

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA: INGENIERO AGRONOMO CON ORIENTACION SOSTENIBLE



TEMA PARA TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

EVALUACIÓN DE LA SOLUCIÓN MINERAL BIOVIAGRA, PARA EL CONTROL DEL TIZÓN TARDÍO (*PHYTOPHTHORA INFESTANS* (MONT.) DE BARY) EN TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS, EN CINCO LOCALIDADES DEL ALTIPLANO DE SAN MARCOS.

ESTUDIANTE:

VIRGILIO ORLANDO GOMEZ RODRÍGUEZ.

CARNE: 201543961

ASESOR PRINCIPAL

M. SC. ING AGR. LUIS FERNANDO VELÁSQUEZ TINEY

ASESOR ADJUNTO

ING. AGR. FREDY ROBERTO PÉREZ MONZÓN

SAN MARCOS, GUATEMALA DEL AÑO 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

DIRCTIVO

Ing. Agr. Roy Walter Villacinda Maldonado

REPRESENTANTES DOCENTES

Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzon

REPRESENTANTE

ESTUDIANTIL

Br. Luis David Corzo Rodriguez

REPRESENTANTE

ESTUDIANTIL

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS.
MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA.**

PhD. Roberto Enrique Orozco Sánchez	COORDINADOR ACADÉMICO
Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales	COORDINADOR DE LAS CARRERAS DE TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA E INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE
Lic. Antonio Ethel Ochoa López	COORDINADOR CARRERA DE PEDAGOGÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
Licda. Aminta Esmeralda Guillén Ruiz	COORDINADORA DE LA CARRERA DE TRABAJO SOCIAL, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Ing. Víctor Manuel Fuentes López	COORDINADOR CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, TÉCNICO Y LICENCIATURA
Lic. Mauro Rodríguez	COORDINADOR CARRERA DE ABOGADO Y NOTARIO Y LICENCIATURA EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES
Dr. Byron Geovany García Orozco	COORDINADOR CARRERA MEDICO Y CIRUJANO
Lic. Nelson de Jesús Bautista López	COORDINADOR PEDAGOGÍA EXTENSIÓN DE SAN MARCOS
Licda. Julia Maritza Gándara González	COORDINADORA EXTENSIÓN DE MALACATAN
Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez	COORDINADORA EXTENSIÓN TEJUTLA
Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista	COORDINADOR EXTENSIÓN TACANÁ
Lic. Roberto Enrique Orozco Sánchez	COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN
Lic. Mario René Requena	COORDINADOR DE ÁREA DE EXTENSIÓN
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	COORDINADOR DE CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
Lic. Carlos Edelmar Velásquez González	COORDINADOR CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA AUDITORIA
Ing. Miguel Amílcar López López	COORDINADOR EXTENSIÓN IXCHIGUAN
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	COORDINADOR CARRERA PROFESORADO BILINGÜE INTERCULTURAL
Lic. Yovani Alberto Cux Chan	COORDINADOR CARRERAS SOCIOLOGÍA, CIENCIAS POLÍTICAS Y RELACIONES INTERNACIONALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

COMITÉ TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing.Agr. Jorge Robelio Juárez González	COORDINADOR
Ing.Agr. Fredy Roberto Pérez Monzon	SECRETARIO
Licda. María de Lourdes Carrera Munguía	VOCAL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

TRIBUNAL EXAMINADOR

DIRECTOR

MsC. Juan Carlos López Navarro

Coordinador académico

Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez

Coordinador de carrera

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

Asesor Principal

Msc: Luis Fernando Velázquez Tiney

Asesor Adjunto

Ing. Agr: Fredy Roberto Pérez Monzón

San Marcos, 20 de agosto de 2024

Ingenieros

Comisión de Trabajo de Graduación

Carrea de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

Centro Universitario de San Marcos

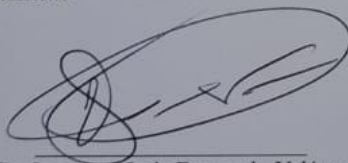
Edificio

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarle que he asesorado y revisado el informe final de graduación titulado "**Evaluación de la solución mineral Bioviagra, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas, en cinco localidades de San Marcos**", del estudiante: **Virgilio Orlando Gómez Rodríguez** con número de carné: **201543961** durante el proceso, el estudiante ha cumplido con las directrices establecidas y ha demostrado compromiso y calidad en el desarrollo del trabajo.

Por lo tanto, considero que cumple con los requisitos metodológicos y académicos, por lo que emito **OPINION FAVORABLE** para ser aprobado como trabajo de graduación previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.

Sin otra particular, y agradeciendo de antemano su atención y apoyo a la presente solicitud quedo a la espera de su pronta y favorable respuesta.

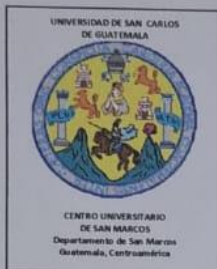
Atentamente:



M.Sc. Ing. Agr. Luis Fernando Velásquez
ASESOR PRINCIPAL
Colegiado activo No. 4,874



Ing. Agr. Freddy Roberto Pérez Monzón
ASESOR ADJUNTO
Colegiado activo No. 5,103.



EL INFRASCrito SECRETARIO DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, SEGUNDO, SEPTIMO Y NOVENO DEL ACTA No. 005-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 005-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las quince horas en punto, del día martes tres de septiembre 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) Solicitudes de aprobación de informes finales de Trabajo de Graduación y 3) Varios **SEGUNDO:** El Coordinador del Comité da la bienvenida a los presentes y somete en consideración la aprobación de la agenda... **SÉPTIMO:** El secretario del Comité de Trabajo de Graduación dio a conocer solicitud de Informe Final de Trabajo de Graduación del estudiante Virgilio Orlando Gómez Rodríguez con número de carné 201543961 estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible para la aprobación del Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "Evaluación de Solución Mineral Bioviagra para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en tomate *Solanum lycopersicum* L, bajo condiciones protegidas, en cinco localidades de San Marcos." Cumpliendo con los requisitos establecidos en los artículos 56 y 57 del normativo de Trabajo de Graduación. El Comité Trabajo de Graduación con base en el artículo 58 acuerda aprobar el Informe Final del estudiante Virgilio Orlando Gómez Rodríguez con número de carné 201543961 adjuntando los dictámenes favorables del asesor principal Ing. Agr. Luis Fernando Tiney y asesor adjunto Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón... **NOVENO:** 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.

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 ONCE DÍAS DEL MES DE SEPTIEMBRE DEL AÑO DOS MIL VEINTICUATRO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS A Dios, por iluminar mi camino con sabiduría y entendimiento, y por ser mi constante fortaleza en cada paso de este viaje. A él dedico este logro, fruto de su infinita gracia y amor.
- MIS PADRES Virgilio Orlando Gómez Castro (Q.E.P.D) a mi madre Reyna Isabel Rodríguez Godínez, por su inquebrantable fortaleza y amor. Su apoyo constante ha sido la base sobre la cual he construido este logro, gracias por darme todo el apoyo necesario.
- MIS ABUELOS Julio Luciano Rodríguez Chun y Rosenda Antonia Godínez Gomez, pilares fundamentales en mi formación académica y personal, desde mis primeros meses de vida hasta hoy, su apoyo ha sido constante, enseñándome a valorar el esfuerzo y sacrificio, este logro es tanto mío como de ustedes gracias por todo.
- MI NOVIA Lilian Daily Lorenzo Pérez, por ser mi fuente constante de inspiración y apoyo incondicional en cada paso de este camino, gracias por creer en mi incluso en los momentos difíciles y por recordarme siempre la importancia de seguir adelante.
- MI HIJO Liam Juan Pablo Gomez Lorenzo, mi mayor tesoro y motivación, este logro es para ti con la esperanza de que siempre persigas tus sueños con la misma pasión y determinación.
- HERMANAS A mis queridas hermanas, quienes han sido mi pilar inquebrantable en cada etapa de mi vida.
- TIOS Y TIAS Gracias por ser una fuente constante de aliento y por estar siempre presentes en cada paso de mi camino,
- AMIGOS Este logro no habría sido posible sin su amistad, que es uno de los mayores regalos que la vida me ha dado.
- ASESORES a mis asesores por su invaluable guía, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, por ser faros de conocimiento en esta etapa académica.
- CRIA Por apoyo financiero permitiéndome alcanzar este importante logro.

San Marcos, 20 de agosto de 2024

Ingenieros

Comisión de Trabajo de Graduación

Carrea de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

Centro Universitario de San Marcos

Edificio

De manera atenta y respetuosa me dirijo a ustedes, deseándoles éxitos en sus labores cotidianas de docencia que van a beneficio de la educación de cada uno de los estudiantes de la carrera de Agronomía del Centro Universitario de San Marcos.

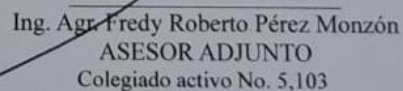
Seguidamente, por este medio hago de su conocimiento que he cumplido los requisitos que la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible exige para iniciar con el proceso técnico-administrativo de trabajo de graduación. Por lo tanto, a través de sus buenos oficios **SOLICITO:** se me apruebe el seminario II del tema titulado **“Evaluación de la solución mineral Bioviagra, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas, en cinco localidades de San Marcos”,** durante el proceso, he cumplido con las directrices establecidas y he demostrado compromiso y calidad en el desarrollo del trabajo.

Sin otra particular, y agradeciendo de antemano su atención y apoyo a la presente solicitud quedo a la espera de su pronta y favorable respuesta.

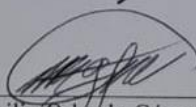
Atentamente:



M.Sc. Ing. Agr. Luis Fernando Velásquez
ASESOR PRINCIPAL
Colegiado activo No. 4,874



Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón
ASESOR ADJUNTO
Colegiado activo No. 5,103



T.P.A. Virgilio Orlando Gómez Rodríguez
ESTUDIANTE TESISISTA

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	3
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	5
4. JUSTIFICACIÓN	6
5. MARCO TEÓRICO	7
5.1. Importancia de la Evaluación	7
5.2. Marco Conceptual	7
5.2.1. Origen del cultivo de tomate, <i>Solanum lycopersicum</i> L	7
5.2.2. Descripción del cultivo de cultivo de tomate, <i>Solanum lycopersicum</i> L	8
5.3. Tizón Tardío (<i>Phytophthora infestans</i> de Bary)	11
5.3.1. Generalidades	12
5.3.2. Centro de Origen	12
5.3.3. Hospedantes.....	13
5.3.4. Distribución e importancia económica.....	13
5.3.5. Sintomatología.....	13
5.3.6. Tipos de <i>Phytophthora</i>	13
5.3.7. Control de <i>Phytophthora</i>	14
5.3.8. Clasificación taxonómica de <i>Phytophthora infestans</i> de Bary	14
5.3.9. Etiología	14
5.3.10. Desarrollo de la enfermedad.....	15
5.3.11. Reproducción.....	15
5.4. Ciclo biológico	16
5.5. Solución mineral bioviagra.....	17
5.5.1. Descripción.....	17
5.5.2. Preparación.....	18
5.5.3. Forma de aplicación	18
5.5.4. Mecanismo de acción.....	19
5.5.5. Información del contenido nutricional de la solución	19

5.5.6. Fungicidas de contacto	21
5.5.7. Fungicidas sistémicos.....	21
5.5.8. Fungicidas translaminares	21
5.5.9. Incidencia	21
5.5.10. Severidad.....	22
5.6. Marco teórico referencial	22
5.6.1. Antecedentes del uso de solución mineral bioviagra.	22
5.6.2. Solución mineral bioviagra.	23
5.6.3. Localización y descripción de la unidad de investigación	24
5.6.4. Ubicación Geográfica.....	25
6. OBJETIVOS	28
6.1. General	28
6.2. Específicos.....	28
7. HIPÓTESIS	29
7.1. Alternativa (H1).....	29
7.2. Nula (Ho).....	29
8. METODOLOGIA	30
8.1. Localidad y Época.....	30
8.1.1. Descripción de los tratamientos a evaluar.....	31
8.1.2. Preparación.....	31
8.1.3. Forma de aplicación	32
8.1.4. Cultivares utilizados.....	32
8.2. Unidad experimental	33
8.3. Modelo Estadístico	33
8.4. Variables De Respuesta.....	34
8.4.1. Incidencia	34
8.4.2. Severidad.....	35
8.4.3. Rendimiento	36
8.4.4. Rentabilidad.....	38
8.5. Manejo del Experimento	38
8.5.1. Instalaciones	38

8.5.2. Preparación del terreno.....	38
8.5.3. Siembra.....	39
8.5.4. Fertilización.....	39
8.5.5. Control de plagas y enfermedades.....	39
8.5.6. Tutorado	40
8.5.7. Cosecha	40
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
9.1. Incidencia	41
9.2. Severidad	42
9.3. Rendimiento	43
9.3.1. Rendimiento general.....	43
9.3.2. Rendimiento de primera	45
9.3.3. Rendimiento segundo.....	45
9.3.4. Rendimiento tercero	46
9.4. Peso y diámetro de fruto.....	46
9.5. Rentabilidad.....	47
9.5.1. Presupuesto parcial.....	47
10. CONCLUSIONES	50
11. RECOMENDACIONES.....	51
12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
13. ANEXO	60

INDICE DE REFERENCIAS

Ecuación 1. Incidencia..... 34
Ecuación 2. Número de plantas 36

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Graficas del comportamiento de incidencia y severidad del tizon tardío, aldea el Rosario Tacana.....	60
Anexo 2. Graficas de temperatura y humedad, aldea el Rosario Tacana.	61
Anexo 3. Graficas de incidencia y severidad de tizon tardío, caserío Tuizaj San José Ojetenam	62
Anexo 4. Graficas de temperatura y humedad, caserío Tuizaj San José Ojetenam.....	63
Anexo 5. Graficas de incidencia de tizon tardío, aldea Cuya Tejutla.....	64
Anexo 6 Graficas de humedad y temperatura, aldea Cuya Tejutla.....	65
Anexo 7. Graficas de incidencia y severidad de tizon tardío, Aldea Nueva Esperanza Tejutla. .	66
Anexo 8. Graficas de humedad y temperatura. Aldea Nueva Esperanza Tejutla.	67
Anexo 9. Graficas de incidencia y severidad de tizon tardío, aldea San Isidro Sipacapa	68
Anexo 10. Graficas de humedad y temperatura, aldea San Isidro Sipacapa.....	69
Anexo 11. Percepción de los productores.....	70
Anexo 12. Registro de incidencia de <i>Phytophthora infestans</i>	70
Anexo 13. Matriz de registro de severidad de <i>Phytophthora infestans</i>	71
Anexo 14. Escala diagramática para evaluación de severidad de <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary en Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L)	74
Anexo 15. Matriz para el registro del rendimiento	74
Anexo 16. Valoración de bioviagra	76
Anexo 17. Diagnóstico fitopatológico de tizón tardío	86
Anexo 18. Constancia de laboratorio del centro universitario de San Marcos, con el fin de realizar cultivos en agar patata dextrosa para identificación del omiceto.	87

INDICE DE FOGRAFIAS

Fotografía 1. Visita de campo a la parcela de don Marcial, ubicado en aldea San Isidro Sipacapa San Marcos.....	77
Fotografía 2. Rotulado de las parcelas divididas, para facilitar la aplicación de cada tratamiento.	77
Fotografía 3. Desinfección de suelo utilizando el bioviagra, se realizó antes de la siembra, ubicado en aldea Cuya Tejutla San Marcos.....	78
Fotografía 4. Elaboración de bioviagra con productores	78
Fotografía 5. Aplicación de solución mineral bioviagra, parcela del productor Dorian Gonzales, ubicado en caserío Tuizaj San Jose Ojetenam, San Marcos	79
Fotografía 6. Monitoreo del crecimiento de la planta, para poder realizar las podas correspondientes, parcela ubicada en aldea Cuya Tejutla San Marcos	79
Fotografía 7. a y b. Daños causados por Tizón tardío.	80
Fotografía 8. Visita de campo, de parte del ingeniero Fredy Monzón, coordinador de cadena de tomate IICA-CRIA.....	80
Fotografía 9. Prácticas culturales como podas y raleos de fruto.....	81
Fotografía 10. Control de humedad y temperatura, para que el cultivo de tomate cumpla con las condiciones óptimas durante el desarrollo de este	81
Fotografía 11. Frutos de tomate en proceso de maduración, parcela ubicada en aldea Cuya Tejutla San Marcos.	82
Fotografía 12.....	82
Fotografía 13. a y b. Cosecha de frutos de tomate en la parcela del productor, German Gonzales, ubicado en aldea el Rosario Tacana San Marcos	83
Fotografía 14. Cortar y enumerar la cantidad de frutos maduros	83
Fotografía 15. Cosecha de frutos de tomate, parcela de don German Gonzales, ubicada en caserío Tuizaj San Jose Ojetenam.....	84
Fotografía 16. Selección de frutos de primera y pesarlos por tratamiento	84
Fotografía 17. Dar a conocer el bioviagra a estudiantes de la carrera de agronomía del centro universitario de San Marcos.....	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferencia entre el tomate determinado y tomate indeterminado.....	10
Tabla 2. Clasificación taxonómica de Phytophthora infestans de Bary.....	14
Tabla 3. Composición de la solución minera bioviagra.....	17
Tabla 4. Elementos de la solución mineral de bioviagra	23
Tabla 5. Localidades	30
Tabla 6. Solución	31
Tabla 7. Formas de aplicar.....	32
Tabla 8. Cultivares utilizados por las localidades.....	32
Tabla 9. Modelo estadístico	33
Tabla 10. Apoyo de la recolección de datos	35
Tabla 11. Descripción del número de porcentajes, para facilitar la toma de datos de campo.	36
Tabla 12. Descripción de calibre de frutos de tomate según su clasificación.....	38
Tabla 13. Análisis T-student para incidencia de Phytophthora infestans en plantas de tomate en cinco localidades.....	41
Tabla 14. Análisis T-student para severidad de Phytophthora infestans en plantas de tomate en cinco localidades.....	42
Tabla 15. Análisis T-student para rendimiento general del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos.....	44
Tabla 16. Análisis T-student para rendimiento de primera del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos.....	45
Tabla 17. Análisis T-student para rendimiento de segunda del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos.....	46
Tabla 18. Análisis T-student para rendimiento de tercera del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos.....	46
Tabla 19. Análisis T-student para número de frutos por planta de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos.....	47
Tabla 20. Presupuesto parcial	47
Tabla 21. Análisis de residuos	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedades del tomate	9
Figura 2. Ciclo del tizón tardío del tomate (<i>Phytophthora infestans</i> De Bary).....	17
Figura 3. Unidad experimental del proyecto.....	33
Figura 4. Bioviagra y localidades (Incidencia)	42
Figura 5. Bioviagra y localidades (severidad)	43
Figura 6. Análisis comparativo de rendimiento en kg/ha del cultivo de tomate con aplicación de bioviagra y testigo.....	44

1. RESUMEN

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el departamento de San Marcos, Guatemala, enfrenta desafíos significativos debido a la enfermedad provocada por el oomiceto **Phytophthora infestans**: se evaluó la efectividad de la solución mineral Bioviagra en el control de tizon tardío, en comparación con controles químicos comerciales. Se implementó un diseño experimental de parcelas pareadas en cinco localidades del altiplano del departamento, donde se midieron tres variables principales: incidencia de la enfermedad, severidad de esta y rendimiento del cultivo. Las parcelas tratadas con Bioviagra y con productos químicos comerciales fueron monitoreadas durante todo el ciclo de cultivo. Los resultados mostraron que la solución mineral bioviagra es eficaz en la reducción tanto de la incidencia como de la severidad del tizon tardío: además, se observó un incremento en el rendimiento del tomate en las parcelas tratadas con bioviagra en comparación con las tratadas con productos químicos comerciales. Este hallazgo sugiere que la solución mineral bioviagra no solo es una opción viable para el manejo del tizon tardío, sino que también puede contribuir a una agricultura más sostenible y menos dependiente de productos químicos. La implementación de soluciones minerales como bioviagra podría representar un avance significativo en la gestión de enfermedades en el cultivo de tomate, ofreciendo beneficios tanto económicos como ecológicos. Este estudio aporta evidencia sólida para considerar la adopción de bioviagra como parte de un programa integral de manejo de enfermedades en la región.

Los resultados obtenidos en incidencia muestran un valor bilateral de 0.2862, esto significa que no hubo diferencia estadística entre ambos tratamientos. El tratamiento con fungicida sintético mostró una media de infección del 62.50%, mientras que el bioviagra presentó una media del 58.75%, teniendo una diferencia de 3.75%. Para el análisis de severidad se utilizó la técnica del área bajo la curva del progreso de la enfermedad. La prueba T de Student para muestras dependientes presentó un valor bilateral de 0.9767, mostrando no haber diferencia significativa entre ambos tratamientos, El bioviagra fue superior al testigo en rendimiento (p-valor 0.0001) y propició el aumento de 2,288.64 kg/ha de tomate. Mientras en la severidad de *Phytophthora infestans* sobre el cultivo de tomate, el tratamiento de bioviagra y el testigo fueron estadísticamente similares (p-valor 0.3739). En cuanto a la rentabilidad el bioviagra mostró una mayor rentabilidad que el testigo ya que para una hectárea del cultivo de tomate fue necesario invertir Q 39,133.33 en

la elaboración de bioviagra y generó beneficios netos de Q120,093.86, mientras el testigo que es un fungicida convencional tiene un costo de Q 48,000.00 por hectárea y beneficios netos de Q86,226.11.

