.1.2.2 Variable dependiente: Rendimiento fruto pequeño t/ha.

Tabla 9 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	30	6469.83	<0.0001
Tratamiento	4	30	982.01	<0.0001*

Discusión: de acuerdo a la tabla anterior se establece que en cuanto al rendimiento de fruto pequeño en la variable de tratamientos existe diferencia estadística significativa por lo que fue necesario realizar la prueba de medias.

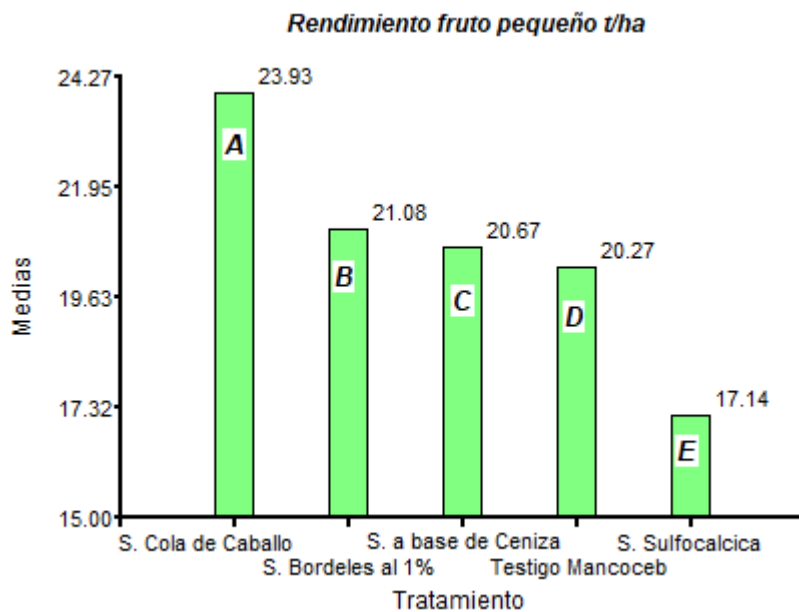
Tabla 10 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	E.E.			
Solución Cola de Caballo	23.93	0.31	A		
Solución Bordelesa al 1%	21.08	0.31	B		
Solución a base de Ceniza	20.67	0.31	C		
Testigo Mancozeb	20.27	0.3		D	
Solución Sulfocalcica	17.14	0.31			E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Discusión: de acuerdo a la tabla anterior la solución Cola de Caballo presento diferencia estadística significativa en cuanto a rendimiento de fruto pequeño representado con la letra A reportando la mayor cantidad de frutos de bajo valor económico seguido de las soluciones Bordelesa y base de Ceniza, se puede resaltar que la solución Sulfocalcica presento el menor rendimiento de frutos de tercera representado con la letra E y el testigo Mancozeb presento el segundo menor rendimiento de fruto de tercera.

Figura 5 Medias ajustadas para rendimiento en fruto pequeño



9.2 Análisis para Severidad de Tizón tardío

9.2.1 Variable dependiente: Severidad a los 90 días

Tabla 11 Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0	R2_1
40	91.95	106.61	-35.98	0.58	0.87	0.87

AIC y BIC menores implica mejor

Tabla 12 Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	denDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	30	1459.56	<0.0001
Tratamiento	4	30	50.55	<0.0001*

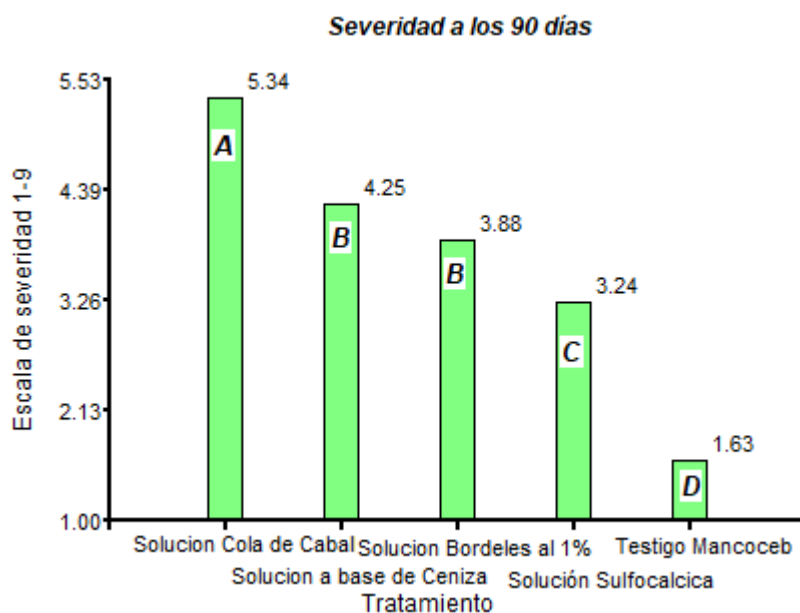
Discusión: de acuerdo a la tabla anterior se establece que en cuanto severidad de tizón tardío en la variable de tratamientos existe diferencia estadística significativa por lo que es necesario realizar la prueba de medias

Tabla 13 Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento DGC (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	E.E.	
Solución Cola de Caballo	5.34	0.21	A
Solución a base de Ceniza	4.25	0.21	B
Solución Bordelesa al 1%	3.88	0.21	B
Solución Sulfocalcica	3.24	0.21	C
Testigo Mancozeb	1.63	0.21	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

