

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



“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”.

Por:

Eduardo Alejandro Díaz de León

Asesor principal:

M. Sc. Ing Agr. Luis Fernando Velásquez Tiney

Asesor adjunto:

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

San Marcos, Agosto de 2024

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

M. Sc. Juan Carlos López Navarro

DIRECTOR

Licda. Astrid Fabiola Fuentes Mazariegos

SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO

Ing. Agr. Rony Walter Villacinda Maldonado

REPRESENTANTE DOCENTES

Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

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

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

Lic. Robert Enrique Orozco Sánchez.

COORDINADOR DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

Lic. Mario René Requema

COORDINADOR DEL ÁREA DE EXTENSIÓN

Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel

COORDINADOR CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

Lic. Carlos Edelmar Velásquez González

COORDINADOR CARRERA CONTADURÍA PÚBLICA Y AUDITORIA

Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo

COORDINADOR CARRERA PROFESORADO EN EDUCACIÓN PRIMARIA BILINGÜE INTERCULTURAL

Lic. Yovani Alberto Cux Chan

COORDINADOR CARRERA SOCIOLOGÍA, CIENCIA POLÍTICA Y RELACIONES INTERNACIONALES

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

M. Sc. Juan Carlos López Navarro

DIRECTOR

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

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

M. Sc. Ing. Agr. Luis Fernando Velásquez Tiney

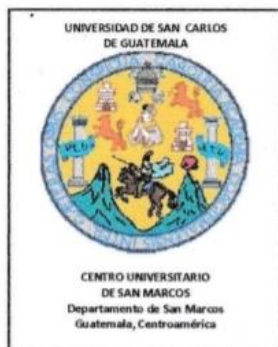
ASESOR PRINCIPAL

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

ASESOR ADJUNTO

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 Monzón	SECRETARIO
Licda. María de Lourdes Carrera Munguía	VOCAL



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, QUINTO 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 quien suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: **PRIMERO:** Estableció 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... **QUINTO:** El secretario del Comité de Trabajo de Graduación dio a conocer solicitud de Informe Final de Trabajo de Graduación del estudiante Eduardo Alejandro Díaz de León con número de carné 201541617 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 la Solución Mineral Tipo 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 Eduardo Alejandro Díaz de León con número de carné 201541617 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

DEDICATORIA

A DIOS

Ser Supremo fuente de vida y sabiduría, luz de mi camino que me ha guiado en cada momento de mi formación profesional y me ha permitido culminar con este proceso.

A MIS PADRES

Raúl Abraham Díaz Reyna (Q.E.P.D.) y Patricia Lisbeth de León Barrios por inculcarme valores y haberme brindarme apoyo, paciencia y consejos, pero más que nada por darme amor como base primordial de mi vida, que mi triunfo sea la recompensa a sus esfuerzos.

A MIS HERMANAS

Por su amor y apoyo incondicional, quienes me motivaron a ser cada día mejor hermano y ser un ejemplo para ellas.

A MIS SOBRINITOS

Por llenarme de felicidad y alegrar mis días de una manera única y especial.

A MIS FAMILIARES

En especial a Osberto de León (Q.E.P.D.) por su amor, enseñanzas y numerosos consejos que forjaron la integridad de mi vida hasta el día de hoy, a los demás por el cariño y apoyo en cada circunstancia de mi vida estudiantil.

A MI NOVIA

Por el apoyo y ánimos brindados en el proceso de investigación y redacción, por creer en mí y motivarme a alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A MIS AMIGOS Y AMIGAS

Por las convivencias, amistad y apoyo mutuo demostrado en cada etapa de mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Alma mater, eje central en mi formación académica que me dio la oportunidad de ser profesional.

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS

Gloriosa casa de estudios forjadora integra de mi crecimiento académico y profesional.

CARRERA DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE

Base fundamental en mi formación académica, social y moral, creadora de mis conocimientos enfocados hacia el desarrollo sostenible de la agricultura.

A MIS ASESORES

Luis Fernando Velásquez Tiney y Fredy Roberto Pérez Monzón, por compartirme sus conocimientos, asesoría y apoyo en cada etapa de la ejecución del trabajo de graduación.

A LOS PRODUCTORES DE TOMATE

Oscar López, Jareb Cabrera, Idalma Cifuentes, Yorvin Aguilar, Rudy González, Juan González, Mercedes Dionicio, por el apoyo y aprendizaje brindado durante la etapa de la evaluación, pero mucho más que eso por abrirme las puertas de su hogar y darme un espacio en su área agrícola para ejecutar el tema de investigación.

A EL PROGRAMA CONSORCIOS REGIONALES DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA

Por darme el espacio como investigador y apoyo financiero para el desarrollo de la evaluación, con el fin de ambos contribuir al fortalecimiento de las capacidades institucionales en beneficio de los productores de la región occidental.

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



“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”.

Por:

Eduardo Alejandro Díaz de León

Asesor principal:

M. Sc. Ing Agr. Luis Fernando Velásquez Tiney

Asesor adjunto:

