

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS -CUSAM-  
CARRERA: INGENIERO AGRONOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA  
SOSTENIBLE**



**TITULO**

**EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES MINERALES Y DOS PRODUCTOS BOTÁNICOS,  
PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* de Bary EN TOMATE  
*Solanum lycopersicum* L, HIBRIDO TABARÉ RZ, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS PALO  
GORDO, SAN MARCOS.**

**ESTUDIANTE:**

T.P.A. DARWIN YUBELIN ARDIANO FUENTES

**CARNE:** 201344491

**ASESORES PRINCIPAL**

ING. AGR. NEHEMIAS JUAN RIVERA

**ASESORES ADJUNTO**

ING. AGR. FREDY PÉREZ MONZON

**SAN MARCOS, GUATEMALA, ABRIL DE 2024.**

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**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. Rony 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 COORDINACIÓN ACADÉMICA.**

PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez	COORDINADOR ACADEMICO
Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales	COORDINADOR CARRERAS TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRICOLA E INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE
Lic. Antonio Ethel Ochoa López	COORDINADOR CARRERA DE PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN.
Lic. Aminta Esmeralda Guillén Ruíz	COORDINADORA CARRERA DE TRABAJO SOCIAL, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Ing. Víctor Manuel Fuentes López	COORDINADOR CARRERA DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS, TÉCNICO Y LICENCIATURA.
Lic. Mauro Estuardo Rodríguez Hernández	COORDINADORA CARRERA DE ABOGADO Y NOTARIO Y LICENCIATURA EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
Doc. Byron Geovany García Orozco	COORDINADOR CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO
Licda. Julia Maritza Gándara González	COORDINADORA EXTENSION DE MALACATAN
Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez	COORDINADORA EXTENSIÓN DE TEJUTLA
Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista	COORDINADOR EXTENSIÓN DE TACANA.

Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez.	COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.
Lic. Mario René Requema	COORDINADOR DEL ÁREA DE EXTENSIÓN
Ing. Oscar Ernesto Chávez ángel	COORDINACIÓN CARRERA DE INGENIERIA CIVIL.
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	COORDINADOR CARRERA CONTADURIA PUBLICA Y AUDITORIA.
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	COORDINADOR CARRERA PROFESORADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA BILINGÜE INTERCULTURAL
Lic. Yovani Alberto Cux Chan	COORDINADOR CARRERA SOCIOLOGIA, CIENCIA POLITICA Y RELACIONES INTERNACIONALES

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS.  
TRIBUNAL EXAMINADOR**

MsC. Juan Carlos López Navarro

DIRECTOR

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

COORDINADOR CARRERAS TÉCNICO  
EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E  
INGENIERO AGRÓNOMO CON  
ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA  
SOSTENIBLE.

Ing. Agr. Nehemias Juan Rivera.

ASESOR PRINCIPAL

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzon.

ASESOR ADJUNTO

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS.  
COMITRE DE TRABAJO DE GRADUACIÓN.**

Ing. Agro. Carlos Antulio Barrios	COORDINADOR
Ing. Agro. Fredy Roberto Pérez Monzón	SECRETARIO
Licda. Maria Lourdes Carrera Munguía	VOCAL

San marcos, 03 de Abril de 2024

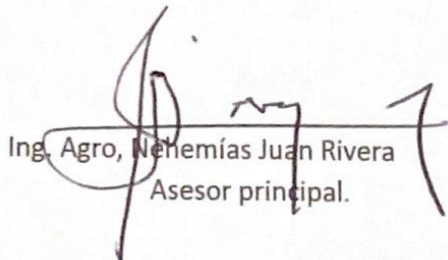
Señores:

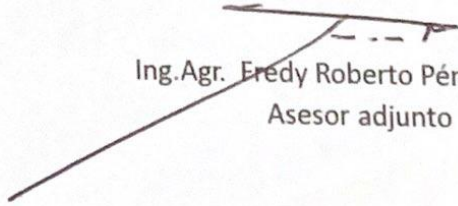
Comisión de trabajo de graduación  
Carrera de Ingeniero Agrónomo con OAS  
Centro Universitario de San Marcos

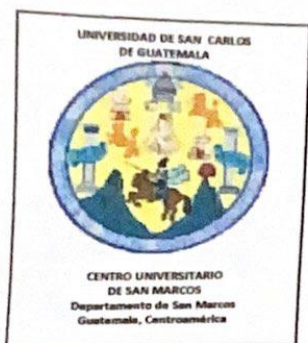
Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarle que he asesorado y revisado el informe final de Graduación titulado **"EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES MINERALES Y DOS PRODUCTOS BOTÁNICOS, PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* de Bary en tomate *Solanum lycopersicum* L, HIBRIDO TABARÉ RZ, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS"**, del estudiante **Darwin Yubelin Ardiano Fuentes** con numero de carné: **201344491**.

El cual cumple con los requisitos metodológicos y académicos, por lo que emito OPINION FAVORABLE para ser aprobada como trabajo de graduación previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

Deferentemente,

  
Ing. Agro, Nehemías Juan Rivera  
Asesor principal.

  
Ing. Agr. Eredy Roberto Pérez Monzón  
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, TRIGÉSIMO QUINTO, TRIGÉSIMO SEXTO Y CUADRAGÉSIMO CUARTO DEL ACTA No. 002-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN: "

### ACTA No. 002-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las catorce con treinta minutos, del día viernes cinco de abril 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 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: 1) Bienvenida, 2) Lectura del Acuerdo del Consejo Directivo Punto TERCERO: ASUNTOS ADMINISTRATIVOS, Inciso 3.13 del acta No. 05-2024 de sesión ordinaria celebrada por el Consejo Directivo el 06 de marzo del 2024 3.) El Secretario presenta un breve historial de proceso de trabajo de Graduación que se ha realizado en los años anteriores hasta el 2023 4) Conocimiento de solicitudes de estudiantes de temas de Trabajo de Graduación 5) Conocimiento solicitudes de estudiantes Seminario I, 6) Conocimiento de solicitudes de estudiantes Seminario II 7) Conocimiento de solicitud para la aprobación de informes finales 8) Solicitud de ampliación de tiempo para la entrega de informe Seminario II del estudiante Nefalí Miranda López... **TRIGÉSIMO QUINTO:** El Secretario del Comité de trabajo de graduación informo a los presentes que el estudiante Darwin Yubelin Ardiano Fuentes con número de carné 201344491 solicita DICTAMEN FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE GRADUACION titulado "EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES MINERALES Y DOS PRODUCTOS BOTÁNICOS, PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* de Bary EN TOMATE *Solanum lycopersicum* L, HIBRIDO TABARÉ RZ, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.". **TRIGÉSIMO SEXTO:** El Comité de Trabajo de Graduación con base a lo establecido en el capítulo X, del informe final de trabajo de graduación artículo 58 Aprobación, el estudiante solicitará por escrito al Comité del Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, la aprobación del Informe Final del Trabajo de Graduación, adjuntando tres copias escritas, así como los requisitos correspondientes citados en el artículo 57, teniendo a la vista los formularios de evaluación de Seminario II, Ing. Agr. Jorge Juárez González asignando un punteo de 75, Ing. Agr. Cristobal Navarro asignando un punteo de 78 e Ing. Agr. Carlos Barrios un punteo 82 obteniendo el estudiante un promedio de 78 puntos, y contando con los dictámenes favorables del asesor principal Ing. Agr. Nehemías Juna Rivera y asesor adjunto Ing. Fredy Roberto Pérez Monzón el Comité Trabajo de Graduación procede: **A LA APROBACIÓN DEL INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN.** El cual llena los requisitos establecidos por el Normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible... **CUADRAGÉSIMO CUARTO** 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 DIEZ DIECIOCHO DÍAS DEL MES DE FEBRERO DEL AÑO DOS MIL VEINTICUATRO.**

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

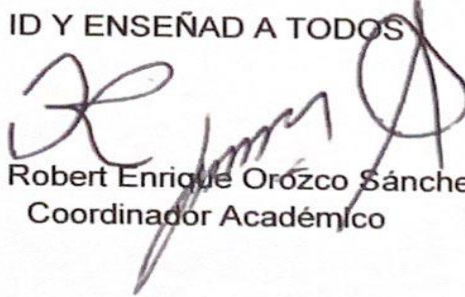
Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón  
Secretario Comité Trabajo de Graduación

**ESTUDIANTE:** DARWIN YUBELIN ARDIANO FUENTES  
**CARRERA:** INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.  
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.10) del Acta No. 008-2024**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 08 de mayo de 2024, que dice:

**“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.10)** La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-21-2024, de fecha 19 de abril de 2024, suscrita por el Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales, Coordinador INGENIERO AGRÓNOMO, a la que adjunta solicitud del estudiante: DARWIN YUBELIN ARDIANO FUENTES, Carné No. 201344491, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES MINERALES Y DOS PRODUCTOS BOTÁNICOS, PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO PHYTOPHTHORA INFESTANS DE BARY EN TOMATE SOLANUM LYCOPERSICUM L, HIBRIDO TABARÉ RZ, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS PALO GORDO, 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 DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES MINERALES Y DOS PRODUCTOS BOTÁNICOS, PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO PHYTOPHTHORA INFESTANS DE BARY EN TOMATE SOLANUM LYCOPERSICUM L, HIBRIDO TABARÉ RZ, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS**, al estudiante: DARWIN YUBELIN ARDIANO FUENTES, Carné No. 201344491, 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



## DEDICATORIA:

Este trabajo está dedicado a:

### A DIOS:

Tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de los pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

### A MIS PADRES:

Francisco Domingo Ardiano Fuentes  
Herlinda Arcelia Fuentes  
Por su amor incondicional, su constante dedicación y sacrificio; Cuyo amor y comprensión han sido mi roca durante estos años. Este logro es un testimonio de nuestro vínculo inquebrantable a ustedes dedico este trabajo con el más profundo agradecimiento.

### A MI HERMANOS:

Gracias por su apoyo incondicional. Les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han causado.

### A MIS AMIGOS:

Esta tesis no solo representa el esfuerzo individual, si no, a mis amigos cercanos, quienes me ayudaron con sus comentarios constructivos y críticas constructivas; mi segunda Familia, gracias por ser parte de este proceso y estar en cada paso del camino.

## AGRADECIMIENTOS

**A:**

AL PUEBLO DE GUATEMALA.

Gracias al aporte de sus impuestos logré concluir mis estudios.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Alma Mater formadora de profesionales.

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS:

Agradecimiento de lo más profundo de mi ser a los docentes de la carrera de Agronomía CUSAM.

CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO:

Gracias por la formación académica y social que me brindaron durante el proceso de mi formación.

A MIS ASESORES:

Ing. Agro. Nehemías Juan Rivera e Ing. Agro. Fredy Roberto Pérez Monzón, por el apoyo incondicional que me brindaron durante la fundamentación y ejecución del trabajo de graduación.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA -USAC-  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS -CUSAM-  
CARRERA: INGENIERO AGRONOMO CON ORIENTACIÓN EN  
AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**TITULO**

**EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES MINERALES Y DOS PRODUCTOS BOTÁNICOS, PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO *Phytophthora infestans* de Bary EN TOMATE *Solanum lycopersicum* L, HIBRIDO TABARÉ RZ, EN EL MUNICIPIO DE ESQUIPULAS PALO GORDO, SAN MARCOS.**

**ESTUDIANTE:**

T.P.A. DARWIN YUBELIN ARDIANO FUENTES

**CARNE:** 201344491

**ASESORES PRINCIPAL**

ING. AGR. NEHEMIAS JUAN RIVERA

**ASESORES ADJUNTO**

ING. AGR. FREDY PÉREZ MONZON

**SAN MARCOS, GUATEMALA, ABRIL DE 2024.**

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

## **TITULO.**

**Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* de Bary en Tomate *Solanum lycopersicum* L, híbrido Tabaré RZ, en el Municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.**

## INDICE GENERAL

INDICE DE CONTENIDO .....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	II
ÍNDICE DE FIGURAS .....	III
ÍNDICE DE ANEXOS .....	IV
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	V

## INDICE DE CONTENIDO

<b>I. RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>5</b>
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>V. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
<b>5.1 Marco conceptual</b> .....	<b>9</b>
5.1.1 Origen del cultivo de tomate, <i>Solanum lycopersicum</i> L. ....	9
5.1.2 Descripción del cultivo de la variedad Tabaré Rz .....	9
5.1.3 Descripción del Tizón Tardío ( <i>Phytophthora infestans</i> de Bary).....	10
<b>VI. MARCO REFERENCIAL</b> .....	<b>16</b>
<b>6.1 Localización y descripción de la unidad de investigación</b> .....	<b>16</b>
6.1.1 Ubicación geográfica. ....	16
6.1.2 Extensión .....	17
<b>6.2. Descripción de la unidad de investigación</b> .....	<b>17</b>
6.2.1. Parámetros topográficos y climáticos.....	17
<b>6.3 Antecedentes del uso de soluciones minerales y productos botánicos para el control de Fito patógenos</b> .....	<b>17</b>
<b>VII. OBJETIVOS</b> .....	<b>20</b>
<b>7.1 General</b> .....	<b>20</b>
<b>7.2 Específicos</b> .....	<b>20</b>
<b>VIII. HIPOTESIS</b> .....	<b>21</b>
<b>8.1 Hipótesis nula.</b> .....	<b>21</b>
<b>8.2 Hipótesis alternativa</b> .....	<b>21</b>
<b>IX. MATERIALES Y METODOLOGÍA</b> .....	<b>22</b>
<b>9.1 Materiales</b> .....	<b>22</b>
<b>9.2 Material experimental</b> .....	<b>22</b>
9.2.1 Testigo relativo (Producto químico) .....	23
9.2.2 Soluciones minerales para el control del tizón tardío. ....	23
9.2.3 Productos botánicos .....	27
<b>9.3 Metodología</b> .....	<b>31</b>
9.3.1 Manejo agronómico. ....	31
9.3.2 Descripción de la unidad experimental .....	32
9.3.3 Establecimiento de la plantación de tomate (hibrido Tabaré Rz) .....	33
9.3.4 Aplicación de los distintos tratamientos .....	33
9.3.5 Manejo de la investigación .....	38
9.3.6 Análisis económico .....	39
<b>X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>42</b>
<b>10.1 Incidencia de tizón tardío <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary</b> .....	<b>42</b>
<b>10.2 Severidad de tizón tardío <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary</b> .....	<b>44</b>
<b>10.3 Evaluación de rendimiento de los diferentes tratamientos.</b> .....	<b>45</b>
10.3.1 Análisis de varianza para los bloques. ....	46
10.3.2 Análisis de varianza para los tratamientos.....	48
<b>10.4 Análisis económico</b> .....	<b>50</b>
10.4.1 Presupuesto parcial .....	50
10.4.2 Análisis marginal.....	55
10.4.5 Análisis de sensibilidad .....	59
<b>X. CONCLUSIONES</b> .....	<b>63</b>
<b>XI. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>64</b>
<b>XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>65</b>
<b>XIII. ANEXOS</b> .....	<b>70</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación taxonómica de <i>Phytophthora infestans</i> de Bary.....	13
<b>Tabla 2.</b> Formulaci3n de soluci3n a Base de Bicarbonato de Sodio. ....	24
<b>Tabla 3.</b> Formulaci3n de la soluci3n mineral tipo viagra. ....	25
<b>Tabla 4.</b> Formulaci3n de soluci3n a Base de Ceniza. ....	27
<b>Tabla 5.</b> Formulaci3n de la soluci3n de cola de caballo. ....	28
<b>Tabla 6.</b> Análisis bromatol3gico de la planta cola de caballo .....	29
<b>Tabla 7.</b> Ecotoxicidad y Fitotoxicidad del ACT Botanico .....	30
<b>Tabla 8.</b> Recursos utilizados para el desarrollo de la investigaci3n. ....	22
<b>Tabla 9.</b> Descripci3n del tratamiento a evaluar y su mecanismo de acci3n. ....	34
<b>Tabla 10.</b> Numero de aplicaciones y dosis aplicada de cada tratamiento. ....	37
<b>Tabla 11.</b> Variables analizadas en la investigaci3n. ....	39
<b>Tabla 12.</b> Incidencia de <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary expresada en % para cada uno de los tratamientos evaluados en Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. ....	42
<b>Tabla 13.</b> Cuantificaci3n de la severidad de daños causada por <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary en tomate Hidrico Tabaré Rz expresada en % para cada uno de los tratamientos evaluados .....	44
<b>Tabla 14.</b> Prueba de normalidad aplicada a la variable rendimiento por planta expresado en Kg/Ha. ....	45
<b>Tabla 15.</b> Rendimiento en Kg/Ha de frutos del cultivo de tomate en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. ....	46
<b>Tabla 16.</b> Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable rendimiento. ....	46
<b>Tabla 17.</b> Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III).....	47
<b>Tabla 18.</b> Prueba de medias de Tukey para comparar los bloques. ....	47
<b>Tabla 19.</b> Análisis del ajuste del modelo de varianza para los diferentes tratamientos. ....	48
<b>Tabla 20.</b> Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los bloques evaluados. ....	48
<b>Tabla 21.</b> Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos.....	49
<b>Tabla 22.</b> Costo de la aplicaci3n de los diferentes tratamientos evaluados. ....	50
<b>Tabla 23.</b> Costos de mano de obra en la aplicaci3n de los tratamientos .....	51
<b>Tabla 24.</b> Estimaci3n de los costos que varían para los tratamientos evaluados. ....	52
<b>Tabla 25.</b> Estimaci3n de los rendimientos ajustados en Kg/Ha para el cultivo de tomate. .	53
<b>Tabla 26.</b> Obtenci3n del beneficio bruto para el cultivo de tomate. ....	54
<b>Tabla 27.</b> Obtenci3n del beneficio neto para el cultivo de tomate. ....	55
<b>Tabla 28.</b> Análisis de dominancia.....	56
<b>Tabla 29.</b> Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM). ....	58
<b>Tabla 30.</b> Análisis marginal.....	59
<b>Tabla 31.</b> Análisis de sensibilidad respecto al precio de fruto de tomate. ....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Fruto del cultivo de tomate. ....	10
<b>Figura 2.</b> Presencia de la enfermedad en el cultivo de tomate. ....	11
<b>Figura 3.</b> Lesiones en el envés de las hojas en el cultivo de tomate.....	12
<b>Figura 4.</b> Ciclo del tizón tardío del tomate <i>Phytophthora infestans</i> De Bary .....	16
<b>Figura 5.</b> Croquis de la distribución experimental. ....	33
<b>Figura 6.</b> Incidencia de <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary evaluada a los 90 DDT para cada tratamiento en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos. ....	43
<b>Figura 7.</b> Incidencia evaluada a los 90 DDT para cada tratamiento.....	45
<b>Figura 8.</b> Curva de beneficios netos .....	57