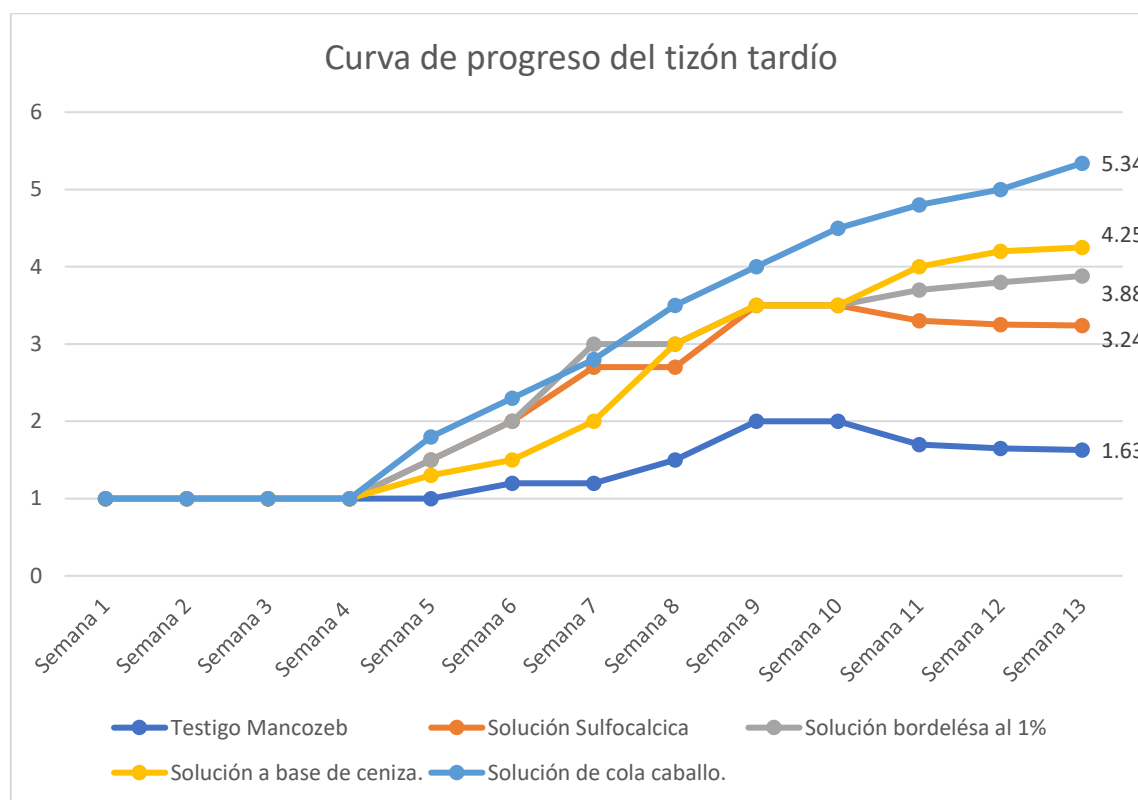
Figura 6 Medias ajustadas para Severidad del Tizón tardío a los 90 días



Discusión: de acuerdo a la tabla anterior el testigo Mancozeb presento diferencia estadística significativa en cuanto a severidad a los 90 días representado con la letra D por lo

que se evidencia que el control químico es el más efectivo, se puede resaltar que la solución Sulfocalcica presento el segundo mejor control de tizón bajo nivel de severidad representado con la letra C. Las soluciones Bordelesa y base de Ceniza presentaron un nivel de control medio y la solución Cola de Caballo presento el control menos eficiente para tizón tardío en tomate presentando el mayor nivel de incidencia de la enfermedad.

Figura 7 Curva de progreso del tizón tardío



Discusión: en esta figura se puede observar el desarrollo del tizón tardío durante los primeros 90 días, siendo estos cruciales para el desarrollo del cultivo teniendo un efecto tanto positivo como negativo mediante el uso de las soluciones minerales para el control de *Phytophthora infestans de bary*, se determinó que el testigo químico presento la menor severidad de la enfermedad seguido por la solución Sulfocalcica con un nivel de control medio representando una severidad de 3.24, ambos manteniendo un nivel de control estable.

9.2.2 Análisis de conglomerados.

Promedio (Average linkage)

Distancia: (Euclídea)

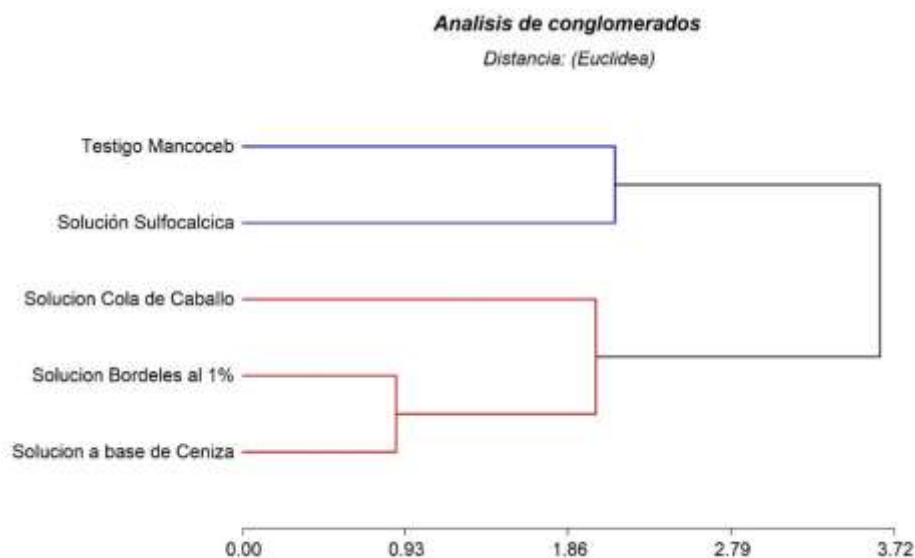
Correlación cofenética= 0.755

Variables estandarizadas

Casos leídos 40

Casos omitidos 0

Figura 8 Conglomerados



Discusión: de acuerdo a la figura anterior se determinó el grado de similitud entre los tratamientos, en donde se tomaron en cuenta las variables de rendimiento del cultivo de tomate, severidad e incidencia de tizón tardío, estableciéndose que los tratamientos más similares son solución bordelesa y base de ceniza por sus características de bajo rendimiento comercial, mayor rendimiento en fruto pequeño y control medio de control para tizón tardío (severidad media) presentando poca similitud con la solución cola de caballo. La solución Sulfocalcica fue la que presento mayor similitud al testigo Mancozeb debido a sus características de alto rendimiento total y comercial, bajo rendimiento en fruto pequeño y nivel aceptable para control del tizón tardío (severidad baja).

9.3 Análisis económico

9.3.1 Tasa de Retorno Marginal

9.3.1.1 Presupuesto Parcial

Tabla 14 Costos Variables.