Palabras clave: *Phytophthora infestans, bioviagra, muestras dependientes, rendimiento, tomate*

2. INTRODUCCIÓN

En el occidente del país el tomate se cultiva a pequeña y mediana escala. durante el año 2013 se registró una producción nacional de 53 mil toneladas, sin embargo, dentro de su proceso de producción enfrenta múltiples problemas, principalmente los fitosanitarios, provocando disminución de la rentabilidad y calidad del fruto (Díaz, Monzón, Castro, & López, 2020).

El tizón tardío, causado por el oomiceto , representa una de las enfermedades más devastadoras para los cultivos de la familia Solanaceae a nivel mundial. Este oomiceto, capaz de reproducirse tanto de forma sexual como asexual, afecta significativamente la producción y rentabilidad de cultivos vitales como la papa (*Solanum tuberosum* L.), el tomate ((*Solanum lycopersicum* L), el pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) y ocasionalmente la berenjena (*Solanum melongena*) (Vargas, 2023).

El impacto económico y agronómico de *Phytophthora infestans* es considerable, causando pérdidas significativas debido a la rápida propagación de la enfermedad en condiciones favorables. Esta patología vegetal no solo afecta el rendimiento de los cultivos, sino también la calidad y la disponibilidad de productos frescos en los mercados locales e internacionales (Vargas, 2023).

Se ha realizado una investigación experimental bajo el programa de generación del CRIA-IICA, titulado "Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Montelimar, en tres localidades de San Marcos". Este estudio investigó el efecto de diversas soluciones minerales y productos botánicos en la reducción del tizón tardío en una variedad específica de tomate, destacando la importancia de encontrar métodos efectivos para mitigar los efectos de *Phytophthora infestans* en cultivos de tomate.

Según el IICA (2023), durante la evaluación de la solución mineral bioviagra para el control de tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary), en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones de (*invernadero*), en las localidades de, Aldea el Rosario municipio de Tacana, Caserío Tuizaj municipio de San José Ojetenam, Aldea San Isidro municipio de Sipacapa, Aldea nueva Esperanza y Aldea Cuya del municipio de Tejutla del departamento de San Marcos, se

determinó que el uso del bioviagra es una recomendación válida para los agricultores, ya que puede ayudar a prevenir y controlar el tizón tardío en el cultivo de tomate, además la solución mineral bioviagra puede proporcionar nutrientes adicionales a las plantas lo cual demostró que incrementa el rendimiento del tomate fortaleciendo su resistencia a las enfermedades, Como resultados de la investigación se determinó que el porcentaje de incidencia para la solución mineral Bioviagra fue del 12% de un total de 105 plantas analizadas, el comportamiento de la incidencia y severidad de acuerdo con el tiempo de investigación se logró mantener en un 10% de severidad, según análisis cualitativo y cuantitativo de la escala diagramática y clave de campo: El rendimiento del tratamiento de la solución mineral Bioviagra, fue superior al rendimiento del testigo, teniendo como resultado una producción de 2,288.64 kg/h de tomate. El análisis económico determinado por los costos y gastos monetarios involucrados y realizados durante el periodo de investigación estableció que la solución mineral Bioviagra fue más rentable en comparación al testigo fue necesario invertir Q 39,133.33 en la elaboración de bioviagra y generó beneficios netos de Q120,093.86, mientras el testigo que es un fungicida convencional tiene un costo de Q 48,000.00 por hectárea y beneficios netos de Q86,226.11.

La metodología utilizada en la investigación fue mediante la implementación del diseño experimental parcelas pareadas, debido a que solo existen dos tratamientos a comparar. El área experimental se estimó en 120 m² por localidad utilizando un total de dos tratamientos por unidad experimental; aplicación de solución mineral bioviagra para el control de tizón tardío en tomate, en comparación con el producto químico que el agricultor utilizó (testigo), la parcela de prueba está constituida por un invernadero de 8 metros de ancho por 20 metros de largo, las prácticas agronómicas del cultivo fueron las mismas que realizan los agricultores de la zona

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En algunos lugares del occidente de Guatemala el manejo del tizón tardío es difícil debido a las condiciones climáticas y la producción continua del cultivo. La baja capacidad económica de los agricultores dificulta el manejo del tizón tardío, también, la susceptibilidad de los cultivares comerciales que requieren aplicaciones periódicas de fungicidas para lograr una adecuada producción (Meléndrez, 2020).

Este patógeno no solo afecta a especies económicamente importantes como papa, tomate o berenjena, sino a una amplia gama de hospedantes entre plantas ornamentales, arbustos y un diverso grupo de especies silvestres. Según Meléndrez (2020) enumeraron a 89 especies hospederas de este oomiceto, distribuidas en varias familias taxonómicas, siendo la mayoría de ellas solanáceas.

En muchas enfermedades, el inóculo sobrevive en la “maleza” perenne o en 15 hospedantes alternos y en cada estación de cultivo éstos lo trasladan hasta las plantas anuales (Agrios & Guzmán, 1995). *P. infestans* puede permanecer activo en los campos de tomate refugiado en solanáceas silvestres durante períodos donde las condiciones no son propicias para su supervivencia (Garry, y otros, 2005).

En el altiplano de San Marcos el tomate es una de las hortalizas más cultivadas por los agricultores, sin embargo, las practicas orgánicas para el control de fitopatógenos se han dejado a un lado, por la presencia de productos convencionales y químicos, esto se debe a la falta de información sobre la elaboración de controles orgánicos como es la solución mineral bioviagra que actúa de forma sistémica y de contacto, además, da un aporte nutricional a la planta de tomate.

Dado lo anterior, la investigación respondió a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la efectividad de la aplicación de solución mineral bioviagra para el control del tizón tardío en el cultivo de tomate en comparación a los fungicidas químicos que utilizan los agricultores en el cultivo de tomate?

4. JUSTIFICACIÓN

El tomate es la hortaliza más importante a nivel mundial, dada la variedad de usos y su generalizado consumo (Velásquez, Miranda, Sierra, & León, 2018). Además, se considera una fuente importante de empleo ya que para el año 2013 en Guatemala generó 2 808 000 jornales de trabajo, equivalentes a 10 020 empleos permanentes (Red Nacional de Grupos Gestores, GT, 2016).

Investigación por Molina (2013) dice que el tizón tardío tiene mayor incidencia en la época lluviosa y el uso indiscriminado de agroquímicos afecta seriamente al medio ambiente, destruyendo a diversos organismos vivos, rompiendo el equilibrio biológico y generando resistencia de los patógenos hacia los controles convencionales o químicos.

En busca de contribuir a la mejora de condiciones de vida de los habitantes del occidente de Guatemala y en general de los habitantes de todo el país a través de la agricultura, se planteó evaluar el tratamiento bioviagra como un controlador del patógeno *Phytophthora infestans* y mejorador del rendimiento en el cultivo de tomate. El tratamiento bioviagra promueve el desarrollo sostenible, como afirmó Elkington (1990), económicamente viables, socialmente justos y ambientalmente correctos.

Es importante destacar que los beneficiados directos de la evaluación fueron los productores de tomate, ya que recibirían retroalimentación específica sobre su rendimiento y posibles áreas de mejora. Por otro lado, los beneficiarios indirectos fueron todos los actores locales del eslabón de producción, como los proveedores de insumos agrícolas, los trabajadores agrícolas, los comerciantes locales y la comunidad en general, ya que una mejora en la producción de tomate puede tener efectos positivos en la economía local y en el bienestar de la comunidad.

La solución mineral Bioviagra podría ser considerada como una alternativa para promover sistemas agrícolas sostenibles, especialmente si se adapta a las necesidades y condiciones específicas de la región.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Importancia de la Evaluación

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary, afecta a especies de importancia económica como la papa y el tomate, también, a solanáceas silvestres que crecen junto a los campos de cultivo o muy cercanos a ellos. El peligro potencial de estas infecciones radica en que se convierten en fuente de inóculo primario para futuras epidemias. Forbes et al (2013) indican que en hospedantes que presentan tejido leñoso, *P. infestans* puede causar lesiones oscuras en los tallos y proporcionan al patógeno una supervivencia estratégica en los periodos de sequía.

Los reportes de solanáceas infectadas por *P. infestans* sirviendo de hospedantes alternativos tanto de forma natural como artificial se han ido dando a lo largo de los años. Es así que según Meléndez (2020) reportaron 89 hospederos de *P. infestans*, distribuidas en varias familias botánicas, siendo la más representativa la familia Solanaceae. Este listado especifica además si se trató de una inoculación artificial o infección natural. Los reportes fueron hechos a nivel mundial.

Actualmente, el tomate ocupa un papel preponderante en la economía agrícola mundial, siendo la hortaliza más sembrada del mundo y un producto esencial en la alimentación de varias regiones, cuyo consumo juega un papel importante en la gastronomía. Los principales países productores son China, Estados Unidos, Turquía, Egipto, Italia, India, Irán, España, Brasil y México, los cuales contribuyen con cerca del 70% de la producción mundial. En Colombia el tomate se dispersa por todo el país, cultivándose en 18 departamentos; sin embargo, cerca del 80% de la producción está concentrada en los departamentos de Cundinamarca, Norte de Santander, Valle, Caldas, Huila, Risaralda y Antioquia (Campos, 2019).

5.2. Marco Conceptual

5.2.1. Origen del cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum L*

El tomate *Solanum Lycopersicum L*, pertenece a la familia solanácea. 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 una de las hortalizas con mayor dinamismo en la comercialización (Pilco, 2018).

5.2.2. Descripción del cultivo de cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum L*

Hibrido de tomate con habito 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* (Díaz, González, & León, 2018).

5.2.2.1. 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).

5.2.2.2. 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).

5.2.2.3. Hojas

Las hojas son pinnadas y compuestas. Presenta de siete a nueve foliolos peciolados que miden 4-60 mm x 3-40 mm, lobulados y con borde dentado, alternos opuestos y, por lo general, de color verde, 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 semirrecta, horizontal o inclinada (IICA 2017).

5.2.2.4. 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).

5.2.2.5. Fruto

Figura 1.

Parcela donde se aplicó la solución mineral



Fuente: De mi autoría/ Foto tomada en la parcela de aldea Cuya Tejutla.

Según el habido de crecimiento se clasifican en:

- a) **Crecimiento determinado:** Según Torrez (2014) enfatiza que son plantas arbustivas, con un tamaño de planta definido, donde en cada extremo del crecimiento aparece una yema floral, tienen períodos restringidos de floración y cuajado. El tamaño de la planta varía según el cultivar, ya que podemos encontrar plantas compactas, medianas y largas, en donde para las dos últimas clasificaciones necesitamos poner tutores.

b) Crecimiento indeterminado: Según Torrez (2014) revela que su crecimiento vegetativo es continuo, pudiendo llegar su tallo principal hasta más de 12 m. de largo si es manejado a un solo eje de crecimiento, las inflorescencias aparecen lateralmente en el tallo Florecen y cuajan uniformemente, se eliminan los brotes laterales y el tallo generalmente se enreda en torno a un hilo de soporte, es a un hilo de soporte, es apto para invernadero. En la Tabla 1 se puede observar una comparativa entre el crecimiento determinado

Tabla 1.

Diferencia entre el tomate determinado y tomate indeterminado

Indeterminado	Determinado
ramificación débil 3 a 4 hojas por simpodio.	Fuerte tendencia a la ramificación 1 a 2 hojas por simpodio.
floración y maduración distribuida en un largo tiempo.	floración y maduración concentrada.
Habito rastrero	Habito arbustivo.
Siempre se podan y deben ralearse los frutos.	Se considera realizar podas y raleos de fruto.
Producción a campo o invernadero.	Producción a campo de estación, sin conducción con posibilidades de cosecha de mecánica.
Cosecha manualmente	Tomate industrial o doble propósito.

Nota: Esta información fue tomada de (INFOAGRO, 2005).

5.2.2.6. Temperatura

La temperatura óptima de desarrollo del cultivo oscila entre 20 °C y 30 °C durante el día y entre 10 °C y 17 °C durante la noche. Temperaturas superiores a los 30 °C reducen la fructificación y la fecundación de los óvulos, afectan el desarrollo de los frutos y disminuyen el crecimiento y la biomasa de la planta. Las plantas de tomate se desarrollan mejor con temperaturas de entre 18 °C y 24 °C deduce (PRICA, 2016)

Además, se indica que este cultivo a temperaturas diurnas inferiores a 12-15 °C puede originar problemas en el desarrollo de la planta, mientras que temperaturas diurnas superiores a 30 °C e inferiores a 12 °C afectan la fecundación.

5.2.2.7. Humedad relativa

La humedad relativa (HR) óptima, que se ubica entre 60 % y 80 %, favorece el desarrollo normal de la polinización y garantiza una buena producción. El exceso o déficit de HR produce desórdenes fisiológicos y favorece la presencia de enfermedades. Una humedad relativa superior al 80 % favorece la permanencia de enfermedades aéreas, el agrietamiento del fruto y dificulta la fecundación, ya que el polen se humedece y hay aborto floral. Una alta humedad relativa y una baja iluminación reducen la viabilidad del polen y pueden limitar la evapotranspiración, disminuir la absorción del agua y los nutrientes, generar déficit de elementos como el calcio e inducir desórdenes fisiológicos. Una humedad relativa menor al 60 % dificulta la polinización como dice (López, 2017).

5.2.2.8. Luminosidad

Cuando la luminosidad es reducida, ello puede afectar en forma negativa los procesos de floración, fecundación y desarrollo vegetativo de la planta. Durante los periodos críticos del desarrollo vegetativo de la planta la interrelación entre la temperatura diurna, 9 nocturna y la luminosidad es fundamental. Por tal motivo se recomienda no cultivar tomate en sitios que permanecen nublados, ya que los rendimientos disminuyen considerablemente como señala (López, 2017).

5.3. Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* de Bary)

Tizón tardío o Gota (*Phytophthora infestans*) es la enfermedad común en zonas con temperaturas entre 15 y 22 °C y humedad relativa alta (mayor de 80%). El comicito puede sobrevivir en forma de micelio, en otras plantas cultivadas, en malezas de la familia de las solanáceas o en residuos de cosecha que permanecen en el suelo. Cuando la incidencia de la enfermedad es alta en hojas o tallos las esporas del hongo son fácilmente diseminadas por el viento, las herramientas o por el salpique del agua de riego. Los síntomas de la gota se pueden presentar en hojas, tallos o frutos. Generalmente los primeros síntomas aparecen en las hojas, como manchas grandes de color café o castaño, de aspecto húmedo y con una coloración verde pálido alrededor de la lesión (Piedrahita, Zapara, & Aguirre, 2016).

5.3.1. Generalidades

Cuando apareció el tizón tardío en Europa no se tenía claro cuál era la causa de esta nueva enfermedad. En aquellos días pensar que los hongos podían causar enfermedades en las plantas resultaba poco ortodoxo. La micóloga belga Marie-Anne Libert en 1845 fue la primera en identificar un hongo como el causante de la enfermedad y describir al detalle el patógeno. Ella lo nombró *Botrytis vastatrix*. Más tarde el mismo año, Jean Francis Camille Montagne describió el mismo patógeno y lo llamó *Botrytis infestans*. En 1846 el reverendo Miles J. Berkeley también atribuyó a un hongo la causa de la nueva enfermedad. La controversia continuó hasta 1876, cuando Anton de Bary demostró que la enfermedad solo se desarrollaba en plantas de papa espolvoreadas con esporas de hongos y no en las no tratadas. Él también demostró que los tubérculos podrían infectarse al regar los esporangios en la tierra y fue el primero en observar las zoosporas móviles y describir el ciclo de vida del patógeno. Anton de Bary renombró el patógeno a *Phytophthora infestans*, que etimológicamente significa "destructor de plantas" (Meléndrez, 2020)

5.3.2. Centro de Origen

Existen dos teorías para establecer el centro de origen de *P. infestans*, la teoría andina y la teoría mexicana. La teoría andina fue propuesta por primera vez por Berkeley en 1846, posteriormente fue documentada y apoyada por De Bary. Esta teoría propone que *P. infestans* se originó en el mismo lugar que sus principales hospedantes (papa y tomate), en el norte de los Andes sudamericanos (actualmente Perú y Bolivia). Trabajos realizados por Abad et al. (1995) y Ristaino et al. (2001) apoyan esta teoría. Abad et al. (1995) manifiestan la existencia de informes históricos sobre epidemias del tizón tardío en los andes, la presencia de un amplio rango de hospederos y ponen en evidencia la existencia de especies de *Solanum* resistentes en esta región. Estudios realizados por Ristaino et al. (2001) basados en marcadores de tipo molecular (espaciadores de 19 transcripción interna (ITS) y ADN mitocondrial) en aislamientos antiguos apoyan la teoría sudamericana debido a que hay más diversidad genotípica en el ADN mitocondrial de los aislamientos sudamericanos que los mexicanos (Meléndrez, 2020).

5.3.3. Hospedantes

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

5.3.4. 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).

5.3.5. Sintomatología

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

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

5.3.6. 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 estas especies son capaces de parasitar a un amplio espectro e plantas, aunque hoy en día el género engloba más de 90 especies incluyendo a aquellas especies con un grado de especialización variable asociadas a un único hospedante. 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). En Guatemala por medio de análisis de aislamiento e identificación, se han detectado especies de *Phytophthora* de las cuales podemos mencionar las siguientes: *Phytophthora nicotianae*, *Phytophthora palmivora*, *Phytophthora siringae*, *Phytophthora citrícola* y *Phytophthora cinnamomi*.

5.3.7. 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 G. , 1998)

5.3.8. Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans* de Bary

La clasificación taxonómica actual de *P. infestans* según Birch y Wisson (2001) se puede observar en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2.

*Clasificación taxonómica de *Phytophthora infestans* de Bary*

Reino	Chromista
Phyllum	Oomycota
Clase	Oomycetes
Orden	Peronosporales
Familia	Peronosporaceae
Género	Phytophthora
Especie	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) De Bary

5.3.9. 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 del hongo, Los esporangios germinan directamente en un tubo germinal. Cada uno de los esporangios produce de 3 a 8 **zoosporas** (o en algunas ocasiones un número mayor), las cuales son diseminadas cuando se rompe la pared esporangial a nivel de su papila (Agrios G. , 1998)

5.3.10. 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, El tizón tardío de la papa, 2008).

5.3.11. Reproducción

5.3.11.1. 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, El tizón tardío de la papa, 2008)).

5.3.11.2. Sexual

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

5.4. Ciclo biológico

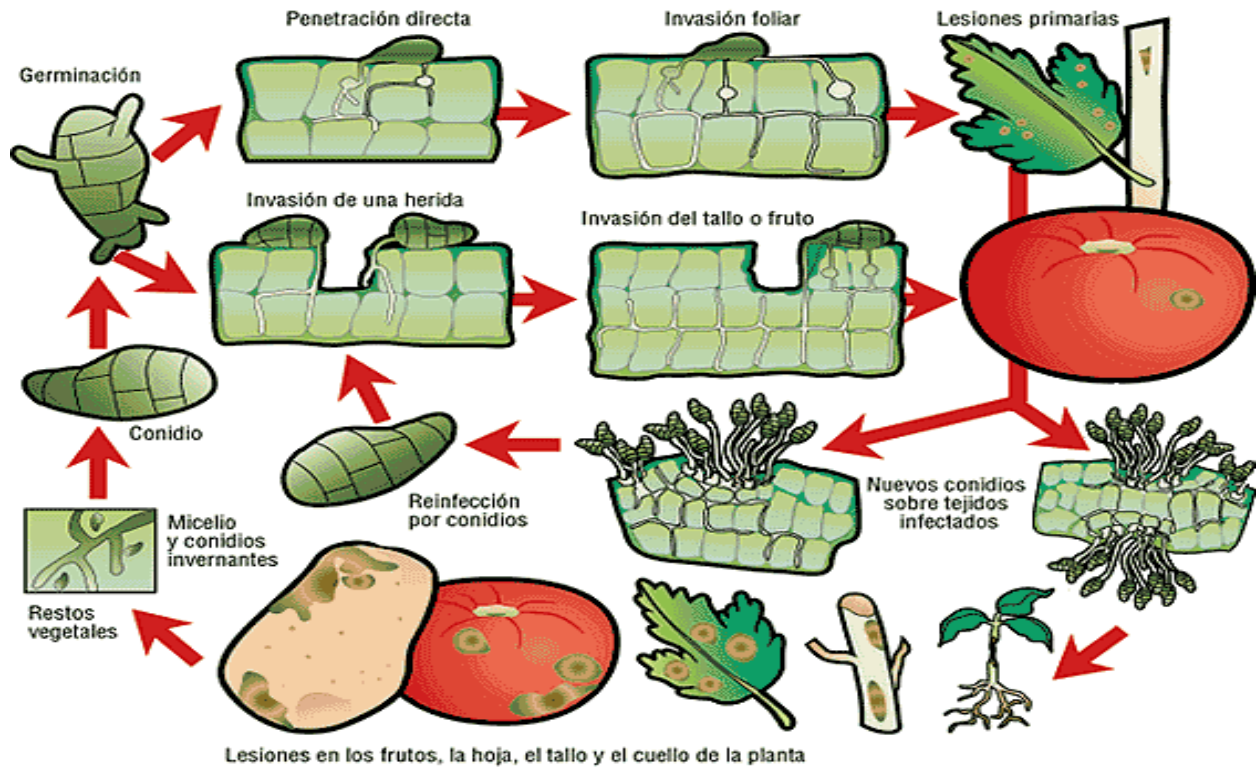
La forma en que este hongo sobrevive de un año a otro ha dado lugar a numerosas explicaciones y se han enunciado varias teorías:

- 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.
- Que el hongo 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 (Fuentes, 2024).