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Ubicación de la unidad experimental para la investigación .....	70
<b>Anexo 2.</b> Tabla de registro de la incidencia del patógeno.....	71
<b>Anexo 3.</b> Escala diagramática, para evaluación de severidad de ( <i>Phytophthora infestans de Bary</i> ) en tomate. ....	72
<b>Anexo 4.</b> Análisis de suelo .....	73
<b>Anexo 5.</b> Tabla de registro de severidad del tizón tardío.....	74
<b>Anexo 6.</b> Fotografías durante la investigación .....	75

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1.</b> Instalación de riego por goteo .....	75
<b>Fotografía 2.</b> Siembra de tomate Híbrido Tabaré RZ.....	75
<b>Fotografía 3.</b> Preparación y aplicación de soluciones minerales y productos botánicos ....	76
<b>Fotografía 4.</b> Registro de datos en la evaluación de la incidencia y severidad de Tizón tardío.....	76
<b>Fotografía 5.</b> Cultivo de tomate a los 70 días después del trasplante.....	77
<b>Fotografía 6.</b> Incidencia y severidad de tizón tardío. ....	77
<b>Fotografía 7.</b> Cosecha de tomate Híbrido Tabaré RZ .....	78
<b>Fotografía 8.</b> Estimación del rendimiento para el cultivo de tomate Híbrido Tabaré RZ...	78

## I. RESUMEN

Las soluciones minerales y productos botánicos por sus propiedades y formulación, promueven un control de la enfermedad provocada por el Oomiceto *Phytophthora infestans*, la cual afecta el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L, partiendo de esta premisa, se realizó la evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío en tomate, variedad Montelimar, el cultivo estuvo bajo condiciones de invernadero, y la investigación fue experimental bajo el diseño de bloques completamente al azar DBCA, las variables de respuesta tomadas en cuenta fueron: Incidencia, Severidad, Rendimiento y Rentabilidad, la unidad experimental se estableció en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Al finalizar la investigación, la aplicación de las Soluciones Minerales que presentaron baja incidencia del tizón tardío fueron: ACT Botánico 0.003sc y solución tipo viagra con valores del 15% y 16% respectivamente de infección en el híbrido Tabaré RZ; en cuanto severidad se refiere los tratamientos que mayor controlaron esta variable son ACT Botánico, Solución tipo viagra y Solución de bicarbonato de sodio. Para la variable rendimiento según la prueba de medias de Tukey el que mejor comportamiento manifestó fue el tratamiento 4 Solución Tipo Viagra con 98,588.47 kg/ha.

En cuanto al análisis económico a través de presupuesto parcial, análisis marginal y análisis de sensibilidad demostró que los tratamientos más rentables fueron; T6 Solución a base de ceniza con una TRM de 176% y T4 Solución tipo Viagra con una TRM de 207%, es decir, que por cada quetzal invertido se obtiene Q 1.76 y Q 2.07 de ganancia; por lo que la aplicación de soluciones minerales es una excelente alternativa al control tradicional de químicos sintéticos.

**Palabras clave:** *Productividad, rendimiento, alternativas de control, solanáceas, análisis económico.*

## SUMMARY

Mineral solutions and botanical products, due to their properties and formulation, promote control of the disease caused by the Oomycete *Phytophthora infestans*, which affects the tomato crop *Solanum lycopersicum* L. Based on this premise, the evaluation of three mineral solutions and two botanical products, for the control of late blight in tomato, Montelimar variety, the crop was under greenhouse conditions, and the research was experimental under the DBCA completely randomized block design, the response variables taken into account were: Incidence, Severity, Performance and Profitability, the experimental unit was established in the municipality of Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

At the end of the investigation, the application of the Mineral Solutions that presented a low incidence of late blight were: ACT Botánico 0.003sc and Viagra type solution with values of 15% and 16% respectively of infection in the Tabaré RZ hybrid; As far as severity is concerned, the treatments that most controlled this variable are Botanical ACT, Viagra-type solution and Sodium bicarbonate solution. For the performance variable according to Tukey's test of means, the one that showed the best performance was treatment 4 Viagra Type Solution with 98,588.47 kg/ha.

Regarding the economic analysis through partial budget, marginal analysis and sensitivity analysis, it showed that the most profitable treatments were; T6 Ash-based solution with a TRM of 176% and T4 Viagra-type solution with a TRM of 207%, that is, for each quetzal invested you obtain Q 1.76 and Q 2.07 in profit; Therefore, the application of mineral solutions is an excellent alternative to the traditional control of synthetic chemicals.

**Keywords:** *Productivity, performance, control alternatives, solanaceae, economic analysis.*

## II. INTRODUCCIÓN

El cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. es una de las especies hortícolas más cultivadas en Guatemala, dada la variedad de usos y su generalizado consumo en fresco y procesado. La cosecha es distribuida en los mercados nacionales por los mismos productores e intermediarios. (Quixtan Gomez, 1,999). En el municipio de Esquipulas Palo Gordo del departamento de San Marcos, la producción total estimada en quintales anualmente es de 750 qq. en un área cultivada de 4.452 metros<sup>2</sup>. (Quintanilla C., 2,021)

El tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las principales enfermedades del cultivo de tomate en cualquier época del año; para contrarrestar el efecto de esta enfermedad, los agricultores generalmente aplican paquetes de insumos agroquímicos desde el inicio del cultivo, ya que, su manejo se basa en la prevención. Sin embargo, estudios realizados por (Miza Castro, 1,994) reporta que se han hallado residuos de Dithane M-45 en frutos verdes y maduros de tomate cuando se ha aplicado este producto en el control del tizón tardío, esto indica que con las aplicaciones sucesivas de producto químico con el afán de controlar la incidencia y severidad del tizón tardío, se corre el riesgo de contaminar el producto y el medio ambiente.

Existen alternativas de origen orgánico para el control de la enfermedad de tizón tardío. Existen algunas fuentes o sustancias orgánicas capaces de controlar el desarrollo del Fito patógeno causante del tizón tardío, entre las cuales están las soluciones minerales y productos botánicos. El extracto de *Equisetum arvense* (cola de caballo) ha presentado buenos resultados en el control de la enfermedad, ha sido evaluado en Jalapa, Sololá y Quiché, y los resultados obtenidos han sido favorables para el control de la enfermedad (Quixtan Gomez, 1,999).

Así mismo sigue manifestando (Quixtan Gomez, 1,999) que los productos agroquímicos superan a los extractos vegetales en cuanto al control de tizón tardío, sin embargo, entre los extractos vegetales y soluciones minerales no producen contaminación ambiental y se asegura la calidad del producto a cosechar.

Es por ello que se realizó la evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío en tomate, variedad Montelimar, el cultivo estuvo bajo condiciones de invernadero, y la investigación fue experimental bajo el diseño de

bloques completamente al azar DBCA, las variables de respuesta tomadas en cuenta fueron: Incidencia, Severidad, Rendimiento y Rentabilidad, la unidad experimental se estableció en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Los resultados obtenidos demuestran que la aplicación de soluciones minerales y productos botánicos son una excelente alternativa al control tradicional; estos presentaron baja incidencia del tizón tardío siendo los mejores el ACT Botánico 0.003sc y solución tipo viagra con valores del 15% y 16% respectivamente de infección en el híbrido Tabaré RZ; en cuanto a severidad se refiere los tratamientos que mostraron un control eficiente sobre el tizón tardío fueron el ACT Botánico, Solución tipo viagra y Solución de bicarbonato de sodio. Para la variable rendimiento, de acuerdo a la prueba de medias de Tukey el tratamiento 4 Solución Tipo Viagra con 98,588.47 kg/ha fue el que mejor se comportó.

Al integrarse el análisis económico a través de presupuesto parcial, análisis marginal y análisis de sensibilidad demostró que los tratamientos que mayor rentabilidad presentaron fueron: Solución a base de ceniza con una TRM de 176% y Solución tipo Viagra con una TRM de 207%, es decir, que por cada quetzal invertido se obtiene Q 1.76 y Q 2.07 de ganancia; por lo que la aplicación de soluciones minerales es una excelente alternativa al control tradicional de químicos sintéticos.

### III. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Según (Quixtan Gomez, 1,999) los pequeños productores de tomate sufren pérdidas hasta del 100% debido a la incidencia y severidad del tizón tardío y la baja capacidad económica para controlar la enfermedad. Así mismo se puede comprobar que el ataque del tizón tardío es severo y las perdidas pueden ser totales cuando no se aplican medidas de control y aun cuando se aplican fuera de tiempo. Según (Ardiano Miranda, 2020) desde el año 2012 se tienen antecedentes de las pérdidas a productores de tomate en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos debido a esta enfermedad.

Culturalmente se utilizan agroquímicos para controlar la enfermedad y a medida que las condiciones climáticas favorezcan el desarrollo, se aplican agroquímicos de mayor eficiencia y de mayor precio incrementando de esa forma los costos de producción. De acuerdo a (Tello Lysbeth, 1,988) en la aplicación de mancozeb, metalaxil y clorotalonil en dosis 1.5, 2.14 y 1.7 Kg/Ha a una frecuencia de 5 días se requiere de 24, 34.24. y 27.2. Kg del producto. Si se considera el precio y costo de aplicación actual se tendrá costo por hectárea de Q 1,249.00, Q 4,508.00, Q 3.936.00, solo considerando el fungicida y su valor de aplicación.

Además la falta de capacitación hacia a los agricultores, junto a la poca información y divulgación de instructivos científicos sobre la aplicación de soluciones minerales y productos botánicos para el control; la intervención constante de extensionistas agrícolas de empresas de agroquímicos en el departamento de San Marcos, ha vuelto altamente vulnerables a los agricultores del territorio a adquirir paquetes agrícolas químicos, haciéndolos dependientes de dichos insumos externos, degradando suelos y generando riesgos en la salud humana (Pérez Velásquez, 2021).

Es importante indicar que las sucesivas prácticas de aplicación de agroquímicos para reducir la incidencia y severidad del tizón tardío, elevan los costos de producción y se corre el riesgo de contaminar al agricultor, la cosecha y el medio ambiente. Existe el riesgo al desarrollo de la resistencia de los patógenos debido al uso de agroquímicos, lo cual, está relacionado con la sobredosificación de los productos y malas prácticas de aplicación. La resistencia de los patógenos se traduce baja mortalidad a la aplicación de agroquímicos para su control y ataques agresivos de los mismos. (Alfaro López, 2,006)

Por ello, es de gran importancia implementar alternativas de control del tizón tardío, que sean amigable con el ambiente, que no aumente los costos de producción y que se encuentre al alcance de los productores.

En el área de estudio no se cuenta con referencias de investigación acerca del uso de soluciones minerales y productos botánicos para el control y prevención del tizón tardío en el cultivo del tomate. Por lo que es necesaria la investigación en la localidad ya que se tiene incidencia de esta enfermedad del 40 Y 70% que pueden generar pérdidas de producción, según (INIA, 2017), en base a ello surge la pregunta ¿Cuál de las soluciones minerales o productos botánicos será eficiente para el control del tizón tardío en el cultivo de tomate reflejado a través de la incidencia y severidad en el cultivo de tomate?

#### IV. JUSTIFICACIÓN

La enfermedad del tizón tardío, demuestra alta resistencia ante el control con productos químicos en el departamento de San Marcos, ha ocasionado pérdidas de producción y pérdidas económicas; además, tiene mayor incidencia en la época lluviosa (Molina, 2013) el uso indiscriminado de agroquímicos afecta seriamente al medio ambiente, afectando a todos los organismos vivos y generando resistencia a las plagas y enfermedades.

Los productos botánicos y soluciones minerales son alternativas en el área para el control de tizón tardío, así mismo, presentan oportunidad de controlar la enfermedad a un bajo costo y amigables con el ambiente. Según (Quixtan Gomez, 1,999) , mediante el uso de cola de caballo se logró controlar el tizón tardío, utilizando una dosis de 1 litro por bomba a una concentración de 0.7 Kg/H. disminuyendo los costos de producción. Según (Rodas, 2,020) el extracto de árbol de neem presenta actividad antifúngica contra fitopatógenos, su principal componente es la nimbina que se encuentra en las hojas y las semillas del árbol. Según (Restrepo Rivera, 2007) las soluciones minerales son empleadas para prevenir y controlar enfermedades fungosas, actúan como repelente para los insectos, esto debido a su fácil disolución y asimilables para los microorganismos, ayudan a mantener el equilibrio biológico natural y pueden contribuir con la nutrición de las plantas.

Durante la investigación, se evaluó un cultivo de importancia económica y nutricional local como lo es el cultivo de tomate, y con ello se pretende generar alternativas de manejo fitosanitario que mejoren la calidad de su producción. La implementación de soluciones minerales y productos botánicos son opciones para el control de tizón tardío en el cultivo de tomate, que, además, presentan una mejor relación beneficio-costo sin contaminar el medio ambiente y reducir el uso de productos agroquímicos.

Esquipulas Palo Gordo es uno de los cuatro municipios que más producen tomate con un total de 750 qq anuales de tomate (según Consorcio Regional de Productores) en el departamento de San Marcos; donde los agricultores se ven limitados a dos opciones para el control de tizón tardío, un primer control a base de agroquímicos, y un segundo control utilizando variedades resistentes a dicha enfermedad.

La facilidad que proporciona el uso de productos agroquímicos para controlar esta enfermedad es rentable, sin embargo, el uso continuo de agroquímicos daña el ecosistema, altera las relaciones biológicas entre organismos que interactúan en dicho ecosistema, ocasionando desequilibrios ecológicos y la resistencia génica de enfermedades, según la Asociación Española de Ecólogos Terrestres (AEET, 2013)

## V. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Marco conceptual.

#### 5.1.1 Origen del cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum* L.

El tomate *Solanum lycopersicum* L, pertenece a la familia *Solanáceae*. Es una planta herbácea anual, bianual, de origen centro y sudamericano. Actualmente es cultivada en muchos países, es cultivado 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 Tabaré Rz

Híbrido de tomate con hábito de crecimiento indeterminado 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, F. *Oxysporum lycopersici* y *Verticillium*. Resistencia media a nematodos principalmente al género *Meloidogyne* (Casa de semillas Rijk Zwaan 2014).

##### 5.1.2.1 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).

##### 5.1.2.2 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 Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2017).

##### 5.1.2.3 Hojas

Las hojas son pinnadas y compuestas. Presenta de siete a nueve folíolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alterno opuestos y, por lo general, de color verde, glanduloso-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).

#### **5.1.2.4 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).

#### **5.1.2.5 Fruto**

Fruto redondo alargado y de color rojo (Casa de semillas Rijk).