Costos variables	Testigo Mancozeb	Solución Sulfocalcica	Solución a base de Ceniza	Solución Bordelesa al 1%	Solución Cola de Caballo
Producto	1500	1056	317	1600	800
Mano de obra para aplicación	3300	3300	3300	5000	5000
Aplicaciones/ha	528	528	800	528	800
Total	4800	4356	3617	6600	5800

En la tabla de costos variables se tomaron en cuenta los costos generados al momento de implementar los distintos tratamientos testigo Mancozeb y las soluciones minerales, considerándose únicamente gastos de compra de producto (químico, insumos y elaboración de soluciones minerales) y la mano de obra para la aplicación de los tratamientos (aplicaciones foliares haciendo uso de una mochila de asperjar).

9.3.1.2 Beneficio bruto y beneficio neto

Tabla 15 Beneficio bruto para fruto de calibre comercial (grande y mediano)

Tratamientos	Rendimiento agricultor kg/ha	Rendimiento experimental kg/ha	Rendimiento ajustado 85%	Precio Kg	Beneficio Bruto
Testigo Mancozeb	76000.00	86070	73159.50	Q 5.50	Q 402,377.25
Solución Sulfocalcica		78520	66742.00	Q 5.50	Q 367,081.00
Solución a base de Ceniza		67950	57757.50	Q 5.50	Q 317,666.25
Solución Bordelesa al 1%		70080	59568.00	Q 5.50	Q 327,624.00
Solución Cola de Caballo		63820	54247.00	Q 5.50	Q 298,358.50

En tabla 15 se determinó el beneficio bruto para cada tratamiento respecto a frutos calibre comercial (grande y mediano), considerando un rendimiento ajustado de 85% y precio de fruto en campo.

Tabla 16 Beneficio bruto para fruto pequeño

Tratamientos	Rendimiento agricultor kg/ha	Rendimiento experimental kg/ha	Rendimiento ajustado	Precio Kg	Beneficio Bruto
Testigo Mancozeb	1900.00	20270	17229.5	Q 2.20	Q 37,904.90
Solución Sulfocalcica		17140	14569	Q 2.20	Q 32,051.80
Solución a base de Ceniza		20670	17569.5	Q 2.20	Q 38,652.90
Solución Bordelesa al 1%		21080	17918	Q 2.20	Q 39,419.60
Solución Cola de Caballo		23930	20340.5	Q 2.20	Q 44,749.10

En esta tabla se determinó el beneficio bruto para cada tratamiento respecto a frutos de calibre pequeño, considerándose un rendimiento ajustado del 85% tomando de referencia rendimiento del agricultor y precio de fruto en campo.

Tabla 17 Beneficio bruto total

Tratamiento	Beneficio Bruto fruto comercial	Beneficio Bruto fruto pequeño	Beneficio Bruto total
Testigo Mancozeb	Q 402,377.25	Q 37,904.90	Q 440,282.15
Solución Sulfocalcica	Q 367,081.00	Q 32,051.80	Q 399,132.80
Solución a base de Ceniza	Q 317,666.25	Q 38,652.90	Q 356,319.15
Solución Bordelesa al 1%	Q 327,624.00	Q 39,419.60	Q 367,043.60
Solución Cola de Caballo	Q 298,358.50	Q 44,749.10	Q 343,107.60

Al tener datos de beneficio bruto por calibres comercial y pequeño se procedió a realizar la suma de esta forma se obtuvo el dato de beneficio bruto total correspondiente a cada tratamiento, observando el beneficio bruto mayor fue el testigo Mancozeb.

9.3.1.2.4 Beneficio neto total

Tabla 18 Beneficio neto

Tratamiento	Beneficio Bruto	Costos Variables	Beneficio Neto
Testigo Mancozeb	Q 440,282.15	Q 4800	Q 435,482.15
Solución Sulfocalcica	Q 399,132.80	Q 4356	Q 394,776.80
Solución a base de Ceniza	Q 356,319.15	Q 3617	Q 352,702.15
Solución Bordelesa al 1%	Q 367,043.60	Q 6600	Q 360,443.60
Solución Cola de Caballo	Q 343,107.60	Q 5800	Q 337,307.60

En esta tabla se determinó el beneficio neto obtenido en cada tratamiento restando los costos variables de los mismos observando la influencia de obtenida únicamente al emplear el uso de soluciones minerales.

9.3.1.3 Análisis Marginal

9.3.1.3.1 Análisis de Dominancia.

Tabla 19 Análisis de dominancia de tratamientos

Tratamiento	Costos que varían	Beneficios netos	
Solución a base de Ceniza	Q 3617	Q 352,702.15	
Solución Sulfocalcica	Q 4356	Q 394,776.80	*
Testigo Mancozeb	Q 4800	Q 435,482.15	**
Solución Cola de Caballo	Q 5800	Q 337,307.60	D
Solución Bordelesa al 1%	Q 6600	Q 360,443.60	D

Tratamientos con la letra D fueron dominados por el raleo a seis frutos.

En esta tabla se observa que el testigo Mancozeb presenta dominancia sobre los demás tratamientos, pero la solución Sulfocalcica a pesar de ser dominado por el testigo Mancozeb presenta dominancia ante las otras soluciones por se tomara en cuenta para el análisis de la tasa de retorno marginal.

9.3.1.3.2 Tasa de retorno marginal (TMR)

Tabla 20 Tasa de retorno marginal 1

Tratamientos	Costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal
Solución a base de Ceniza	Q 3,617.00		Q 352,702.15		
		Q 739.00		Q 42,074.65	5693%
Solución Sulfocalcica	Q 4,356.00		Q 394,776.80		

Discusión: en esta tabla se determinó que al invertir Q 1.00 cambiando de la solución a base de ceniza por la solución Sulfocalcica recuperaran Q 56.93, obteniéndose Q 42,074.65 de diferencia. La diferencia puede haber estado influida por la severidad de tizón tardío ya que la solución Sulfocalcica presento menor severidad comparado con la solución a base de ceniza.