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

San Marcos, Agosto de 2024

TÍTULO

“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”.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDO	III
ÍNDICE DE CUADROS	IV
ÍNDICE DE FIGURAS	V
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	VI
ÍNDICE DE GRÁFICAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
III. JUSTIFICACIÓN	5
IV. MARCO TEÓRICO.....	7
4.1. MARCO CONCEPTUAL.....	7
4.2. MARCO REFERENCIAL	18
V. OBJETIVOS	27
5.1. General.....	27
5.2. Específicos.....	27
VI. HIPÓTESIS.....	28
6.1. Hipótesis alterna (H1).....	28
6.2. Hipótesis nula (Ho).....	28
VII. MATERIALES Y MÉTODOS	29
VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	36
IX. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	43
9.1. Combinación de resultados de las cinco comunidades de intervención.....	44
9.1.1. Incidencia	44
9.1.2. Severidad	47
9.1.3. Rendimiento	49
9.1.4. Rentabilidad.....	52
X. CONCLUSIONES	54
XI. RECOMENDACIONES.....	55
XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
XIII. ANEXOS	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Combinación de datos estadísticos de incidencia de tizón tardío.....	44
Cuadro 2 Análisis T de Student, para muestras dependientes para la variable incidencia del patógeno sobre las plantas de tomate, entre tratamientos, en las cinco localidades de intervención, datos utilizados en Arco Seno.....	45
Cuadro 3 Combinación de datos estadísticos de severidad de tizón tardío.....	47
Cuadro 4 Análisis T de Student, para muestras dependientes, para la variable de severidad del patógeno sobre las plantas de tomate, entre tratamientos, en las cinco localidades de intervención, datos utilizados en Arco Seno.....	47
Cuadro 5 Rendimiento de cultivo de tomate, clasificado por primera, segunda y tercera en kilogramos por hectárea en las cinco localidades de intervención.....	49
Cuadro 6 Análisis T de Student, para muestras dependientes, para la variable de rendimiento comparado entre tratamientos en las cinco localidades de intervención.....	50
Cuadro 7 Presupuesto parcial y dominancia de tratamientos.....	53
Cuadro 8 Análisis marginal de tratamientos.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Raíz del Tomate	7
Figura 2 Tallo del Tomate	8
Figura 3 Hojas del Tomate	8
Figura 4 Flor del Tomate	9
Figura 5 Frutos del tomate	9
Figura 6 Principales órganos aéreos del tomate	10
Figura 7 Presencia de tizón tardío en tomate	10
Figura 8 Clasificación taxonómica del tizón tardío	11
Figura 9 Síntomas de la enfermedad	13
Figura 10 Ciclo de vida de <i>Phytophthora infestans</i>	13
Figura 11 Ciclo del tizón tardío	16
Figura 12 Rendimiento de la solución mineral Bioviagra obtenido en el proyecto “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos para el control del tizón tardío” en cultivo de tomate.....	26
Figura 13 Contenido nutricional de solución mineral Bioviagra	33
Figura 14 Localidades de investigación.....	60
Figura 15 Escala diagramática de Severidad de tizón tardío en tomate.....	63
Figura 16 Software InfoStat.....	69

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Micelio sin septas (m) y esporangios limoniformes y elipsoidales	11
Fotografía 2 Esporangio limoniforme mostrando el pedicelo (p) y la semipapila (sp).....	12
Fotografía 3 Esporangióforo de crecimiento continuo mostrando los hinchamientos (h) que se forman justo debajo del esporangio	12
Fotografía 4 Preparación del Bioviagra	32
Fotografía 5 Aplicación de la solución mineral Bioviagra	32
Fotografía 6 Elaboración de solución mineral Bioviagra, participación de asesor principal.....	70
Fotografía 7 Preparación y siembra en unidades experimentales.....	70
Fotografía 8 A) Rotulación en la localidad aldea Agua Caliente, B) Rotulación en la localidad de caserío Llano Grande.....	70
Fotografía 9 Supervisión técnica del Coordinador y Gestor del programa CRIA.....	71
Fotografía 10 Elaboración de la solución mineral Bioviagra con productores.....	71
Fotografía 11 Comparación de plantas de tomate entre tratamiento, después de 5 semanas de siembra A) Plantas de tomate con aplicación de Bioviagra, B) Plantas de tomate sin aplicación de Bioviagra.....	71
Fotografía 12 Análisis de laboratorio de solución mineral Bioviagra, pH Alcalino.....	72
Fotografía 13 Supervisión de unidades experimentales y recopilación de datos.....	72
Fotografía 14 Apoyo técnico al MAGA, para elaboración de solución mineral Bioviagra taller impartido a productores de tomate.....	72
Fotografía 15 Cosecha de fruto de tomate, peso y clasificación, en aldea La Esmeralda.....	73
Fotografía 16 Clasificación de fruto según su calibre.....	73
Fotografía 17 Cosecha de fruto de tomate, peso y clasificación, en aldea Las Barrancas.....	73
Fotografía 18 Cosecha de fruto de tomate, peso y clasificación, en aldea Agua Caliente.....	74
Fotografía 19 Equipo tecnológico de investigación.....	74
Fotografía 20 Intercambio de conocimientos con el productor de tomate del caserío Llano Grande.....	74
Fotografía 21 Día de campo con productores de tomate y entrega de diplomas por participación.....	75
Fotografía 22 Día de campo con productores de tomate participantes en el MAGA.....	75

Fotografía 23 Visita a unidad experimental, por parte de voluntarios Agriculture Summer Mission.....	75
Fotografía 24 Análisis de laboratorio para identificación de tizón tardío en tomate.....	76
Fotografía 25 Caracterización morfológica de tizón tardío.....	76
Fotografía 26 Participación en taller de Identificación de Hongos causantes de enfermedades en cultivos.....	76
Fotografía 27 Análisis de laboratorio fitopatológico realizado en SUPLA.....	77
Fotografía 28 Constancia de Laboratorio de investigaciones CUSAM.....	77