**Figura 1.** Fruto del cultivo de tomate.



**Fuente:** (Zwaan, 2015)

### **5.1.3 Descripción del Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* de Bary)**

#### **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 rocío abundante. (Gomez, 2001)

**Figura 2.** Presencia de la enfermedad en el cultivo de tomate.



**Fuente:** (Gomez, 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. Como hecho sin precedente para enfermedad se cita que Irlanda sufrió hambre, su población se diezmo influyendo en la pérdida de vidas por desnutrición (Gómez 2001).

#### **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 pérdida 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 café 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, 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 cromista se inhiben. Las lesiones existentes dejan de extenderse, se ennegrece, enrollan y marchita, de ahí que este ya no se desarrolle más en el envés de las hojas. Cuando retorna el tiempo húmedo, reanuda sus actividades y la enfermedad se desarrolla una vez más con gran rapidez, el fruto presenta pudrición parda firme (Agrios 1998).

**Figura 3.** Lesiones en el envés de las hojas en el cultivo de tomate.



**Fuente:** (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 Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans* de Bary.

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans* de Bary.

---

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

---

**Fuentes:** (Agrios 1998).

### 5.1.3.9 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, 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).

#### **5.1.3.10 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).

#### **5.1.3.11 Reproducción**

##### **a) 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).

## **b) Sexual**

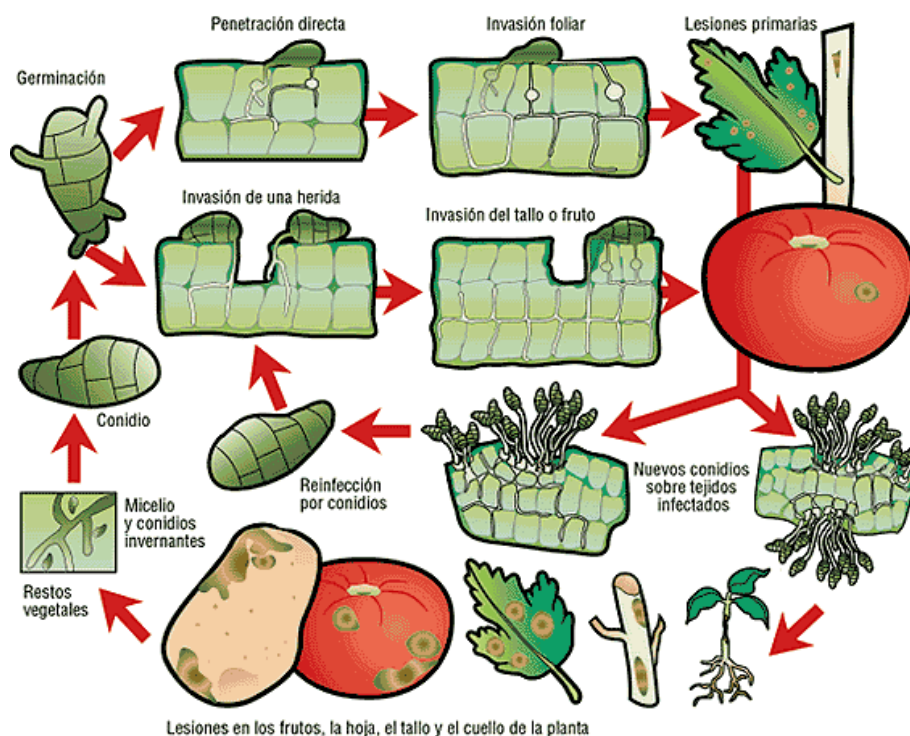
Los gametangios se forman en dos hifas separadas, por lo que *P. infestans* es heterotálica. Así, ambos tipos de apareamiento A1 y A2, deben estar presentes para que ocurra la reproducción sexual. La unión de los gametos ocurre cuando el oogonio atraviesa el anteridio y ocurre la plasmogamia. Esto conduce a la fertilización y al desarrollo de un oósporo con paredes celulares gruesas. El oósporo es fuerte y puede sobrevivir en los rastros. Bajo condiciones favorables. El oósporo 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).

### **5.1.3.12 Ciclo biológico**

La forma en que sobrevive de un año a otro ha dado lugar a numerosas explicaciones y se han enunciado varias teóricas:

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

**Figura 4.** Ciclo del tizón tardío del tomate *Phytophthora infestans* De Bary



Recuperado de: <https://enfermedadesdeltomate1.blogspot.com/2014/12/tizon-tardio-del-tomate-phytophthora.html>

## VI. MARCO REFERENCIAL

### 6.1 Localización y descripción de la unidad de investigación

La investigación se llevó a cabo en la cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo del departamento de San Marcos. (Ver Mapa 1, del Anexo 1)

#### 6.1.1 Ubicación geográfica.

Se ubica a una distancia de 258 km de la ciudad capital de Guatemala y a 7 de la cabecera departamental de San Marcos. La extensión territorial es de 21 km<sup>2</sup>. Colinda al norte y al este con el municipio de San Marcos, al sur con Los municipios de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez, al oeste con San Rafael Pie de la Cuesta y El Tumbador del departamento de San Marcos (Flores, 2,010). Además, la localidad está ubicada a 2 490 msnm.

### **6.1.2 Extensión**

La cabecera municipal de Esquipulas Palo Gordo cuenta con extensión territorial de 21 kilómetros cuadrados.

## **6.2. Descripción de la unidad de investigación**

### **6.2.1. Parámetros topográficos y climáticos.**

#### **6.1.2.1 Altitud**

Se encuentra a una altura de 2,490 metros sobre el nivel del mar.

#### **6.1.2.2 Temperatura**

La temperatura media es de 14 °C. Mínima y máxima

#### **6.1.2.3 Precipitación pluvial.**

La precipitación pluvial media anual es de 2,138 milímetros.

#### **6.1.2.4 Humedad relativa**

La humedad relativa media es de 83%.

#### **6.1.2.5 Vientos**

Se presenta en dirección de suroeste con una velocidad promedio de 9 Km/h, siendo moderados a fuertes.

#### **6.1.2.6 Zonas de vida**

Es un bosque muy húmedo, Montano bajo subtropical de relieve accidentado.

## **6.3 Antecedentes del uso de soluciones minerales y productos botánicos para el control de Fito patógenos**

En la plantación del cultivo del café, mediante la utilización de biofertilizante-solución de ceniza, para el combate del desarrollo de la roya, se tuvo un porcentaje de infestación 50% quedando en segundo lugar, respecto de la utilización de un producto químico su ingrediente activo es cyproconazole obteniendo el primer lugar dando un porcentaje de infestación de roya del 43%, debido a la escasez de datos en el cultivo del tomate, se cita el siguiente autor (León 2016).

En la investigación de efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento, del cultivo de Sacha inchi, se utilizaron 6 tratamientos en los cuales el tratamiento seis es una

mezcla de gallinaza y ceniza formando el tratamiento seis, como resultado se obtuvo un rendimiento de 106,359.00 kg/ha, quedando en tercer lugar, a diferencia del tratamiento dos que es principalmente de compost el cual tuvo un rendimiento de 161,487.000 kg/ha, debido a la escasez de datos en el cultivo del tomate, se cita el siguiente autor (Ruiz 2014).

En la evaluación de productos botánicos para el control de tizón tardío, en el cultivo del tomate, se obtuvo mejor rendimiento utilizando solución de cola de caballo, en una frecuencia de aplicación de cuatro días, obteniendo un rendimiento de 16,209.94 kg/ha el cual fue el segundo lugar, a diferencia del producto químico el cual obtuvo el primer lugar, donde se obtuvo un rendimiento de 17,738.78 kg/ha, el porcentaje de infestación en brotes, de la solución de cola de caballo fue de 22.64% a los 45 días (Castro, 1994).

En la tesis de evaluación de bicarbonato de potasio y sodio en el control de antracnosis se obtuvo un porcentaje de severidad 4% en una escala del 1 al 10%, quedando el control en cuarto lugar, a diferencia del bicarbonato de potasio, el cual obtuvo un porcentaje de severidad del 2.95%, la solución de bicarbonato de sodio obtuvo un rendimiento 8,032.52 kg/ha a diferencia del bicarbonato de potasio de 8,275.59 kg/ha debido a la escasez de datos en el cultivo del tomate, se cita el siguiente autor (López, 2017).

Los tratamientos que fueron estudiados fueron extracto acuoso de semillas de neem en dosis de 25, 50, 75 y 100 g/L<sup>1</sup> y aceite formulado de neem (INBIO-75) en dosis de 2.50, 5.00, 7.50 y 10.00 ml/ L<sup>1</sup>. Tanto el extracto acuoso como el aceite formulado redujeron las poblaciones de huevos, ninfas y adultos de *B. tabaci*, siendo el extracto en dosis de 100 g/L<sup>1</sup> siendo el tratamiento eficaz. (Cedeño, 2,006).

El efecto se determinó mediante la medición de las variables de respuesta: Indicadores de rendimiento (kg/ha y frutos por planta), Indicadores de incidencia y severidad e indicadores económicos, dichos resultados se sometieron a un análisis de media y análisis económico, derivado de los resultados se determinó que el extracto etanólico de neem si tiene control sobre (*Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum*), derivado de los resultados obtenidos se concluyendo que el producto químico (Carberdazim) y el producto orgánico (Extracto Etanólico de Neem), influyen en el en el control, lo cual establece que estadísticamente no existe diferencia entre tratamientos evaluados, pero si una pequeña

diferencia entre medias de 2 kg a favor del Extracto Etanólico de Neem. Por tanto, se recomienda para la el control de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cucumerinum* el uso de extracto etanólico de neem, debido a que los resultados han sido favorables en el control de la enfermedad y en la rentabilidad con 66.81%. (Rodas, 2,020)

## VII. OBJETIVOS

### 7.1 General

1. Determinar la eficiencia de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* de Bary en tomate *Solanum lycopersicum* L, híbrido Tabaré RZ.

### 7.2 Específicos

1. Evaluar la eficiencia de cada control utilizado a través de la incidencia y severidad del tizón tardío en el cultivo de tomate.
2. Determinar cuál de los tratamientos ofrece un control de mayor eficiencia del tizón tardío en el cultivo de tomate.
3. Determinar cuál de los fungicidas minerales y botánicos ofrece mejores beneficios económicos en el control del tizón tardío.

## VIII. HIPOTESIS

### 8.1 Hipótesis nula.

**Ho1.** Ninguno de los tratamientos a base de soluciones minerales y los productos botánicos brindará control eficaz sobre los niveles de incidencia del tizón tardío *Phytophthora infestans* de Bary, en tomate *Solanum lycopersicum* L, híbrido Tabaré RZ, respecto al control químico.

**Ho2.** Ninguno de los tratamientos a base de soluciones minerales y los productos botánicos brindará control eficaz sobre los niveles de severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans* de Bary, en tomate *Solanum lycopersicum* L, híbrido Tabaré RZ, respecto al control químico.

### 8.2 Hipótesis alternativa.

**Ha. 1.** Al menos uno de los tratamientos a base de soluciones minerales y productos botánicos alcanzara disminuir significativamente los niveles de incidencia del tizón tardío *Phytophthora infestans* de Bary, en tomate *Solanum lycopersicum* L, híbrido Tabaré RZ, respecto al control químico.

**Ha.2.** Al menos uno de los tratamientos a base de soluciones minerales y productos botánicos alcanzará a disminuir significativamente los niveles de severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans* de Bary, en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L, híbrido Tabaré RZ, respecto al control químico.

## IX. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 9.1 Materiales

En el siguiente apartado se presenta el equipo y los insumos que se utilizaron para la investigación.

**Tabla 2.** Recursos utilizados para el desarrollo de la investigación.

Recursos físicos	Recursos de oficina	Recursos humanos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Azadones</li><li>• Cinta de goteo</li><li>• Cámara fotográfica</li><li>• Balanza</li><li>• Mulch</li><li>• Rótulos</li><li>• Fumigadora de mochila</li><li>• Recipientes plásticos y de metal</li><li>• Fungicida</li><li>• Pilonos de tomate</li><li>• Extracto de Nemm</li><li>• Cola de caballo</li><li>• Bicarbonato de sodio</li><li>• Ceniza, cal viva, azufre, sal mineral, harina de roca,</li><li>• Tijeras podadoras</li><li>• Pita agrícola</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Libreta de campo</li><li>• Tablas de registro</li><li>• Computadora</li><li>• Impresora</li><li>• Paquete Office</li><li>• Internet</li><li>• Software Infostat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Asesor principal (CUSAM-USAC)</li><li>• Asesor adjunto (CUSAM-USAC)</li><li>• Tesista (CUSAM-USAC)</li></ul>

**Fuente:** Tesista IAOAS USAC-CUSAM, 2023

### 9.2 Material experimental

Pilonos de tomate híbrido Tabaré RZ, este material fue utilizado para determinar el control de la enfermedad de tizón tardío a través de las distintas aplicaciones de las soluciones minerales, productos botánicos y agroquímico (fungicida).

## **9.2.1 Testigo relativo (Producto químico)**

### **9.2.1.1 Descripción del fungicida.**

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

### **9.2.1.2 Dosis:**

- 38 cm<sup>3</sup> o gramos/bomba de 16 litros.

### **9.2.1.3 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).

### **9.2.1.4 Toxicidad:**

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

### **9.2.1.5 Mecanismo de acción:**

Actividad antiesporulante, es decir que evita que se forme esporas y se propaguen. Activo sobre todos los estados de desarrollo (DuPont, 2010).

## **9.2.2 Soluciones minerales para el control del tizón tardío.**

Se entiende por solución a una mezcla homogénea de dos o más sustancias, en la cual el soluto, es el resultado de preparar la formulación establecida, mientras que el solvente es el agua, obteniendo como resultado final una sustancia nueva Universidad del Norte de Nicaragua (UNN, 2010).

### 9.2.2.1 Solución a base de Bicarbonato de Sodio.

La solución a base de bicarbonato de sodio es un fungicida que podemos usar para proteger y controlar las enfermedades como la antracnosis, roya, *Phytophthora*, este producto es muy económico, fácil de hacer y ambientalmente viable (Echeverría, 2012).

**Tabla 3.** Formulación de solución a Base de Bicarbonato de Sodio.

No.	Nombre	Cantidad
1	Bicarbonato de sodio	40 gramos
2	Agua de preferencia que no tenga cloro	4 litros
3	Jabón (no detergente)	20 gramos

**Fuente:** Fuente: Rivera J. R., 2007, p. 56

#### a) **Preparación**

- De preferencia en un recipiente transparente, se mezcla el bicarbonato y el jabón en el agua y se agita hasta obtener una mezcla homogénea y transparente (Rivera 2007).

#### b) **Forma de aplicación.**

- La solución se aplica sin disolver.
- La aplicación se realizará en la mañana o en la tarde, ya cuando el sol esté a punto de ocultarse.
- La aplicación se hará a cada 6 días, después de los 15 días de siembra (Rivera 2007).

#### c) **Mecanismo de acción:**

El mecanismo de acción del bicarbonato de sodio es un efecto toxico sobre la estructura del patógeno, provocando reducción de la susceptibilidad del hospedante y ocasionando modificaciones del pH en la superficie de la hoja, debido a que el bicarbonato de sodio es una sal (Rivera, 2007).

### 9.2.2.2 Solución tipo viagra

Es un producto a base de calcio y azufre, considerado como fungicida, acaricida y fertilizante, utilizado como complemento para el control de plagas de manera sostenible durante el desarrollo del cultivo. (Pérez Monzon, 2021)

**Tabla 4.** Formulación de la solución mineral tipo viagra.

No.	Nombre	Cantidad
1	Cal viva.	9 onzas
2	Azufre (flor o polvo de azufre)	15 onzas
3	Sal mineral (sal para bovinos)	9 onzas
4	Harina o polvo de roca	9 onzas
5	Agua de preferencia que no tenga cloro	3 litros

**Fuente:** (Pérez Monzon, 2021)

En la tabla 3 se visualiza la utilización de las técnicas en el manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con bio-insumos realizado por el Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón en el año 2021, el programa CRIA-IICA y la carrera de IAOAS-CUSAM.

**a) Preparación.**

- El barril debe colocarse al aire libre y debajo del mismo se debe preparar, una fuente de calor (gas, leña u otros).
- Colocar los 3 litros de agua dentro del barril, e iniciar con el proceso de calentamiento, hasta que el agua inicie su proceso de ebullición.
- Colocar los materiales en el barril en agua hirviendo.
- Primero la cal, luego el azufre, luego la sal mineral y por último la harina de roca.
- Mezclar los materiales con la ayuda de una paleta o pedazo de madera, durante 25 minutos, hasta observar un cambio de color en el líquido.
- Dejar enfriar el producto.
- Envasar en recipientes plásticos, de acuerdo al volumen requerido. (Pérez Monzon, 2021)

**b) Forma de aplicación.**

- Se aplica 250cc de la solución en 16 litros de agua, mezclar bien para que este homogéneo.