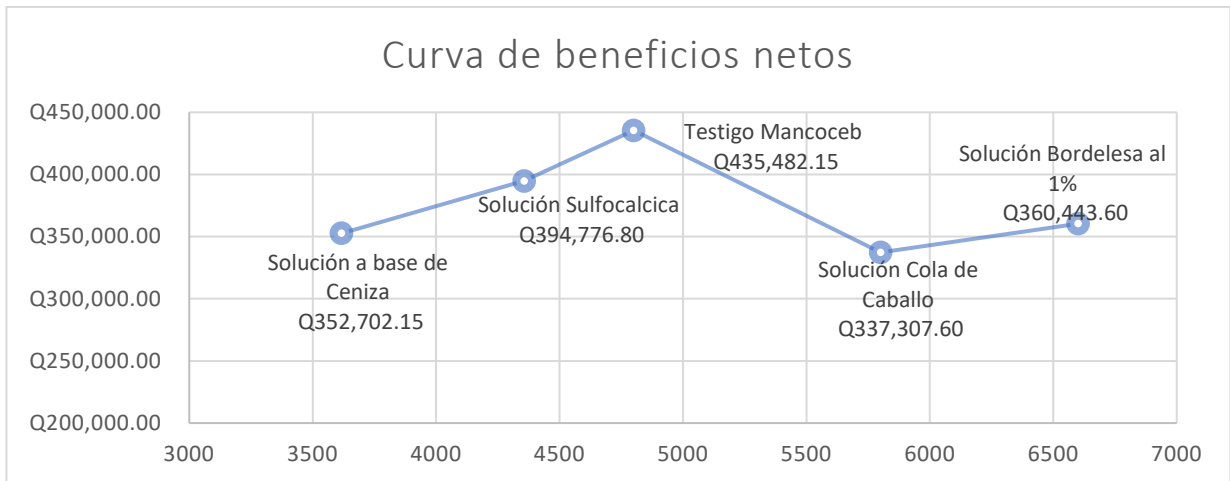
Tabla 21 Tasa de retorno marginal 2

Tratamientos	Costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa de retorno marginal
Solución Sulfocalcica	Q 4,356.00		Q 394,776.80		
		Q 444.00		Q 40,705.35	9168%
Testigo Mancozeb	Q 4,800.00		Q 435,482.15		

Discusión: en esta tabla se puede observar que en el testigo Mancozeb presento diferencia de 9168% esto debido a que se requiere mayor inversión recuperándose Q 91.68 por cada quetzal extra invertido comparado la solución Sulfocalcica. La diferencia puede haber estado influida por rendimientos totales y la severidad de tizón tardío ya que la solución Sulfocalcica presento mayor severidad comparado con el testigo Mancozeb.

9.3.1.3.2 Beneficios netos.

Figura 9 Curva de beneficios netos



Discusión: en esta grafica se observa la diferencia existente entre el testigo Mancozeb respecto a la solución Sulfocalcica 9168% obteniéndose Q 40,705.35 de diferencia, dominando a todos los tratamientos. La solución Sulfocalcica a pesar de haber sido dominado por el testigo Mancozeb, presenta diferencia respecto a la solución a base de ceniza siendo esta de 5693% con lo cual se obtiene Q 42,074.65.

9.4 Dominio de recomendación

9.4.2 Pequeños productores de tomate con variedades de crecimiento determinado

Productores con áreas productivas con condiciones de invernadero ideales para cultivo de tomate de crecimiento determinado con ciclo no mayor a 4 meses.

X. CONCLUSIONES

1. En cuanto la variable de rendimiento total del híbrido Retana se acepta la hipótesis alterna la cual indica que al menos una de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa en cuanto al rendimiento, respecto al control químico mencionando al testigo químico Mancozeb con un rendimiento experimental de 106.34 t/ha seguido por la solución Sulfocalcica 95.65 t/ha.
2. De acuerdo al rendimiento en fruto comercial en el híbrido Retana F1 se acepta la hipótesis alterna mencionando que el testigo Mancozeb fue estadísticamente superior con 86.07 t/ha, seguido de la solución Sulfocalcica con 78.52 t/ha.
3. En la variable del rendimiento en frutos pequeños en el híbrido Retana F1 se acepta la hipótesis alterna, mencionando que la solución cola de caballo fue significativamente superior con 23.93 t/ha, seguido de las soluciones a base de ceniza y bordelesa.
4. En cuanto a la variable de severidad se acepta la hipótesis alterna la cual indica que al menos una de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa sobre la incidencia y severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans de Bary* en el híbrido Retana F1, respecto al control químico, mencionando que el testigo Mancozeb presento la menor severidad con una media de 1.63 seguido de la solución Sulfocalcica 3.24 en la escala de 1-9.
5. En cuanto al análisis económico se acepta la hipótesis alterna la cual nos indica que al menos una de las soluciones minerales presentara diferencia estadística significativa en cuanto a la tasa de retorno marginal en el híbrido Retana F1, respecto al control químico, mencionando el testigo Mancozeb con la mejor tasa de retorno 9168% respecto a la solución Sulfocalcica, seguido de la solución Sulfocalcica con 5693% respecto a la solución a base de ceniza, con beneficios netos de Q435,482.15 y Q394,776.80 (ingresos de Q7,316.00 y Q6,632.00 por invernadero de 168 m²), confirmando que son los más rendidores y ofrecen un control aceptable de tizón tardío.