Además en la Figura 2 se puede observar el ciclo del tizón del tomate

Figura 2.

*Ciclo del tizón tardío del tomate (*Phytophthora infestans* De Bary)*



Nota: Tomado de (Tizón Tardío del tomate (*Phytophthora infestans*), 2019)

5.5. Solución mineral bioviagra

5.5.1. Descripción

Es una Solución Mineral antifúngica además de contener elementos que ayudan a la nutrición de la planta, actúa como un fungicida sistémico, de efecto preventivo y curativo, esta formulado por: azufre, cal viva. polvo de roca, sal mineral de bovinos, está constituida de acuerdo con la cantidad de peso y volumen utilizada en investigación experimental.

Tabla 3.

Composición de la solución minera bioviagra

No	Nombre	Cantidad
1	Cal viva	255 gramos
2	Azufre molido	425 gramos
3	Sal mineral para bovinos	255 gramos

No	Nombre	Cantidad
4	Polvo de rocas	255 gramos
5	Agua	3 litros

Nota: Tomado de (Monzon, 2021)

En la Tabla 3 se visualiza la formulación aplicada en el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas, en áreas productoras de tomate que posee el municipio de San Marcos, esto fue realizado por el Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón en el año 2021 y en el año 2022 fue utilizada como tratamiento de investigación experimental por investigadores el programa CRIA e IICA, Ingeniero Agrónomo Luis Fernando Velásquez Tiney y el Técnico en producción agrícola Eduardo Alejandro Díaz de León, estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos.

5.5.2. 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 de 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, durante 25 minutos, hasta observar un cambio de color en el líquido.
- Dejar enfriar el producto.
- Envasar en recipientes plásticos, de acuerdo con el volumen requerido. (Monzon, 2021)

5.5.3. Forma de aplicación

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

5.5.4. 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 (Ruíz, 2003).
- Azufre: El azufre puede actuar como un fungicida preventivo y es de contacto directo y a distancia, esto último debido a los compuestos gaseosos que produce, las células de los hongos son permeables al azufre. Es capaz de frenar la infección del hongo, al menos en algunas fases de su ciclo biológico. También es utilizado para el control de ácaros y algunos trips, principal mente en los primeros estadios larvarios (Fuentes, 2024).
- 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 (Ruíz, 2003).

5.5.5. Información del contenido nutricional de la solución

Según Bonilla y Guaman (2024) el contenido nutricional de la solución se presenta en los siguientes componentes:

- Nitrógeno: Juega un papel importante en la producción de azúcares, almidón y lípidos, entre otras sustancias, para la nutrición y otros procesos básicos de las plantas, interviene en la división celular y en muchos otros procesos, como la producción de clorofila, sin la cual la fotosíntesis no es posible.

- Fósforo: La mayoría del fósforo se requiere en fases tempranas del desarrollo de las plantas, para asegurar un buen crecimiento de la raíz y la flor, aumenta la resistencia de la planta al frío y a las enfermedades, estimula el desarrollo radicular, promueve la floración y formación de semilla.
- Potasio: El potasio mantiene el equilibrio iónico y el estatus hídrico dentro de la planta. Está involucrado en la producción y transporte de azúcares, activación enzimática, y síntesis de proteínas. El potasio también es necesario para la síntesis de pigmentos, sobre todo licopeno
- Calcio: Se le relaciona directamente con el crecimiento de la raíz y la calidad de los frutos después del amarre, aunque es un nutriente que está involucrado en un mayor número de procesos. En la producción de cultivos un aporte nutricional completo contempla la adición de este elemento esencial, ya que la deficiencia de este nutriente en los vegetales provoca: mal desarrollo radical, desarrollo anormal de hojas y enrollamientos, deformación y falta de tamaño de frutos, pudrición apical, rajado de frutos, mala vida de anaquel y frutos aguados.
- El magnesio es un componente central de la clorofila ("hoja verde") y por esta razón el magnesio es imprescindible para la síntesis, transporte y almacenamiento de importantes compuestos vegetales (carbohidratos, proteínas, grasas). Es la base estructural de la clorofila y por ello esencial en el proceso de la fotosíntesis y la fijación de CO₂ como coenzima. Es esencial en todos los procesos de fosforilación de la planta, promoviendo la transferencia y conversión y acumulación de la energía.
- Sodio: Ayuda a regular la presión osmótica a nivel celular con su consiguiente eficiencia en el uso del agua, mejora el sabor y la firmeza de los tomates, sustituto parcial de potasio.
- Cobre: El cobre está involucrado en el metabolismo de carbohidratos y nitrógeno. También tiene efecto sobre el desarrollo de la clorofila. El cobre ayuda a formar lignina en las paredes celulares, que proporcionan soporte para mantener las plantas en posición vertical, al convertirse en sulfato de cobre combate enfermedades principales del cultivo de tomate.
- Hierro: Es necesario para la reducción de nitratos y sulfatos, se asocia con la formación de clorofila y fotosíntesis. Las aplicaciones de hierro (foliares o en fertirrigación) pueden usarse para incrementar la producción temprana de hojas y la productividad del cultivo.

- Zinc: Se asocia como función de regulador de crecimiento, influye en la elongación de entrenudos, además de estar involucrado en reacciones enzimáticas.
- Manganeso: En tomate ayuda a la planta en procesos vitales de fotosíntesis, respiración y asimilación de nitrógeno.

5.5.6. Fungicidas de contacto

Fungicidas de contacto actúan sobre la superficie de la planta y evitan la germinación y penetración del patógeno, disminuyendo las fuentes iniciales de la enfermedad. Son conocidos como fungicidas protectantes, residuales o de contacto. Entre los más importantes se encuentran los cúpricos y los ditiocarbamatos. Sólo protegen las zonas donde se deposita el fungicida, las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno. (Pérez & Forbes, 2008)

5.5.7. Fungicidas sistémicos

Estos productos son absorbidos a través del follaje o de las raíces. La translocación se realiza en forma ascendente, y a veces descendente, por vía interna a través del xilema y floema. Tienen la capacidad de proteger las hojas producidas después de la aplicación. Inhiben algunas o varias etapas específicas del metabolismo del patógeno. Con ciertos productos, su uso continuo ha generado la aparición de cepas resistentes a estos fungicidas (Pérez & Forbes, 2008).

5.5.8. Fungicidas translaminares

Son productos que tienen la capacidad de moverse a través de la hoja, pero no de hoja a hoja, por lo que las hojas producidas después de la aspersión del producto no estarán protegidas contra el patógeno (Pérez & Forbes, 2008).

5.5.9. Incidencia

Incidencia En epidemiología, proporción de casos nuevos de una enfermedad en un determinado período de tiempo, respecto a la población expuesta a padecerla (RAEE, 2022)

5.5.10. Severidad

La severidad es el porcentaje de la superficie foliar muestreada que está cubierta por signos, manchas y pústulas de cada enfermedad (Agrofy, 2018).

5.6. Marco teórico referencial

5.6.1. Antecedentes del uso de solución mineral bioviagra.

De igual forma y buscando contribuir a la solución de la problemática asociada a la concentración de residualidad por agro tóxicos en los productos de origen agrícola y reducir estos niveles de contaminación, algunos países incentivan la agricultura ecológica u orgánica que se define como un sistema de producción que utiliza insumos naturales y prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos, la siembra de policultivos, el intercalado de cultivos, entre otros y prohíbe el uso de plaguicidas de síntesis química, fertilizantes sintéticos, medicamentos de uso veterinario, semillas modificadas genéticamente, así como conservantes y aditivos.

En los últimos años, se ha centrado la atención en el uso de productos naturales como fungicidas, siendo el bioviagra un producto alternativo con potencial para el control del tizón tardío en el cultivo de tomate. Su enfoque biológico puede ofrecer una solución más sostenible y respetuosa con el medio ambiente en comparación con los productos químicos tradicionales.

Según Joller et al (2020), aunque no existen estudios disponibles que muestren el efecto del caldo sulfocálcico en el control de tizón tardío, otros productos a base de azufre como el metanotiosulfonato de S-metilo (MMTS), un compuesto orgánico volátil que contiene azufre producido por plantas y especies bacterianas, ha mostrado ser eficiente para el control de oomicetos, especialmente en el caso del tizón tardío del tomate causada por *P. infestans*, por lo tanto su efecto tóxico demostrado por este compuesto permite sugerir su uso como agentes de control.

Un estudio realizado por, INIA (2017)), establece que es muy importante realizar los preparativos para un manejo sostenible de plagas y enfermedades en la agricultura, de ahí se desprende que el caldo sulfocálcico es un buen preventivo y en plantas afectadas destruye el hongo

impidiendo que la afección se propague a otras partes sanas, sin embargo no cura las partes de la planta que ya han sido atacadas, En tanto en la investigación actual se tiene que la aplicación del bioviagra en el cultivo, fue efectivo tomando en cuenta que el cultivo tuvo un margen aceptable en cuanto a la presencia de tizón tardío en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Caldo sulfocálcico esta reportado como un excelente fungicida inorgánico de mejor efecto preventivo el cual fue evaluado por su eficiencia en cuanto a sanidad observada en los cultivos, generalmente se utiliza para enfermedades causada por hongos y bacterias, en todo tipo de cultivo; excepto en las cucurbitáceas, ya que las elimina como si fuera un mata hierba (Barrios, 1999).

Conocido también como Polisulfuro de calcio, es el producto resultante de la ebullición conjunta de la cal y azufre en agua, que consiste en un líquido rojo oscuro, vinoso. Este producto fue obtenido por procedimientos empíricos, independientes, en diversas partes del mundo, utilizando los componentes en cantidades distintas y destinándolos a diferentes usos. Se uso inicialmente como insecticida, pero hasta 1905 se utilizó como fungicida (Fernandez, 1952)

5.6.2. Solución mineral bioviagra.

En la siguiente Tabla 4 se puede presenciar los elementos que componen la solución bioviagra

Tabla 4.

Elementos de la solución mineral de bioviagra

NO.	NOMBRE	CANTIDAD
1	Cal viva (de terrón, tamizada)	3 libras
2	Azufre molido	5 libras
3	Sal mineral para bovinos	3 libras
4	Polvo de roca (de pedrera, tamizada)	3 libras
5	Agua (de preferencia que no tenga cloro)	16 litros

5.6.2.1.Preparación

- Utilizar una olla con capacidad superior a la de la formulación, la olla debe de colocarse al aire libre y debajo de la misma se debe preparar una fuente de calor con leña.
- Colocar los 16 litros de agua dentro del barril, e iniciar con el proceso de calentamiento, hasta que el agua inicie su proceso de ebullición y se observe agitación de la misma, se agregan los materiales.

- Añadir Primero la cal, luego el azufre, luego la sal mineral para bovinos y por último el polvo de roca.
- Compensar la pérdida de agua por evaporación, agregando en la olla 1 litro de agua adicional.
- Mezclar los materiales sin dejar grumos, con ayuda de una paleta, revolver periódicamente cada 5 minutos.
- Mantener la mezcla hirviendo durante 20 minutos hasta que la solución tome color ladrillo.
- Dejar enfriar el producto durante 24 horas.
- Utilizar solamente la parte líquida de la solución, hacer el proceso de percolación con el líquido y añadirlo a un recipiente plástico que tenga la capacidad requerida, dejarlo en un lugar fresco y oscuro (*Velásquez & Díaz, 2022*).

5.6.3. Localización y descripción de la unidad de investigación

La investigación se llevará a cabo en 5 localidades del altiplano del departamento de San Marcos las cuales son, San José Ojetenam, Tacana Sipacapa y Tejutla (dos unidades a evaluar).

El municipio de San Marcos está ubicado en el área de la Sierra Madre en el altiplano, región VI sur occidental del país, colinda al norte con los municipios de Ixchiguán, Tejutla y Comitancillo, al sur con los municipios de Esquipulas Palo Gordo, Nuevo Progreso, San Rafael Pie de la Cuesta y San Cristóbal Cucho; al este con los municipios de San Lorenzo y San Pedro Sacatepéquez; y al oeste con los municipios de San Pablo y Tajumulco. Geográficamente, se localiza en la zona central del Departamento a una altura de 2,398 metros sobre el nivel del mar y se ubica en la latitud norte 14° 57' 40" y una longitud este de 91° 47' 44". Se encuentra a 250 kilómetros de la ciudad de Guatemala, en cuanto al acceso se ingresa por la carretera CA-1 considerada como la principal por ser la ruta más corta, para llegar al municipio de San Marcos, desde la ciudad capital también se puede ingresar por la carretera interamericana del Pacífico Ca-2. Se encuentra a 250 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala por la carretera CA-1 por ser considerada la ruta más corta. Tiene una extensión territorial de 121 km² equivalentes al 3.19% del territorio departamental

5.6.4. Ubicación Geográfica

5.6.4.1. San José Ojetenam

El municipio de San José Ojetenam se ubica en las coordenadas: latitud norte 15° 18' 10" longitud oeste 92° 10' 25", sus colindancias son: Al Norte municipio de Tacana y Cuilco del departamento de Huehuetenango, al sur con el municipio de Tacana e Ixchiguan, Este municipio de Concepción Tutuapa e Ixchiguan, Oeste con el municipio de Tacana

Tiene una extensión territorial de 71.98 km², equivalente al 1.9% del territorio del departamento de San Marcos, se encuentra a una altura de 2,860 metros sobre el nivel del mar, por lo que el clima es frío. Dista a 65 km de la cabecera departamental de San Marcos a través de la ruta nacional RN-12 sobre carretera con doble tratamiento en regulares condiciones, con bifurcación en el kilómetro 298 (de la cabecera municipal de Ixchiguan y a 309 km de la capital de la república.

5.6.4.2. Tacana

Tacana se localiza al Norte del departamento de San Marcos. Tiene una extensión territorial aproximada de 302 kilómetros cuadrados. Colinda al Norte con el municipio de Tectitán del departamento de Huehuetenango, al Sur con el municipio de Sibinal del departamento de San Marcos y el Estado de Chiapas de la República de México; al Este con los municipios de San José Ojetenam e Ixchiguan del departamento de San Marcos y Tectitán del departamento de Huehuetenango y al Oeste con el Estado de Chiapas de la República Mexicana.

La cabecera municipal de Tacaná se encuentra a 2,416 msnm y a una distancia de 72 km de la cabecera departamental, por carretera asfaltada en condiciones regulares, atraviesa los municipios de San Lorenzo, Tajumulco e Ixchiguan; y de 322 kilómetros de la ciudad capital por la carretera CA1 Occidente. Las coordenadas geográficas de la cabecera municipal de Tacaná son: Latitud Norte de 15° 14' 28.4" y Longitud Oeste de 92° 03' 59.4" W

Tacaná se encuentra en la región noroeste del altiplano departamental. La superficie del municipio es accidentada, en cuyo territorio corren los ríos Coatán que cubre alrededor de 221.25 kilómetros cuadrados y el río Cuilco de 48.43 kilómetros cuadrados. Ambos forman cuencas y

microcuencas, poseedoras de biodiversidad y fuentes del principal recurso hídrico a nivel municipal.

5.6.4.3. Sipacapa

El municipio de Sipacapa se encuentra ubicado en la parte Noreste del departamento de San Marcos. Limita al Norte con los municipios de Malacatancito y Santa Bárbara del departamento de Huehuetenango; al Oeste con los municipios de San Carlos Sija y Cabricán del departamento de Quetzaltenango; al Este con los municipios de Tejutla y San Miguel Ixtahuacán; al Sur con el municipio de Comitancillo ambos del departamento de San Marcos (Jaime & Quintanilla, 2021). La cabecera municipal es Sipacapa, el punto de referencia de dicha cabecera se encuentra entre las coordenadas latitud 15° 12' 45" y longitud 91° 38' 05" y se encuentra a una altura promedio de 1,970 metros sobre el nivel del mar.

Condiciones climáticas: El clima predominante en el municipio es el frío por pertenecer al Altiplano occidental de Guatemala donde prevalecen condiciones de bajas temperaturas, sin embargo existen zonas y áreas con clima templado donde se cultiva café como el caso de los poblados Las Minas, Llano Grande, Pie de la Cuesta, Poj, Quequesiguan, Xeabaj, Agua Caliente, El Carrizal, Carrizal, Chuak La Unión, El Maguey, El Rincón, Guancache, Palimope, La Cienaga, La Vega, Los Encuentros, Plan de Los López, Los Olivos, Nueva Esperanza, Barranca El Cafetal, Plan Grande, Saquimblaj y Salem. En las partes altas, las condiciones climáticas difieren en temperatura lo cual es más bajo, donde en los meses de diciembre y enero se registran heladas las cuales tienen efectos en la población y cultivos agrícolas. Los poblados que registran bajas temperaturas y heladas se consideran que son: La Estancia, Tres Cruces, Independencia Chilil, Escupija, Cancil, Setivá, San Isidro Setivá y parte Sur de Pueblo Viejo.

En su totalidad los terrenos del municipio son de topografía quebrada a plana. Por la parte Sur son tierras altas de montaña que forman la parte alta y cabecera de la cuenca del río Cuilco. Por el valle del río Cuilco las pendientes son moderadas y suaves, que es donde las condiciones climáticas son templadas. Cabe mencionar en la época de sequía entre los meses de marzo a inicios de mayo la sequía aumenta, formando un corredor seco lo cual afecta la disponibilidad de agua para los cultivos y bajan los caudales de agua para abastecer el agua para consumo humano.

5.6.4.4. Tejutla

El municipio colinda al norte con los municipios de Concepción Tutuapa y San Miguel Ixtahuacán, al sur con aldea San Sebastián del municipio de San Marcos y municipio de Ixchiguán; al este con el municipio de Comitancillo y al oeste con los municipios de Ixchiguán y Tajumulco, todos del departamento de San Marcos. Con relación a los municipios con quienes colinda se evidencia inconsistencias con el límite IGN porque no coincide, condición que deja fuera algunas comunidades, siendo el límite del INE 2002 el que más se acerca al límite municipal. Lo anterior, provoca conflictos en las colindancias a los demás municipios que se evidencia en el mapa análisis de límites municipales (Segeplán. 2018).

Tejutla es uno de los 5 municipios que forman la cuenca del río Cuilco, junto a Concepción Tutuapa, Comitancillo, Sipacapa y San Miguel Ixtahuacán. Por lo tanto es vulnerable a desastres naturales como: tormentas, depresiones tropicales, terremotos y sismos. Las corrientes que constituyen la cuenca del río Cuilco, se encuentran situadas en los municipios de: Cuilco, Colotenango, San Gaspar, Ixhil, Ixtahuacán, del departamento de Huehuetenango (Consejo Municipal de Desarrollo, 2018).

6. OBJETIVOS

6.1. General

Evaluar la solución mineral bioviagra para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L), bajo condiciones protegidas, en cinco localidades del altiplano de San Marcos.

6.2. Específicos

Evaluar la efectividad de la solución mineral bioviagra en la mitigación de la incidencia y severidad del tizón tardío en el cultivo de tomate.

Evaluar el rendimiento generado por la solución mineral bioviagra en comparación con el producto químico bajo las prácticas de manejo del productor.

Evaluar la rentabilidad del cultivo de tomate durante la aplicación de solución mineral bioviagra, para su producción en el altiplano de San Marcos.

7. HIPÓTESIS

7.1. Alternativa (H1)

- La aplicación de la solución mineral bioviagra reducirá el nivel de incidencia del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L), bajo condiciones de invernadero, en comparación al testigo.
- La aplicación de la solución mineral bioviagra, reducirá el nivel de severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L), bajo condiciones de invernadero, en comparación al testigo.
- La aplicación de la solución mineral bioviagra, incrementará significativamente el rendimiento del tomate, en comparación al testigo.

7.2. Nula (Ho)

- La aplicación de la solución mineral bioviagra, no reducirá el nivel de incidencia del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L, bajo condiciones protegidas, en comparación al testigo.
- La aplicación de la solución mineral bioviagra, no reducirá el nivel de severidad del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L, bajo condiciones protegidas, en comparación al testigo.
- La aplicación de la solución mineral bioviagra, no incrementará significativamente el rendimiento del cultivo de tomate, en comparación al testigo.

8. METODOLOGIA

8.1. Localidad y Época

Se establecieron parcelas de prueba en las principales regiones tomateras del altiplano de San Marcos, ubicadas entre 1800 y 2500 metros sobre el nivel del mar. Estas áreas de producción fueron seleccionadas en colaboración con asociaciones de productores locales, quienes continuaron con sus prácticas agrícolas habituales. Los sitios elegidos presentaban antecedentes de tizón tardío.

La evaluación de este estudio se llevó a cabo durante el ciclo de cultivo del año 2023. Este período fue seleccionado debido a las condiciones climáticas y agrícolas que prevalecen en la región durante este tiempo, las cuales son representativas para la evaluación de los factores investigados. El ciclo de cultivo se desarrolló desde el mes de junio hasta finales del mes de diciembre, abarcando todas las etapas críticas del crecimiento del cultivo, desde la siembra hasta la cosecha.

Durante este ciclo, se implementaron diversas técnicas de monitoreo y recolección de datos para asegurar la precisión y la fiabilidad de los resultados: estas técnicas incluyeron podas, control de plagas, análisis de suelo. Además, se realizaron buenas prácticas agrícolas según las necesidades emergentes del cultivo, garantizando un entorno controlado para la evaluación.

El enfoque de la evaluación se centró en el control de tizón tardío en el cultivo de tomate. Los datos recopilados durante este ciclo proporcionaron una base sólida para las conclusiones y recomendaciones presentadas en este estudio.