- La aplicación se realizará en la mañana o en la tarde, ya cuando el sol esté a punto de ocultarse.
  - La aplicación se hará a cada 6 días, después de los 15 días de siembra.
- c) 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. Es capaz de frenar la infección, al menos en algunas fases del 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).

### **9.2.2.3 Solución a base de Ceniza**

La ceniza se ha utilizado como suplemento nutricional de las plantas, la ceniza se puede obtener de plantas (madera, rastrojos, 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 (Rivera 2007).

**Tabla 5.** Formulación de solución a Base de Ceniza.

No.	Nombre	Cantidad
1	Ceniza	2.2 libras
2	Jabón en barra (no detergente)	100 gramos
3	Agua que no contenga cloro (de preferencia).	4 litros

**Fuente:** Rivera J. R. 2007, p. 55

**a) Forma de preparación:**

- Depositar en un recipiente metálico los 4 litros de agua y mezclar la ceniza y el jabón, hasta crear una mezcla homogénea.
- La mezcla debe tardar en el fuego 20 minutos máximo.
- Dejar enfriar.
- Almacenarlo en una botella negra de preferencia.

**b) Forma de aplicación:**

- Alto contenido de potasio.
- La forma de aplicación será 0.80 litros de solución a base de ceniza por 16 litros de agua, esta dosificación es para bombas de espalda.
- La aplicación se realizará en la mañana o en la tarde ya cuando el sol esté a punto de ocultarse.
- La aplicación se hará a cada 6 días, después de los 15 días de siembra (Rivera, 2007).

**c) Mecanismo de acción:**

La ceniza tiene un alto contenido de potasio, actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas y una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones adversas como sequías o presencia de enfermedades, además la solución se utiliza como fungicida preventivo y para el manejo de enfermedades como la alternaria y *Phytophthora* (Echeverría, 2012).

### **9.2.3 Productos botánicos**

Un producto botánico es una planta o parte de una planta valorada por sus propiedades medicinales o terapéuticas, su sabor y/o su aroma. Las hierbas son un subgrupo de los productos botánicos. (National Institutes of Health, 2020)

### 9.2.3.1 Solución de cola de caballo (*Equisetum arvense*)

La cola de caballo tiene propiedades fungicidas también actúa como insecticidas, y controla enfermedades como el los tizones y cenicillas, también se le usa en el control de pulgones y otros insectos en cultivos como papa, tomate, fresa, brócoli, frijol y otros.

(Quixtan Gomez, 1,999)

**Tabla 6.** Formulación de la solución de cola de caballo.

No.	Nombre	Cantidad
1	Cola de caballo	Un litro de cola de caballo
2	Agua que no contenga cloro (de preferencia).	16 litros de agua

**Fuente:** (Quixtan Gomez, 1,999)

En la tabla anterior se observa la formulación de la dosis utilizada por el Ing. Agr. Francisco Quixtan, en la tesis evaluación de extractos vegetales para el control de tizón tardío.

#### a) Forma de preparación:

- Es un método extractivo en el cual el solvente actúa a temperatura de ebullición sobre la especie vegetal durante un tiempo determinado
- Depositar en un recipiente metálico los 3 litros de agua y mezclarlo bien, con una libra cola de caballo.
- La mezcla debe de tardar en el fuego 15 minutos hirviendo máximo.
- Dejar enfriar.
- Almacenarlo en una botella negra de preferencia. (Quixtan Gomez, 1,999)

#### b) Forma de aplicación:

- La forma de aplicación será un litro de solución a base de cola de caballo por 15 litros de agua, esta dosificación es para bombas de espalda.
- La aplicación se realizará en la mañana o en la tarde ya cuando el sol esté a punto de ocultarse.
- La aplicación se hará a cada 4 días, después de los 15 días de siembra.

#### c) Análisis bromatológico:

**Tabla 7.** Análisis bromatológico de la planta cola de caballo

		<b>Taninos %</b>		<b>Azufre %</b>		<b>Silice%</b>	
<b>% Hum.</b>	<b>% MS</b>	<b>BH</b>	<b>BS</b>	<b>BH</b>	<b>BS</b>	<b>BH</b>	<b>BS</b>
82	18	0.36	2.04	0.128	0.71	1.66	9.22

**Fuente:** (Quixtan Gomez, 1,999)

En la tabla se observa un análisis bromatológico de la planta cola de caballo que está orientado hacia la determinación del ingrediente activo, por Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP) Convenio ICTA/INCAP, año 1992.

**d) Mecanismo de acción:**

- **Taninos:** Los taninos son un grupo de compuestos polifenólicos de plantas, es decir que son un grupo de sustancias químicas encontradas en plantas caracterizadas por la presencia de más de un grupo de fenol por molécula, presentan diversas propiedades químicas y biológicas que los hacen tener propiedades antifúngicas, ha demostrado inhibir el crecimiento micelial del 40-100% en concentraciones desde 0.5 a 5% (Celaya s/f).
- **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. Es capaz de frenar la infección o 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).
- **Sílice:** llamado dióxido de silicio es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice, el silicio protege a las plantas contra el ataque de las enfermedades e insectos: la acumulación de silicio en los tejidos de la epidermis en forma polimérica, orgánica y cristalina, permite proteger y fortalecer mecánica y bioquímicamente a los tejidos de la planta. El silicio se ha empleado eficazmente para controlar numerosas enfermedades y ataques de insectos, así como actúan los plaguicida y fungicidas, pero sin efectos negativos para el medio ambiente (Nájera 2013)

### 9.2.3.2 ACT Botánico 0.003 SC (Extracto *Azadirachta Indica*, árbol de Neem)

#### a) Descripción:

- Clase: Insecticida botánico y fungicida.
- Formulación: Líquido.
- Ingrediente activo: *Azadirachtina* 0.003% (Agrícola el sol 2013).

#### b) Dosis:

- 122 cc por bomba de 16 litros (ingrediente activo. Dosis evaluada para el control de *Fusarium*, en el cultivo de pepino, Aldea la Guitarra, Retalhuleu (Rodas, 2,020).

#### c) Observaciones generales:

- Intervalo de aplicación: a cada 6 días.
- Intervalo entre la última aplicación y la cosecha: 15 días.
- Intervalo de reingreso al área tratada: 23 horas
- Modo de acción: Insecticida de contacto y fungicida.
- Compatibilidad: Es compatible con todo tipo de solución siempre y cuando la mezcla no sea mayor a 6.5 su pH. (Agrícola el sol 2013).

#### d) Toxicidad:

**Tabla 8.** Ecotoxicidad y Fitotoxicidad del ACT Botánico

Valor puntual	Efecto sobre el cultivo	fitotoxicidad al cultivo (%)
1	Sin efecto	0-0.9
2	Daños muy ligeros	1.0-3.4
3	Daños ligeros	3.5-6.9
4	Daños menores	7.0-12.4
5	Daños medios	12.5-19.9
6	Daños elevados	20.0-29.9
7	Daños muy elevados	30.0-49.0
8	Daños severos	50.0-99.0
9	Muerte completa	100

**Fuente:** (Días, 2,010)

**e) Mecanismo de acción:**

- **Nimbina:** La nimbina es el componente primario de principios amargos que se produce cuando las semillas de Neem son sometidas a un proceso de extracción con alcohol, esto ocurre en cantidades bastante grandes; sobre el 2% del núcleo, además es un compuesto químico clasificado como triterpenoide aislado de *Azadirachta indica* o árbol de Neem, se cree que es responsable de gran parte de las actividades biológicas del árbol y se dice que tiene propiedades antiinflamatorias y anti fúngicas. Este compuesto se encuentra principalmente en las hojas y las semillas del árbol. (Gomar, 2012)

### **9.3 Metodología**

#### **9.3.1 Manejo agronómico.**

Para tener un adecuado manejo de la plantación de tomate (hibrido Tabaré Rz) se procedió a realizar las siguientes actividades.

##### **9.3.1.1 Análisis de suelo**

Se realizó un análisis químico de suelo para determinar el porcentaje de nutrientes disponibles, en el cual sirvió para conocer la presencia de elementos como N.P.K. y elementos menores.

##### **9.3.1.2 Preparación del terreno**

Se realizó una labranza mínima con azadón, dos semanas antes de la siembra, esto con la finalidad de que la raíz de la planta pueda desarrollar en óptimas condiciones.

##### **9.3.1.3 Siembra**

Se estableció el tipo de siembra indirecta, utilizando pilones de tomate hibrido Tabaré.

##### **9.3.1.4 Riego**

Se implementó riego por goteo, ya que es el más común utilizado en invernaderos, por productores de tomate.

##### **9.3.1.5 Fertilización**

La fertilización se realizó de una forma convencional, es decir se utilizará el plan de fertilización que actualmente usa el campesino (nitrato de calcio y nitrato de fosforo), esto con la finalidad de que no exista variables que puedan afectar el estudio.

##### **9.3.1.6 Control de enfermedades**

Este control se realizó de acuerdo al diseño de tratamientos evaluados.

### **9.3.1.7 Control de plagas**

El control de plagas se realizó de acuerdo a las exigencias y presencia de plagas en el cultivo.

### **9.3.1.8 Control de malezas.**

Se realizó haciendo una limpia de forma manual con azadón antes de sembrar, y durante el ciclo del cultivo.

## **9.3.2 Descripción de la unidad experimental**

La unidad experimental por tratamiento fue en franjas, cada franja comprendía siete tratamientos, con un área tributaria de 2.45 mts<sup>2</sup>, teniendo las siguientes medidas: ancho 0.90 mts y largo 2.45 mts

Cada tratamiento estuvo conformado por 7 plantas, la distancia entre franjas es de 0.50 metros y entre plantas 0.35 metros, la unidad experimental tuvo 245 plantas en total, entre soluciones minerales, productos botánicos testigo absoluto y relativo.

### **9.3.2.1 Dimensiones del tratamiento**

- Área de la parcela experimental: 168 mts<sup>2</sup>.
- Área bruta de la unidad experimental: 2.45 mts<sup>2</sup>.
- Número de unidades experimentales: 35

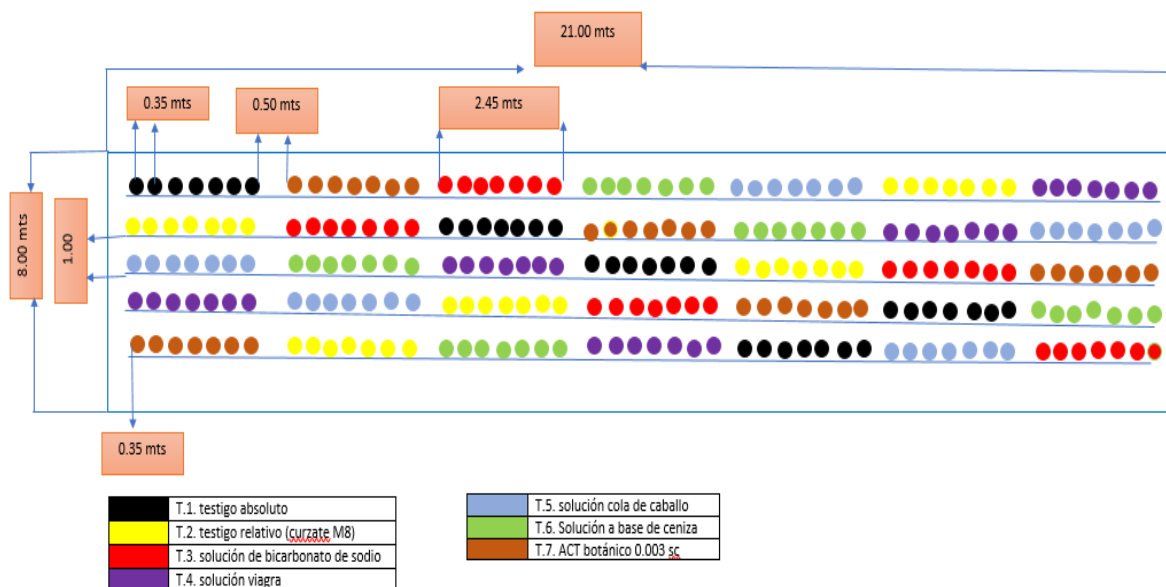
### **9.3.2.2 Área total de unidades experimentales**

- Distancia entre tratamientos: 0.50mts.
- Distancia entre hileras: 1.00 mts.
- Distancia entre plantas: 0.35 mts.
- Número de plantas por unidad experimental: 7.
- Número de plantas totales: 245.

### **9.3.2.3 Tamaño de las parcelas experimentales**

La investigación se realizó bajo las condiciones de invernadero. Este tenía las siguientes medidas 8 metros de ancho por 21 metros de largo para un total de 168 metros cuadrados.

**Figura 5.** Croquis de la distribución experimental.



**Fuente:** Tesista, USAC-CUSAM, 2022.

### 9.3.3 Establecimiento de la plantación de tomate (híbrido Tabaré Rz)

La plantación de tomate se estableció bajo las condiciones de invernadero, los pilones de tomate híbrido Tabaré RZ fueron utilizados para analizar el comportamiento de la enfermedad *Phytophthora infestans* de Bary (tizón tardío) y por ende su control a través de las distintas aplicaciones de las soluciones minerales, productos botánicos y agroquímico (fungicida).

### 9.3.4 Aplicación de los distintos tratamientos

Se utilizó el diseño experimental Bloques Completamente al Azar DBCA, con 7 tratamientos y 5 repeticiones con un total de 35 unidades experimentales que nos generara un 95% de confiabilidad.

#### 9.3.4.1 Modelo estadístico.

El modelo estadístico a utilizado se describe a continuación:

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

Donde:

**Y<sub>ij</sub>** = Presencia de la enfermedad *Phytophthora infestans* de Bary (tizón tardío) en cada planta de tomate.

**μ** = Media general.

**T<sub>i</sub>** = Efecto de los 5 bloques

**B<sub>j</sub>** = Efecto de los 7 tratamientos

**E<sub>ij</sub>** = Error experimental asociado a las 35 unidades experimentales.

#### 9.3.4.2 Tratamientos utilizados.

Los tratamientos utilizados fueron los siguientes: cinco tratamientos que fueron de compuestos orgánicos y dos tratamientos de comparación o testigos (un químico y un absoluto) la descripción de los tratamientos se presenta en la siguiente tabla.

**Tabla 9.** Descripción del tratamiento a evaluar y su mecanismo de acción.

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción y/o mecanismo de acción.</b>
<b>T1- Testigo Absoluto</b>	Sin ninguna aplicación
<b>T2- Testigo relativo (i.a cymoxanil 8% y mancozeb 64%)</b>	Es un producto de actividad sistémica acropétala y de contacto, con propiedades curativas y preventivas que evitan el establecimiento de patógenos del orden de los peronosporales en los cultivos de papa, y tomate (DuPont, 2010)
<b>T3- Solución de bicarbonato</b>	El mecanismo de acción del bicarbonato de sodio es un efecto tóxico sobre la estructura del patógeno, provocando reducción de la susceptibilidad del hospedante y ocasionando modificaciones del pH en la superficie de la hoja, debido a que el bicarbonato de sodio es una sal (Rivera, 2007).
<b>T4- Solución Viagra</b>	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); 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. (Borrero, 2012); 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).

---

**T5- Solución Cola de caballo** La cola de caballo tiene propiedades fungicidas también actúa como insecticidas, y controla enfermedades como el los tizones y cenicillas, también se le usa en el control de pulgones y otros insectos en cultivos como papa, tomate, fresa, brócoli, frijol y otros. (Quixtan Gomez, 1,999)

---

**T6- Solución a base de ceniza** La ceniza tiene un alto contenido de potasio, actúa a nivel del proceso de la fotosíntesis, en la translocación de fotosintatos, síntesis de proteínas y una buena nutrición potásica aumenta la resistencia a condiciones adversas como sequías o presencia de enfermedades, además la solución se utiliza como fungicida preventivo y para el manejo de enfermedades como la alternaría y *Phytophthora* (Echeverría, 2012).

**T7- ACT Botanico 0.0003 Sc** La nimbina es el componente primario de principios amargos, es un compuesto químico clasificado como triterpenoide aislado de *Azadirachta indica* o árbol de Neem, se cree que es responsable de gran parte de las actividades biológicas del árbol y se dice que tiene propiedades antiinflamatorias y anti fúngicas. Este compuesto se encuentra principalmente en las hojas y las semillas del árbol. (Gomar, 2012)

---

**Fuente:** Diagramado por Darwin Ardiano, USAC-CUSAM, 2023

#### **9.3.4.2.1 Modo de preparación de los tratamientos utilizados.**

El modo de preparación de cada uno de ellos se describe a continuación:

##### **a) Solución a base de Bicarbonato de Sodio.**

En un recipiente transparente, se mezcla el bicarbonato y el jabón en el agua y se agita hasta obtener una mezcla homogénea y transparente (Rivera 2007).