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Comparación de porcentaje de incidencia de tizón tardío entre tratamientos	45
Gráfica 2 Comparación de porcentaje de severidad de tizón tardío, días después de la siembra.	46
Gráfica 3 Efectos del microclima y su relación con el tizón tardío entre tratamientos.....	46
Gráfica 4 Comparación de porcentaje de severidad de tizón tardío.....	48
Gráfica 5 Comparación de porcentaje de severidad de tizón tardío, días después de la siembra.	48
Gráfica 6 Comparación de rendimiento total del cultivo de tomate, en kilogramos por hectárea, en las cinco localidades de intervención.....	51
Gráfica 7 Comparación de rendimiento del cultivo de tomate según su calibre de fruto, en kilogramos por hectárea, en las cinco localidades de intervención.....	51
Gráfica 8 Percepción sobre el uso de la solución mineral Bioviagra.....	78
Gráfica 9 Percepción sobre el control de incidencia y severidad causado por el tizón tardío.....	79
Gráfica 10 Percepción sobre el rendimiento generado por tratamientos	79
Gráfica 11 Percepción sobre la rentabilidad entre tratamientos	80
Gráfica 12 Percepción de la tecnología evaluada en aspectos generales y su aplicación.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Localización de unidades experimentales.....	18
Tabla 2 Descripción de materiales, insumos, herramientas y recursos.....	29
Tabla 3 Formulación de solución mineral Bioviagra.....	31
Tabla 4 Descripción de tratamientos para aplicación en el cultivo de Tomate.....	37
Tabla 5 Descripción de variables de respuesta.....	38
Tabla 6 Descripción de calibre de frutos de tomate según su clasificación.....	40
Tabla 7 Costos de producción de cultivo de tomate de un invernadero de 120 m ² establecido en el Valle de San Marcos.....	52
Tabla 8 Localidades y variedades utilizadas.....	60
Tabla 9 Registro de incidencia de tizón tardío.....	61
Tabla 10 Registro de severidad de tizón tardío.....	63
Tabla 11 Clave de campo para estimación de severidad de tizón tardío en tomate.....	63
Tabla 12 Registro de rendimiento de cultivo de tomate Testigo.....	64
Tabla 13 Registro de rendimiento de cultivo de tomate Bioviagra.....	65
Tabla 14 Registro de temperatura.....	66
Tabla 15 Registro de humedad.....	67
Tabla 16 Registro de costos de producción.....	68

RESUMEN

La solución mineral Bioviagra de acuerdo a su formulación, promueve un control de la enfermedad provocada por el oomiceto *phytophthora infestans*, la cual ataca el cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L, por lo anterior descrito, se ejecutó la evaluación de la solución mineral Bioviagra, para el control del tizón tardío en tomate, la investigación se realizó bajo condiciones protegidas en cinco localidades del departamento de San Marcos, cada unidad experimental estuvo constituida de 120 m² cada una, para el desarrollo de la investigación, los datos estadísticos se interpretaron mediante el uso del software InfoStat y Microsoft Excel, mediante la metodología de análisis estadístico de parcelas pareadas, las variables de respuesta que se tomaron en cuenta fueron: Incidencia, Severidad, Rendimiento y Rentabilidad.

El rendimiento del cultivo de tomate es afectado no solo por la enfermedad del tizón tardío, sino que también al difícil acceso de obtención de productos para la agricultura, debido al incremento de los precios de agroquímicos y fertilizantes que ha sufrido Guatemala a causa de los conflictos territoriales y comerciales entre Ucrania y Rusia, así como también por la pandemia causada por la enfermedad “COVID-19” originada en China, puesto que, estos países son fuertes productores de fungicidas y fertilizantes los cuales se comercializan en nuestro territorio, esta problemática ha influido a que los agricultores opten por tecnologías alternativas de fácil acceso u obtención que brinden calidad productiva en sus cultivos.

En la presente evaluación se determinó que la solución mineral Bioviagra como control del tizón tardío en el cultivo de tomate, presentó un porcentaje de incidencia del 30% (14.4 plantas infectadas) y el testigo un porcentaje del 29% (13.92 plantas infectadas) ambos tratamientos demostraron mantenerse en un porcentaje de severidad del 25%. Para el análisis de incidencia y severidad se determinó que no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos, según los resultados estadísticos obtenidos (valor bilateral 0.6488) de incidencia y (valor bilateral 0.8786) de severidad. La solución mineral Bioviagra, fue superior al testigo respecto al rendimiento, el cual se aumentó en un 54% correspondiente a una diferencia de 4,932.468 kg/ha, para esta variable existe diferencia significativa según los resultados estadísticos (valor bilateral 0.0019). La solución mineral Bioviagra fue el más rentable, puesto que por cada Q. 1.00 invertido genera una ganancia de Q. 4.87, en comparación al testigo que solamente genera Q. 1.66 centavos.

ABSTRACT

The mineral solution Bioviagra, according to its formulation, promotes control of the disease caused by the oomycete *Phytophthora infestans*, which attacks the tomato crop *Solanum lycopersicum* L, for the above described, the evaluation of the mineral solution Bioviagra for the control of late blight in tomato was carried out, The research was conducted under protected conditions in five locations in the department of San Marcos, each experimental unit consisted of 120 m² each, for the development of the research, the statistical data were interpreted using InfoStat and Microsoft Excel software, using the methodology of statistical analysis of paired plots, the response variables that were taken into account were: Incidence, Severity, Yield and Profitability.

Tomato crop yields are affected not only by the late blight disease, but also by the difficult access to agricultural products, due to the increase in the prices of agrochemicals and fertilizers that Guatemala has suffered because of the territorial and commercial conflicts between Ukraine and Russia, These countries are strong producers of fungicides and fertilizers which are marketed in our territory. This problem has influenced farmers to opt for alternative technologies that are easy to access or obtain and that provide productive quality in their crops.