Las localidades donde se realizó el proceso de evaluación fueron 5, estas se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5.
Localidades

No de parcelas	Departamento	Municipio	Comunidad	Total, de parcelas
1	San Marcos	Tacana	El Rosario	1
2	San Marcos	San José Ojetenam	Caserío Tuizaj.	1
3	San Marcos	Tejutla	Cuya	1

No de parcelas	Departamento	Municipio	Comunidad	Total, de parcelas
4	San Marcos	Tejutla	Nueva Esperanza	1
5	San Marcos	Sipacapa	El Rosario	1

8.1.1. Descripción de los tratamientos a evaluar.

Tratamiento 1: Se evaluó la solución mineral Bioviagra para control de tizón tardío en el cultivo de tomate. Este tratamiento permitió observar la incidencia y el porcentaje de severidad del omiceto, así como evaluar los rendimientos de frutos. Este estudio se llevó a cabo para determinar el efecto de la solución mineral Bioviagra en dichos parámetros, buscando mejorar la salud del cultivo y optimizar la producción.

Descripción de la solución: 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 (Fuentes, 2024).

Tabla 6.
Solución

No	Nombre	Cantidad
1	Agua (No clorada)	3 litros
2	Cal Viva	9 onzas
3	Azufre	15 onzas
4	Sal Mineral	9 onzas
5	Polvo de rocas	9 onzas

Nota: Tomado de (Fuentes, 2024)

8.1.2. Preparación

- a) El barril debe colocarse al aire libre y debajo del mismo se debe preparar, una fuente de calor (gas, leña u otros).
- b) 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.
- c) Colocar los materiales en el barril en agua hirviendo.
- d) Primero la cal, luego el azufre, luego la sal mineral y por último la harina de roca.

- e) 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.
- f) Dejar enfriar el producto.
- g) Dejar enfriar el producto.
- h) Envasar en recipientes plásticos, de acuerdo con el volumen requerido (Fuentes, 2024)

Tratamiento 2: Se utilizo el fungicida químico que utiliza el agricultor en el cultivo de tomate

8.1.3. Forma de aplicación

A continuación, en la siguiente Tabla 7 se presentan los dos tratamientos y su aplicación

Tabla 7.

Formas de aplicar

Tratamiento	Fungicida para aplicar	Dosis para 16 litros de agua	Frecuencia de aplicación	Organismo para controlar	Método de aplicación
T1	Solución de Bioviagra	250 centímetros cúbicos	- 15 días después del trasplante - Intervalo de 6 días	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary	Suelo y foliar
T2	Producto convencional o químico que el agricultor aplica				

8.1.4. Cultivares utilizados

En la siguiente Tabla 8 se presentan los cultivares utilizados en las localidades

Tabla 8.

Cultivares utilizados por las localidades

No de parcela	Departamento	Municipio	Aldea/Caserio	Variedad de Tomate	Altitud/ MSNM
1	San Marcos	Tacana	Aldea el Rosario	Retana	2,335
2	San Marcos	San Jose Ojetenam	Caserio Tuizaj	P 52	3,250
3	San Marcos	Tejutla	Aldea Cuya	Montelimar	2,557

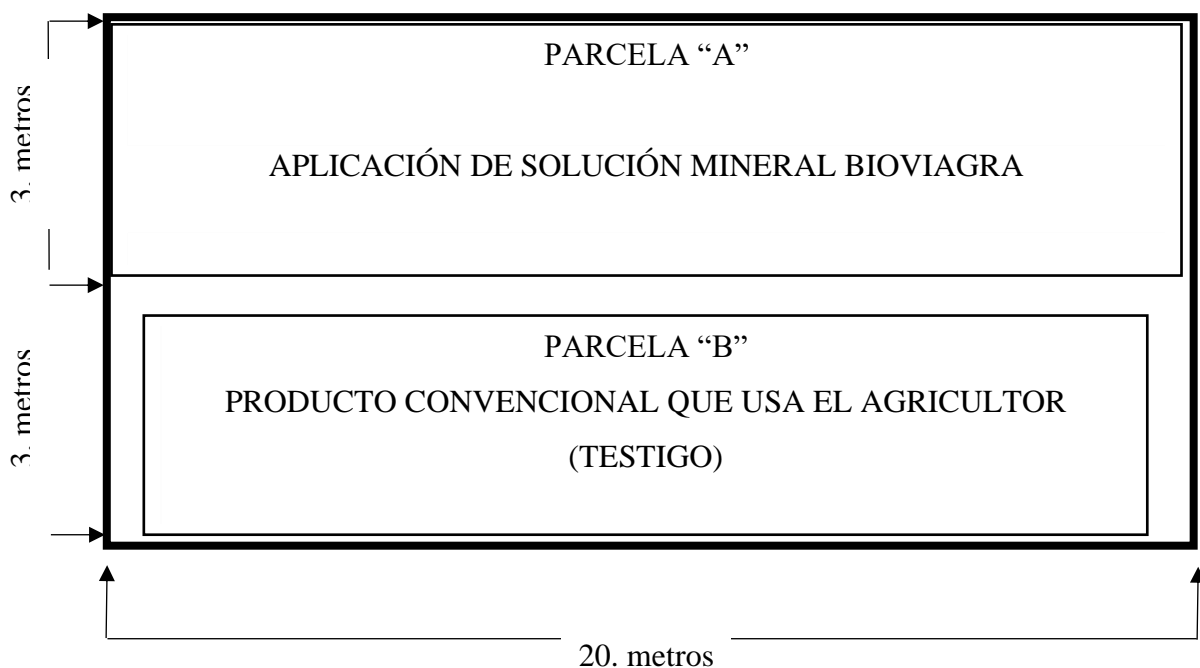
4	San Marcos	Tejutla	Aldea Nueva Esperanza	Montelimar	2,573
5	San Marcos	Sipacapa	Aldea San Isidro	Retana	1,970

8.2. Unidad experimental

Las cinco unidades experimentales del proyecto de evaluación fueron constituidas de acuerdo con el área dimensional que comúnmente construyen los productores de tomate: 6 metros de ancho por 20 metros de largo (120 m²).

Figura 3.

Unidad experimental del proyecto



8.3. Modelo Estadístico

El modelo estadístico se presenta a continuación en la Tabla 9:

Tabla 9.

Modelo estadístico

Parcelas pareadas: $t=d/Sd$

Dónde:

t = valor de t de Student.

d = **promedio de las diferencias de rendimiento entre el tratamiento 1**

8.4. Variables De Respuesta

8.4.1. Incidencia

Para evaluar la incidencia se utilizó la metodología de recuento integral para el tomate. Esta metodología consistió en:

- Dividir el invernadero en dos bloques, cada bloque tuviera características similares.
- Cada bloque consistió en 3 hileras según lo indicado del tamaño del invernadero, esto corresponde a cada repetición de tratamientos.

Para evaluar la eficacia del tratamiento aplicado en el control del tizón tardío en el cultivo de tomate, se realizaron lecturas de incidencia utilizando una hoja de recuento establecida. Este método permitió una recolección sistemática y precisa de datos. Se seleccionaron 48 plantas de tomate por tratamiento para facilitar el monitoreo de la enfermedad, garantizando una muestra representativa del cultivo.

Las lecturas de incidencia se llevaron a cabo a partir del mes de julio, en donde cada una de ellas se ejecutó 15 días después del trasplante de tomate.

La incidencia se expresó en porcentaje y se obtuvo a través de la siguiente Ecuación 1, donde se contó el número de plantas dañadas o infectadas por el patógeno, se dividió el número total de plantas por unidad experimental y con los datos obtenidos se realizó una media de los resultados, para determinar cuál de los tratamientos obtuvo un mejor control del patógeno.

Ecuación 1.

Incidencia

$$I(\%) = \frac{n}{N} * 100 \quad \text{Porcentaje de incidencia} = \frac{\text{Plantas dañadas por parcela}}{\text{Plantas totales por parcela}} * 100$$

Donde:

I = incidencia

$n =$ cantidad de plantas afectadas

$N =$ Total de plantas

8.4.2. Severidad

Para evaluar la severidad de la infección del tizón tardío en las hojas, se realizó un muestreo en la parcela neta. Se seleccionaron 48 plantas por cada bloque o tratamiento, y se determinó el porcentaje de área afectada utilizando la escala diagramática propuesta por James Clive (1977). Esta escala describe el grado de ataque del tizón tardío en la planta y permite cuantificar la severidad de la enfermedad en términos de porcentaje de área foliar afectada. La metodología seguida fue la siguiente:

1. Selección de Plantas Muestra: Se tomaron 48 plantas al azar en cada bloque o tratamiento para asegurar una muestra representativa.
2. Aplicación de la Escala Diagramática: La escala de James Clive (1977) se utilizó para evaluar visualmente cada planta y determinar el porcentaje de área foliar afectada por el tizón tardío.
3. Registro de Datos: Los porcentajes de área afectada se registraron cuidadosamente para cada planta, proporcionando una base cuantitativa para el análisis posterior de la severidad de la enfermedad en cada tratamiento.

Esta metodología permitió una evaluación precisa y sistemática de la severidad del tizón tardío en el cultivo de tomate, proporcionando datos esenciales para el análisis de la efectividad de los tratamientos aplicados. En la Tabla 10 y Tabla 11 se presentan la toma de datos y los porcentajes que permiten la recolección de información de campo

Tabla 10.

Apoyo de la recolección de datos

Parcela	Mes/No de Lectura Tratamiento	Porcentaje de severidad.			
		1%	10%	25%	50%
A	Solucion Mineral Bioviagra				
B	Testigo (Quimico)				

Tabla 11.*Descripción del número de porcentajes, para facilitar la toma de datos de campo.*

ESCALA	PORCENTAJE DE TIZÓN TARDÍO	NATURALEZA DE LA INFECCIÓN
1	0.0	No se observa lesión por tizón tardío
2	0.1	Muy pocas plantas infectadas con 1 – 2 lesiones pequeñas de color café de tizón tardío
3	10	Alrededor de menos de 10 lesiones por planta de color verde a café oscuro, 1-10 folíolos infectados
4	25	Casi todos los folíolos de la planta están infectados, se siente olor peculiar a tizón tardío, una cuarta parte del tejido tiene necrosis con un borde de color verde a café oscuro o amarillo
5	50	Todas las plantas están infectadas y la mitad del tejido de los folíolos tiene necrosis de color café oscuro, la parcela parece de color verde salpicado de color café oscuro

8.4.2.1. Fórmula

La selección de plantas para toma de resultados se hizo de forma aleatoria, de acuerdo con la cantidad de plantas encontradas en la parcela A y B utilizando la Ecuación 2 siguiente:

Ecuación 2.

Número de plantas

$$n = N / (N) (D)^2 + 1,$$

Donde

n = número de plantas

N = población

D = porcentaje error + 1 = constante, para la determinación de muestra.

8.4.3. Rendimiento

Se determinó de acuerdo con el número de fruto por planta y el rendimiento en kg/ha clasificado el tomate.

El rendimiento del cultivo se determinó con la cosecha de los frutos de tomate recolectados en los cortes medidos en kg/ha en su debido estado de madurez

El rendimiento del cultivo de tomate se midió mediante la cosecha de los frutos recolectados en los cortes, evaluados en kilogramos por hectárea (kg/ha). Este proceso se llevó a cabo cuando los tomates alcanzaron su estado de madurez adecuado, lo cual fue crucial para obtener datos precisos y representativos del rendimiento real del cultivo.

Procedimiento de medición

- 1. Determinación del estado de madurez:** Los frutos de tomate se recolectaron cuando alcanzaron el estado de madurez óptimo, definido por la coloración y firmeza específicas de la variedad cultivada. Este criterio aseguró que los datos de rendimiento reflejaran la productividad comercializable del cultivo.
- 2. Recolección de frutos:** Los tomates se cosecharon manualmente de las plantas seleccionadas para el estudio. Se realizaron múltiples cortes a lo largo del ciclo de cosecha para capturar la variación temporal en la producción de frutos.
- 3. Registro de datos:** Se pesaron los tomates recolectados de cada corte utilizando una balanza calibrada. Los datos de peso se registraron meticulosamente para cada corte, asegurando que se contabilizara todo el fruto cosechado.
- 4. Cálculo del rendimiento:** Los datos de peso obtenidos de cada corte se sumaron para obtener el peso total de los frutos cosechados. Este valor se extrapolaró a una base por hectárea (kg/ha)

Consideraciones adicionales:

- Precisión en la medición: Para asegurar la precisión en la medición del rendimiento, se evitó la cosecha de frutos dañados o inmaduros, ya que esto podría sesgar los resultados.
- Condiciones de Campo: Las condiciones ambientales y de manejo del cultivo durante el periodo de cosecha se registraron y consideraron en el análisis de los datos, ya que factores como el clima y las prácticas agronómicas pudieron influir en el rendimiento.

Además, se tuvo en cuentas el calibre de los frutos de tomate mediante la Tabla 12

Tabla 12.*Descripción de calibre de frutos de tomate según su clasificación*

Clasificación	Diámetro inferior	Diámetro superior
Primera	67 mm	82 mm
Segunda	47 mm	67 mm
Tercera	37 mm	47 mm

Nota: ICTA

8.4.4. Rentabilidad

Los resultados obtenidos se sometieron a análisis económico para determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos. Según CYMMIT (1988) es esencial realizar análisis económicos de los resultados, ya que contribuye a que el investigador considere los puntos de vista del agricultor y así pueda decidir cuáles son los tratamientos que merecen mayor investigación o liberación y cuáles son las recomendaciones que se le deben proponer a los agricultores.

8.5. Manejo del Experimento

Cada una de las unidades experimentales fue manejada agronómicamente por el agricultor, quien aplicó sus propios criterios, condiciones, costumbres y tradiciones en la gestión del cultivo. No obstante, antes de la siembra, se visitó al agricultor para aclarar cualquier duda y ofrecer recomendaciones basadas en la metodología experimental. Durante el desarrollo del cultivo, se estuvo presente en el terreno para supervisar su progreso y explicar al agricultor las innovaciones introducidas en el diseño del experimento.

8.5.1. Instalaciones

Las instalaciones normalmente son de 120 metros cuadrados tipo colombianos, cuentan con tecnología básica que incluyen sistemas de riego por goteo, tutores de pita, mulch y cubierta plástica. Para mejorar la eficiencia y productividad.

8.5.2. Preparación del terreno

Previo a la siembra, se realizaron las labores necesarias para preparar el terreno y dejarlo listo para la siembra. El suelo se preparó de forma manual utilizando azadones, lo cual garantizó

condiciones óptimas para el desarrollo de las plantas. Las camas se formaron manualmente con azadón, asegurando una estructura adecuada para la siembra.

Posteriormente, se colocó la manguera de riego de manera uniforme a lo largo de las camas para asegurar una distribución eficiente del agua. Para evitar la presencia de maleza y mantener la humedad del suelo, se instaló un plástico protector sobre las camas.

Estos pasos fueron esenciales para crear un ambiente favorable para el cultivo de tomate, optimizando tanto la salud de las plantas como la eficiencia del riego y el control de malezas.

8.5.3. *Siembra*

Se realizó el trasplante de tomate de forma manual, manejando distancias de 1.20 m entre surcos y 0.50 m entre plantas. Se llevaron a cabo monitoreos para detectar plantas que hubieran sufrido muerte por marchitamiento durante el trasplante, procediendo con la resiembra correspondiente cuando fue necesario.

8.5.4. *Fertilización*

Para la fertilización se tomó en cuenta los requerimientos nutricionales de la planta y las cantidades con que el suelo cuenta de dichos nutrientes conforme el análisis de suelo realizado.

8.5.5. *Control de plagas y enfermedades.*

En el control de enfermedades del follaje, se implementó fungicidas preventivos como curativos para asegurar la salud de las plantas de tomate y dependiendo el bloque del experimento, resaltando que en el caso del bloque 1 se aplicó la solución mineral bioviagra y bloque 2 se aplicó un fungicida según el criterio del agricultor: Además, se llevaron a cabo monitoreos exhaustivos del área cultivada para detectar cualquier signo temprano de invasiones de plagas. Estos monitoreos permitieron una respuesta rápida y efectiva, minimizando el impacto de posibles plagas en el cultivo. En caso de detección de plagas, se procedió con las medidas de control adecuadas para proteger el rendimiento y la calidad del tomate.

8.5.6. Tutorado

Con el propósito de mantener las plantas erguidas, evitar que las hojas y frutos estuvieran en contacto con el suelo, se implementó un sistema de entutorado. Para ello, se utilizaron estacas de madera, que se colocaron a intervalos de una cada cuatro plantas. Esta disposición no solo favoreció una mejor aireación entre las plantas, sino que también optimizó el aprovechamiento de la radiación solar, lo que es crucial para el desarrollo y la salud del cultivo. Además, este método facilitó las labores culturales, como el riego, la aplicación de fertilizantes y la poda, permitiendo un manejo más eficiente del cultivo y una reducción en el riesgo de enfermedades fúngicas y bacterianas, que pueden proliferar en condiciones de alta humedad y baja ventilación.

8.5.7. Cosecha

Se realizaron cortes periódicos en la cosecha del tomate debido a que el fruto no maduraba de manera uniforme. Para asegurar que solo se recolectaran tomates en su punto óptimo de madurez, se implementó un sistema de selección visual, en el cual se cortaban únicamente los frutos que presentaban un color rojo brillante.

Este proceso implicó varias etapas. En primer lugar, se llevaron a cabo inspecciones visuales regulares de las plantas para identificar los frutos que habían alcanzado el color deseado, una vez identificados, estos frutos se cortaron cuidadosamente para evitar daños que pudieran afectar su calidad y conservación.

Además, se registraron los datos de cada corte, incluyendo la cantidad de tomates recolectados y su peso, lo cual permitió llevar un control detallado del rendimiento del cultivo.

El método de cosecha selectiva permitió maximizar la calidad del producto final, ya que solo se comercializaron tomates que cumplían con los estándares óptimos de madurez y apariencia. Este enfoque también ayudó a distribuir la carga de trabajo de cosecha a lo largo del tiempo, evitando picos de actividad intensa y permitiendo un manejo más eficiente de los recursos disponibles.

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

9.1. Incidencia

El bioviagra parece haber mostrado efectividad en el control del tizón tardío según los datos recopilados en la toma de datos de: incidencia, severidad y rendimiento.

Después de la toma de datos sobre incidencia se realizó la prueba T para muestras apareadas. Los resultados obtenidos muestran un valor bilateral de 0.2862, esto significa que no hubo diferencia estadística entre ambos tratamientos. El tratamiento con fungicida sintético mostró una media de infección del 62.50%, mientras que el bioviagra presentó una media del 58.75%, teniendo una diferencia de 3.75%. Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis nula.

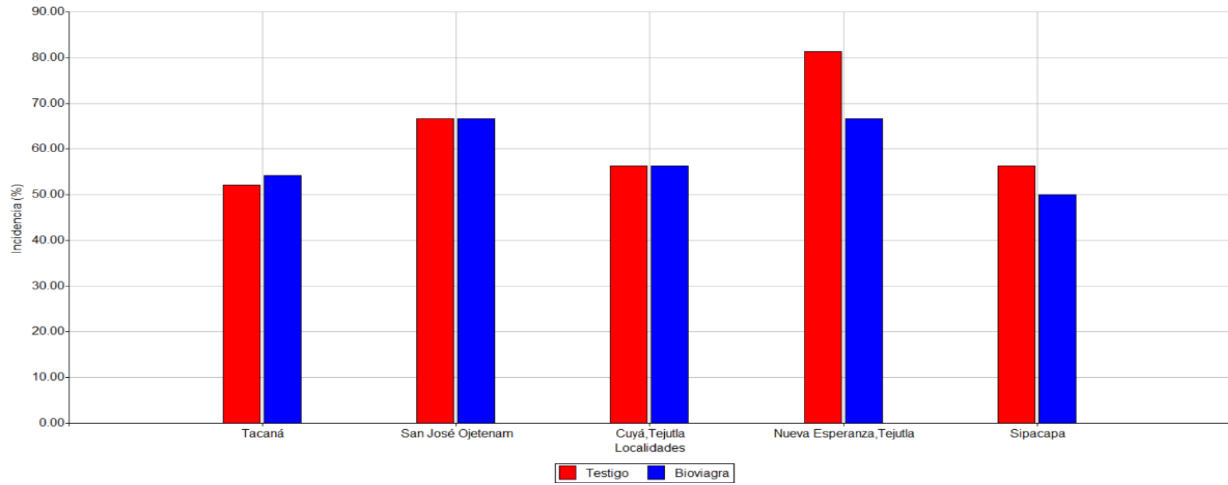
Tabla 13.

*Análisis T-student para incidencia de *Phytophthora infestans* en plantas de tomate en cinco localidades*

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Testigo	Bioviagra	5	3.75	62.50	58.75	6.81	1.23	0.2862

La Figura 4 permite observar que la incidencia fue muy similar entre ambos tratamientos. En todas las localidades y con los dos tratamientos la incidencia superó el 50%, siendo mayor en las localidades de Nueva Esperanza, Tejutla y San José Ojetenam, en ambas localidades la incidencia superó el 66%. El resto de las localidades presentaron incidencia entre el 50% y el 56%. El uso de fungicidas sintéticos y el bioviagra permiten controlar la enfermedad del tizón tardío, sin embargo, no es suficiente para tener un control total del patógeno.