### **b) Solución tipo viagra**

- El recipiente (tonel metálico) se colocó al aire libre y debajo del mismo se preparó una fuente de calor con gas.
- Se colocaron 3 litros de agua dentro del tonel, y se comenzó a calentar hasta que se lleve al punto de ebullición.
- Se agregó en primera instancia la cal, luego el azufre, luego la sal mineral y por último la harina de roca.
- Se mezclaron todos los materiales con la ayuda de una paleta o pedazo de madera, durante 25 minutos, hasta observar un cambio de color en el líquido.
- Se dejó enfriar el producto.
- Posteriormente se procedió a envasar en recipientes plásticos, de acuerdo al volumen requerido. (Pérez Monzon, 2021)

### **c) Solución a base de Ceniza**

- Se depositó en un recipiente metálico los 4 litros de agua y se mezcló la ceniza y el jabón, hasta crear una mezcla homogénea.
- La mezcla tardo a fuego por un periodo de 20 minutos (tiempo máximo).
- Luego se dejó enfriar y se procedió a almacenarlo en una botella negra de preferencia.

### **d) Solución de cola de caballo (*Equisetum arvense*)**

- Se depositó en un recipiente metálico 3 litros de agua y se mezcló bien con un total de 454 gramos de cola de caballo.
- La mezcla se colocó al fuego para que el agua estuviera hirviendo por un periodo de 15 minutos.
- Posterior a que se enfriara, se procedio a colarlo y se almaceno en una botella de color oscura. (Quixtan Gomez, 1,999)

**Tabla 10.** Numero de aplicaciones y dosis aplicada de cada tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis para 16 litros de agua</b>	<b>Frecuencia de aplicación.</b>	<b>Concentración del producto</b>
Testigo absoluto (T1)	–	–	
Testigo relativo (T2)	38 centímetros cúbicos	6 días	0.05 % v/v
Solución de bicarbonato de sodio (T-3)	160 gramos de bicarbonato de sodio	6 días	1 % v/v
Solución tipo viagra (T-4)	250 centímetros cúbicos	6 días	1.56 % v/v
Solución cola de caballo (T-5)	1 litros de solución	6 días	6.25 % v/v
Solución a base de ceniza (T-6)	0.80 litro de solución.	6 días	5.00 % v/v
ACT Botánico 0,003 SC (T-7)	122 centímetros cúbicos	6 días	0.763 % v/v

**Fuente:** Tesista, USAC-CUSAM, 2023

### **9.3.5 Manejo de la investigación**

#### **9.3.5.1 Muestreo:**

Se procedió a realizar un muestreo a los 15, 30, 45, 60 y 90 días después del trasplante (DDT) de los pilones de tomate a campo definitivo, para conocer la incidencia, densidad, y la severidad el daño ocasionado por *Phytophthora infestans* de Bary sobre las plantas de tomate Híbrido Tabaré Rz.

##### **9.3.5.1.1 Incidencia**

La incidencia se expresa en porcentaje y se obtiene a través de la siguiente ecuación, donde se contabilizó el número de plantas dañadas o infectadas por el patógeno, dividido el número total de plantas por unidad experimental, con los datos obtenidos se realizó una media de los resultados, lo cual fue importante para determinar cuál de los tratamientos realizó un mejor control del patógeno.

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

Donde.

I= incidencia

n= cantidad de plantas afectadas

N= Total de plantas

##### **9.3.5.1.2 Severidad**

Para interpretar la severidad de la infección del tizón tardío en hojas, se visualizaron las plantas de la parcela neta y se determinaron el porcentaje de área afectada utilizando la escala diagramática donde se describió el grado de ataque que produce el tizón tardío en la planta, tomando lecturas a cada 15, 30, 45, 60 y 90 días después del trasplante.

**Tabla 11.** Variables analizadas en la investigación.

Variable independiente.	Variable dependiente.	Variables externas.
Tratamiento a aplicar. Cantidad de solución a aplicar. Intervalo de tiempo de cada aplicación. Ciclo biológico de la enfermedad. Costo de la materia prima para la elaboración de los tratamientos	Incidencia Daño ocasionado Rentabilidad del tratamiento utilizado.	Factores de manejo agronómico, temperatura, riego que pudieron afectar la eficiencia de cada tratamiento. Costos de adquisición.

**Fuente:** Tesista IAOAS USAC-CUSAM, 2,023

### **9.3.6 Análisis económico**

Los resultados obtenidos durante el experimento fueron sometidos a análisis económico, para determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos. Según (CIMMYT, 1988) es esencial realizar análisis económicos de los resultados, pues ayuda al investigador a considerar los puntos de vista del agricultor y así poder decidir cuáles son los tratamientos que merecen mayor investigación y cuáles son las recomendaciones que se le deben proponer a los agricultores. Las fases para la elaboración de análisis económico fueron las siguientes.

#### **9.3.6.1 Presupuestos parciales**

Se calculó de acuerdo al procedimiento siguiente.

##### **9.3.6.1.1 Rendimientos medios:**

El rendimiento medio de cada tratamiento fue obtenido por el consolidado del rendimiento obtenido de cada bloque y repetición de acuerdo a cada tratamiento.

##### **9.3.6.1.2 Rendimientos ajustados:**

El rendimiento ajustado se expresó en porcentaje de acuerdo a las variaciones de cosecha como las pérdidas que podrían tener los agricultores al aplicar la nueva tecnología.

#### **9.3.6.1.3 Precio de campo del producto:**

Se calculó tomando el precio que el agricultor recibe por kg de tomate actualmente al momento de su venta, restándole los costos de cosecha y transporte para la comercialización.

#### **9.3.6.1.4 Beneficio bruto de campo:**

Es lo que percibe el agricultor por la venta de su producto. Se calculó multiplicando el precio de campo por los rendimientos ajustados.

#### **9.3.6.1.5 Costos que varían:**

Estos se calcularon tomando en cuenta los costos que difieren de un tratamiento a otro. Para actividades que el agricultor realizó se calcularon a través de costos de oportunidad, ya que el agricultor deja de percibir otros ingresos por realizar trabajo en su parcela, por lo tanto, esto tiene un costo.

#### **9.3.6.1.6 Beneficios netos:**

Los beneficios netos se determinarán por medio de restarle los costos que varían a los beneficios brutos

### **9.3.6.2 Análisis marginal**

El análisis marginal se calculó de acuerdo al siguiente procedimiento.

#### **9.3.6.2.1 Análisis de dominancia:**

A través del análisis de dominancia se establecieron los tratamientos dominados. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios menores o iguales a otro tratamiento de costos que varían más bajos.

#### **9.3.6.2.2 Curva de beneficios netos:**

Se realizó para determinar las diferencias existentes entre los tratamientos que no serán dominados.

#### **9.3.6.2.3 Tasa de retorno marginal:**

A través de la tasa de retorno marginal, se determinaron los beneficios netos respecto al incremento de la cantidad invertida, además, se estableció el promedio de lo que el agricultor podría ganar, al decidir cambiar de un tratamiento a otro.

#### **9.3.6.2.4 Tasa de retorno mínima aceptable:**

La tasa de retorno mínima aceptable, es el porcentaje que los agricultores deberían de percibir como mínimo por la inversión realizada. La tasa mencionada se calculó por medio de los procedimientos: Mercado formal del capital y tasa de retorno mínima aproximada.

#### **9.3.6.2.5 Análisis de sensibilidad**

Se realizó para determinar si una recomendación soporta cambio en el precio, específicamente en el cultivo de tomate los riesgos que se corren en cuanto al cambio de precio dependiendo de la época de cosecha y de la demanda en el mercado.

## X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 10.1 Incidencia de tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

La incidencia del tizón tardío *Phytophthora infestans* se vio muy marcada dentro de la plantación de tomate a partir de los 45 días después del trasplante manifestándose en las parcelas donde se realizaron las aplicaciones de los tratamientos a base de cola de caballo, el testigo absoluto y la solución tipo viagra con valores de 10, 5 y 2% respectivamente; sin embargo, pese a la aparición temprana de esta enfermedad al final del muestreo realizado a los 90 días después del trasplante los tratamientos que presentaron una mayor incidencia y severidad fue el testigo absoluto con un 35% siendo este el de mayor susceptibilidad al ataque; seguido de la solución a base de caballo con un 25% de incidencia; seguido del tratamiento a base de bicarbonato de sodio con un 20% y los tratamientos restantes con valores por debajo del 20%; este efecto se debe principalmente al modo de acción de cada tratamiento que no evitan la aparición de la enfermedad pero si inhiben la esporulación con lo que frenan la propagación de la enfermedad a otras partes de la planta.

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos para la incidencia en los diferentes intervalos de tiempo donde se aplicaron cada uno de los tratamientos.

**Tabla 12.** Incidencia de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary expresada en % para cada uno de los tratamientos evaluados en Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

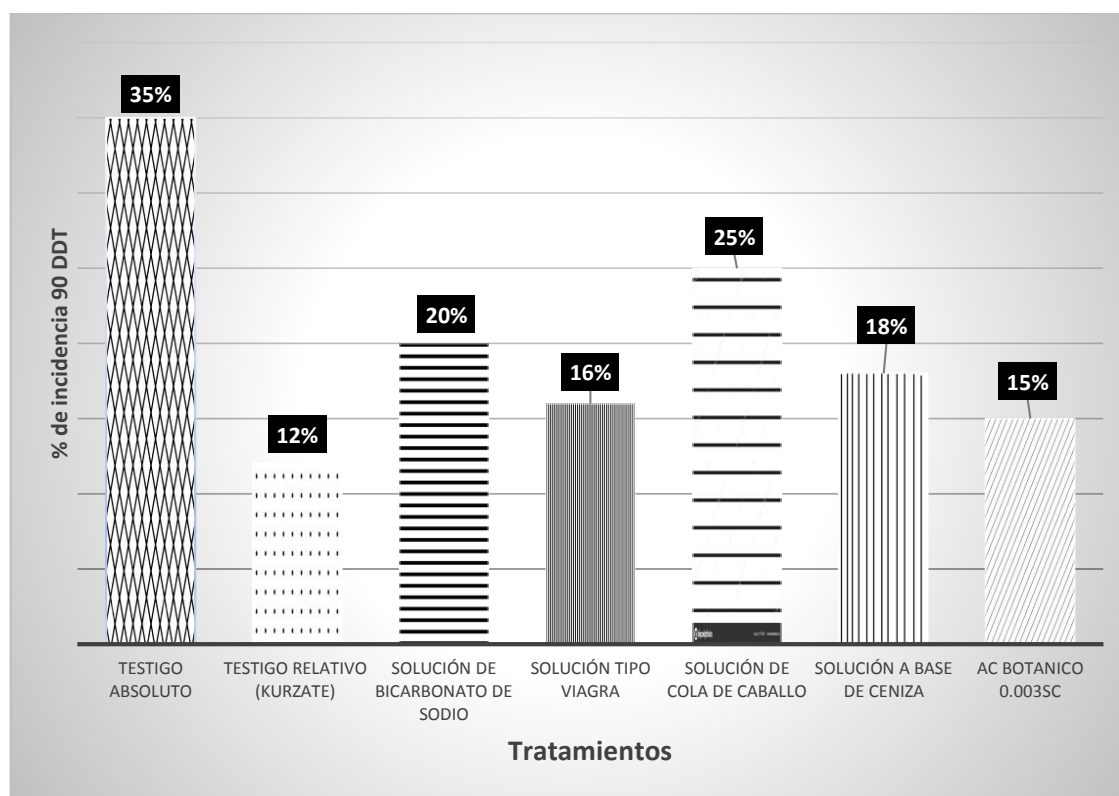
Aplicación	Tratamiento						
DDT*	Testigo absoluto	Testigo relativo (Kurzate)	Solución de bicarbonato de sodio	Solución tipo Viagra	Solución Cola de Caballo	Solución a base de ceniza	Ac Botanico 0.003sc
<b>15</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>30</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>45</b>	5%	0%	0%	2%	10%	0%	0%
<b>60</b>	20%	9%	15%	10%	20%	12%	10%
<b>90</b>	35%	12%	20%	16%	25%	18%	15%

Nota: DDT significa Días Después del Trasplante

**Fuente:** Estudiante IAOAS USAC-CUSAM, 2,022

Se puede observar en la tabla 12 que los tratamientos que mejor se comportaron para el control de la incidencia es el testigo relativo (a base de producto químico) seguido por el tratamiento donde se aplicó el ACT botánico y la solución tipo viagra con valores aproximados que rondan entre un 15%; esto se debe principalmente al efecto que cada tratamiento tiene; el testigo relativo es un producto químico que evita la esporulación y por ende frena la actividad de propagación de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary; al igual que el ACT botánico y la solución tipo viagra.

**Figura 6.** Incidencia de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary evaluada a los 90 DDT para cada tratamiento en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.



**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,022

En la figura se puede observar de forma gráfica que los tratamientos que menor porcentaje de incidencia presentan son el testigo relativo y el tratamiento a base del ACT botánico seguido de la solución tipo Viagra con 1% más de incidencia que el anterior, la

aplicación de estos productos puede ser interesante si se comporta de forma similar en cuanto a la severidad y rendimiento del cultivo.

### 10.2 Severidad de tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

Para el caso de la severidad o daño se pudo cuantificar que los daños a toda la plantación no supero el 25% ya que la fertilización adecuada y oportuna le brinda al cultivo alta resistencia al ataque del tizón tardío, así como un adecuado manejo en las podas y control del riego para evitar altas tasas de humedad en el ambiente.

Se puede observar que la severidad se empezó a manifestar cuanto mayor fue el grado de incidencia, siendo los tratamientos donde se aplicó la solución de extracto de cola de caballo y el testigo absoluto se comenzó a manifestar de forma temprana el daño al cultivo de tomate, pero con incidencias que se consideran en un rango del 5 y 10%.

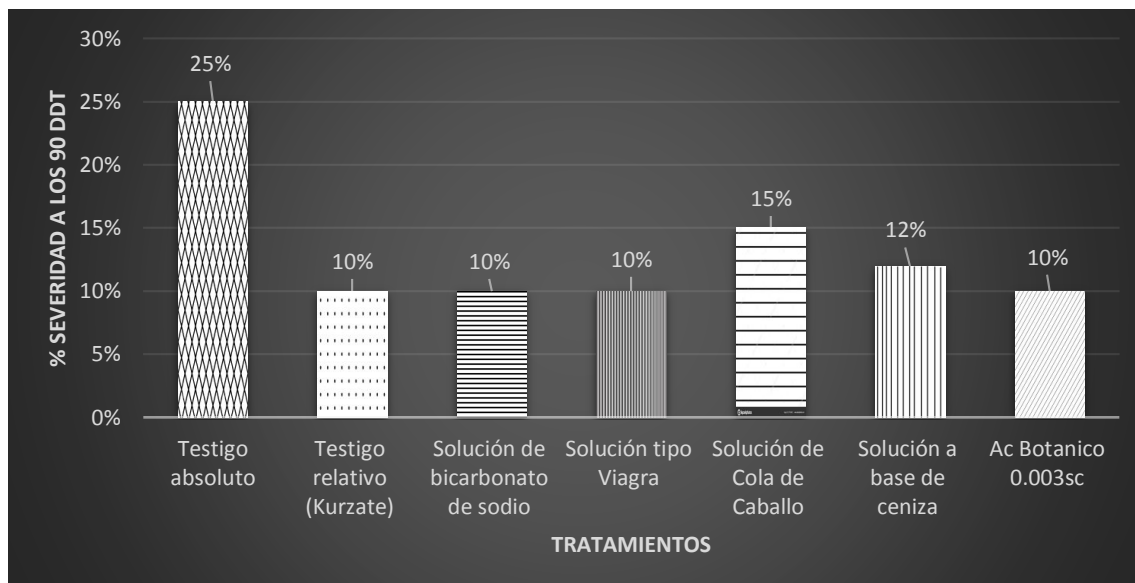
Posterior a los 60 días después del trasplante se pudo observar que en los tratamientos antes mencionados se incrementó gradualmente el porcentaje de daño sin ser severo. A los 90 días después del trasplante todos los tratamientos presentaron un grado de severidad en el follaje de las plantas evaluadas; los que mayor control ejercieron para disminuir la severidad fueron los tratamientos donde se aplicó un tratamiento químico, la solución tipo viagra, la solución a base de bicarbonato y el ACT Botánico.

**Tabla 13.** Cuantificación de la severidad de daños causada por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en tomate Hidrico Tabaré Rz expresada en % para cada uno de los tratamientos evaluados

Aplicación	Tratamiento						
DDT*	Testigo absoluto	Testigo relativo (Curzate)	Solución de bicarbonato de sodio	Solución tipo Viagra	Solución de Cola de Caballo	Solución a base de ceniza	Ac Botanico 0.003sc
<b>15</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>30</b>	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>45</b>	10%	0%	0%	5%	5%	0%	0%
<b>60</b>	10%	6%	10%	10%	10%	10%	5%
<b>90</b>	25%	10%	10%	10%	15%	12%	10%

Nota: DDT significa Días Después del Trasplante. Fuente: Darwin Ardiano, USAC-CUSAM, 2,022.