In the present evaluation it was determined that the mineral solution Bioviagra as a control of late blight in the tomato crop, presented a percentage of incidence of 30% (14.4 infected plants) and the control a percentage of 29% (13.92 infected plants), both treatments showed a percentage of severity of 25%. For the analysis of incidence and severity, it was determined that there was no significant difference between the two treatments, according to the statistical results obtained (bilateral value 0.6488) for incidence and (bilateral value 0.8786) for severity. The Bioviagra mineral solution was superior to the control with respect to yield, which increased by 54%, corresponding to a difference of 4,932.468 kg/ha, for this variable there is a significant difference according to the statistical results (bilateral value 0.019). The mineral solution Bioviagra was the most profitable, since for each Q. 1.00 invested it generates a profit of Q. 4.87, compared to the control that only generates Q. 1.66 cents.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es perteneciente a la familia de las solanáceas, originario de los Bajos Andes región localizada al occidente de América del Sur, pero fue en México en donde se adoptó como cultivo y fue llevado al resto del mundo por los portugueses y españoles.

En Guatemala la producción nacional de tomate se encuentra distribuida de la siguiente forma: Jutiapa (20%), Baja Verapaz (20%), Chiquimula (11%), Guatemala (8%), Zacapa (7%), El Progreso (6%), Alta Verapaz (6%), Jalapa (5%), y los demás departamentos de la República suman en (17%) restante, la cosecha de este cultivo alcanzó los setecientos millones de kilogramos, con un área cosechada de 11700 manzanas (MAGA, 2013). Su producción abastece al mercado nacional e internacional siendo los principales países Estados Unidos y El Salvador.

Sin embargo, la producción y rendimiento del cultivo, se ve afectada en pérdidas parciales o totales por una enfermedad ocasionada por el agente causal *Phytophthora infestans*, un Oomyceto que puede atacar en cada una de las distintas etapas del cultivo de tomate. Esta enfermedad es conocida comúnmente como tizón tardío, la cual se ha dispersado a otros continentes, se originó en México, y es allí en donde se encuentra la mayor diversidad genética del patógeno.

El uso de minerales para controlar el tizón tardío empezó hace casi 140 años. Inicialmente se usaron productos tales como el cloruro de sodio y cal, pero no fueron eficientes. El primer compuesto efectivo fue el caldo bórdales, descubierto en la década de 1880, compuesto de sulfato de cobre y cal. El caldo bórdales fue ampliamente usado en papa hasta que otros compuestos cúpricos demostraron mayor eficiencia. Uno de ellos, el oxiclорuro de cobre, es aún usado para el control del tizón (Pérez & Forbes, 2008).

Hoy en día existen soluciones ecológicas elaboradas con materia prima de mucho menor costo y amigables con el medio ambiente, además que promueven un mejor equilibrio reduciendo la alteración de los sistemas de producción, el uso desmedido de agroquímicos es una estrategia que mayormente emplean los productores de la región del departamento de San Marcos para el control de esta enfermedad. El impacto es negativo tanto en la salud de los consumidores y al ambiente, además que las constantes aplicaciones de los productos agroquímicos conducen a la resistencia del tizón tardío.

Con anterioridad se ejecutó el proyecto “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”, la evaluación se realizó bajo condiciones de invernadero, bajo la metodología de análisis estadístico de bloques completamente al azar DBCA, las variables de respuesta que se tomaron en cuenta fueron: Incidencia, Severidad, Rendimiento y Rentabilidad (Velásquez & Díaz, 2022).

Luego del análisis estadístico de la información recopilada de acuerdo a los ensayos finca establecidos en las comunidades, Aldea las Barrancas San Antonio Sacatepéquez, San Marcos, Caserío Llano Grande, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, Esquipulas Palo Gordo, San Marcos, se determinó mediante el análisis estadístico, reflejado en las variables de respuesta de la investigación, que la solución mineral Bioviagra, obtuvo las mejores medias de control en la incidencia, severidad, mayor rendimiento y fue el tratamiento más rentable. Esta solución mineral fue compartida a través de talleres, en la finca “Tierra de Sueños”, Tapezco, Provincia de Alajuela, Costa Rica, por Juan José Paniagua.

La presente investigación asumió como propósito evaluar 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. La metodología que se utilizó en la investigación fue el diseño experimental de parcelas pareadas, en el cual se compararon solamente dos tratamientos, el área experimental estuvo constituida por 6 metros de ancho y 20 metros de largo (120 metros cuadrados). El manejo de las unidades experimentales fue determinado de acuerdo a los criterios y condiciones socioeconómicas y ambientales del agricultor, las variables que se evaluaron fueron la incidencia y severidad del tizón tardío, rendimiento y rentabilidad en el cultivo de tomate, los datos estadísticos se interpretaron mediante el uso del software InfoStat y Microsoft Excel. La solución mineral Bioviagra presentó un porcentaje de incidencia de tizón tardío del 30% (14.4 plantas infectadas por cada 48 muestreadas) y de severidad un 25%. La solución en mención, generó mayor rendimiento, fue el tratamiento más rentable y para el productor fue accesible y de fácil aplicabilidad, asimismo aportó nutrientes esenciales a la planta del cultivo de tomate, la solución mineral adquirió aceptación y promoción de los productores de tomate con quienes se trabajó dicha investigación.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El oomycete *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, ataca las distintas etapas del cultivo de tomate, mayormente después de la floración y formación de frutos reproduciéndose rápidamente según sean las condiciones favorables, la misma reduce el rendimiento e incrementa los costos de producción del cultivo de tomate. La enfermedad causada por este oomycete alcanzó un grado de epifitía en Norteamérica y Europa debido al desarrollo de resistencia a fungicidas y a la diseminación de nuevos genotipos del hongo en todo el mundo (Gutiérrez Arévalo & Acuña Bravo, 2015).