Figura 4.
Bioviagra y localidades (Incidencia)



Velásquez y Díaz (2023) al evaluar diferentes soluciones minerales y extractos botánicos para el control del tizón tardío, reportan incidencia de 5.65%, 12.34% y 25.22% en plantas asperjadas con la solución bioviagra. Sin embargo, en la presente investigación los valores fácilmente doblaron lo reportado por ellos. Dos de las posibles causas que pudieron influir en los resultados serían las condiciones ambientales bajo las cuales se realizaron las investigaciones o la calidad del bioviagra.

9.2. Severidad

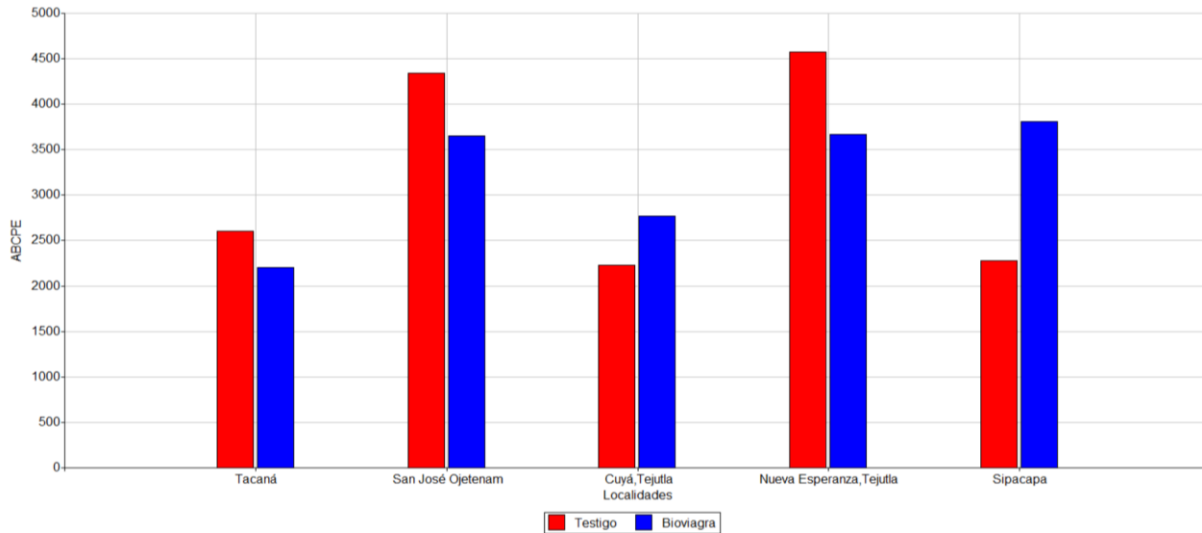
Para el análisis de severidad se utilizó la técnica del área bajo la curva del progreso de la enfermedad. La prueba T de Student para muestras dependientes presentó un valor bilateral de 0.9767, mostrando no haber diferencia significativa entre ambos tratamientos. Ante los resultados obtenidos se acepta la hipótesis nula. El análisis muestra que no hay variación significativa en la cantidad de enfermedad acumulada en el período evaluado para ambos tratamientos.

Tabla 14.
*Análisis T-student para severidad de *Phytophthora infestans* en plantas de tomate en cinco localidades*

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Testigo	Bioviagra	5	-14.00	3207.40	3221.40	1009.47	-0.03	0.9767

La figura 5 permite observar que en tres localidades (Tacaná, San José Ojetenam y Nueva Esperanza, Tejutla) hubo una mayor cantidad de enfermedad donde se aplicaron los fungicidas sintéticos. Por otro lado, en las localidades de Cuyá, Tejutla y Sipacapa hubo mayor presencia de la enfermedad en las plantas donde se aplicó el bioviagra.

Figura 5.
Bioviagra y localidades (severidad)



Velásquez y Díaz (2023) al evaluar diferentes soluciones minerales y extractos botánicos para el control del tizón tardío, reportan severidades de hasta un 10% donde aplicaron bioviagra. Al igual que la variable anterior, es posible que las condiciones ambientales hayan favorecido el poco desarrollo de la enfermedad en las plantas de tomate y por eso la severidad fue bastante baja.

9.3. Rendimiento

El bioviagra mineral está compuesto por cal, azufre, sal mineral, polvo de rocas y agua, lo que constituye a esta solución como un control fúngico, pero también, como una fuente de nutrientes para los cultivos, por ende, se procedió a generar análisis comparativo y un análisis estadístico de T-student para rendimientos del cultivo de tomate.

9.3.1. Rendimiento general

El rendimiento general muestra un análisis comparativo en la Figura 6, donde se observa que la solución mineral bioviagra obtuvo mejor resultado en todas las localidades, sin embargo,

para determinar esas diferencias de forma estadística de la producción en kg/ha, se procedió a generar la prueba de t-student que se presenta en la Tabla 15.

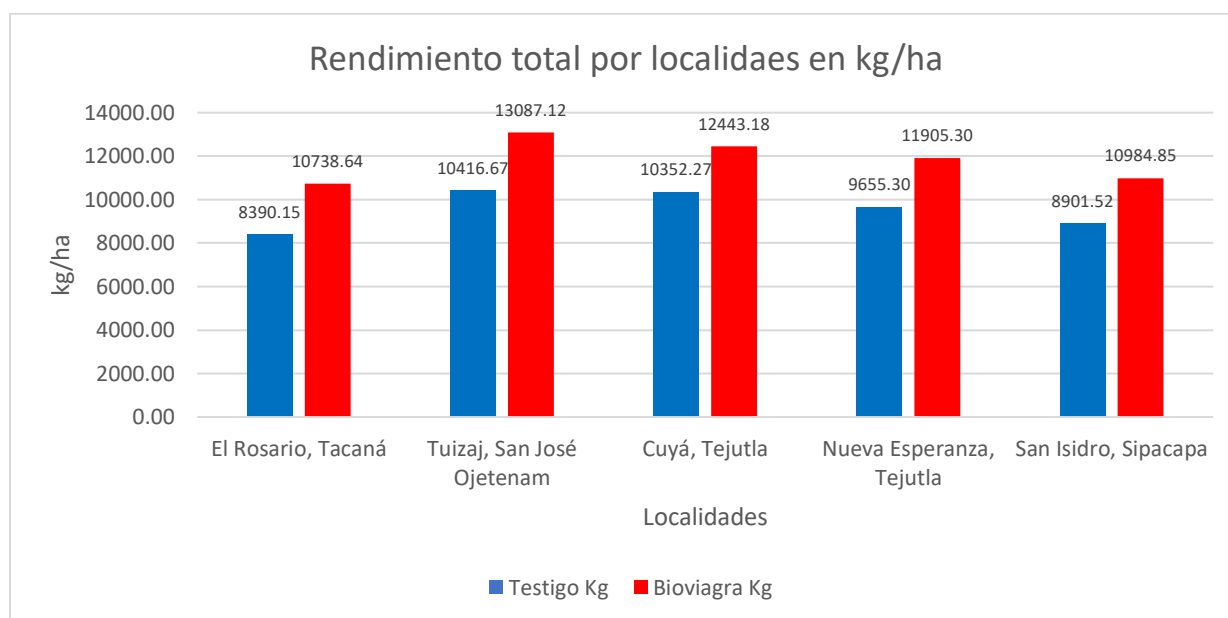
Tabla 15.

Análisis T-student para rendimiento general del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif) kg/ha	Media (1) kg/ha	Media (2) kg/ha	DE (dif)	T	Bilateral
Testigo	Bioviagra	5	2288.64	9543.18	11831.82	240.89	21.24	<0.0001

Figura 6.

Análisis comparativo de rendimiento en kg/ha del cultivo de tomate con aplicación de bioviagra y testigo



La Tabla 16 determina que hubo diferencia altamente significativa entre el bioviagra y el tratamiento convencional, esto quiere decir que, el bioviagra además de reducir la incidencia de *Phytophthora infestans*, promueve una mayor producción de tomate. Estos resultados son similares a los hallazgos de Alfonso et al (2018), quienes, al evaluar diversas fuentes de fertilización para el cultivo de tomate, notó que la nutrición mineral combinada con la ecológica obtiene rendimientos estadísticamente similares a los tratamientos de fertilización convencionales y rendimientos

estadísticamente mayores a la nutrición totalmente orgánica o relacionada al método fukuoka. Asimismo, González- del Cid (2021) al evaluar diferentes biofertilizantes en su investigación encontró que, a mayor dosis de sales minerales fue mayor la cantidad de frutos por planta de tomate.

Los datos de rendimiento general tienen una diferencia de medias de 2,288.64 kg/ha, establecen el rechazo de la hipótesis nula de rendimiento, ya que, la aplicación de bioviagra si aumentó significativamente el rendimiento del cultivo de tomate, en comparación al rendimiento obtenido por el testigo.

9.3.2. Rendimiento de primera

La Tabla 16 presenta la prueba de T-student para el rendimiento de primera del cultivo de tomate utilizando bioviagra.

Tabla 16.

Análisis T-student para rendimiento de primera del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Testigo	Bioviagra	5	663.36 kg/ha	2408.84 kg/ha	3072.20 kg/ha	322.86	-4.59	<0.0001

Según la Tabla 16, si existe una diferencia significativa entre el rendimiento del tomate de primera obtenido con bioviagra y el obtenido con el testigo. Estos resultados son contrarios a los planteados por González- del Cid (2021), quienes en su estudio proponen que no hay cambios estadísticos para el tamaño de frutos entre el uso y no uso de sales minerales. Sin embargo, en el presente estudio, el rendimiento de primera obtenido con bioviagra, supero por 663.36 kg/ha al testigo.

9.3.3. Rendimiento segundo

La prueba de T-student para el rendimiento de tomate de segunda obtenido con bioviagra y el testigo, se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17.

Análisis T-student para rendimiento de segunda del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Testigo	Bioviagra	5	1483.19 kg/ha	5042.23 kg/ha	6525.42 kg/ha	440.20	-7.53	0.0017

La Tabla 17 demuestra que hay una superioridad estadística por parte del rendimiento de segunda obtenido por el bioviagra, ya que, produjo 1483.19 kg/ha más que el tratamiento convencional. Esto se debe a que además del aporte nutricional de las sales minerales, estas redujeron significativamente la incidencia de *Phytophthora infestans* en el cultivo.

9.3.4. Rendimiento tercero

La prueba de T-student para el rendimiento de tercera se presenta en el Tabla 18.

Tabla 18.

Análisis T-student para rendimiento de tercera del cultivo de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Testigo	Bioviagra	5	142.08 kg/ha	2092.11 kg/ha	2234.20 kg/ha	473.06	-0.67	0.5386

Los rendimientos de tercera generados por el bioviagra y el testigo no presentaron diferencias significativas. Esto quiere decir que la diferencia estadística reflejada en el rendimiento general, recaen principalmente en el rendimiento de primera y en el rendimiento de segunda.

9.4. Peso y diámetro de fruto

La variable de peso y diámetro fue sometida a la prueba T-student la cual se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19.

Análisis T-student para número de frutos por planta de tomate con el uso de bioviagra en cinco localidades del departamento de San Marcos

Obs (1)	Obs (2)	N	Media (dif)	Media (1)	Media (2)	DE (dif)	T	Bilateral
Testigo	Bioviagra	5	0.80 frutos/planta	66.20 frutos/planta	67.00 frutos/planta	6.22	-0.29	0.7880

No se presentaron diferencias significativas entre el testigo y el bioviagra en cuanto al peso y diámetro, contradiciendo a González- del Cid (2021), quienes consideran un resultado directamente proporcional entre la aplicación de sales minerales. Peso y diámetro de frutos.

Los resultados demuestran que la diferencia en rendimiento fue generada por peso y diámetro y no por la cantidad de frutos. Evidentemente, el bioviagra influyó en mejorar el peso del fruto y en la reducción de la incidencia de *Phytophthora infestans*, no así, en la cantidad de frutos por planta y la severidad de la enfermedad en las plantas infectadas.

9.5. Rentabilidad

9.5.1. Presupuesto parcial

La Tabla 20 presenta el presupuesto parcial de las dos tecnologías evaluadas. En el presupuesto parcial se ajustaron los rendimientos reduciéndolos un 10 %, asumiendo que es lo que podría reducirse la producción al no tener acompañamiento técnico alguno.

Tabla 20.

Presupuesto parcial

	Unidad de medida	Tratamientos	
		Testigo	Bioviagra
Rendimiento medio de primera	kg/ha	2408.84	3072.20
Rendimiento medio de segunda	kg/ha	5042.23	6525.42
Rendimiento medio de tercera	kg/ha	2092.11	2234.20
Rendimiento ajustado de primera	kg/ha	2167.96	2764.98
Rendimiento ajustado de segunda	kg/ha	4538.01	5872.88
Rendimiento ajustado de tercera	kg/ha	1882.90	2010.78
Precio en campo de frutos de primera	Q/kg	Q18.00	Q17.00

Precio en campo de frutos de segunda	Q/kg	Q16.00	Q15.00
Precio en campo de frutos de tercera	Q/kg	Q12.00	Q12.00
Beneficio en campo de frutos de primera	Q/ha	Q39,023.21	Q47,004.66
Beneficio en campo de frutos de segunda	Q/ha	Q72,608.11	Q88,093.17
Beneficio en campo de frutos de tercera	Q/ha	Q22,594.79	Q24,129.36
Beneficios brutos de campo	Q/ha	Q134,226.11	Q159,227.19
Azufre molido	Q/ha	Q0.00	Q14,583.33
Cal viva	Q/ha	Q0.00	Q1,250.00
Polvo de roca	Q/ha	Q0.00	Q5,000.00
Sales minerales	Q/ha	Q0.00	Q6,250.00
Leña	Q/ha	Q0.00	Q1,666.67
Agua	Q/ha	Q0.00	Q1,000.00
Mano de obra para elaboración	Q/ha	Q0.00	Q8,333.33
Envase	Q/ha	Q0.00	Q1,050.00
Fungicida	Q/ha	Q48,000.00	Q0.00
Total de costos que varían	Q/ha	Q48,000.00	Q39,133.33
Beneficios netos	Q/ha	Q86,226.11	Q120,093.86

El presupuesto parcial evidencia que el tratamiento de bioviagra tiene un costo más bajo y beneficios netos mayores al tratamiento testigo. Para una hectárea del cultivo de tomate fue necesario invertir Q 39 133.33 en la elaboración de bioviagra y generó beneficios netos de Q120,093.86, mientras el testigo que es un fungicida convencional tiene un costo de Q 48 000.00 por hectárea y beneficios netos de Q86,226.11.

La tasa de retorno marginal debería calcularse si no hay tratamientos dominados, quiere decir, que no haya un tratamiento con costos que varían más altos y beneficios netos más bajos que la competencia. En este caso, el testigo posee costos que varían más altos que el bioviagra y sus beneficios netos son menores. Dado lo anterior, a manera de comprobación del análisis de presupuestos parciales se presenta un análisis de residuos en la Tabla 21, bajo la premisa de que el productor espera una tasa de retorno mínima del 100 % cómo lo sugiere CIMMYT (1988).

Tabla 21.
Análisis de residuos

Tratamiento	Total de costos que varían Q/ha	Beneficios netos Q/ha	Retorno requerido Q/ha	Residuos Q/ha
Bioviagra	Q 39 133.33	Q 120 093.86	Q 39 133.33	Q 80 960.53
Testigo	Q 48 000.00	Q 86 226.11	Q 48 000.00	Q 38 226.11

El análisis de residuo aclara más el panorama financiero de los tratamientos, ya que, el bioviagra supera el retorno requerido por los agricultores, mientras, el testigo no supera el retorno requerido, por ende, se concluye que el tratamiento más rentable es el de bioviagra.

10. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la evaluación se puede concluir que de la solución mineral se obtuvieron los siguientes resultados, la incidencia fue muy similar entre ambos tratamientos. En todas las localidades y con los dos tratamientos la incidencia superó el 50%, siendo mayor en las localidades de Nueva Esperanza, Tejutla y San José Ojetenam, en ambas localidades la incidencia superó el 66%. El resto de las localidades presentaron incidencia entre el 50% y el 56%. El uso de fungicidas sintéticos y el bioviagra permiten controlar la enfermedad del tizón tardío, sin embargo, no es suficiente para tener un control total del patógeno.

La aplicación de la solución mineral bioviagra ha demostrado ser efectiva en el control del tizón tardío, evidenciando un rendimiento notable en los frutos de tomate, con una producción de 2,288.64 kg/ha, establecen el rechazo de la hipótesis nula de rendimiento, ya que, la aplicación de bioviagra si aumentó significativamente el rendimiento del cultivo de tomate, en comparación al rendimiento obtenido por el testigo.

El análisis de rentabilidad de producción evidencia que el tratamiento 1 (solución mineral bioviagra) como el más rentable tiene un costo más bajo y beneficios netos mayores al tratamiento testigo. Para una hectárea del cultivo de tomate fue necesario invertir Q 39,133.33 por ha, en la elaboración de bioviagra y generó beneficios netos de Q120,093.86 por ha, mientras el testigo que es un fungicida convencional tiene un costo de Q 48,000.00 por ha y beneficios netos de Q86,226.11 por ha.

11. RECOMENDACIONES

Seguir trabajando con el MAGA, CADER, USAC y otras instituciones en la implementación del bioviagra en el cultivo de tomate para disminuir la incidencia del patógeno portador del tizón tardío.

Evaluar la solución mineral bioviagra en otras regiones productivas de tomate en Guatemala, asimismo, se debe comprobar su eficacia en otros cultivos de importancia para el desarrollo agrícola nacional. También, se deben evaluar diversas dosis que permitan hacer más eficaz la aplicación del bioviagra e impulsar la investigación de compuestos minerales para otros fitopatógenos de alto impacto en los cultivos agrícolas.

Elaborar revista o escuelas de campo para elaborar la solución mineral bioviagra, tomando en cuenta que se destaca como una opción más rentable en comparación con el tratamiento convencional. Los costos de oportunidad más bajos y los beneficios netos más altos hacen que el bioviagra sea una elección económica y efectiva para los agricultores. Además, el análisis de residuos confirma que los beneficios económicos del bioviagra superan fácilmente el retorno esperado por los agricultores.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEET. (2013). *El control biológico de plagas de artrópodos por conservación*. España.
- Agrios, G. (1998). *Fitopatología*. Mexico: 2 ed.
- Agrios, N., & Guzmán, M. (1995). *Fitopatología*. Noriega: UTEHA.
- Agrofy. (7 de Septiembre de 2018). *Incidencia y severidad: un video muestra cómo realizar una correcta evaluación*. Obtenido de <https://news.agrofy.com.ar/noticia/177111/incidencia-y-severidad-video-muestra-como-realizar-correcta-evaluacion>
- Alfonso, E., Padrón, J., & Sosa, Y. (2018). Efecto de diferentes manejos nutricionales sobre el rendimiento y calidad de frutos de tomate. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 389-402.
- Barrios, V. (1999). *Capacitación en agricultura biológica en la provincia de Velez*. Obtenido de <http://www.Agricultura.Gva.es/sdt/pdf/libros/n42.pde>.
- Birch, P., & Whisson, S. (2001). Phytophthora infestans enters the genomics era. *Molecular Plant Pathology*, 2(5), 257-263. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1464>
- Bonilla, J., & Guaman, J. (2024). *Determinación de la calidad físico-química del suelo, en tres estratos agrícolas, en dos localidades de la provincia Bolívar*. Guaranda: Universidad Estatal de Bolívar.
- Borrero, F. A. (2012). Aplicación de agua activada para el control de oidio (*leveillula taúrica*) en el cultivo de tomate de mesa (*lycopersicon esculentum*) híbrido nemo-netta. (*Tesis de licenciatura en ingeniería Agropecuaria*). Universidad Politecnica Salesiana, Ecuador.
- Campos, K. (2019). *Fitoplasmas y espiroplasmas de importancia agrícola para Colombia*. Bucaramanga: Universidad de Santander UDES.
- Caracterización Fenotípica y evaluación del rendimiento de nueve clones biofortificados*. (enero de 2021). Obtenido de Caracterización Fenotípica y evaluación del rendimiento de nueve clones biofortificados.

- Castro, M. M. (1994). Evaluación de productos botánicos para el control de tizon tardío (*Phytophthora infestans*) en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*), en el caserío San Gabriel, Solola. (*Tesis de licenciatura en agronomía*). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Cedeño, J. B. (2006). *Efecto derivado de neem (Azadirachta indica) sobre las poblaciones de mosca blanca (Bemisia tabaci) y sus enemigos naturales en el cultivo de melón*. Obtenido de Efecto derivado de neem (Azadirachta indica) sobre las poblaciones de mosca blanca (Bemisia tabaci) y sus enemigos naturales en el cultivo de melón : 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 fitopatológicos. pág. 1.
- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de los datos agronómicos*. Obtenido de La formulación de recomendaciones a partir de los datos agronómicos .
- Consejo Municipal de Desarrollo. (2018). *oncejo Municipal de Tejutla, San Marcos. Plan de Desarrollo Municipal y Ordenamiento Territorial, municipio de Tejutla, San Marcos 2018 - 2032*. Obtenido de https://portal.segeplan.gob.gt/segeplan/wp-content/uploads/2022/07/1210_PDM_OT_TEJUTLA.pdf
- Días, G. E. (Noviembre de 2010). *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>
- Díaz, M., González, J., & León, H. (2018). *Efectos del injerto en la tolerancia a enfermedades de Solanum lycopersicum L, bajo condiciones de invernadero en las localidades de Cuya, Tejutla y San José Las Islas, San Marcos, Guatemala*. San Marcos: CRIA Occidente.