**Figura 7.** Incidencia evaluada a los 90 DDT para cada tratamiento.



**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023.

En la figura se puede observar que los tratamientos que menor porcentaje de severidad experimentaron son el testigo relativo, la solución a base de bicarbonato de sodio, solución tipo viagra, el ACT Botánico incrementándose levemente en la solución a base de ceniza y la solución a base de cola de caballo sin embargo ninguno supero el 25% de severidad por lo que se puede indicar que el ataque de *Phytophthora infestans* fue bajo y el daño a la plantación se considera leve.

### 10.3 Evaluación de rendimiento de los diferentes tratamientos.

Previo a realizar el Análisis de varianza –ANDEVA-, se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilks con la cual se obtuvo un valor  $Pr= 0.003861 < W$ , indicando que si existe normalidad en los datos obtenidos.

**Tabla 14.** Prueba de normalidad aplicada a la variable rendimiento por planta expresado en Kg/Ha.

Variable	N	Media	D.E	W*	P(Unilateral D)
Rendimiento Kg/Ha	35	5221.93	1478.96	0.95	0.3861

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,022.

Posterior a la prueba de normalidad, se le realizó el análisis de varianza ANDEVA a los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales aplicándole un suavizado a los datos para evitar el ruido generado por la toma de datos en campo.

A continuación, se presenta la tabla con los datos respectivos al rendimiento en Kg/Ha correspondiente al peso de frutos por hectárea.

**Tabla 15.** Rendimiento en Kg/Ha de frutos del cultivo de tomate en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.

Tratamientos	Rendimiento Kg/Ha
T1. Testigo absoluto	54856.85
T2. Testigo relativo	76637.15
T3. Solución bicarbonato de sodio	71346.40
T4. Solución tipo viagra	98588.47
T5. Cola de caballo	71390.67
T6. Solución a base de ceniza	87721.71
T7. ACT Botánico 0.0003 Sc	82214.86

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,023.

### 10.3.1 Análisis de varianza para los bloques.

El análisis de bloques para la variable rendimiento se puede indicar que el ajuste del modelo es bajo de un 0.02% indicando que este modelo no se puede utilizar para representar la información obtenida debido al poco ajuste y al coeficiente de variabilidad alto.

**Tabla 16.** Análisis del ajuste del modelo de varianza para la variable rendimiento.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	C.V
Rendimiento (Kg/Ha)	35	0.02	0.00	18.05

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,023.

El análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) el cual nos permite contrastar las hipótesis formuladas para la variable bloques.

**Tabla 17.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V	S.C	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	138456509.05	4	34614127.26	0.18	0.9486
Bloque	138456509.05	4	34614127.26	0.18	0.9486
Error	5873130215.72	30	195771007.19		
Total	6011586724.77	34			

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,023.

Se puede observar que para el caso del modelo y de los tratamientos la F tabulada es menor que la F calculada indicando que si puede existir una diferencia significativa entre ellos mientras que para los bloques la F tabulada es menor que la F calculada por ende no existe diferencia significativa entre los bloques realizados para la investigación lo que indica que el experimento fue realizado de la forma adecuada lo cual se puede contrastar con la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 18.** Prueba de medias de Tukey para comparar los bloques.

Bloque	Medias	n	E.E	
5	80075.74	7	5288.41	A
4	76682.77	7	5288.41	A
3	78412.66	7	5288.41	A
2	75906.92	7	5288.41	A
1	74604.84	7	5288.41	A

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

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,023.

La prueba de medias de Tukey que no existe diferencia significativa entre los bloques realizados indicando que los datos recabados en el experimento son congruentes y confiables.

### 10.3.2 Análisis de varianza para los tratamientos.

La variable Rendimiento en Kg/Ha presenta un ajuste adecuado del 0.98 en una escala de 0 a 1 lo que significa que está por encima del 50%, entre más se acerca a 1 mayor es el grado de confianza para utilizar el modelo de varianza con ello podemos concluir que los datos recolectados en campo son precisos y la investigación se llevó a cabo de una forma adecuada.

**Tabla 19.** Análisis del ajuste del modelo de varianza para los diferentes tratamientos.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	C.V
Rendimiento (Kg/Ha)	35	0.99	0.98	2.21

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,023.

A continuación, se presenta el análisis de varianza (Suma de cuadrados tipo III) el cual nos permite contrastar las hipótesis formuladas para la variable bloques.

**Tabla 20.** Análisis de la Varianza (SC tipo III) para los bloques evaluados.

F.V	S.C	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5932095179.84	7	847442168.55	287.84	<0.0001
Tratamiento	5800373352.47	6	966728892.08	328.36	<0.0001
Bloque	131721827.37	1	131721827.37	44.74	<0.0001
Error	79491544.94	27	2944131.29		
Total	6011586724.77	34			

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,023.

Para el caso del modelo y de los tratamientos la F tabulada es mayor que la F calculada indicando que si puede existir una diferencia significativa entre los tratamientos mientras que para los bloques la F tabulada es menor que la F calculada por ende no existe

diferencia significativa entre los bloques realizados para la investigación lo que indica que el experimento fue realizado de la forma adecuada lo cual se puede contrastar con la prueba de medias de Tukey.

**Tabla 21.** Prueba de medias de Tukey para comparar los tratamientos

Tratamiento	Medias	n	E.E	
4	98588.47	5	767.35	A
6	87721.71	5	767.35	B
7	82214.86	5	767.35	C
2	76637.15	5	767.35	D
5	71390.67	5	767.35	E
3	71346.40	5	767.35	E
1	54856.85	5	767.35	F

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

**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de campo utilizando el software Infostat versión libre, 2,023.

La prueba de medias de Tukey da como resultado que existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos siendo el de mayor rendimiento el tratamiento donde se aplicó la solución tipo viagra con un rendimiento promedio de 98,588.47 Kg/Ha; en segundo lugar, se encuentra el tratamiento donde se aplicó la solución a base de ceniza con casi 10,000 Kg/Ha menos en la tercera posición se encuentra el tratamiento donde se aplicó el ACT botánico y quedando en cuarto lugar donde se aplicó el tratamiento a base de un producto químico con una diferencia de casi de 22,000 kg/Ha. Con esto podemos concluir que existen alternativas viables que pueden mejorar el rendimiento de manera significativa aplicando otros productos para el control de *Phytophthora infestans*.

Es importante mencionar que durante el desarrollo del experimento la incidencia y la severidad causada por la enfermedad tizón tardío cuyo agente patógeno es *Phytophthora infestans* fue menor a un 25% considerándose un ataque leve siendo significativo indicar que un adecuado manejo de las condiciones ambientales a la que está sometido el cultivo, un manejo apropiado de tejidos (podas y ralos) y sumado a un plan de fertilización

oportuno puede mejorar drásticamente el rendimiento del cultivo ya que con ello estamos evitando el triángulo de la enfermedad que requiere de un hospedero débil y condiciones ambientales adecuadas para que se desarrolle el patógeno.

#### 10.4 Análisis económico

Los resultados de la variable rendimiento de tomate en kg/ha, indican que existe diferencia significativa entre los tratamientos. Es importante saber la rentabilidad de cada uno de ellos, este análisis económico se dividió en tres partes: presupuesto parcial, análisis marginal y análisis de sensibilidad.

##### 10.4.1 Presupuesto parcial

Para obtener el presupuesto parcial de los tratamientos fue necesario realizar el siguiente procedimiento: a) Identificación de los costos relevantes, b) Estimación de los costos que varían, c) Estimación de los rendimientos ajustados y d) Obtención del beneficio bruto y beneficio neto.

a) ***Identificación de los costos relevantes:*** Los costos que varían son (Soluciones minerales productos botánicos y mano de obra para aplicarlos), en la localidad donde se estableció el experimento el costo por jornal es de Q. 100.00, en la tabla 21 se muestran los costos de las soluciones utilizados en el experimento, expresados en costos variables/hectárea (cv/ha).

**Tabla 22.** Costo de la aplicación de los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamientos (Soluciones)	Costo de 20 l/sol.	Costo de 5 apl/sol	Costo de sol/ha.
T1 Testigo absoluto	0	0	0
T2 Testigo relativo (Curzate)	Q. 30.00	Q. 150.00	Q. 10,201.50
T3 Solución de bicarbonato de sodio.	Q. 14.00	Q. 70.00	Q. 4,760.70
T4 Solución viagra	Q. 20.00	Q. 120.00	Q. 8,161.20
T5 Solución cola de caballo	Q. 15.00	Q. 75.00	Q. 5,100.75
T6 Solución a base de ceniza	Q. 12.00	Q. 60.00	Q. 4,080.60
T7 ABC Botánico 0.003	Q. 46.00	Q. 230.00	Q. 15,642.30

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

- b) **Estimación de los costos que varían:** Para estimar los montos de los costos que varían, fue necesario determinar los costos de mano de obra empleado para la aplicación de las soluciones; de esta forma se determinó que las primeras tres aplicaciones necesitan 3 jornales y las restantes dos aplicaciones para un total de 18 jornales. A continuación, se presentan las tablas con los valores indicados.

**Tabla 23.** Costos de mano de obra en la aplicación de los tratamientos.

<b>Tratamientos (Soluciones minerales y botánicos)</b>	<b>Número de aplicaciones</b>	<b>Jornales empleados</b>	<b>Costo de mano de obra por aplicación de soluciones.</b>
T1 Testigo Absoluto	0	0	0.00
T2 Testigo Relativo (Curzate)	5	18	18* 100 = Q. 1800
T3 Solución Bicarbonato de sodio	5	18	Q. 1800
T4 Solución Viagra	5	18	Q. 1800
T5 Solución Cola de caballo	5	18	Q. 1800
T6 Solución a base de ceniza	5	18	Q. 1800
T7 ACT Botánico 0.003sc	5	18	Q. 1800

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

**Tabla 24.** Estimación de los costos que varían para los tratamientos evaluados.

<b>Tratamientos (Soluciones)</b>	<b>Costos de mano de obra Q/ha</b>	<b>Costo de Soluciones en campo/hectárea</b>	<b>Total, de costos que varían Q/ha</b>
<b>T1-Testigo absoluto</b>	0.00	0	0.00
<b>T2-Testigo relativo</b>	1800	Q. 10,201.50	12,001.20
<b>T3-Solución bicarbonato de sodio</b>	1800	Q. 4,760.70	6,560.20
<b>T4-Solución Viagra</b>	1800	Q. 8,161.20	9,961.20
<b>T5-Solución Cola de Caballo</b>	1800	Q. 5,100.75	6,900.75
<b>T6-Solución a base de ceniza</b>	1800	Q. 4,080.60	5,880.60
<b>T7-ACT Botánico 0.003sc</b>	1800	Q. 15,642.30	17,442.30

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

La tabla anterior indica el total de costos que varían en la investigación, los cuales son (costos de mano de obra en la aplicación de soluciones + costo de soluciones minerales y botánicos y su aplicación en campo por hectárea).

- c) **Estimación de los rendimientos ajustados:** Antes de ajustar los rendimientos experimentales, se obtuvo el rendimiento experimental corregidos, los cuales resultan del promedio de los rendimientos de los grupos de medias determinados en la prueba de Tukey aplicando una tasa de ajuste del 15%, los cuales se expresan en la siguiente tabla.

**Tabla 25.** Estimación de los rendimientos ajustados en Kg/Ha para el cultivo de tomate.

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento experimental Kg/ha</b>	<b>Comparación Tukey al 5%</b>	<b>Rendimiento experimental corregido. Kg/ha</b>	<b>Rendimiento ajustado. Kg/ha</b>
T4-Solución Viagra	98,588.47	A	98,588.47	83,800.20
T6-Solución a base de ceniza	87,721.71	B	87,721.71	74,563.45
T7 ACT Botánico 0.003sc	82,214.86	C	82,214.86	69,882.63
T2 Testigo relativo	76,637.15	D	76,637.15	64,141.60
T5 Solución Cola de Caballo	71,390.67	E	71,368.35	60,663.10
T3 Solución bicarbonato de sodio	71,346.40	E	71,368.35	60,663.10
T1 Testigo absoluto	54,856.85	F	54,856.85	46,628.32

**Fuente:** Darwin Ardiano, USAC-CUSAM, 2,023

- d) **Obtención del beneficio bruto y beneficio neto:** Este se obtuvo de multiplicar el rendimiento ajustado por el precio de campo del producto el cual actualmente se encuentra en un precio de Trece quetzales con veinte centavos por kilogramo (Q.13.20/kg), y luego se obtuvo el beneficio neto.

**Tabla 26.** Obtención del beneficio bruto para el cultivo de tomate.

<b>Tratamientos</b>	<b>Rendimiento ajustado. Kg/ha</b>	<b>Precio de producto por Kg</b>	<b>Beneficio Bruto Q/ha</b>
T1-Testigo absoluto	46,628.32	13.20	615,493.82
T2-Testigo relativo	64,141.60	13.20	846,669.12
T3-Solución bicarbonato de sodio	60,663.10	13.20	800,752.92
T4-Solución viagra	83,800.20	13.20	1,106,162.64
T5-Solución cola de caballo	60,663.10	13.20	800,752.92
T6-Solución a base de ceniza	74,563.45	13.20	984,237.54
T7-ACT Botánico 0.003sc	69,882.63	13.20	922,450.72

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

**Tabla 27.** Obtención del beneficio neto para el cultivo de tomate.

<b>Trata- mientos</b>	<b>Total, de costos que varían Q/ha</b>	<b>Costos fijos Q/ha</b>	<b>Beneficio Bruto Q/ha</b>	<b>Total, costos fijos CF</b>	<b>Beneficio Neto Q/ha</b>
T1-Testigo absoluto	0.00	350,000	615,493.82	350,000.00	265,493.82
T2-Testigo relativo	12,001.20	350,000	846,669.12	362,001.20	484,667.92
T3-Solución bicarbonato de sodio	6,560.20	350,000	800,752.92	356,560.20	444,192.72
T4-Solución viagra	9,961.20	350,000	1,106,162.64	359,961.20	746,201.44
T5-Solución cola de caballo	6,900.75	350,000	800,752.92	356,900.75	443,852.17
T6-Solución a base de ceniza	5,880.60	350,000	984,237.54	355,880.60	628,356.94
T7-ACT Botánico 0.003sc	17,442.30	350,000	922,450.72	367,442.30	555,008.42

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

#### **10.4.2 Análisis marginal**

El análisis marginal fue dividido en: Análisis de dominancia, curva de beneficio neto, tasa de retorno marginal y tasa de retorno mínima aceptable.

- a) **Análisis de dominancia:** En la tabla 27 se observa que los tratamientos (5 y 2), los cuales han sido dominados debido a que sus beneficios netos son menores o iguales a algún tratamiento que presenta costos que varían más bajos. Además, en la tabla 27 se demuestra que los tratamientos no dominados después del testigo absoluto son:

tratamiento 3 (Solución de bicarbonato de sodio), tratamiento 6 (Solución a base de ceniza), tratamiento 4 (Solución tipo viagra) y tratamiento 7

(ACT Botánico 0.003 sc) los cuales tienen un mayor beneficio neto.

**Tabla 28.** Análisis de dominancia

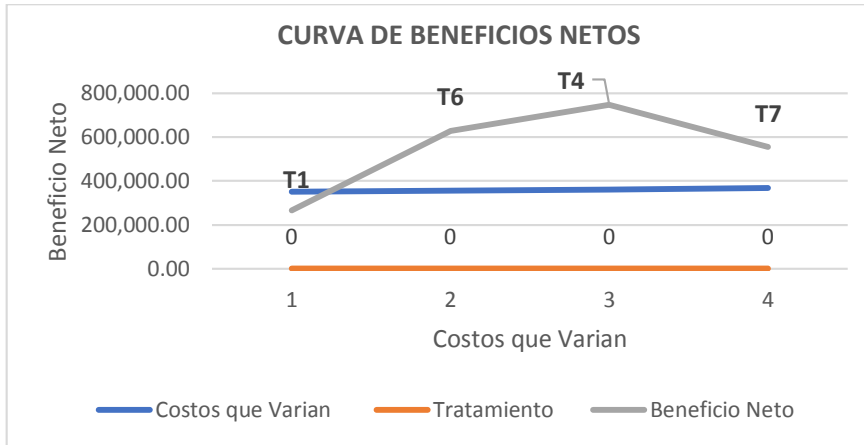
<b>Tratamientos</b>	<b>C V+CF Q/ha</b>	<b>Beneficio Neto</b>	<b>Observación de cambio de tratamiento</b>	<b>Conclusión de la información</b>
T1-Testigo absoluto	350,000.00	265,493.82		No dominado
T6-Solución a base de ceniza	355,880.60	628,356.94	De T1 a 6T	No dominado
T3-Solución bicarbonato de sodio	356,560.20	444,192.72	De T6 a T3	Dominado
T5-Solución cola de caballo	356,900.75	443,852.17	De T3 a T5	Dominado
T4-Solución tipo viagra	359,961.20	746,201.44	De T5 a T4	No dominado
T2-Testigo relativo	362,001.20	484,667.92	De T4 a T2	Dominado
T7-ACT Botánico 0.003 sc	367,442.30	555,008.42	De T2 a T7	No dominado

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

El análisis de dominancia ha descartado al tratamiento 3, 5 y 2, estos presentan mayores costos variables y menos beneficios netos, no obstante, aún no se puede dar una recomendación definitiva sobre el tratamiento más rentable, aún se deben analizar las diferencias entre los tratamientos no dominados y hacer un análisis de sensibilidad que pueda considerar diferentes casos.