El departamento de San Marcos se caracteriza por poseer diversidad de climas de acuerdo a las regiones orográficas, mayormente frías, por tanto, la producción del cultivo de tomate se ve afectada por el tizón tardío, este patógeno se desarrolla en climas húmedos y nublados con temperaturas frescas cuando las condiciones de la humedad relativa son mayores al 85%, y temperaturas de 16⁰ C a 26⁰ C.

Los agroquímicos derivados de los conflictos territoriales y comerciales entre Ucrania y Rusia, países que son fuertes productores de fertilizantes e insumos para la elaboración de fungicidas, han incrementado los precios de agroquímicos y fertilizantes en Guatemala alrededor de un 300% según el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), aunado a ello la pandemia causada por la enfermedad “COVID-19”, con origen de brote en Wuhan China, según la Organización Mundial de La Salud (OMS). Esta enfermedad, género no solo el alza en la canasta básica del territorio nacional de Guatemala, sino que también aumento el precio de los agroinsumos en el país, derivado a la clausura de muchas fábricas en China, reduciendo la producción de productos agrícolas.

El constante uso de agroquímicos altera el ecosistema en donde se aplican, además de afectar la salud y calidad de vida de los seres vivos, porque muchos de ellos se derivan de petróleo y metales pesados, en el municipio de San Marcos es el método que más se utiliza para el control de esta enfermedad, aun teniendo el producto un costo demasiado elevado, promocionado por las empresas transnacionales, ubicadas en el departamento, además de disminuir la fertilidad del suelo, destruyen las características físicas como textura y estructura del suelo, permitiendo así contaminar el manto acuífero o fuentes de agua.

Por ello, fue necesario plantear y ejecutar esta investigación, la evaluación de la solución mineral Bioviagra, formulada por cal viva, azufre molido, sal mineral para bovinos y polvo de roca, permitió promover la utilización de materia prima, ejercer un sistema de producción agraria conservadora de los recursos naturales, favoreciendo a tener un ecosistema equilibrado, saludable, amigable con la tierra y el recurso hídrico, además de generar alternativas que minimicen la incidencia y severidad del tizón tardío, sea económicamente rentable durante el ciclo del cultivo y aumente el rendimiento del cultivo de tomate. De acuerdo a lo anterior, la investigación respondió la siguiente pregunta **¿Cuál es la efectividad de la aplicación de la solución mineral Bioviagra, para el control del tizón tardío en el cultivo de tomate, bajo condiciones protegidas?**

III. JUSTIFICACIÓN

Los agricultores generalmente aplican paquetes de insumos agroquímicos desde el inicio del cultivo, ya que, su manejo se basa en la prevención. Estudios realizados por (Castro, 1994) reporta que se han hallado residuos de Dithane (fungicida de ingrediente activo Mancozeb) en frutos verdes y maduros de tomate para el control del tizón tardío, esto indica que con las aplicaciones sucesivas de este agroquímico con el afán de controlar la incidencia y severidad del tizón tardío, se corre el riesgo de contaminar la salud de quien lo consume, así como también el medio ambiente.

Sin embargo, existen alternativas para el control de esta enfermedad, hay soluciones elaboradas a partir de materia prima, capaces de controlar el desarrollo del Oomyceto causante del tizón tardío, entre las cuales está el Bioviagra. Como antecedente, el nombre de la solución era Viagra, fue nombrado así por Juan José Paniagua en el año 2016, él es un agricultor costarricense y referente en Latinoamérica en agricultura orgánica, fue adaptada y promovida en San Marcos, Guatemala, por el Ingeniero Agrónomo Fredy Roberto Monzón Pérez y sometida a evaluación experimental, por investigadores del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Programa Consorcios Regionales de Investigación Agropecuaria (CRIA) asignándole el nuevo nombre, como Bioviagra, esta solución, pretende ser una alternativa para el control del tizón tardío como fin principal, tomando en cuenta que también su formulación contiene elementos que ayudan a la nutrición de la planta.

Por lo tanto, se hizo necesario e importante evaluar el uso de la solución para el control del tizón tardío en el cultivo de tomate, contribuyendo así a la generación de información de esta tecnología agrícola, promovida mediante la investigación experimental, en la cual se determinó la incidencia según plantas infectadas por el patógeno, la severidad mediante la escala diagramática y clave de campo para estimación de daño causado, el rendimiento determinado de acuerdo al peso y diámetro del fruto cosechado por tratamiento y la rentabilidad que se determinó mediante la metodología propuesta por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). El diseño experimental fue el de parcelas pareadas, esto requerido al solo utilizar la tecnología a evaluar y el tratamiento a comparar (testigo) este último tratamiento es la tecnología o fungicida que el agricultor aplicó para el control del tizón tardío.

La ejecución del desarrollo de la evaluación, fue de consideración sostenible, proyectado al enfoque de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible del Centro Universitario de San Marcos, velando por mejorar la seguridad alimentaria del consumidor, garantizando también satisfacer las necesidades de las generaciones presentes y futuras, en lo económico, ambiental y social. La información recopilada de acuerdo a los resultados, sirvió para agregar dicha solución al paquete de manejo integrado de las tecnologías agrícolas promovidas por el IICA-CRIA.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. MARCO CONCEPTUAL

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

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

4.1.2. 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).

Figura 1

Raíz del tomate



Fuente: (INRAE, 2023)

4.1.3. Tallos

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

Figura 2
Tallo del tomate



Fuente: (López, 2017)

4.1.4. Hojas

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

Figura 3
Hojas del tomate



Fuente: (López, 2017)

4.1.5. 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).

Figura 4

Flor del tomate



Fuente: (López, 2017)

4.1.6. Fruto

Son carnosos y tiernos, el tamaño, color y consistencia son diferentes según la variedad, el color antes de su madurez es verde, en etapa de maduración evoluciona en diversos tintes de color los cuales son amarillo, naranja hasta llegar al color rojo.