- Díaz, M., Monzón, F., Castro, L., & López, C. (2020). *Tomate: híbrido Tabaré injertado, alternativa tolerante a marchitez bacteriana y Geminivirus, altiplano marquense, Guatemala*. San Marcos: CRIA Occidente.
- Echeverría, C. E. (2012). *Caldos Minerales*. Mexico: 1 ed.
- Fernandez, V. (1952). *Introducción a la fitopatología* (Segunda ed.). Buenos Aires, Republica Argentina: Talleres gráficos "GADOLA.
- Flores, V. E. (2010). *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
- Forbes, G., Morales, J., Restrepo, G., Perez, W., & Gamboa, S. (2013). *Phytophthora infestans and Phytophthora andina on Solanaceous Hosts in South America*. Tesis CIP.
- Fuentes, D. (2024). *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*. San Marcos: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Garry, G., Salas, A., Forbes, G., Perez, W., Cruz, M., & Nelson, R. (2005). Host Specialization not Detected Among Isolates of the EC-1 Lineage of Phytophthora infestans Attacking Wild and Cultivated Potatoes in Peru. *European Journal of Plant Pathology*, 113(1), 71-81. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10658-005-1225-9>
- 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 Guatemala, Guatemala.
- Gómez, F. B. (1999). *Evaluación de extractos vegetales para controlar el tizón tardío (Phytophthora infestans de Bary). Del tomate Lycopersicon esculentum Mill. En Barcenás, 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 infestans De Bary) en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum), En la aldea Sacsiguan, Solola. Guatemala.* 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
- González-del Cid, K., Vásquez-de Ponce, P., Gómez, K., Asencio, J., & Castro, C. (2021). Evaluación de cuatro dosis de biofertilizante líquido enriquecido con sales minerales y su efecto en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, CENSA Cuscatlán), utilizando la técnica de fertirriego. *Revista científica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador*(18), 78-68.
- 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.
- IICA. (28 de Marzo de 2023). *SE SOCIALIZÓ, RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA EL CONTROL DE TIZÓN TARDÍO.* Obtenido de <https://iica.int/es/prensa/noticias/se-socializo-resultado-de-la-evaluacion-de-proyecto-de-investigacion-para-el>
- INFOAGRO. (2005). *Cultivos hidropónicos del tomate.* Obtenido de www.infoagro.org
- INIA. (2017). Chile: 1 ed.
- INIA. (2017). *Cultivo del tomate bajo invernadero.* Chile: 1 ed.
- INIA. (2017). *Tizón Tardío.* Chile: 1 ed.

- Jaime, C., & Quintanilla, 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.
- Joller, C., Vrieze, M., Morad, A., Fournier, C., Chinchilla, D., Haridon, F., . . . Weisskopf, L. (2020). S-methyl Methanethiosulfonate: Promising Late Blight Inhibitor or Broad Range Toxin? *Pathogens*, 9, 1-15.
- Juárez, M., Ruvalcaba, L., Mejía, E., Tafoya, F., Alcaraz, V., & Valdés, T. (2016). Sales minerales para el control de la cenicilla (*Oidium* sp.) en pepino. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), 1551-1561.
- 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.
- LIYSBETH, 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
- 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.
- Lopéz, M. (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate*.

- 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
- MAGA. (2014). *Perfil comercial tomate*. Guateamala.
- Meléndrez, M. (2020). *Caracterización fenotípica y molecular de Phytophthora infestans (Mont.) de Bary, aislados de hospedantes alternos pertenecientes a la familia Solanaceae en dos regiones agroecológicas del Perú en el periodo noviembre 2016–setiembre 2017*. Lambayeque: Universidad Nacional.
- Miranda, L. F. (2020). *Diagnostico rural participativo, Esquipulas Palo Gordo San Marcos*. San Marcos.
- 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.
- Monzon, F. (Febrero de 2021). *Manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de*.
- Pérez, W. (2008). *El tizón tardío de la papa*. Peru: 1ed.
- Pérez, W., & Forbes, G. (2008). *Manual Técnico El tizón tardío de la papa*.
- Piedrahita, L., Zapara, J., & Aguirre, N. (2016). Epidemiología del tizón tardío [phytophthora infestans (mont.) de bary] en quince introducciones de tomate silvestre. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científic*, 19(1), 45-54.
- Pilco, M. (2018). *Estudio de la adaptación y rendimiento de 10 variedades de tomate riñón (solanum lycopersicum l) bajo invernadero, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- PRICA. (2016). *Manual tecnico del cultivo de tomate*. Obtenido de <http://www.mag.go.cr/biblioteca>

RAEE. (2022). *Incidencia*. Obtenido de <https://dle.rae.es/incidencia>

Red Nacional de Grupos Gestores, GT. (2016). *Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena del tomate*. Quetzaltenango: M, González.

Rivera, J. R. (2007). *Caldos Minerales*. Mexico: 1 ed.

Rodas, J. R. (Septiembre de 2,020). *Uso de neem para el control fusarium, en el cultivo de pepino, aldea la Guitarra, Retalhuleu*. Obtenido de *Uso de neem para el control 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.

Tizón Tardío del tomate (Phytophthora infestans). (29 de Diciembre de 2019). Obtenido de <https://enfermedadesdeltomate1.blogspot.com/2014/12/tizon-tardio-del-tomate-phytophthora.html>

Torrez, V. (2014). *Productividad de 63 híbridos de tomate (Solanum lycopersicon Miller) introducidos en la estación experimental de cota cota*. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés.

UNN. (2010). *Química general*. Argentina: 1ed.

Vargas, D. (2023). *Manejo integrado de Phytophthora infestans en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum) en Ecuador*. Babahoyo - Los Ríos: Universidad Técnica de Babahoyo.

Velasco, V. (1999). Papel de la nutrición mineral en la tolerancia a las enfermedades de las plantas. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 193-200.

Velásquez , R. (2018). *Efecto de cuatro edades de trasplante sobre el rendimiento de dos*. Quetzaltenango: Universidad Rafael Landívar.

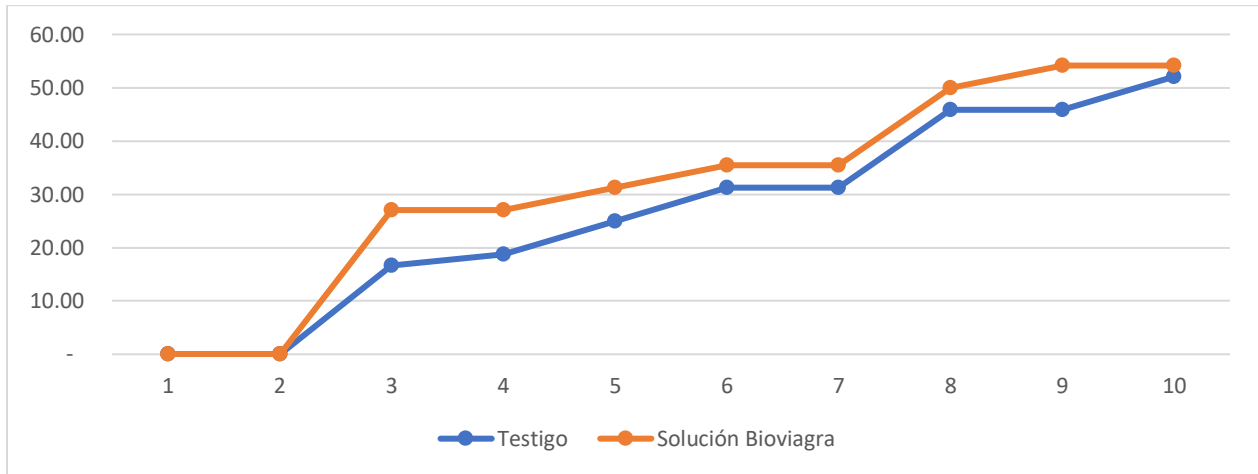
Velásquez, E., Miranda, L., Sierra, I., & León, J. (2018). *Tomate: evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macrotúnel, en dos localidades del departamento de San Marcos*. Guatemala: CRIA Occidente.

13. ANEXO

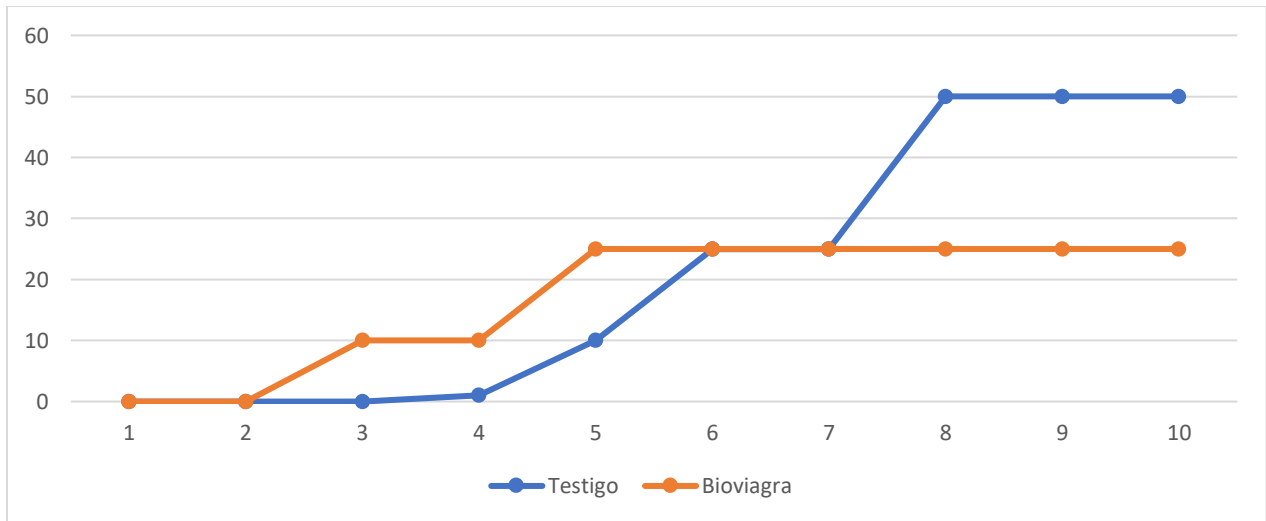
Anexo 1.

Graficas del comportamiento de incidencia y severidad del tizon tardío, aldea el Rosario Tacana

- Incidencia

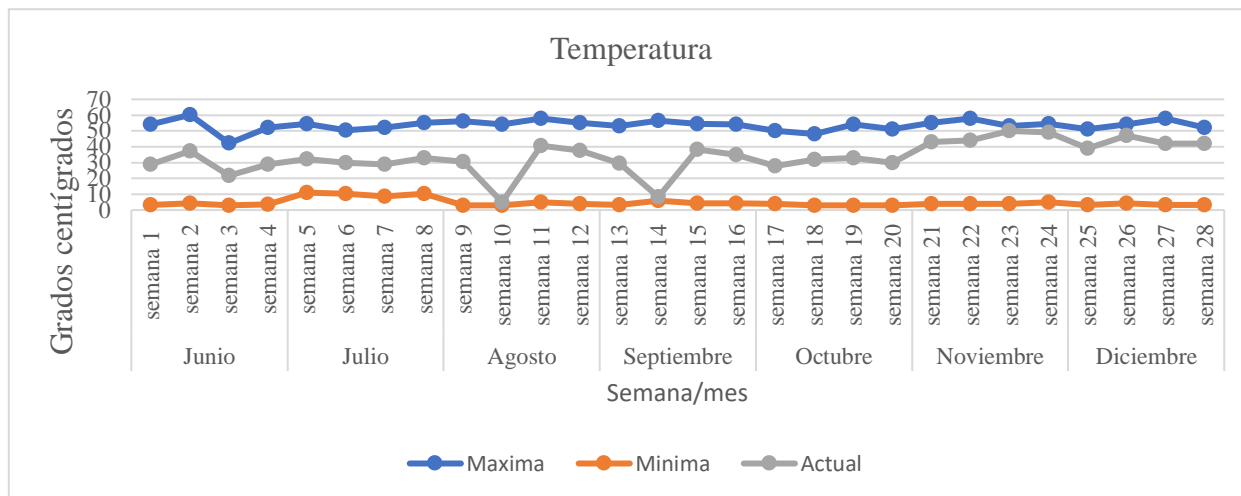


- Severidad

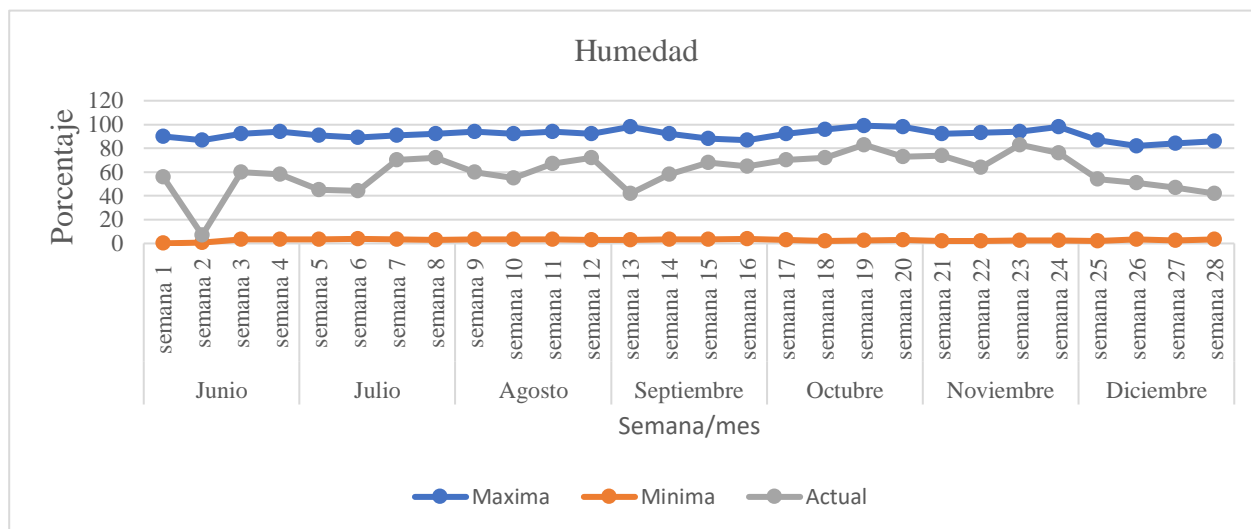


Anexo 2.

Graficas de temperatura y humedad, aldea el Rosario Tacana.



Nota: Analizar la relación entre el comportamiento de la temperatura y el porcentaje de tizón tardío en el cultivo de tomate, con el fin de comprender cómo las variaciones térmicas pueden afectar la incidencia de la enfermedad

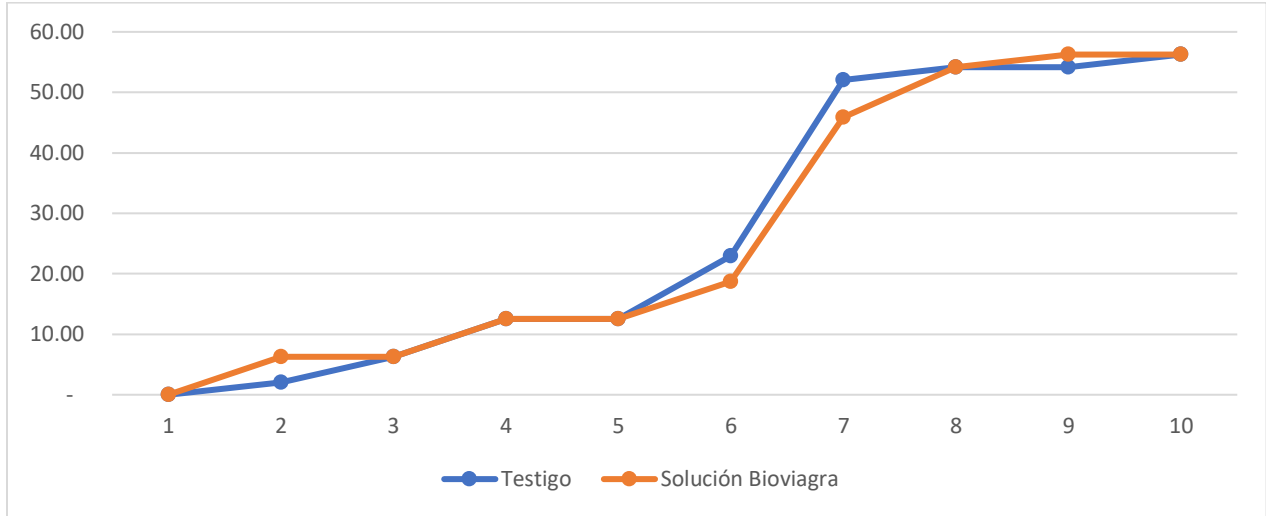


Nota: Estudiar el comportamiento de la humedad y determinar las condiciones óptimas que propician el desarrollo y la propagación del tizón tardío en el cultivo de tomate a la localidad que pertenezca. Esto permitiría identificar los rangos de humedad en los que la enfermedad tiende a dispararse, proporcionando información valiosa para la gestión y prevención de esta.

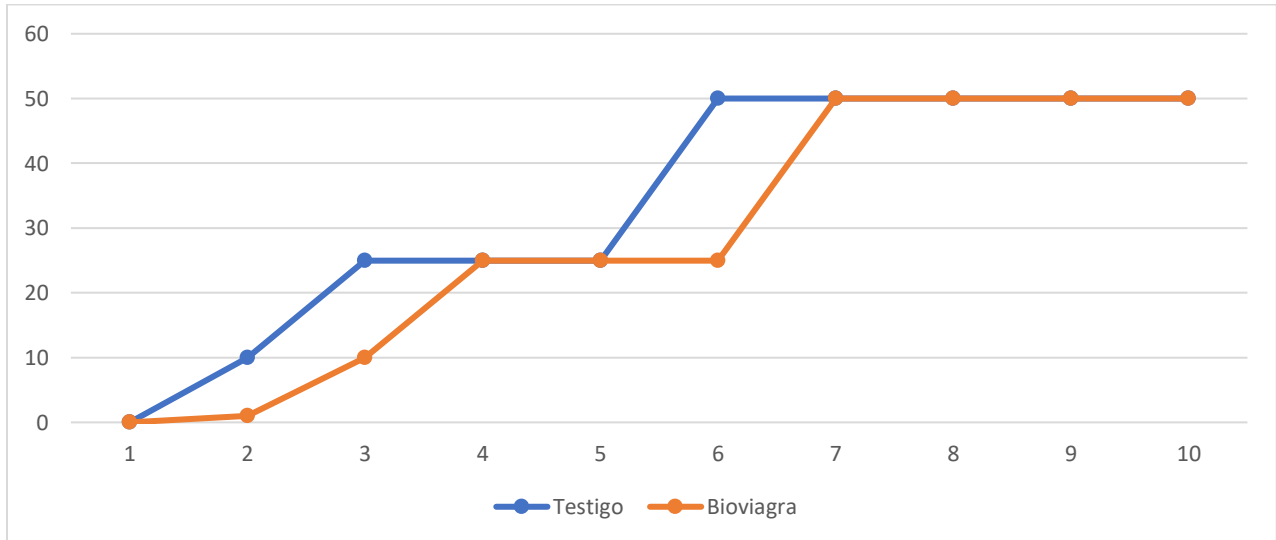
Anexo 3.

Graficas de incidencia y severidad de tizon tardío, caserío Tuizaj San José Ojetenam

- Incidencia

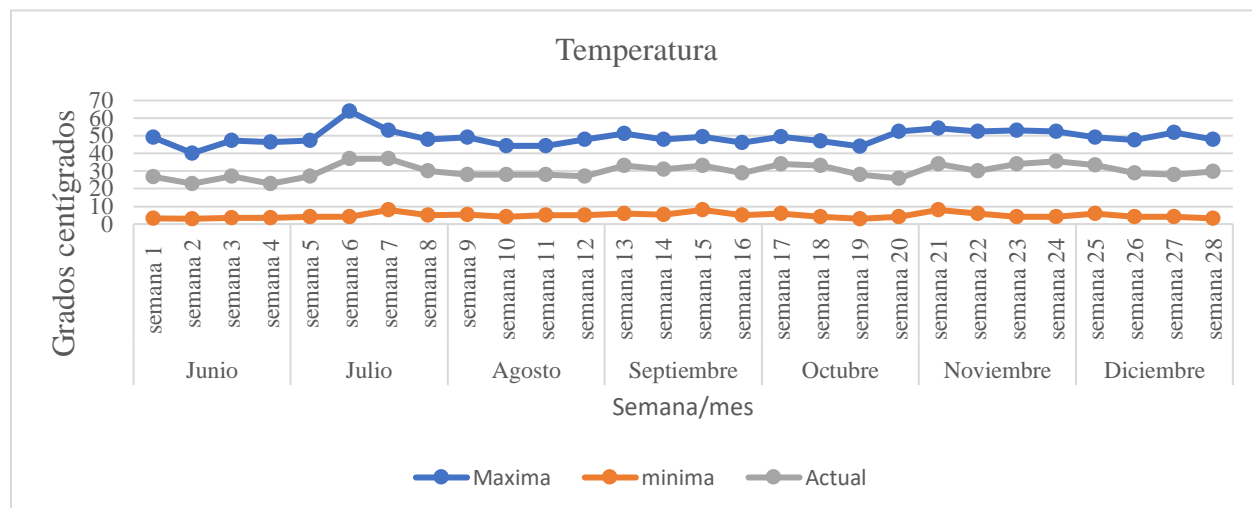


- Severidad

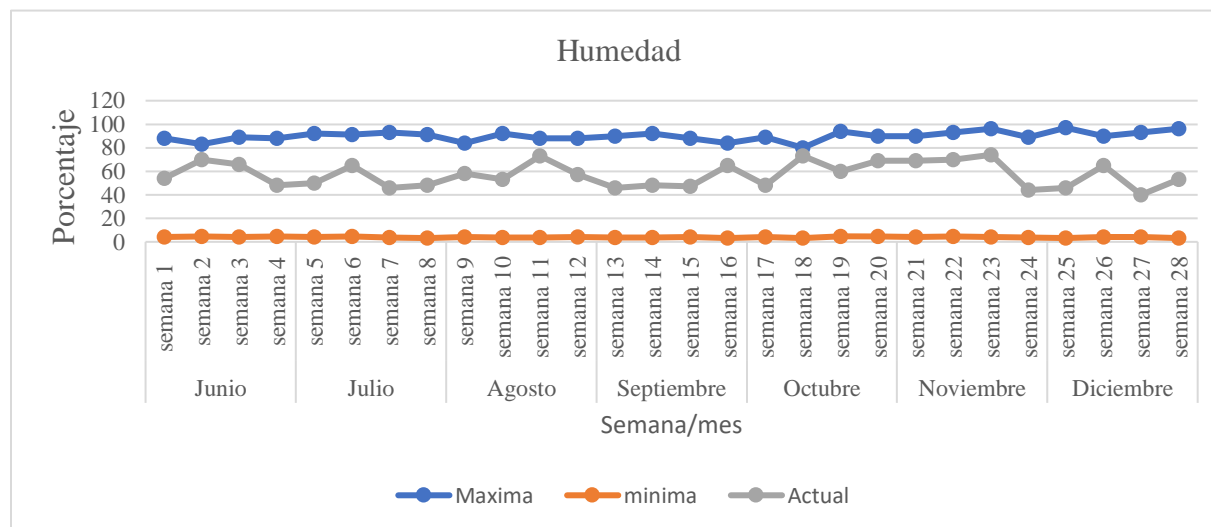


Anexo 4.