XI. RECOMENDACIONES

1. Para productores que buscan el mayor rendimiento posible, el testigo Mancozeb es la mejor opción esto debido a que presenta el mejor control evidenciado en la escala de severidad con una media de 1.63, pero el uso de un solo producto puede conducir a generar resistencia por parte del patógeno por lo que se deben implementar medidas adicionales como la rotación de productos para control de tizón tardío.
2. A productores que buscan nuevas medidas de control natural y tener un balance entre rendimiento del cultivo y control de tizón tardío, la solución Sulfocalcica es una alternativa viable gracias al nivel de control presentando una media de 3.24 en la escala de severidad de tizón tardío, con base en el análisis de la TMR, es la segunda opción más rentable (antecedido por el testigo químico Mancozeb). Esta solución presenta un balance favorable entre el costo de inversión y los beneficios netos obtenidos, lo que la convierte en una alternativa atractiva para los productores que buscan optimizar sus recursos.
3. Se debe hacer uso de la solución Sulfocalcica como preventivo y cuando el desarrollo de la enfermedad comience a ascender emplear el uso de Mancozeb para reducir la enfermedad a niveles aceptables que no afecten el desarrollo del cultivo, ambas formas de control de manera simultánea para así no poner en riesgo los recursos del productor obteniéndose un balance de rendimientos, 106.34 t/ha (40 quintales por invernadero de 168 metros cuadrados) para el testigo químico y para la solución Sulfocalcica 95.65 t/ha (35 quintales por invernadero) buscándose así el uso moderado de agroquímicos.
4. Es indispensable realizar futuras evaluaciones sobre el uso de la solución Sulfocalcica en el cultivo de tomate de crecimiento determinado en más localidades productoras con otras variedades, para conocer el comportamiento del tizón tardío y así tener recomendaciones más acertadas y más productores puedan conocer los beneficios del uso de soluciones minerales.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEET (Asociación Española de Ecólogos Terrestres). (2013). *El control biológico de plagas de artrópodos por conservación*. España.
- Agrícola el sol. (2013). ACT Botánico 0,003 SC.
- Agrios, G. (1998). *Fitopatología*. México: 2 ed.
- Borrero, F. A. (2012). Aplicación de agua activada para el control de oídio (*leveillula táurica*) en el cultivo de tomate de mesa (*lycupersicum sculentum*) híbrido nemo-netta. (*Tesis de licenciatura en ingeniería Agropecuaria*). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
- Castro, M. M. (1994). Evaluación de productos botánicos para el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum*), en el caserío San Gabriel, Sololá. (*Tesis de licenciatura en agronomía*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Celaya, I. T. (s.f). Evaluación del efecto de concentrados de taninos sobre el crecimiento micelial de hongos fitopatologos. pág. 1.
- Echeverria, C. E. (2012). *Caldos Minerales*. México: 1 ed.
- Gomar, M. M. (2012). Caracterización de la fracción lipídica extractable de la semilla del árbol de neem (*Azadirachtin indica*) obtenido a nivel laboratorio por lixiviación. (*Título en licenciatura en ingeniero agrónomo*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Gómez, F. B. (1999). *Evaluación de extractos vegetales para controlar el tizón tardío (Phytophthora infestans de Bary). Del tomate Lycopersicon esculentum Mill. En Bárcenas, Villa Nueva, Guatemala*. Guatemala.

Gómez, J. A. (2001). *Evaluación de cuatro concentraciones y tres intervalos de aplicación de cola de caballo (Equisetum giganteum L.) en el control del tizón tardío (phytophthora infestans de Bary) en el cultivo de la papa (Solanum Tuberosum) en la aldea Sacsiguan, Solola. Guatemala.*

XIII. ANEXOS

Anexo 1 Tablas de referencia

Tabla 22 Cronograma de actividades

Actividad	Año	2022				2023												2024								
	Mes	Abril		Octubre		Marzo				Abril				Mayo				Junio				Febrero-Mayo				
	Semana	3	4	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	...			
Presentación Seminario 1																										
Aprobación Seminario 1																										
Siembra																										
Manejo agronómico																										
Aplicación de tratamientos																										
Recolección de resultados																										
Análisis de datos																										
Elaboración de informe final																										
Presentación Seminario 2																										

Tabla 23 Presupuesto, costo de la investigación

No.	Descripción	Sub Total
1	Materiales e insumos	Q. 1,366
2	Equipo y herramientas	Q. 3,200.00
2	Jornales (35)	Q. 3,500.00
4	Alquiler (2 invernaderos)	Q. 1,000.00
5	Honorarios Investigador principal	Q. 6,500.00
6	Honorarios Investigador asociado	Q. 5,500.00
7	Honorarios investigador adjunto	Q. 4,000.00
8	Transporte	Q. 250.00
	Total	Q25,316.00

Tabla 24 Resumen de resultados

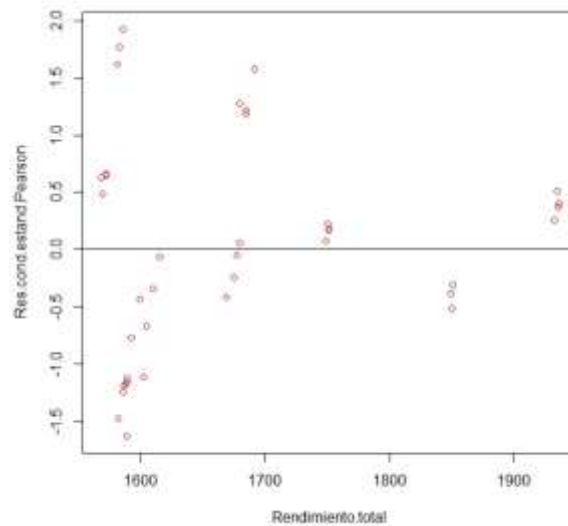
Área	Tratamiento	Bloque	Severidad a los 90 días	Conglomerado	Rendimiento total_t/ha	Rendimiento comercial_t/ha	Rendimiento_fruto Pequeño_t/ha
Invernadero 1	Testigo Mancoceb	1	2	2	114.5597857	91.64782857	22.91195714
Invernadero 1	Testigo Mancoceb	2	1	2	114.3640086	91.49120688	22.87280172
Invernadero 1	Testigo Mancoceb	3	2	2	114.5089125	91.60713003	22.90178251
Invernadero 1	Testigo Mancoceb	4	1	2	114.4900137	91.59201092	22.89800273
Invernadero 1	Solución Sulfocalcica	1	2	2	103.6163504	82.89308032	20.72327008
Invernadero 1	Solución Sulfocalcica	2	3	2	103.6226084	82.89808674	20.72452168
Invernadero 1	Solución Sulfocalcica	3	3	2	103.4906367	82.79250937	20.69812734
Invernadero 1	Solución Sulfocalcica	4	3	2	103.585354	82.86828321	20.7170708
Invernadero 1	Solucion Bordeles al 1%	1	3	1	100.0889847	75.06673851	25.02224617
Invernadero 1	Solucion Bordeles al 1%	2	4	1	99.69727767	74.77295825	24.92431942
Invernadero 1	Solucion Bordeles al 1%	3	4	1	99.66230654	74.74672991	24.91557664
Invernadero 1	Solucion Bordeles al 1%	4	3	1	99.35733736	74.51800302	24.83933434
Invernadero 1	Solucion a base de Ceniza	1	5	1	95.54002519	71.65501889	23.8850063
Invernadero 1	Solucion a base de Ceniza	2	4	1	95.24870166	71.43652625	23.81217542
Invernadero 1	Solucion a base de Ceniza	3	4	1	94.91477967	71.18608475	23.72869492
Invernadero 1	Solucion a base de Ceniza	4	4	1	94.80620364	71.10465273	23.70155091
Invernadero 1	Solucion Cola de Caballo	1	6	1	94.20509616	65.94356731	28.26152885
Invernadero 1	Solucion Cola de Caballo	2	5	1	93.85029828	65.69520879	28.15508948
Invernadero 1	Solucion Cola de Caballo	3	6	1	93.79971056	65.65979739	28.13991317
Invernadero 1	Solucion Cola de Caballo	4	5	1	94.61333045	66.22933131	28.38399913
Invernadero 2	Testigo Mancoceb	1	2	2	109.5378435	87.63027482	21.90756871
Invernadero 2	Testigo Mancoceb	2	2	2	109.4407563	87.55260504	21.88815126
Invernadero 2	Testigo Mancoceb	3	1	2	109.5377464	87.6301971	21.90754927
Invernadero 2	Testigo Mancoceb	4	2	2	109.4790308	87.5832246	21.89580615
Invernadero 2	Solución Sulfocalcica	1	1	2	99.23134185	79.38507348	19.84626837
Invernadero 2	Solución Sulfocalcica	2	3	2	99.3724282	79.49794256	19.87448564
Invernadero 2	Solución Sulfocalcica	3	3	2	98.75632997	79.00506397	19.75126599
Invernadero 2	Solución Sulfocalcica	4	2	2	99.07749191	79.26199353	19.81549838