Figura 5

Frutos del tomate



Fuente: (López, 2017)

Fotografía 6

Principales órganos aéreos del tomate



Fuente: (Blancard, 2011)

4.1.7. Tizón Tardío, Generalidades

Es causado por el cromista *Phytophthora infestans*, recibe varios nombres, que varían de acuerdo a el país o región, los más conocidos en América Latina son: tizón tardío, gota, gotera, lancha, hilo fungoso. Está distribuido en todo el mundo y los hospederos son las solanáceas. Se ve favorecido por humedades relativas superiores a 85% y temperaturas entre 10 °C y 25 °C. Destruye el follaje, los tallos y los frutos de la planta en cualquier etapa de su crecimiento. Las lesiones son necróticas y pueden ser extensivas, son de color café y de forma circular, delimitadas por las nervaduras y con un halo clorótico a su alrededor, con un pequeño margen de agua sobre el follaje (López, 2017).

Fotografía 7

Presencia de tizón tardío en hoja tomate



Fuente: (López, 2017)

4.1.8. Taxonomía

El nombre de *Phytophthora infestans*, se deriva de las palabras griegas phyto=planta, phthora= destructor. El género *Phytophthora* pertenece al reino Cromista que agrupa más de 700 especies y al filo Oomycota el cual se caracteriza por tener zoosporas propulsadas por dos flagelos heterocontas de diferente longitud, uno tipo látigo y el otro tipo plumilla (Alarcón, 2011).

Figura 8
Clasificación taxonómica del tizón tardío

Taxonomía:	
Reino	: Cromista (grupo Estramenópila)
Phylum	: Oomycota
Clase	: Oomycete
Subclase	: Peronosporomycetidae
Orden	: Pythiales
Familia	: Phytiaceae
Género	: <i>Phytophthora</i>
Especie	: <i>infestans</i>
Nombre científico	: <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary

Fuente: (Zuñiga, Alanya, Reyes, & Ninlaya Cerrón, 2019)

4.1.9. Morfología

El micelio es cenocítico, es decir no presenta septas o tabiques que separen el micelio; los esporangios son ovoides, elipsoidales a limoniformes, ahusados en la base, caducos, con un pedicelo menor de 3 mm y semipapilados. Su tamaño varía de 36 x 22 μm a 29 x 19 μm (fotografía 1 y 2).

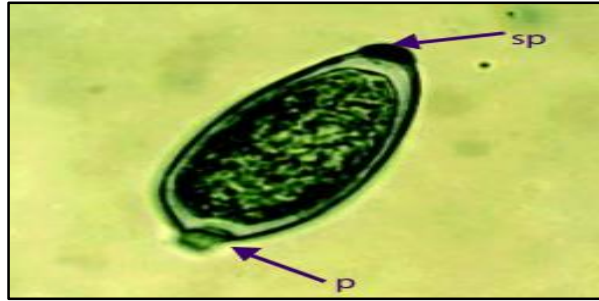
Fotografía 1
Micelio sin septas (m) y esporangios limoniformes y elipsoidales



Fuente: (Pérez & Forbes, 2008)

Fotografía 2

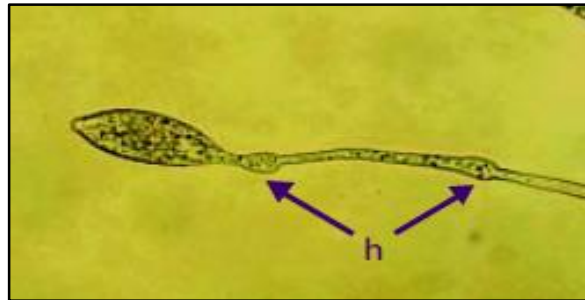
Esporangio limoniforme mostrando el pedicelo (p) y la semipapila (sp)



Fuente: (Pérez & Forbes, 2008)

Fotografía 3

Esporangióforo de crecimiento continuo mostrando los hinchamientos (h) que se forman justo debajo del esporangio



Fuente: (Pérez & Forbes, 2008)

4.1.10. Hospedantes

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

4.1.11. 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).

4.1.12. Sintomatología

En el follaje aparecen lesiones de color castaño oscuro y aspecto húmedo, que en pocos días se vuelven más claras cuando están secas. Las características más importantes de estas manchas son que comienzan por los bordes de las hojas, de forma irregular, y no respetan las nervaduras.

En condiciones de alta humedad ambiente, se hace visible la esporulación blanca del patógeno (micelio), principalmente en el envés de las hojas. Algunas veces se forma un borde amarillo pálido alrededor de la lesión de la hoja que coincide con el progreso de la enfermedad.

Los primeros síntomas se muestran como lesiones acuosas/aceitosas en las hojas que después se tornan en lesiones púrpura y marrón, seguido por la aparición de micelio (sobre todo en el reverso de la hoja). Las hojas mueren rápidamente, y no son el único órgano afectado, pues se pueden infectar tallos, brotes y frutos. El daño en los frutos es característico por tornarse color marrón, pero permanece firme a menos que organismos secundarios lo ataquen y este termine pudriéndose (Bayer, 2017).

Figura 9

Síntomas de la enfermedad



Fuente: (Burgess, 2022)

4.1.13. 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. 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 silyngae*, *Phytophthora citrícola* y *Phytophthora cinnamomi*.

4.1.14. Control de Phytophthora

Esta enfermedad puede controlarse satisfactoriamente mediante la combinación de varias medidas sanitarias, variedades resistentes y aspersiones con compuestos ecológicos y químicos aplicadas en la temporada adecuada.