Graficas de temperatura y humedad, caserío Tuizaj San José Ojetenam



Nota: Analizar la relación entre el comportamiento de la temperatura y el porcentaje de tizón tardío en el cultivo de tomate, con el fin de comprender cómo las variaciones térmicas pueden afectar la incidencia de la enfermedad.

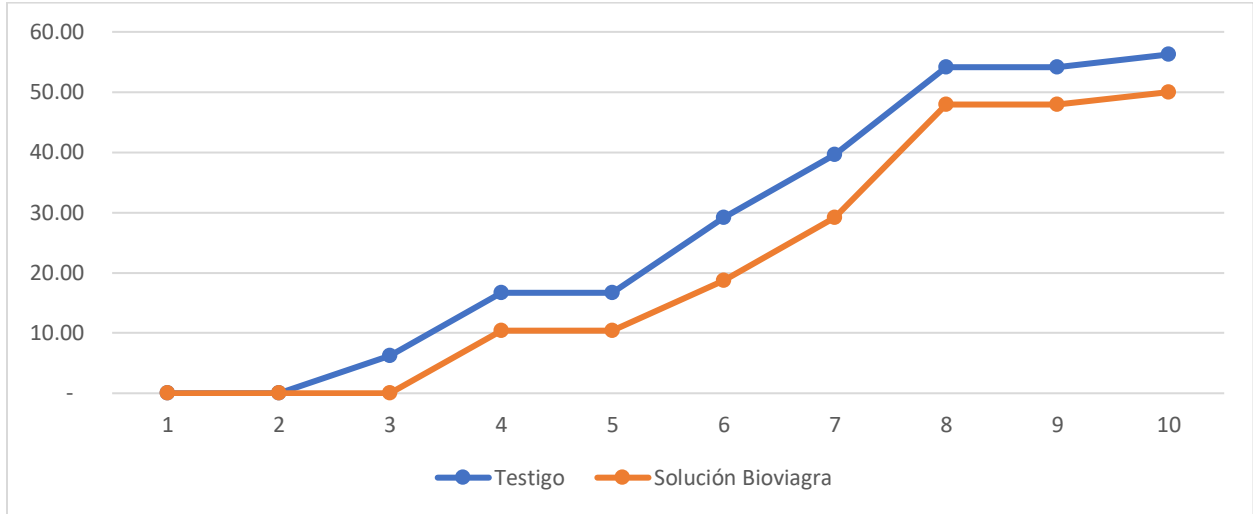


Nota: Estudiar el comportamiento de la humedad y determinar las condiciones óptimas que propician el desarrollo y la propagación del tizón tardío en el cultivo de tomate a la localidad que pertenezca. Esto permitiría identificar los rangos de humedad en los que la enfermedad tiende a dispararse, proporcionando información valiosa para la gestión y prevención de esta

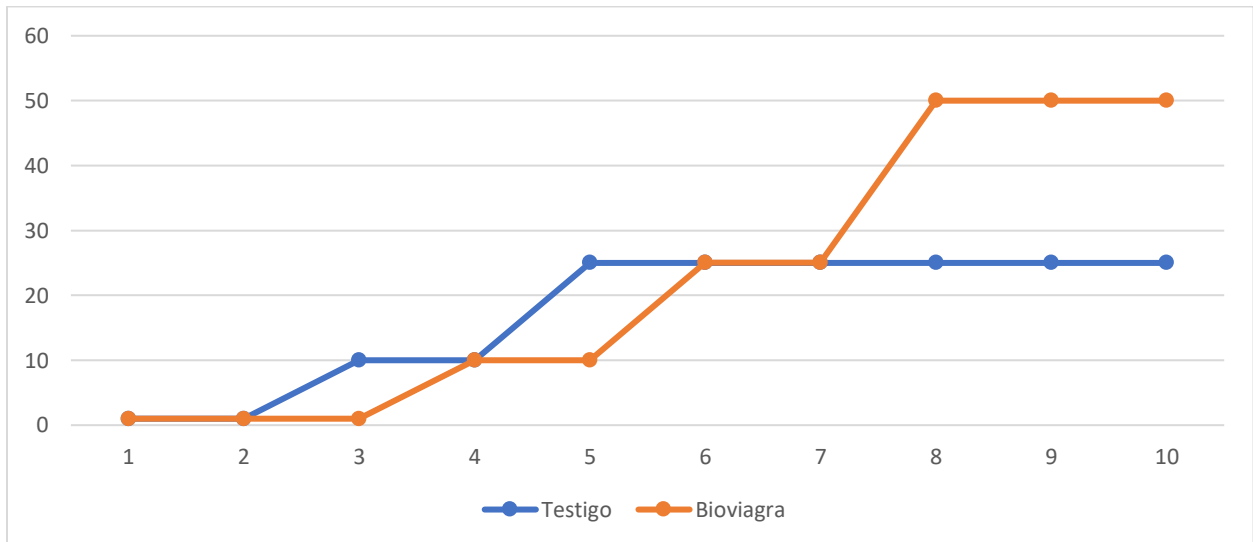
Anexo 5.

Graficas de incidencia de tizon tardío, aldea Cuya Tejutla

• Incidencia

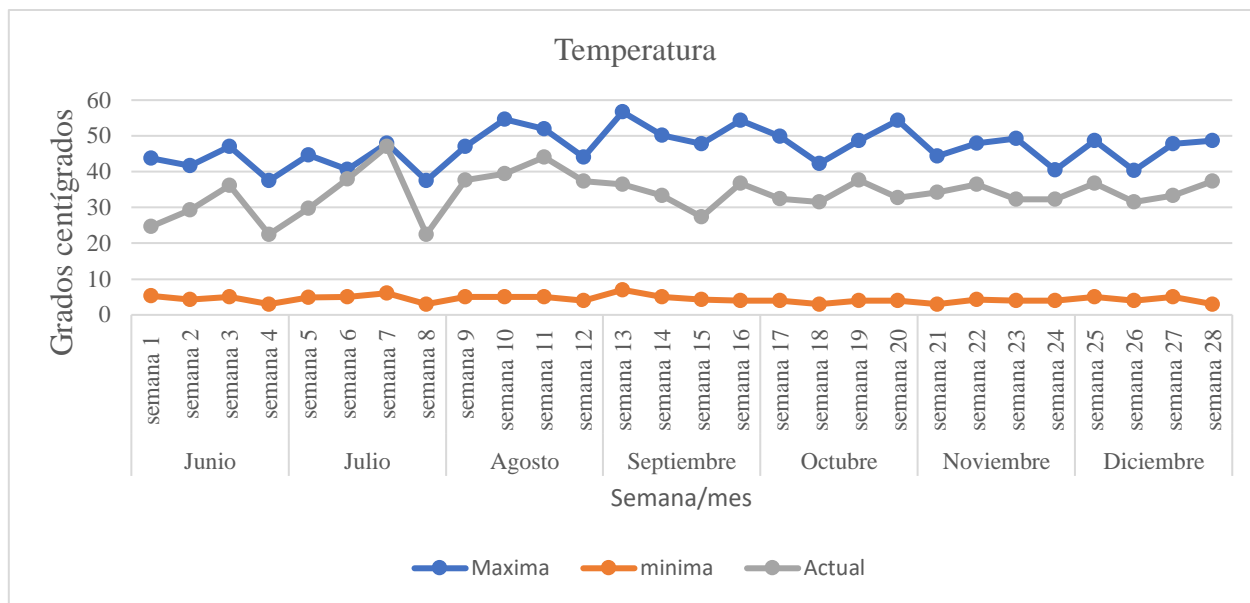


• Severidad

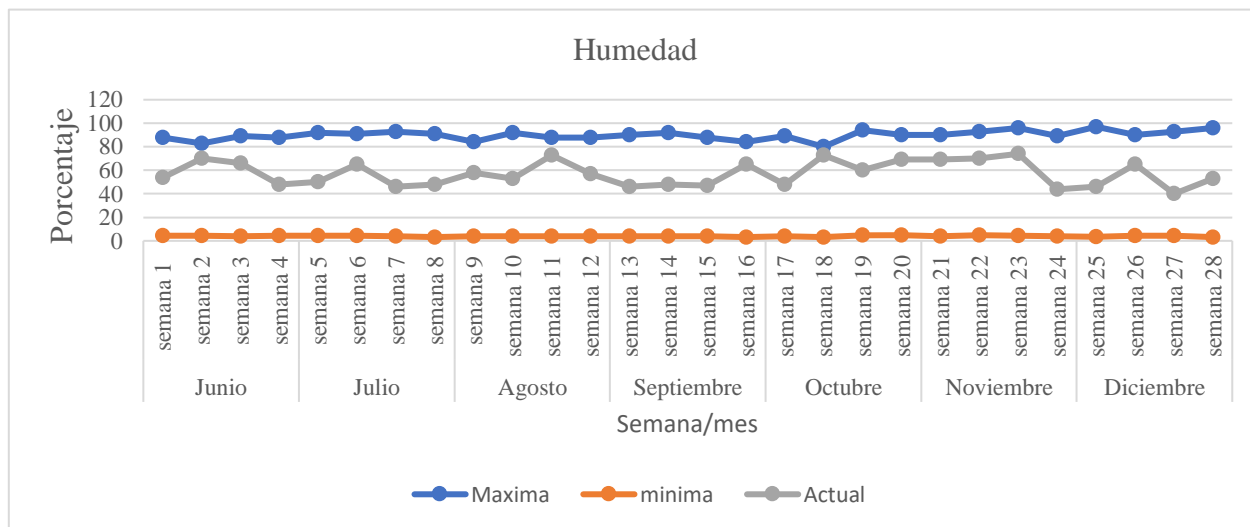


Anexo 6

Graficas de humedad y temperatura, aldea Cuya Tejutla.



Nota: Analizar la relación entre el comportamiento de la temperatura y el porcentaje de tizón tardío en el cultivo de tomate, con el fin de comprender cómo las variaciones térmicas pueden afectar la incidencia de la enfermedad

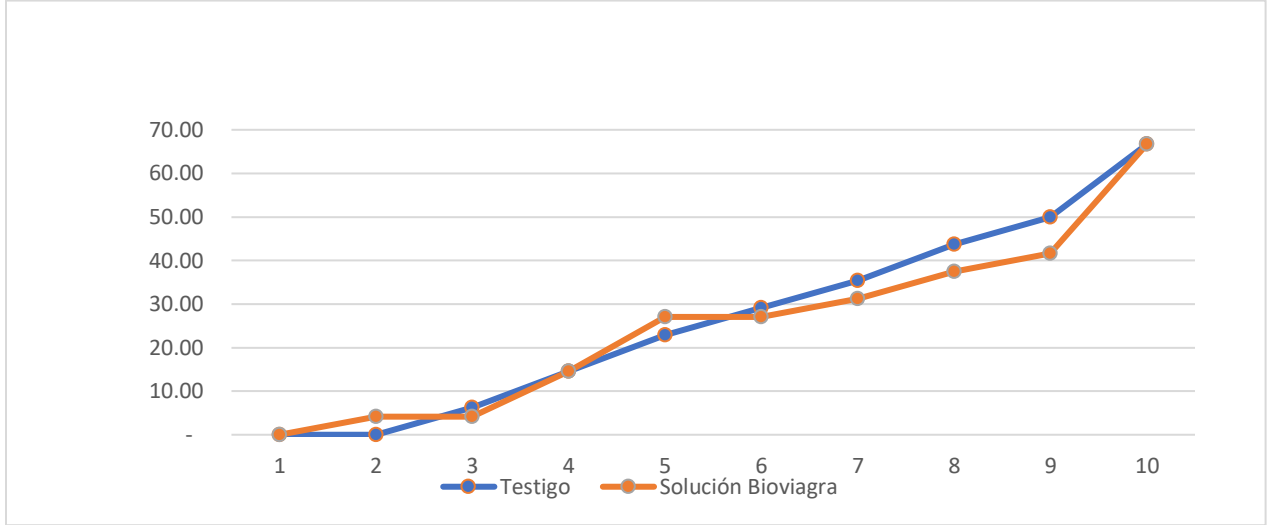


Nota: Estudiar el comportamiento de la humedad y determinar las condiciones óptimas que propician el desarrollo y la propagación del tizón tardío en el cultivo de tomate a la localidad que pertenezca. Esto permitiría identificar los rangos de humedad en los que la enfermedad tiende a dispararse, proporcionando información valiosa para la gestión y prevención de esta.

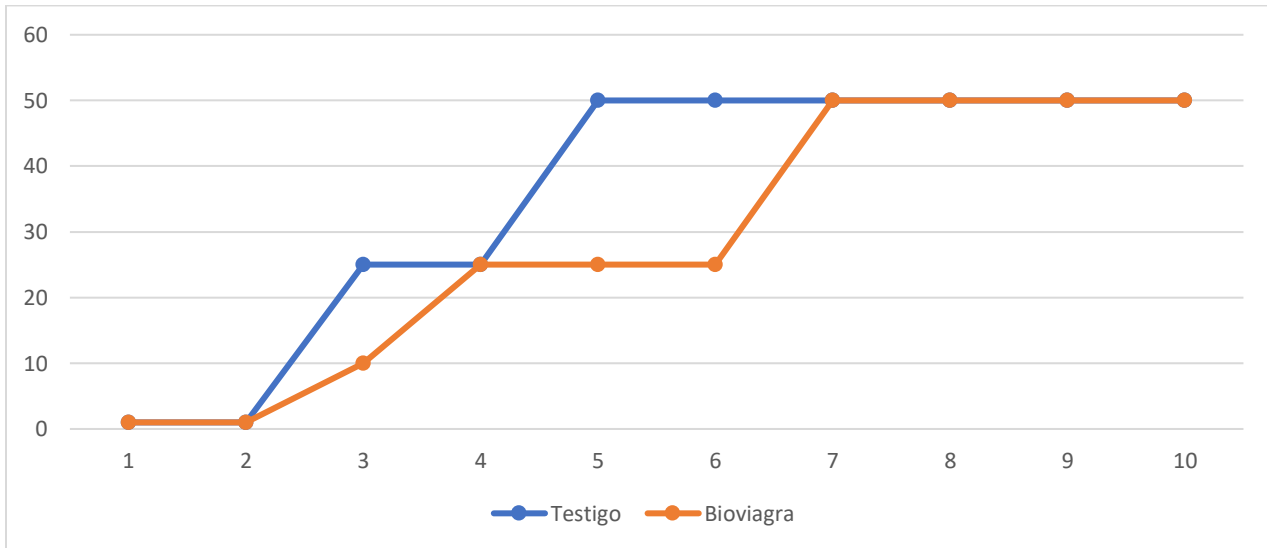
Anexo 7.

Graficas de incidencia y severidad de tizon tardío, Aldea Nueva Esperanza Tejutla.

• Incidencia

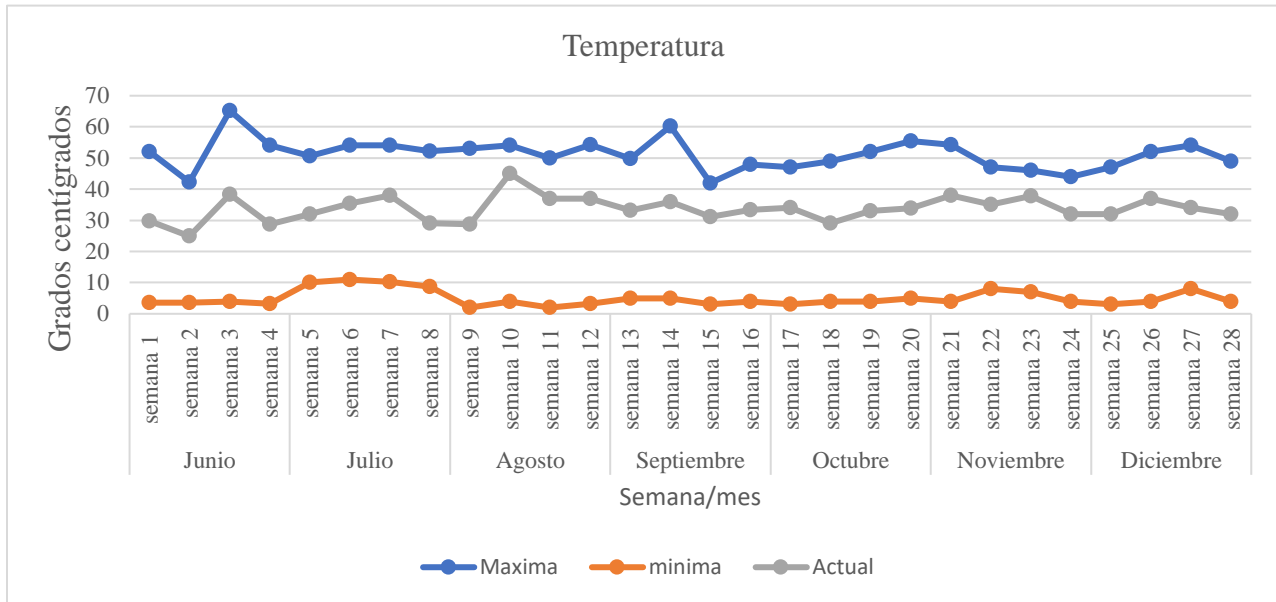


• Severidad

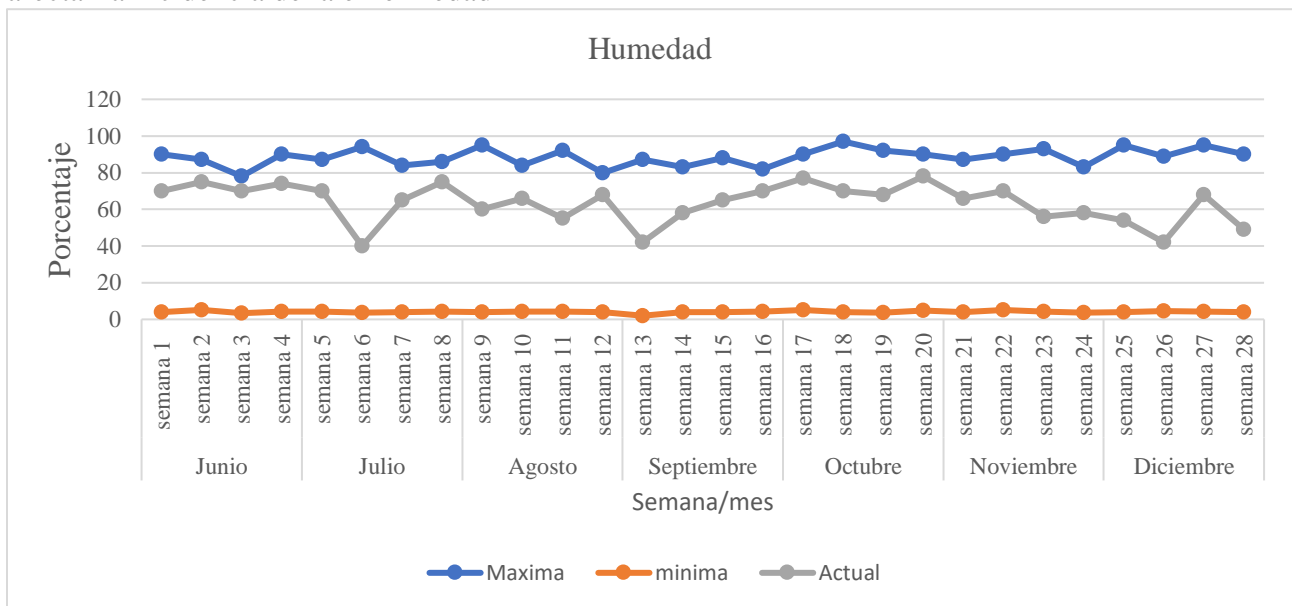


Anexo 8.