- a) **Curva de beneficio neto**: Para determinar la diferencia entre los tratamientos no dominados fue necesario realizar una curva de beneficios neto, el cual demuestra que el tratamiento 1 tiene mayor beneficio neto, en la figura 18 se visualiza el resultado.

**Figura 8.** Curva de beneficios netos



**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

Según la figura 7, la curva de beneficios netos expresa que la pendiente más elevada se encuentra entre el tratamiento 4 y el tratamiento 6, mientras, la pendiente en el tratamiento 1 es menos elevada. Sin embargo, para saber exactamente como los beneficios netos de una inversión aumentan al incrementar la cantidad invertida es necesario calcular la tasa de retorno marginal.

- b) **Tasa de retorno marginal (TRM)**: Con los tratamientos no dominados se calculan los incrementos en los costos que varían y los beneficios netos derivados del cambio de un tratamiento en función del costo variable menor a uno de costo mayor.

**Tabla 29.** Cálculo de la tasa de retorno marginal (TRM).

<b>Tratamiento</b>	<b>Beneficio Neto Q/ha</b>	<b>C V Q/ha</b>	<b>*BN</b>	<b>* CV</b>	<b>TRM%</b>
T1-Testigo absoluto	265,493.82	350,000.00			
T6-Solución a base de ceniza	628,356.94	355,880.60	362,863.12	355,880.60	176
T4-Solucion tipo viagra	746,201.44	359,961.20	117,844.50	4,080.60	207
T7-ACT Botánico 0.003sc	555,008.42	367,442.30	-191,193.02	7,481.10	151

**Fuente:** Darwin Ardiano, USAC-CUSAM, 2,023

La tasa de retorno marginal expresa el porcentaje de ganancia al cambiar de un tratamiento a otro, en la tabla 28, indica que al cambiar del tratamiento 1 al tratamiento 6 el agricultor podría obtener 176% de retorno, es decir que por cada quetzal invertido en el tratamiento recibirá Q. 1.00 más Q. 1.76. en relación al tratamiento 4, representa 207% es decir, por cada quetzal invertido Q. 1.00 obtenemos Q, 2.07. Ahora bien, para determinar si los retornos son suficientes para recomendar el cambio de un tratamiento a otro es necesario obtener la tasa de retorno mínima aceptable.

- c) **Tasa de retorno mínima aceptable:** La tasa de retorno mínima aceptable fue calculada de acuerdo con los métodos de capital de mercado formal y la tasa mínima aproximada, el cual se presenta a continuación.
1. **Tasa de retorno mínima aproximada:** La tasa de retorno mínima aceptable recomendada por el (CIMMIT 1988) es de 50% al 100%. En la tabla 29 se visualiza un análisis marginal de los tratamientos no dominados.

**Tabla 30.** Análisis marginal

Tratamientos	Tasa de retorno marginal	Tasa de retorno mínima aceptable
<b>1</b>		
<b>6</b>	176%	100%
<b>6</b>		
<b>4</b>	207%	

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

En la tabla 29 se comprueba que al cambiar del tratamiento 1 al tratamiento 6 se obtendrá una tasa de retorno marginal del 176%, por encima de la tasa mínima aceptable 100%. Asimismo, el tratamiento 4 expresa 207%. Según el análisis marginal hace que se convierta en el mejor tratamiento en cuanto al margen neto de ganancia por cada Q1.00 invertido. Por lo anterior, se explican las razones por las cuales respecto al análisis económico el tratamiento más rentable es el 4 Solución tipo viagra.

#### **10.4.5 Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad se realizó para determinar si la recomendación soporta los cambios de precio. El precio de tomate es variable y depende de la época de cosecha. Debido a ello, el análisis de sensibilidad se calculó en base al precio de campo.

**Tabla 31.** Análisis de sensibilidad respecto al precio de fruto de tomate.

		<b>Caso 1</b>			<b>Caso 2</b>		
		<b>Promedio de precio en campo: Q 9.00/kg</b>			<b>Promedio de precio de campo: Q 13.20/kg.</b>		
		<b>T1</b>	<b>T6</b>	<b>T4</b>	<b>T1</b>	<b>T6</b>	<b>T4</b>
<b>Rendimiento</b>	Kg/						
<b>ajustado</b>	ha	46,628.32	74,563.45	83,800.20	46,628.32	74,563.45	83,800.20
<b>Beneficio de</b>	Q/						
<b>campo</b>	ha	419,654.88	671,071.05	754,201.80	615,493.82	984,237.54	1,106,162.64
<b>Total, costos</b>	Q/						
<b>fijos.</b>	ha	350,000.00	355,880.00	359,961.00	350,000	355,880.00	359,961.00
<b>Beneficios</b>	Q/						
<b>netos</b>	ha	69,654.88	315,191.05	394,240.80	265,493.82	628,356.94	746,201.44
		<b>Caso 3</b>			<b>Tasa de retorno marginal</b>		
		<b>Promedio de precio de campo Q 16.00/kg</b>					
		<b>T1</b>	<b>T6</b>	<b>T4</b>			
<b>Rendimiento</b>	Kg/					De 1 a 6:	69 %
<b>ajustado</b>	ha	46,628.32	74,563.45	83,800.20	Caso 1:	De 6 a 4:	1937 %
<b>Beneficio de</b>	Q/	746,053.12	1,193,015.20	1,340,803.20			
<b>campo</b>	ha				Caso 2:	De 1 a 6:	176 %
						De 6 a 4:	207 %
<b>Total, costos</b>	Q/						
<b>fijos</b>	ha	350,000	355,880.00	359,961.00	Caso 3:	De 1 a 6:	124 %
						De 6 a 4:	3,520 %
<b>Beneficios</b>	Q/						
<b>netos</b>	ha	396,053.12	837,135.20	980,842.20			

**Fuente:** Tesista USAC-CUSAM, 2,023

En la tabla 30 se da a conocer una variabilidad de precios en el fruto de tomate, en el caso 2 y el caso 3, el tratamiento que genera las mayores ganancias sin duda alguna es el 4 Solución viagra. Sin embargo, el caso 1 en el cambio del tratamiento 1 al 6, se tiene una tasa de retorno marginal de 69% la cual es menor que la tasa de retorno mínima aceptable que es de 100%, por tal razón, bajo las condiciones del caso 1 el tratamiento 4 no es recomendable. Por lo tanto, se calculó la tasa de retorno marginal de 6 a 4 la cual resulta siendo 207%, esta cubre la tasa de retorno mínima aceptable, por lo tanto, es recomendable.

### **Discusión de resultados.**

Para la aplicación de los tratamientos se pudo observar que a los 90 días después del trasplante el testigo absoluto tuvo una incidencia del 35% siendo este el de mayor susceptibilidad, los tratamientos restantes estuvieron con valores por debajo del 25% siendo los que mejor se comportaron el tratamiento donde se aplicó la solución tipo viagra con un 16%, el ACT botánico con un 15% y el testigo relativo con un 12%.

En cuanto a la severidad todos los tratamientos presentaron daños en el follaje; los que mayor control ejercieron para disminuir la severidad fueron los tratamientos donde se aplicó un tratamiento químico, la solución tipo viagra, la solución a base de bicarbonato y el ACT Botánico con valores similares de 15% tal como lo manifiesta (Quixtan Gomez, 1,999).

El máximo rendimiento del cultivo de tomate en cuanto a la producción de fruto se refiere fue para la solución tipo viagra con una media de 98,588.47 Kg/Ha y en cuarto lugar el tratamiento con producto químico con un rendimiento promedio de 76,637.15 Kg/Ha; esto se puede deber a que esta solución funciona como un fungicida pero a la vez provee de nutrientes en forma de foliar que promovió un rendimiento superior; además este tratamiento tuvo una tasa de retorno marginal de 207% en el análisis económico es decir por cada quetzal invertido se genera un retorno de dos quetzales con siete centavos.

Como lo menciona (Alfaro López, 2,006) para disminuir los efectos acumulativos de los plaguicidas en la salud y el ambiente es necesario conocer el adecuado uso de estas sustancias evitando así la absorción irreversible de estos venenos en el suelo, el agua y el hombre, es por ello que con esta investigación se demuestra que existen alternativas viables tanto para el productor como para el ecosistema que permita cultivar tomate y controlar

*(Phytophthora infestans de Bary)* en tomate (*Solanum lycopersicum* L), híbrido Tabaré RZ sin menguar su rendimiento que es el factor más importante y llamativo al momento de que el productor se incline por utilizar cierto paquete tecnológico o adoptar nuevas alternativas de control.

## X. CONCLUSIONES

En cuanto a la eficiencia de los tratamientos evaluados para el control de la incidencia de tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*), en tomate (*Solanum lycopersicum* L, se acepta la hipótesis alternativa que indica que al menos uno de los tratamientos a base de soluciones minerales y productos botánicos reducirá drásticamente la presencia de esta enfermedad; donde la solución tipo viagra (16%); solución a base de bicarbonato (20%) y el ACT botánico (15%) los que menor presencia de la enfermedad presentaron respecto al control químico (12%) a los 90 días después del trasplante

Para el caso de la severidad también se acepta la hipótesis alternativa ya que al menos uno de los tratamientos a base de soluciones minerales y productos botánicos alcanzara disminuir significativamente los niveles de severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) siendo la solución tipo viagra, solución a base de bicarbonato y el ACT botánico los que mejor se comportaron para controlar la severidad causada por el tizón tardío en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L), híbrido Tabaré RZ bajo condiciones de invernadero.

El tratamiento que genera las mayores ganancias es el tratamiento 4 donde se aplicó la solución tipo viagra. Con una tasa de retorno marginal de 207%, esto quiere decir que por cada quetzal invertido se está generando un retorno de dos quetzales con siete centavos lo cual cubre la tasa de retorno mínima aceptable siendo este tratamiento el recomendable para su aplicación.

Al final de la evaluación en campo de las aplicaciones de los diferentes tratamientos se puede constatar que existen alternativas viables siendo una de ellas la solución tipo viagra, el costo de preparación del mismo es accesibles para el agricultor y con ello se pueden romper los esquemas tradicionales de la aplicación de paquetes tecnológicos basados en insumos químicos sintéticos que vulneran las condiciones naturales del ecosistema; es por ende que se puede hacer un control del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate (*Solanum lycopersicum* L), híbrido Tabaré RZ amigable con el ambiente, a bajo costo para el productor y con similares rendimientos que la aplicación a base de químicos sintéticos.

## XI. RECOMENDACIONES

Para controlar el tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary, del cultivo de tomate, con costos de producción relativamente bajos y obtener rentabilidades de 207%, debe aplicarse la solución tipo viagra.

Para determinar una mayor eficiencia al momento de la aplicación de la solución tipo viagra deben de evaluarse frecuencias de aplicación y dosificación de acuerdo a las características del suelo y clima que se presentan en diversas regiones del país.

Debe entenderse que la aplicación de determinado tratamiento no es el único factor que repercute en la productividad del tomate, es por ello que se debe planificar adecuadamente la fertilización, podas, tutorio y monitoreo frecuentes con el fin de emprender acciones preventivas que logren minimizar el daño causado por *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary.

Debe de evaluarse y validarse la aplicación de la solución tipo viagra que pueda ser una alternativa viable adquirida por los productores de tomate de la región del altiplano occidental.

Se deben continuar con investigaciones que promuevan el uso de alternativas viables que permitan romper con los paradigmas tradicionales del uso de paquetes tecnológicos de insumos químicos sintéticos que causan daño al ecosistema donde son aplicados.

Es importante socializar, informar y enseñar a los productores a realizar estos tratamientos alternativos (solución tipo viagra) que permita replicar los conocimientos de agricultor a agricultor con el fin de consolidarse como productores semi-orgánicos u orgánicos a nivel regional.

## XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEET. (2013). *El control biológico de plagas de artrópodos por conservación*. España.
- Agrios, G. (1998). *Fitopatología*. Mexico: 2 ed.
- Alfaro López, M. E. (Enero de 2,006). *Manual sobre efectos acumulativos en la salud y el ambiente por el uso de plaguicidas en la agroindustria guatemalteca*. Obtenido de Manual sobre efectos acumulativos en la salud y el ambiente por el uso de plaguicidas en la agroindustria guatemalteca:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1525\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1525_IN.pdf)
- Ardiano Miranda, L. F. (2020). *Diagnostico rural participativo, Esquipulas Palo Gordo San Marcos*. San Marcos.
- Borrero, F. A. (2012). Aplicación de agua activada para el control de oidio (*leveillula taúrica*) en el cultivo de tomate de mesa (*lycupersicum sculentum*) hibrido nemonetta. (*Tesis de licenciatura en ingeniería Agropecuaria*). Universidad Politecnica Salesiana, Ecuador.
- Caracterizacion Fenotipica y evaluacion del rendimiento de nueve clones biofortificados*. (enero de 2021). Obtenido de Caracterizacion Fenotipica y evaluacion del rendimiento de nueve clones biofortificados.
- Castro, M. M. (1994). Evaluacion de productos botanicos para el control de tizon tardio (*Phytophthora infestans*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicum esculentum*), en el caserío San Gabriel, Solola. (*Tesis de licenciatura en agronomía*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Cedeño, J. B. (2,006). *Efecto derivado de neem(Azadirachta indica)sobre las poblaciones de mosca blanca(Bemisia tabaci) y sus enemigos naturales en el cultivo de melon*. Obtenido de Efecto derivado de neem(Azadirachta indica)sobre las poblaciones de mosca blanca(Bemisia tabaci) y sus enemigos naturales en el cultivo de melon :  
[https://books.google.com.gt/books?id=O4szAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=extracto+de+neem&hl=en&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=O4szAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=extracto+de+neem&hl=en&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

- Celaya, I. T. (s/f). Evaluación del efecto de concentrados de taninos sobre el crecimiento micelial de hongos fitopatologos. pág. 1.
- CIMMYT. (1988). *La formulacion de recomendaciones a partir de los datos agronomicos* . Obtenido de La formulacion de recomendaciones a partir de los datos agronomicos .
- Días, G. E. (Noviembre de 2,010). *Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de azadirachta indica a. juss*. Obtenido de Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de azadirachta indica a. juss:  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n7/v44n7a8.pdf>
- Echeverria, C. E. (2012). *Caldos Minerales*. Mexico: 1 ed.
- Flores, V. E. (2,010). *Diagnostico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión* . Obtenido de Diagnostico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión.:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03\\_0747\\_v10.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/03/03_0747_v10.pdf)
- 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. (*Titulo en licenciatura en ingeniero agronomo*). Universidad de San Carlos de Guateamala, Guatemala.
- Gómez, F. B. (1999). *Evaluación de extractos vegetales para controlar el tizón tardío (Phytophthora infestans de Bary). Del tomate Lycopersicon esculentum Mill. En Barcenas, Villa Nueva, Guatemala. Guatemala.*
- Gomez, J. A. (Abril de 2001). *Evaluación de cuatro concentraciones y tres intervalos de aplicación de cola de caballo (equisetum giganteum) en el control de tizón tardío (phytophthora infestan De Bary) en el cultivo de la papa (solanum tuberosum), En la aldea Sacsiguan, Solola. Guatemal*. Obtenido de 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:  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1968.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1968.pdf)