Invernadero 2	Solucion Bordeles al 1%	1	4	1	94.00633595	70.50475196	23.50158399
Invernadero 2	Solucion Bordeles al 1%	2	4	1	93.98404541	70.48803406	23.49601135
Invernadero 2	Solucion Bordeles al 1%	3	5	1	93.96254447	70.47190835	23.49063612
Invernadero 2	Solucion Bordeles al 1%	4	4	1	94.00397318	70.50297989	23.5009933
Invernadero 2	Solucion a base de Ceniza	1	4	1	93.0047435	69.75355762	23.25118587
Invernadero 2	Solucion a base de Ceniza	2	4	1	92.82250086	69.61687565	23.20562522
Invernadero 2	Solucion a base de Ceniza	3	5	1	93.00370979	69.75278234	23.25092745
Invernadero 2	Solucion a base de Ceniza	4	4	1	92.77315433	69.57986575	23.19328858
Invernadero 2	Solucion Cola de Caballo	1	5	1	93.80441285	65.66308899	28.14132385
Invernadero 2	Solucion Cola de Caballo	2	5	1	93.52602114	65.4682148	28.05780634
Invernadero 2	Solucion Cola de Caballo	3	5	1	93.65297002	65.55707901	28.095891
Invernadero 1	Solucion Cola de Caballo	4	6	1	93.60037099	65.52025969	28.0801113

Descripción: en la tabla anterior se observan los datos tanto rendimiento como el grado de severidad del tizón tardío, cabe destacar que se empleó la escala de severidad del CIP que corresponde a valores de 1 a 9 a modo de evitar el uso de porcentajes y tener que transformar los datos por medio de métodos como el logaritmo inverso, de acuerdo con expertos la transformación de datos genera un sesgo reduciendo la validez de los resultados.

Anexo 2 Supuestos de la varianza

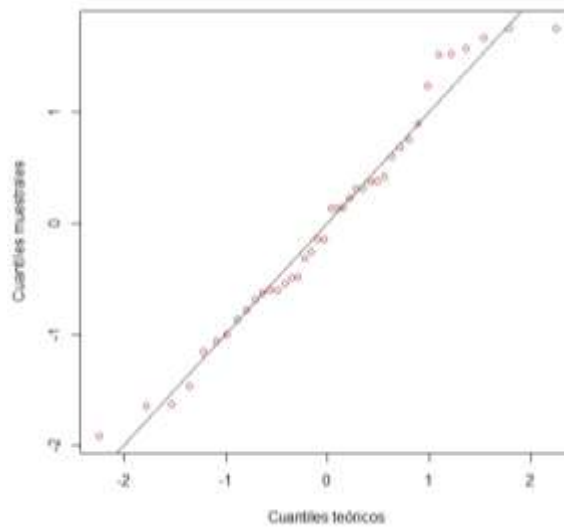
Figura 10 Independencia de errores



Fuente: Infostat 2024 (versión profesional)

Según el diagrama de dispersión se cumple el supuesto de la independencia de errores observándose una correcta distribución al no formarse triangulación.

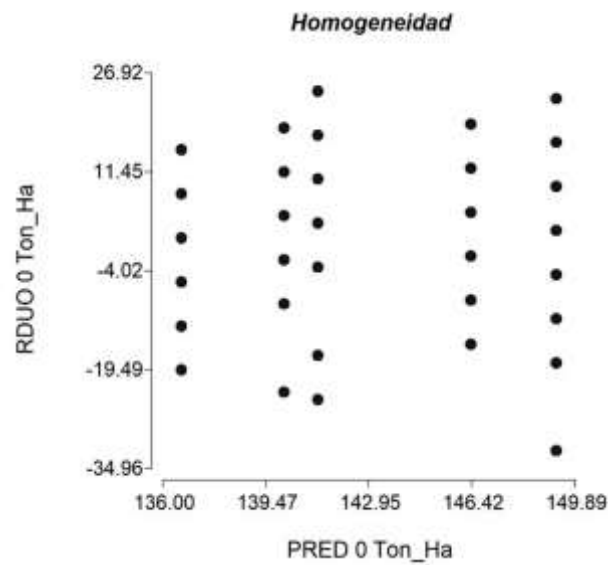
Figura 11 Normalidad de errores



Fuente: Infostat 2024 (versión profesional)

En la gráfica Q-Q plot no se observan datos atípicos y distribución normal sobre la recta, cumpliendo el supuesto de normalidad de errores.

Figura 12 Homogeneidad de varianzas



Fuente: Infostat 2024 (versión profesional)

Se observa en el diagrama de dispersión que las varianzas entre grupos son iguales, en otras palabras la dispersión de los datos es similar en todos los grupos, cumpliéndose así el supuesto de homogeneidad.