Graficas de humedad y temperatura. Aldea Nueva Esperanza Tejutla.



Nota: Analizar la relación entre el comportamiento de la temperatura y el porcentaje de tizón tardío en el cultivo de tomate, con el fin de comprender cómo las variaciones térmicas pueden afectar la incidencia de la enfermedad

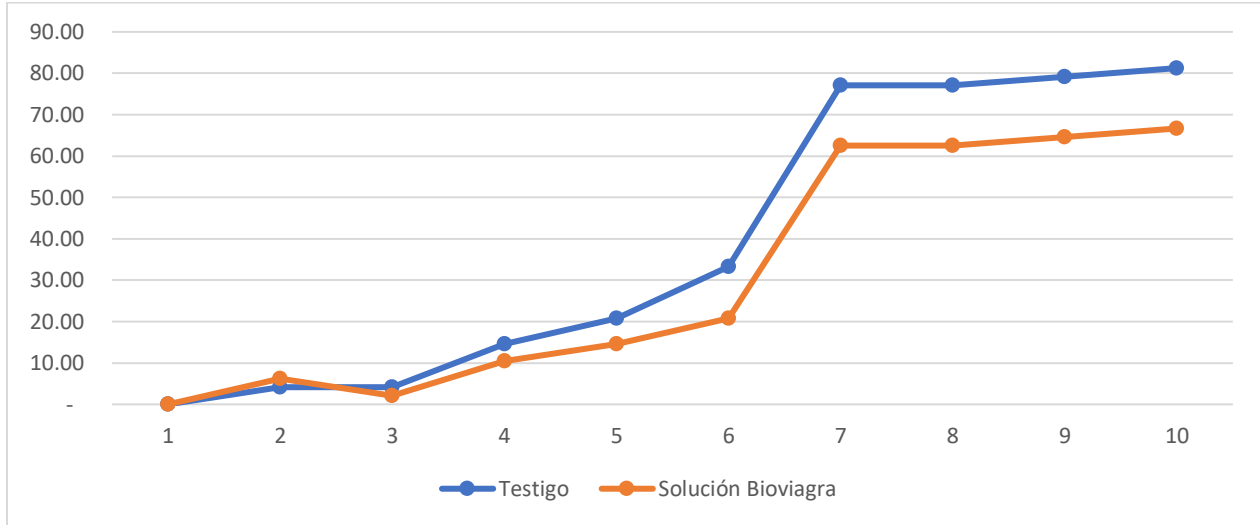


Nota: Estudiar el comportamiento de la humedad y determinar las condiciones óptimas que propician el desarrollo y la propagación del tizón tardío en el cultivo de tomate a la localidad que pertenezca. Esto permitiría identificar los rangos de humedad en los que la enfermedad tiende a dispararse, proporcionando información valiosa para la gestión y prevención de esta.

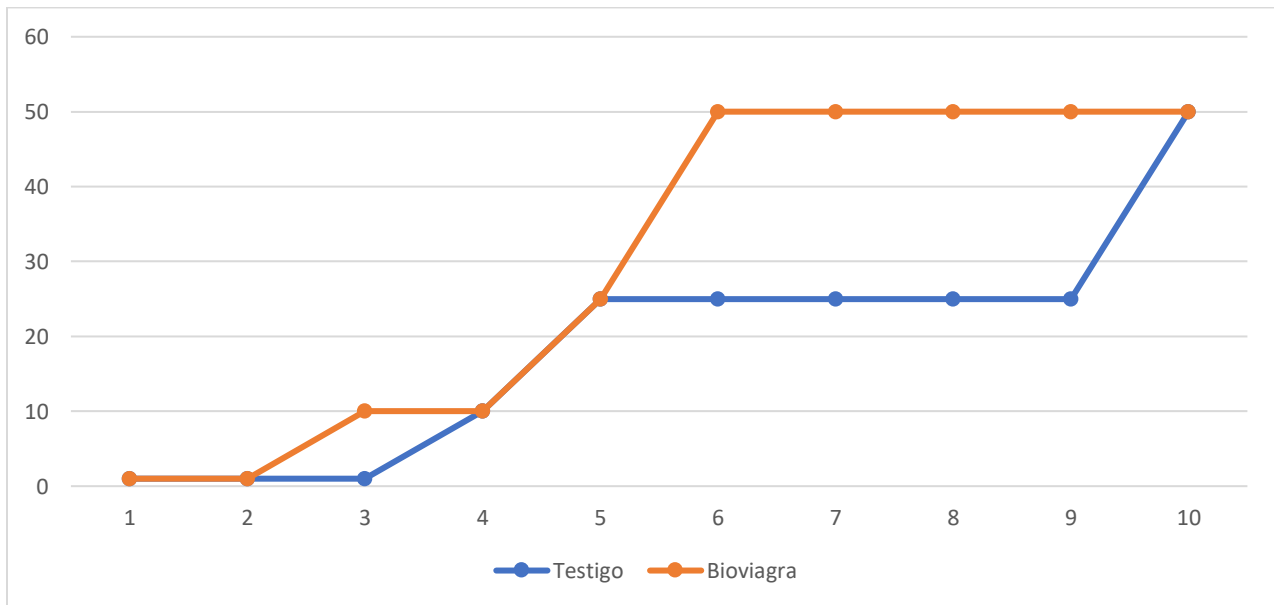
Anexo 9.

Graficas de incidencia y severidad de tizon tardío, aldea San Isidro Sipacapa

• Incidencia

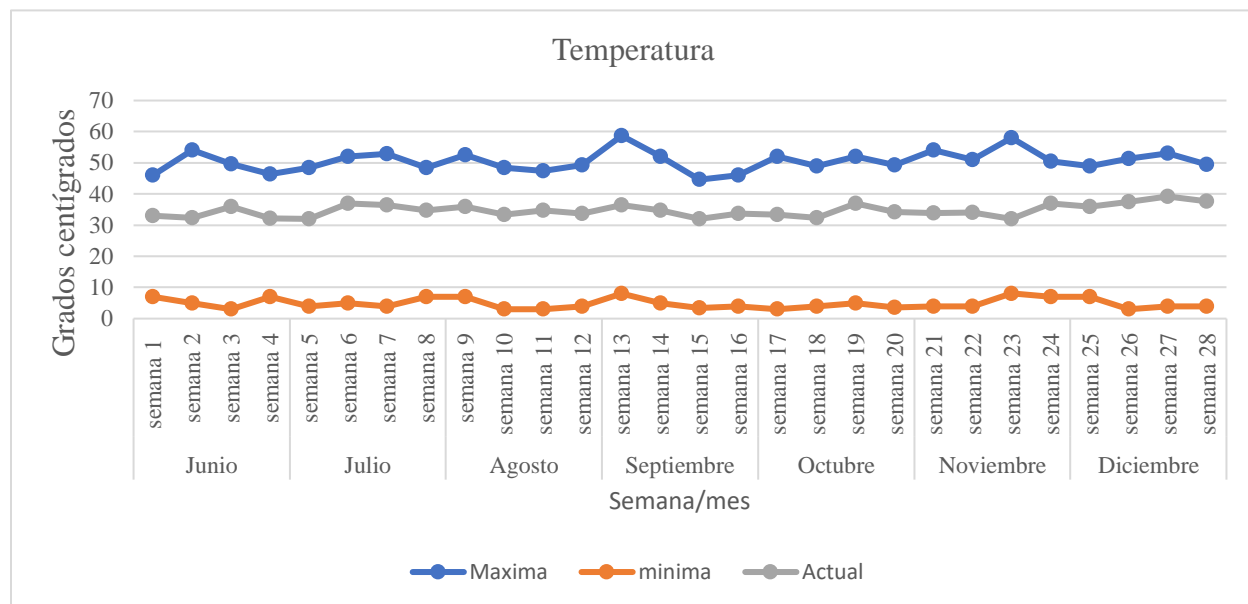


• Severidad

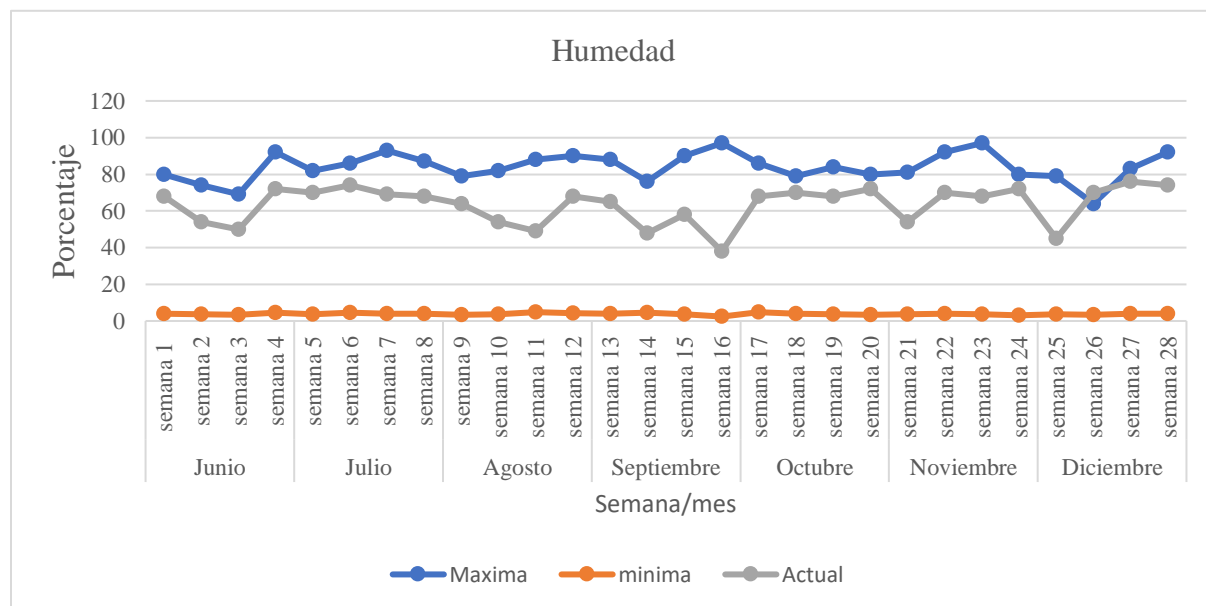


Anexo 10.

Graficas de humedad y temperatura, aldea San Isidro Sipacapa



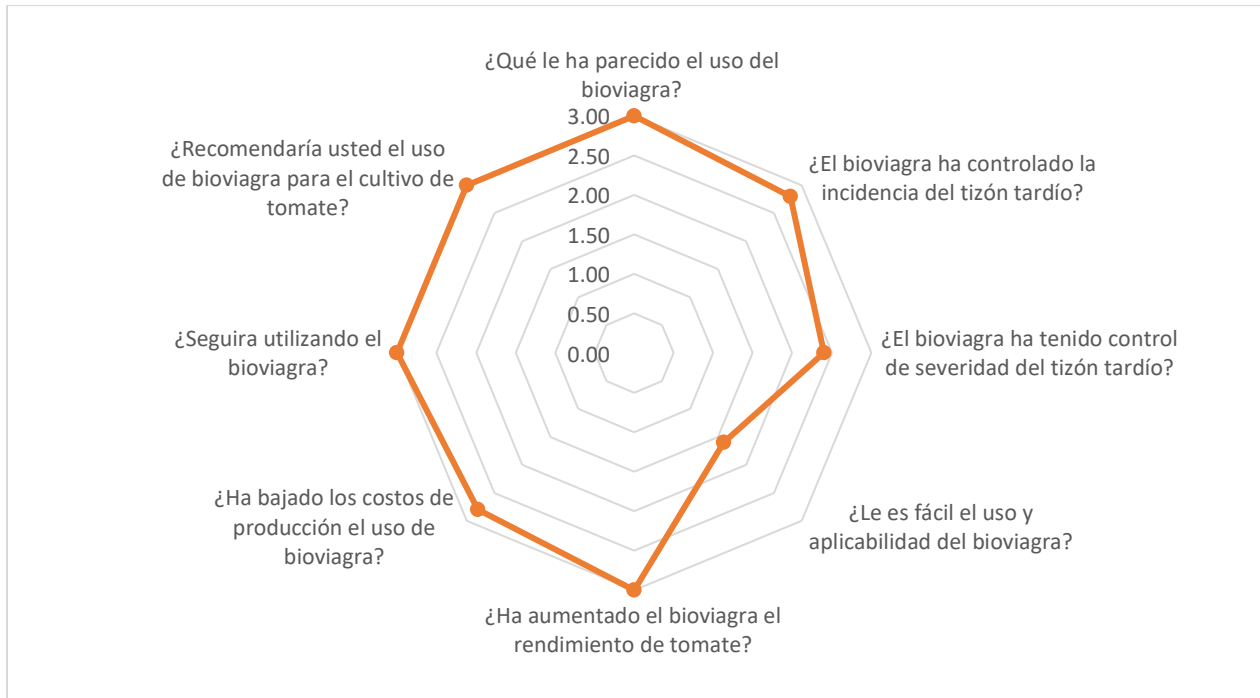
Nota: Analizar la relación entre el comportamiento de la temperatura y el porcentaje de tizón tardío en el cultivo de tomate, con el fin de comprender cómo las variaciones térmicas pueden afectar la incidencia de la enfermedad



Nota: Estudiar el comportamiento de la humedad y determinar las condiciones óptimas que propician el desarrollo y la propagación del tizón tardío en el cultivo de tomate a la localidad que pertenezca. Esto permitiría identificar los rangos de humedad en los que la enfermedad tiende a dispararse, proporcionando información valiosa para la gestión y prevención de esta.

Anexo 11.

Percepción de los productores



Nota: El 3 significa una percepción muy buena, el 2 significa una percepción ni buena ni mal y el 1 significa una percepción mala.

Anexo 12.

Registro de incidencia de Phytophthora infestans

Responsable		Localidad	
Inicio		Final	
Lectura	Incidencia	PARCELA A Aplicación de Solución Mineral Bioviagra	PARCELA B Sin aplicación de Solución "Testigo"
1	Plantas existentes		

Responsable		Localidad	
Inicio		Final	
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		
2	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		
3	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		
4	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		
5	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		

Anexo 13.

Matriz de registro de severidad de Phytophthora infestans

Responsable		Localidad			
Inicio		Final			
Lectura 1		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%

Responsable		Localidad			
Inicio		Final			
Lectura 1		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
A	Aplicación Solución Mineral Bioviagra				
B	Sin aplicación de Solución "Testigo"				
Lectura 2		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	Aplicación Solución Mineral Bioviagra				
B	Sin aplicación de Solución "Testigo"				
Lectura 3		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	Aplicación Solución Mineral Bioviagra				
B	Sin aplicación de Solución "Testigo"				
Lectura 4		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	Aplicación Solución Mineral Bioviagra				

Responsable		Localidad			
Inicio		Final			
Lectura 1		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
B	Sin aplicación de Solución “Testigo”				
Lectura 5		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	Aplicación Solución Mineral Bioviagra				
B	Sin aplicación de Solución “Testigo”				

Anexo 14.

Escala diagramática para evaluación de severidad de Phytophthora infestans (Mont.) de Bary en Tomate (Solanum lycopersicum L)



Nota: Imagen tomada de (Gabriel, 2,017)

Anexo 15.

Matriz para el registro del rendimiento

Responsable		Localidad			
Inicio		Final			
Parcela	Número de planta	Número de frutos por planta			Peso de la cantidad de frutos Kg/mt ²
		Corte 1	Corte 2	Corte 3	
A Aplicación Solución Mineral Bioviagra	1				Fecha: Corte 1:
	2				Fecha: Corte 2:
	3				Fecha: Corte 3:
	4				
	5				

Responsable		Localidad			
Inicio		Final			
	6				
	7				
	8				
	9				
	10				
<p style="text-align: center;">B Sin aplicación de Solución "Testigo"</p>	1				Fecha:
	2				Corte 1:
	3				Fecha:
	4				Corte 2:
	5				Fecha:
	6				Corte 3:
	7				
	8				
	9				
	10				

Anexo 16.

Valoración de bioviagra

PREGUNTAS	ESCOGE TU VALORACIÓN		
	1	2	3
1. ¿Qué le ha parecido el uso del Bioviagra?			
2. ¿El bioviagra ha tenido control de incidencia del tizón tardío?			
3. ¿El bioviagra ha tenido control de severidad del tizón tardío?			
4. ¿Le es fácil el uso y aplicabilidad del bioviagra?			
5. ¿Ha aumentado el bioviagra el rendimiento en la parcela A donde se aplicó?			
6. ¿Han bajado los costos de producción en la parcela A donde se aplicó el bioviagra?			
7. ¿Recomendaría usted, el uso de la Solución Mineral Bioviagra para el control del tizón tardío en el cultivo de tomate?			

Fotografía 1.

Visita de campo a la parcela de don Marcial, ubicado en aldea San Isidro Sipacapa San Marcos



Fotografía 2.

Rotulado de las parcelas divididas, para facilitar la aplicación de cada tratamiento.



Fotografía 3.

Desinfección de suelo utilizando el bioiwiagra, se realizó antes de la siembra, ubicado en aldea Cuya Tejutla San Marcos.



Fotografía 4.

Elaboración de bioiwiagra con productores



Fotografía 5.

Aplicación de solución mineral bioviagra, parcela del productor Dorian Gonzales, ubicado en caserío Tuizaj San Jose Ojetenam, San Marcos



Fotografía 6.

Monitoreo del crecimiento de la planta, para poder realizar las podas correspondientes, parcela ubicada en aldea Cuya Tejutla San Marcos



Fotografía 7.

a y b. Daños causados por Tizón tardío.



Fotografía 8.

Visita de campo, de parte del ingeniero Fredy Monzón, coordinador de cadena de tomate IICA-CRIA.



Fotografía 9.

Prácticas culturales como podas y raleos de fruto



Fotografía 10.

Control de humedad y temperatura, para que el cultivo de tomate cumpla con las condiciones óptimas durante el desarrollo de este



Fotografía 11.

Frutos de tomate en proceso de maduración, parcela ubicada en aldea Cuya Tejutla San Marcos.



Fotografía 12.

Florencio Gonzales Dueño de la parcela ubicada en aldea Cuya.



Fotografía 13.

a y b. Cosecha de frutos de tomate en la parcela del productor, German Gonzales, ubicado en aldea el Rosario Tacana San Marcos



Fotografía 14.

Cortar y enumerar la cantidad de frutos maduros



Fotografía 15.

Cosecha de frutos de tomate, parcela de don German Gonzales, ubicada en caserío Tuizaj San Jose Ojetenam



Fotografía 16.

Selección de frutos de primera y pesarlos por tratamiento



Fotografía 17.

Dar a conocer el bioviagra a estudiantes de la carrera de agronomía del centro universitario de San Marcos



Anexo 17.

Diagnóstico fitopatológico de tizón tardío

		NUESTRA TIERRA, SOCIEDAD ANONIMA -NUESTRA TIERRA- Aldea San Sebastián, San Marcos, San Marcos -SUPLA- NUESTRA TIERRA			
Responsable: Virgilio Orlando Gómez		NIT: C/F		Fecha de ingreso: 8/05/2023	
				Fecha de egreso: 16/05/2023	
DIAGNOSTICO FITOPATOLÓGICO					
Muestra No.	Germán González				
Responsable:	Virgilio Orlando Gómez				
Procedencia:	Aldea El Rosario, Tacaná, San Marcos, Guatemala				
Cultivo:	Tomate				
Agente Causal:	<i>Phytophthora infestans</i>				
Diagnóstico:	Según la sintomatología se presentan halos que van desde el color blanco, verde claro, oscuro hasta convertirse en lesiones necróticas, apareciendo desde los folíolos hasta el tallo. Se detectó al patógeno a partir de material vegetal, siendo estos folíolos afectados, observando micelio y esporangios del agente causal <i>Phytophthora infestans</i> .				
Recomendación:	<ul style="list-style-type: none"> Realizar enmienda de suelo de tipo encalado, para minimizar las poblaciones de los agentes fitopatológicos presentados y de esta manera evitar su proliferación. Revisar el plan de fertilización, fortaleciendo la plantación para evitar que el ataque de hongos pueda causar mayor mortandad. Replantar el manejo fitosanitario de hongos de suelo 				
Técnico de Laboratorio:	Br. Natalia Quixtán   Ing. Agr. Alvaro R. Del Cid H. Colegiado No. 256 COORDINADOR SUPLA				

Anexo 18.

Constancia de laboratorio del centro universitario de San Marcos, con el fin de realizar cultivos en agar patata dextrosa para identificación del oomiceto.



**UNIVERSIDAD DE SAN ACARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
LABORATORIO DE INVESTIGACIONES DE LA CARRERA DE AGRONOMIA**

Por este medio hago constar que se autorizo el laboratorio, para la identificación de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, enfermedad consecuente en el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L. por el estudiante que se detalla a continuación.

DATOS DEL ESTUDIANTE

GÓMEZ	RODRÍGUEZ	VIRGILIO	ORLANDO
PRIMER APELLIDO	SEGUNDO APELLIDO	PRIMER NOMBRE	SEGUNDO NOMBRE

CARNE No. 201543961 CUI 2802 7503 1210

Rodriguez

INFORMACION DEL ESTUDIO: El estudiante tesista de la carrera de Agronomía, hizo uso del laboratorio para identificar y aislar por el método de cultivo en Agar Patata Dextrosa, la enfermedad del tizón tardío y el tratamiento adecuado para dicho Oomiceto, a través de las muestras recolectadas en las parcelas experimentales de su investigación.

San Marcos 25 de septiembre de 2023


Firma de estudiante


José Luis Gómez Mejía
Laboratorista 1