4.1.15. Etiología

El agente causal de la enfermedad denominada comúnmente como tizón tardío es el chromista *Phytophthora infestans*, el micelio de este chromista produce esporangióforos ramificados indeterminados, en las puntas se forman esporangios apilados con forma de limón, los esporangios forman hinchamientos los cuales son característicos de este hongo, estos mismos germinan directamente en el tubo germinal, cada esporangio produce de 3 a 8 zoosporas las cuales se diseminan cuando se rompe la pared esporangial.

4.1.16. Desarrollo de la enfermedad

Phytophthora infestans (Mont.) de Bary, fue inicialmente descrito por Montagne en 1845 como *Botrytis infestans* y posteriormente Anton de Bary en 1876 lo identifico como *Phytophthora infestans*, fue 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 (Alarcón, 2011).

4.1.17. Reproducción

4.1.17.1. Asexual

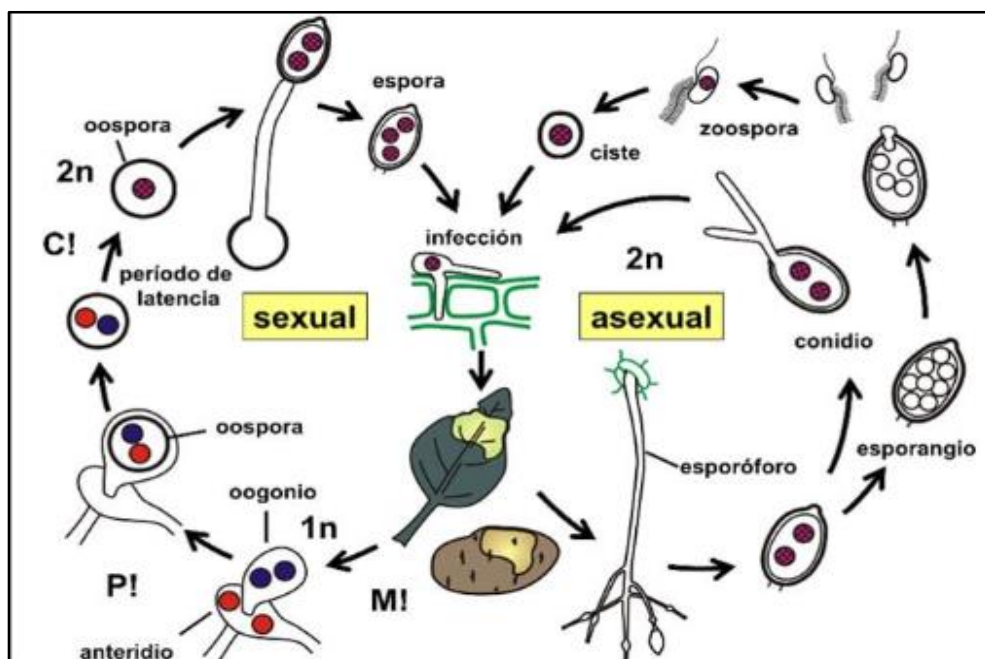
El patógeno se favorece en los ambientes fríos o húmedos, la temperatura óptima para la formación de esporas (esporulación) es de 12-18°C en ambientes de agua saturada o casi en saturación; mientras que la producción de zoosporas se favorece por debajo de los 15°C. Las zoosporas se enquistan en las superficies sólidas, toman una forma redonda y forman una pared celular, que al tener humedad desarrollan un tubo germinativo y penetran la hoja por los estomas para que la hifa ingrese directamente a través de la cutícula. La temperatura óptima de crecimiento de las lesiones es de 20-24°C. El ciclo de vida asexual del patógeno puede completarse en menos de cuatro días bajo condiciones favorables; sin embargo, los síntomas pueden ser visibles hasta el tercer o cuarto día después de la infección inicial.

4.1.17.2. Sexual

Para poder reproducirse sexualmente es necesario la presencia de los dos tipos de apareamiento (A1 y A2), ya que uno actúa como gameto femenino y el otro como gameto masculino, dando lugar a la formación de oosporas, estructuras que le permiten al patógeno subsistir en condiciones desfavorables, permanecer latentes durante largo tiempo y tener genotipos resistentes y muy agresivos. Cada tipo de apareamiento es bisexual, capaz de producir oogonios y anteridios a partir de la diferenciación de su micelio vegetativo. Ambos tipos de apareamiento son considerados grupos de compatibilidad y no formas sexuales, ya que el anteridio u oogonio de un tipo puede aparearse con el oogonio o anteridio, respectivamente, del tipo opuesto (INTAGRI, 2018).

Figura 10

Ciclo de vida de Phytophthora infestans



Fuente: (INTAGRI, 2018)