Anexo 3 Localización del área de estudio

Figura 13 Ubicación del municipio de San Marcos



Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fes.pngtree.com>

Figura 14 Ubicación del experimento



Fuente: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmiblogchapin.wordpress.com>

Anexo 4 Fase de campo del experimento

Figura 15 Elaboración de camellones



Figura 16 Recepción de pilones Retana F1



Figura 17 Siembra del híbrido Retana F1



Figura 18 Identificación de las unidades experimentales



Figura 19 Primera aplicación de los tratamientos



Figura 20 Tutorado de plantas



Figura 21 Monitoreo del desarrollo del cultivo y del tizón tardío



Figura 22 Aplicación de los tratamientos (soluciones minerales y testigo químico)



Figura 23 Solución Sulfocalcica



Figura 24 Monitoreo del cultivo para determinar el desarrollo de Tizón tardío



Figura 25 Maduración de frutos



Figura 26 Cosecha y toma de datos de rendimiento



Figura 27 Clasificación de frutos



Nota: se clasificó y determinó el precio promedio de venta de 5.50 por kilogramo de fruto comercial y 2.20 para el fruto pequeño.

Figura 28 Ficha técnica del testigo químico

¡ALTO! LEA ESTE PANFLETO ANTES DE USAR EL PRODUCTO Y
CONSULTE AL PROFESIONAL EN CIENCIAS AGRÍCOLAS.

MANCOZEB® 80 WP

FUNGICIDA - DITIOCARBAMATO
MANCOZEB

PRECAUCIÓN

ANTÍDOTO: NO TIENE

ESTE PRODUCTO PUEDE SER MORTAL SI SE INGIERE Y/O SE INHALA,
PUEDE CAUSAR DAÑOS A LOS OJOS Y A LA PIEL POR EXPOSICIÓN.

NO ALMACENAR EN CASAS DE HABITACIÓN.
MANTÉNGASE ALEJADO DE LOS NIÑOS, PERSONAS MENTALMENTE INCAPACES,
ANIMALES DOMÉSTICOS, ALIMENTOS Y MEDICAMENTOS.

USO AGRONÓMICO:
MODO DE ACCIÓN: Protectante y contacto.

EQUIPO DE APLICACIÓN:
Durante el uso y manejo de **MANCOZEB 80 WP**, use el equipo de protección consistente en lentes, mascarillas, guantes, botas de hule y overol de mangas largas. No coma, beba o fume durante el manejo y aplicación de este producto. Antes de utilizar el equipo de aspersión, revise cuidadosamente que este en buen estado de funcionamiento. Antes de usar **MANCOZEB 80 WP**, calibre con agua el equipo de aspersión, para verificar que este aplicando la dosis correcta. Puede ser aplicado con cualquier tipo de boquilla y equipo de fumigación aéreo o terrestre.

FORMA DE PREPARACIÓN DE LA MEZCLA:
Al preparar la mezcla, llene el tanque a la mitad con agua y vierta la dosis completa de **MANCOZEB 80 WP** que va utilizar y mézclelo; posteriormente complete el agua a utilizar. Para dosificar la cantidad correcta de acuerdo con el tanque de la aspersora, debe utilizar una balanza o copa de medida de 25 mL. Después de la aplicación lave el equipo de protección y el equipo de aplicación, báñese bien con agua y jabón y póngase ropa limpia. La ropa utilizada no deberá usarla sin ser previamente lavada.

RECOMENDACIONES DE USO:
Los siguientes cultivos listados son los aprobados para su uso de **MANCOZEB 80 WP** en los siguientes países: Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

CULTIVO	ENFERMEDAD
Papa <i>Solanum tuberosum</i>	Tizón tardío <i>Phytophthora infestans</i> ; Tizón temprano <i>Alternaria solani</i>
Tomate <i>Lycopersicon esculentum</i>	Tizón temprano <i>Alternaria solani</i> ; Tizón tardío <i>Phytophthora infestans</i> ; Antracnosis <i>Colletotrichum phomoides</i> ; Mancha gris <i>Stemphylium solani</i> ; Septorioseis <i>Septoria lycopersici</i>
Cucurbitáceas <i>Cucumis</i> spp.	Mildiu veloso <i>Pseudoperonospora cubensis</i> ; Antracnosis <i>Colletotrichum lagenarium</i> ; Roca <i>Cladosporium cucumerium</i> ; Gomoosis <i>Mycosphaerella citrulina</i>
Cebolla <i>Allium cepa</i>	Mildiu veludo <i>Peronospora destructor</i> ; Mancha purpura <i>Alternaria porri</i>
Maní <i>Arachis hypogaea</i>	Mancha foliar <i>Cercospora arachidicola</i>
Arroz <i>Oryza sativa</i>	Afuño <i>Pyricularia oryzae</i>
Papaya <i>Carica papaya</i>	Antracnosis <i>Colletotrichum spp.</i>
Banano y Plátano <i>Musa</i> spp.	Sigatoca amarilla <i>Mycosphaerella musae</i> ; Sigatoca negra <i>Mycosphaerella fijiensis</i>
Uva <i>Vitis</i> sp.	Mildiu veloso <i>Plasmopara viticola</i>

DOSIS:

Hortalizas	1.5 kilogramos por 200 litros de agua.
Arroz	5 kilos en 80 a 120 litros de agua en aplicaciones aéreas.
Cultivos perennes	2 a 3 kilos por hectárea (1.5 a 2 kilos por manzana)
Banano y Plátano	2 a 3 kilos por hectárea en emulsión en 5 a 8 litros de aceite.
Tratamiento de semilla de papa	1 a 1.5 kilos en 200 litros de agua. Deje escurrir y siembre inmediatamente o mantenga en un lugar fresco y seco mientras se siembra.

INTERVALO DE APLICACIÓN:
Empezar las aplicaciones con los primeros indicios de daño y mantener frecuencia de aplicación de cada 5 a 8 días en hortalizas. En arroz aplicar por lo menos dos veces, una en el embuchamiento y la otra 10 días después. En banano y plátano aplique cada 8 a 10 días dependiendo de las lluvias.

INTERVALO ENTRE LA ÚLTIMA APLICACIÓN Y LA COSECHA:
Se debe de dar un plazo no menor de 10 días en hortalizas. En banano y plátano no existe restricción.

INTERVALO DE REINGRESO AL ÁREA TRATADA:
Pueden ser inspeccionadas 24 horas después de efectuar la aplicación. Si va en mezcla con otro agroquímico, ver en el panfleto la restricción del mismo.