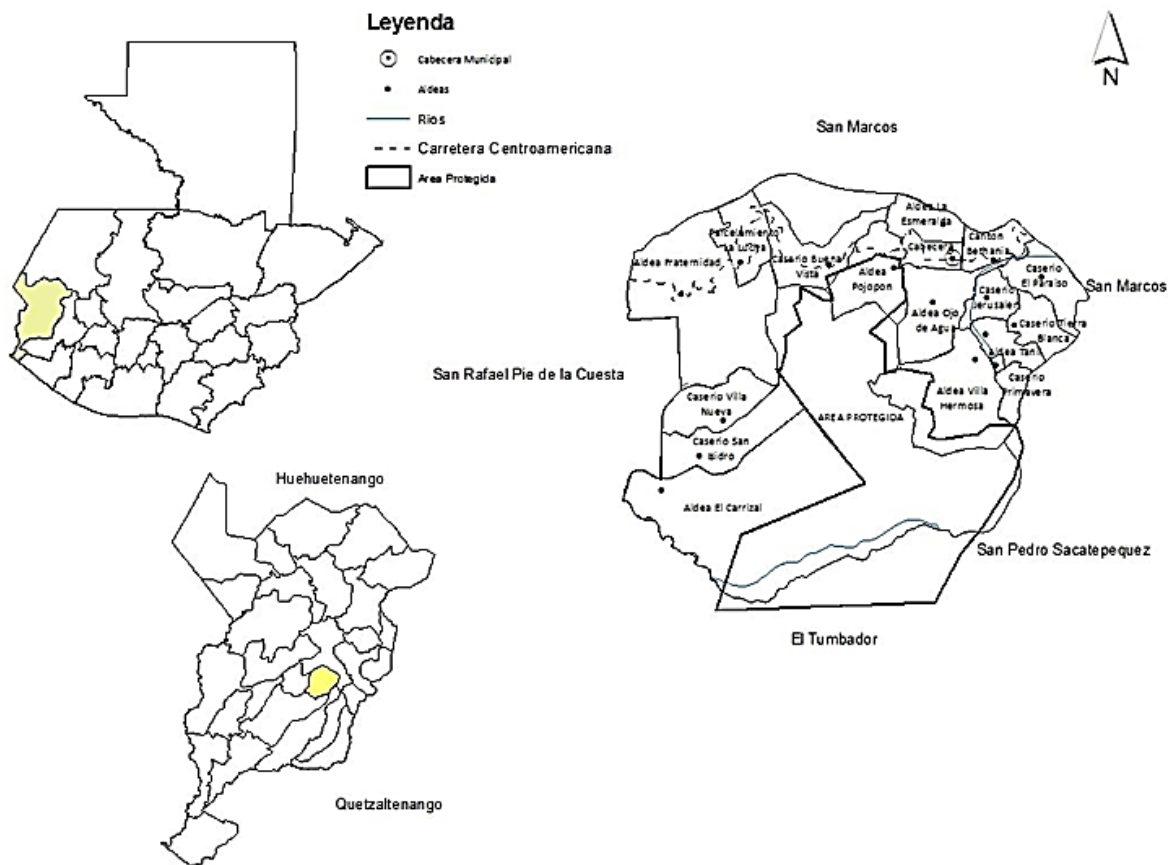
- Hernandez, M. R. (2001). *Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales*. Guatemala: 1 ed.
- IICA. (2016). *Manual de elaboración de productos para la agricultura orgánica*. . Costa Rica: 1 ed.
- IICA. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate*. Costa Rica: 1 ed.
- INIA. (2017). Chile: 1 ed.
- INIA. (2017). *Cultivo del tomate bajo invernadero*. Chile: 1 ed.
- INIA. (2017). *Tizón Tardío*. Chile: 1 ed.
- León, W. (2016). Apoyo al plan nacional para el combate de la roya en plantaciones de café en el altiplano de Guatemala, en el municipio de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlan y San Antonio Polopo, Del departamento de Solola. (*Tesis de licenciatura en agronomía*). Universidad de San Carlos, Guatemala.
- López, H. (2017). Bicarbonato de potasio y de sodio en el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en papaya, Coatepeque. (*Título de licenciatura en agronomía*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- MAGA. (2014). *Perfil comercial tomate*. Guateamala.
- Miza Castro, M. (Octubre de 1,994). *Evaluación de productos botánicos para el control del tizón tardío (Phytophthora infestans), en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum) en el caserío Sana Gabriel, Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de Evaluación de productos botánicos para el control del tizón tardío (Phytophthora infestans), en el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum) en el caserío Sana Gabriel, Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1498.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1498.pdf)
- Molina, D. M. (2013). *EVALUACIÓN DE PROGRAMAS DE MANEJO DEL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA (Solanum tuberosum), OCASIONADA POR Phytophthora infestans de Bary EN PATZICÍA, CHIMALTENANGO*. Guatemala.

- Nájera, J. C. (2016). Evaluación de la disponibilidad en el suelo y contenidos de fósforo en plantas de café en respuesta a la aplicación de silicio; Finca el Hato, Santa Rosa, Guatemala. (*Tesis de ingeniería agronómica*). Guatemala, Guatemala.
- Pérez Monzon, F. R. (Febrero de 2021). *Manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con biofumos*. Obtenido de Manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con biofumos.
- Pérez Velásquez, V. Z. (enero de 2021). *Caracterización fenotípica y evaluación del rendimiento de nueve clones biofortificados papa (*Solanum tuberosum* L)*. Obtenido de Caracterización fenotípica y evaluación del rendimiento de nueve clones biofortificados papa (*Solanum tuberosum* L).
- Quintanilla C., J. E. (2021). *Caracterización de la cadena de valor de tomate de invernadero en un municipio del Departamento de Quetzaltenango y cuatro del Departamento de San Marcos*. Obtenido de Caracterización de la cadena de valor de tomate de invernadero en un municipio del Departamento de Quetzaltenango y cuatro del Departamento de San Marcos.
- Quixtan Gomez, B. F. (Noviembre de 1,999). *Evaluación de extractos vegetales para controlar el tizón tardío *Phytophthora infestans*(Mont) de Bary, de tomate *Lycopersicon esculentum* mil, en barceñas, villa nueva, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala*. Obtenido de Evaluación de extractos vegetales para controlar el tizón tardío *Phytophthora infestans*(Mont) de Bary, de tomate *Lycopersicon esculentum* mil, en barceñas, villa nueva, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1854.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1854.pdf)
- Restrepo Rivera, J. (2007). *Caldos Minerales*. Mexico: 1 ed.
- Rodas, J. R. (Septiembre de 2020). *Uso de neem para el control de fusarium, en el cultivo de pepino, aldea la Guitarra, Retalhuleu*. Obtenido de Uso de neem para el control de fusarium, en el cultivo de pepino, aldea la Guitarra, Retalhuleu.: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/04/Gonzalez-Julio.pdf>

- Ruiz, E. (2014). Efecto del abonamiento orgánico en el rendimiento y algunas características agronómicas en plukenetia volubilis L "sacha inchi", Zungarococha, San Juan Bautista. (*Tesis de licenciatura en agronomía*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Perú.
- Ruíz, V. R. (2003). Evaluación de opciones de manejo de la antracnosis (*Colletotrichum spp Noak*) en el cultivo de café (*Coffea arabica l*) en la zona de Boaco, Nicaragua. (*Tesis de licenciatura en agronomía*). Universidad agraria facultado de agronomía, Nicaragua.
- sol, A. e. (2013). ACT Botánico 0,003 SC.
- Tello Lysbeth, L. A. (Junio de 1,988). *Evaluación de cinco fungicidas en tres frecuencias de aplicación para el control de tizón tardío Phytophthora infestan, en tomate Lycopersicon esculentum, en caserío Chemiche, Pueblo Viejo, San Sebastián, Huehuetenango*. Obtenido de Evaluación de cinco fungicidas en tres frecuencias de aplicación para el control de tizón tardío Phytophthora infestan, en tomate Lycopersicon esculentum, en caserío Chemiche, Pueblo Viejo, San Sebastián, Huehuetenango.: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1054.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1054.pdf)
- UNN. (2010). *Química general*. Argentina: 1ed.
- W.Pérez. (2008). *El tizón tardío de la papa*. Peru: 1ed.
- Zwaan, R. (2015). Tabare Rz.

### XIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de la unidad experimental para la investigación



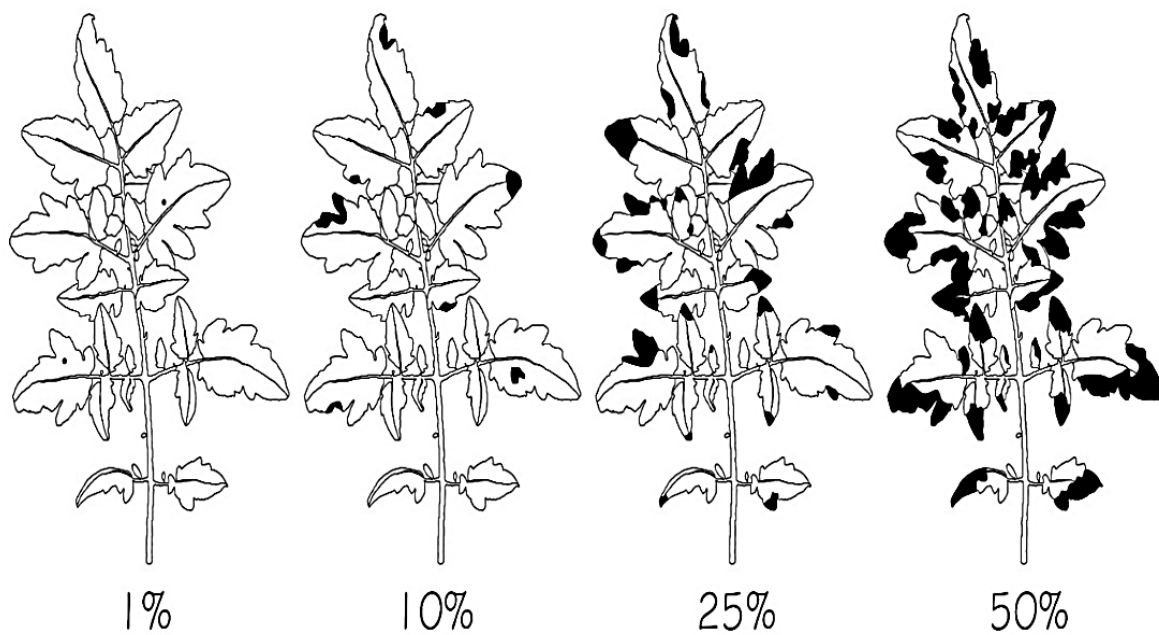
**Fuente:** Dirección municipal de Planificación, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, 2023

Anexo 2. Tabla de registro de la incidencia del patógeno.

Responsable				Año			
Inicio				Final			
Semana	Incidencia	Kurzate	Solución de bicarbonato de sodio	Solución tipo viagra	Solución cola de caballo	Solución a base de ceniza	Ac Botanico 0.003 sc
<b>1</b>	Plantas existentes						
	Plantas sanas						
	Plantas infectadas						
<b>2</b>	Plantas existentes						
	Plantas sanas						
	Plantas infectadas						
<b>3</b>	Plantas existentes						
	Plantas sanas						
	Plantas infectadas						
<b>4</b>	Plantas existentes						
	Plantas sanas						
	Plantas infectadas						
<b>5</b>	Plantas existentes						
	Plantas sanas						
	Plantas infectadas						
<b>6</b>	Plantas existentes						
	Plantas sanas						
	Plantas infectadas						
<b>7</b>	Plantas existentes						
	Plantas sanas						
	Plantas infectadas						

Fuente: Estudiante de IAOAS, USAC-CUSAM, 2023

**Anexo 3.** Escala diagramática, para evaluación de severidad de (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate.



Fuente: *Estudiante de IAOAS, USAC-CUSAM, 2022*

## Anexo 4. Análisis de suelo

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



Lotificación El Relicario, Lote 6  
Carretera al Pacífico, Km. 91  
Santa Lucía Cotz, Escuintla.  
PBX: 7882-2428  
sedesl@solucionesanaliticas.com

### INFORME DE ANALISIS DE SUELOS

Cliente : DARWIN YUBELIN ARDIANO FUENTES (14928)  
Persona Responsable : DARWIN YUBELIN ARDIANO  
Finca : LAS MARGARITAS (28920)  
Localización : Esquipulas Palo Gordo, SAN MARCOS  
Referencia Cliente : MUESTRA UNICA  
Cultivo : TOMATE-Lycopersicon esculentum ( 51)

Número de orden : 126400  
Código de muestra : 22.03.30.02.02  
Fecha de ingreso : 30/03/2022  
Fecha del informe : 07/04/2022  
Asesor : RECEPCION AGRICOLA

PARAMETROS DE SUELOS	RANGO ADECUADO	
pH	7.43	5.50 _ 7.20
Concentración de Sales (C.S.)	0.24 dS/m	0.2 _ 0.8
Materia Orgánica (M.O.)	4.98 %	2.0 _ 4.0
C.I.C.e	30.5 meq/100 ml	5.0 _ 15.0
Saturación K	6.44 %	4% _ 6%
Saturación Ca	78.35 %	60% _ 80%
Saturación Mg	15.22 %	10% _ 20%
Saturación Al+H	0.00	< 20%

ELEMENTO	CONC. ppm (p/v)	NIVELES			RANGO ADECUADO ppm (p/v)	DOSIS Kg/Ha *
		BAJO	ADECUADO	ALTO		
Fósforo P	775.3	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			30 - 75	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Potasio K	764.9	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			300 - 500	K <sub>2</sub> O
Calcio Ca	4775.0	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			2000 - 3000	
Magnesio Mg	556.4	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			250 - 500	
Azufre S	25.3	XXXXXXXXXXXX			10 - 100	30 S
Cobre Cu	6.8	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			1 - 7	
Hierro Fe	133.5	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			40 - 250	
Manganeso Mn	21.9	XXXXXXXXXXXX			10 - 250	
Zinc Zn	55.4	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX			2 - 25	
Aluminio Al	< 8.0	X			< 20% Sat Al	

\*\* No se tienen datos del rango adecuado para este elemento. \* Kg/Ha x 1.54 = lbs/mz

Revisado:

  
Gerente de Laboratorios

Metodología con base en:  
Sparks D.(ed) (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods.  
Soil pH(1:2). Soil: Water Ratio Method.

Western States Laboratory Proficiency Testing program Soil and Plant Analytical Methods. Versión 4.10,1998

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



*Anexo 5. Tabla de registro de severidad del tizón tardío.*

*Observación: Se medirán las plantas por bloque y no de manera individual.*

Tratamiento	Repetición	Porcentaje de severidad			
		1-10%	11-24%	25-49%	>50%
<b>T1-Testigo absoluto</b>					
<b>T2-Testigo relativo</b>					
<b>T3-Solución bicarbonato de sodio</b>					
<b>T4-Solución viagra</b>					
<b>T5-Solución cola de caballo</b>					
<b>T6-Solución a base de ceniza</b>					
<b>T7-ACT Botánico 0.003sc</b>					

Fuente: *Estudiante de IAOAS, USAC-CUSAM, 2022.*

## Anexo 6. Fotografías durante la investigación

**Fotografía 1.** Instalación de riego por goteo



**Descripción:** Preparación del terreno, instalación del riego por goteo, preparación de los camellones y cubierta de mulch en el invernadero previo al trasplante de tomate donde se realizó la investigación “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate (*Solanum Lycopersicum L*), híbrido Tabaré RZ, en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.”

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

**Fotografía 2.** Siembra de tomate Híbrido Tabaré RZ



**Descripción:** Trasplante de pilones de tomate a campo definitivo, el cual sirvió como material experimental para la investigación “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate (*Solanum Lycopersicum L*), híbrido Tabaré RZ, en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.”

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

**Fotografía 3.** Preparación y aplicación de soluciones minerales y productos botánicos



**Descripción:** Preparación de soluciones minerales y productos botánicos para su aplicación en campo para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate (*Solanum Lycopersicum L*), híbrido Tabaré RZ, en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.”

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

**Fotografía 4.** Registro de datos en la evaluación de la incidencia y severidad de Tizón tardío.



**Descripción:** Toma de datos para el registro y cuantificación de daños, incidencia y severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate (*Solanum Lycopersicum L*), híbrido Tabaré RZ, en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.”

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

**Fotografía 5.** Cultivo de tomate a los 70 días después del trasplante.



**Descripción:** Frutos del cultivo de tomate a los 75 días después del trasplante visualizados en el tratamiento 4 (solución tipo viagra) y tratamiento 5 (solución a base de cola de caballo).

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

**Fotografía 6.** Incidencia y severidad de tizón tardío.



**Descripción:** Incidencia y severidad del tizón tardío visualizado a los 75 días después del trasplante en la investigación “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate (*Solanum Lycopersicum L*), híbrido Tabaré RZ, en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.”

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

**Fotografía 7.** Cosecha de tomate Híbrido Tabaré RZ



**Descripción:** Cosecha de frutos de tomate híbrido Tabaré RZ en la investigación “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en la localidad de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.”

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.

**Fotografía 8.** Estimación del rendimiento para el cultivo de tomate Híbrido Tabaré RZ



**Descripción:** Estimación de los rendimientos de cada tratamiento en la investigación “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans de Bary*) en tomate (*Solanum Lycopersicum L*), híbrido Tabaré RZ, en el municipio de Esquipulas Palo Gordo, San Marcos.”

**Fuente:** Trabajo de campo, 2023.