FITOTOXICIDAD:
No presenta fitotoxicidad a las dosis recomendadas.

COMPATIBILIDAD:
Es compatible con la mayoría de los plaguicidas existentes en el mercado, se recomienda realizar la premezcla en agua con los productos a utilizar.

PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS DE USO:
ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE:
No transporte ni almacene este producto con alimentos, forrajes, medicamentos, ropa y utensilios de uso doméstico y pecuario en general. Almacene su envase original con su etiqueta y panfleto en un lugar seguro fuera del alcance de los niños y en un ambiente fresco y bien ventilado. En caso de derrames, utilice algún material absorbente como aserrín y recoja con una pala, entierre en un agujero lejos de fuentes de agua, casas de habitación y áreas de pastoreo.

NO ALMACENAR ESTE PRODUCTO EN CASAS DE HABITACIÓN.
MANTÉNGASE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS.

NO COMER, FUMAR O BEBER DURANTE EL MANEJO Y APLICACIÓN DE ESTE PRODUCTO.
BÁÑESE DESPUÉS DE TRABAJAR Y PONGASE ROPA LIMPIA.

SÍNTOMAS DE INTOXICACIÓN:
Náuseas, vómitos, cólicos, diarreas, pérdida de peso y pérdida de apetito. El contacto prolongado puede causar dermatitis. El rocío puede causar irritación de la nariz y la garganta.

PRIMEROS AUXILIOS:
POR INGESTIÓN: Provoque el vómito, utilizando jarabe de ipecacuana, seguido de 1 a 2 vasos de agua. Si no tiene ipecacuana, dar a beber suficiente agua y provocar el vómito.
POR INHALACIÓN: Saque al paciente a un lugar bien ventilado.
POR CONTACTO CON LOS OJOS: Lávese durante 15 minutos con abundante agua limpia.
POR CONTACTO CON LA PIEL: Quítese la ropa contaminada y lávese la piel con abundante agua y jabón.

NUNCA DÉ A BEBER NI INDUZCA EL VÓMITO A PERSONAS EN ESTADO DE INCONSCIENCIA.

ANTÍDOTO Y TRATAMIENTO MÉDICO:
No tiene antídoto específico. Dar tratamiento sintomático.

CENTROS NACIONALES DE INTOXICACIÓN:

PAÍS	NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN	TÉLEFONO
GUATEMALA	Centro de Información y Asesoría Toxicológica CIAT	(502) 2330-0807 y 1-801-05-28832
BELICE	Centro de Intoxicaciones Karl Heusner Memorial Hospital	(501) 223-1639
EL SALVADOR	Hospital Nacional Rosales	(503) 2231-8262 y (503) 2231-8201
HONDURAS	Hospital Escuela Universitario	(504) 2232-2332 Ext. 420 y 478
NICARAGUA	Dirección de Regulación Sanitaria, Ministerio de Salud	(505) 2285-4700 Ext. 1284
COSTA RICA	Centro Nacional de Control de Intoxicaciones	(506) 2523-3600
PANAMÁ	Centro de Investigación e Información de Medicamentos y Tóxicos	(507) 523-4848
REP. DOMINICANA	Hospital Dr. Francisco E. Moscoso Puello	(809) 681-7826, Ext. 2192

MEDIDAS PARA LA PROTECCIÓN DEL AMBIENTE:

TÓXICO PARA PECES Y CRUSTÁCEOS.
NO CONTAMINE RÍOS, LAGOS Y ESTANQUES CON ESTE PRODUCTO, CON ENVASES O EMPAQUES VACÍOS.

MANEJO DE ENVASES, EMPAQUES, DESECHOS Y REMANENTES:
Los envases vacíos del producto deben de enjuagarse tres veces, agregar el agua del enjuague a la mezcla; no permita que los envases sean utilizados para otros fines o propósitos. Destruya y queme el envase y entierrelo a una profundidad adecuada, alejado de fuentes de agua y casas de habitación.

EL USO DE LOS ENVASES O EMPAQUES EN FORMA DIFERENTE PARA LO QUE FUERON DISEÑADOS, PONE EN PELIGRO LA SALUD HUMANA Y EL AMBIENTE.

AVISO DE GARANTÍA:
El fabricante y formulador garantiza que el contenido del envase corresponde a la composición especificada en la etiqueta. No se responsabiliza por el uso que de él se haga, lo cual estará a riesgo exclusivo del comprador.

FABRICANTE Y/O FORMULADOR:

United Phosphorus Ltd
11TH Road, Khar (W), Mumbai - 400 052
INDIA

IMPORTADO Y DISTRIBUIDO POR:

DUWEST NICARAGUA
Cra. 6-1 Carretera Norte, edificación antigua (35 de
Noviembre 200 no. 4) con Garage al Hospital Alvarado
Managua, Ciudad de Managua, Nicaragua, C.A.
Télex: 2050 224-6070 y (505) 2245-0570

DUWEST GUATEMALA
2a. Avenida, 15-41, con 15a. y 16a. Calles de
Guatemala, Guatemala, C.A.
Tel: (502) 233-0197

DUWEST EL SALVADOR
Calle Miramar No. 99 Zona Industrial
Santa Clara Antigua, Ciudad de
La Libertad, El Salvador, C.A.
Tel: (503) 257-1297

DUWEST CRUZ DEL SUR PANAMÁ
Vía Interamericana Norte a Corrientes Escorial,
David, Chiriquí, Panamá
Tel: (507) 775-2408

DUWEST HONDURAS
Bulevar del Norte, Km. 18.5, Carretera
Carretera a El Cerrito
San Pedro Sula, Honduras, C.A.
Tel: (504) 220-1000 (4 lí)

DUWEST DOMINICANA
Avenida Dr. Juan P. Alfonzo, Km. 6, Calle Industrial,
S.A. Local C, P.R.A.N.O., Santiago de las Caobas,
República Dominicana
Tel: (809) 341-9880, 374-0108

PAÍS
GUATEMALA
BELICE
EL SALVADOR
HONDURAS
NICARAGUA
COSTA RICA
PANAMÁ
REP. DOMINICANA

NÚMERO DE REGISTRO
377-9

FECHA DE REGISTRO
31-03-2003

12074284(120116)