4.1.18. Ciclo biológico

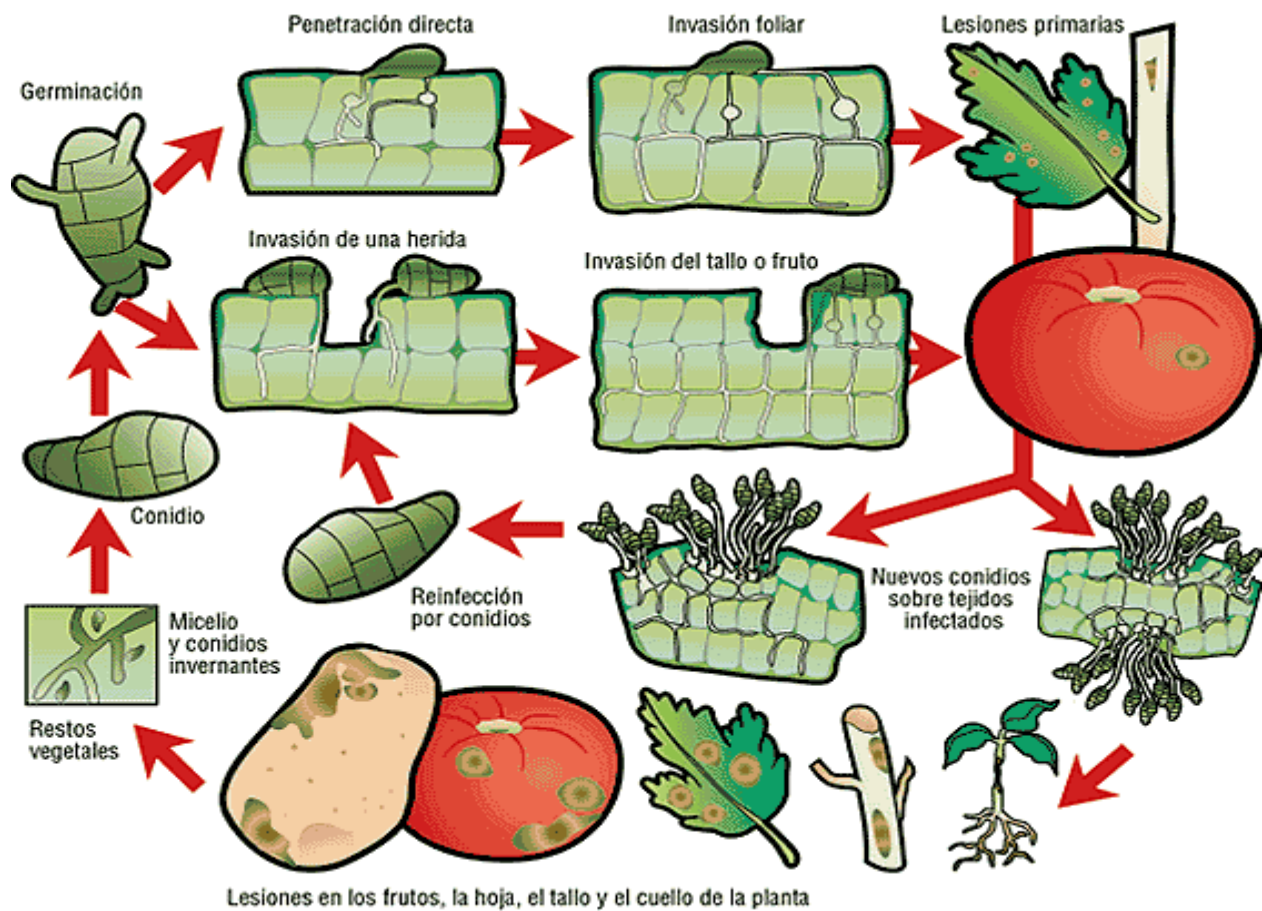
La forma en que este pseudo hongo sobrevive de un año a otro ha dado lugar a numerosas explicaciones y se han enunciado varias teorías:

- Que el micelio permanece en el suelo.
- Que el micelio permanece en el fruto de tomate enfermo.
- Que se producen esporas de permanencia, las que originan nuevas infecciones.

- Que el micelio permanece latente en la planta de tomate.
- Que el hongo fructifica 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* puede pasar de un año a otro en fruto o parte de una planta infectada de tomate.

Figura 11

Ciclo del tizón tardío



Fuente: Tizón tardío del tomate. 05/07/2019. Recuperado de: <https://enfermedadesdel tomate 1.blogspot.com/2014/12/tizon-tardio-del-tomate-phytophthora.html>.

4.1.19. 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).

4.1.20. 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).

4.1.21. 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.

4.1.22. Incidencia

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

4.1.23. Severidad

La severidad es el porcentaje de la superficie foliar muestreada que está cubierta por signos, manchas y pústulas de cada enfermedad (Agrofy News, 2023).

4.2. MARCO REFERENCIAL

4.2.1. Localización y descripción de las unidades de investigación

La investigación se realizó en cinco localidades del departamento de San Marcos, el cual es uno de los veintidós departamentos que conforman Guatemala, se encuentra situado en la región suroccidental de Guatemala.

Tabla 1

Localización de unidades experimentales

No. de parcela	Localidad	Departamento	Municipio	Comunidad	Coordenadas	Altitud MSNM
1	L1	San Marcos	Esquipulas Palo Gordo	Aldea La Esmeralda	14056'00''N 91049'00''W	2,490
2	L2	San Marcos	San Pedro Sacatepéquez	Caserío Llano Grande	14056'54.4''N 91045'17.9''W	2,150
3	L3	San Marcos	San Antonio Sacatepéquez	Aldea Las Barrancas	14058'00''N 91044'00''W	2,340
4	L4	San Marcos	San Marcos	Aldea Agua Caliente	15055'15''N 91039'13''W	2,040
5	L5	San Marcos	San Marcos	Aldea La Federación	14057'50''N 91047' 39.98''W	2,400

4.2.2. Ubicación geográfica del municipio de San Marcos

El municipio de San Marcos limita al norte con Huehuetenango, al sur con el océano Pacífico y Retalhuleu, al este con Quetzaltenango y al oeste con el estado mexicano de Chiapas. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 252 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

4.2.2.1. Extensión territorial

Su extensión territorial es de 3.791 kilómetros cuadrados.

4.2.2.2. Clima

Templado, frío.

4.2.2.3. Altitud

Se encuentra a una altura de 2,398 metros sobre el nivel del mar.

4.2.2.4. Temperatura

Generalmente varía de 4 °C a 22 °C y rara vez baja a menos de 1 °C o sube a más de 24 °C.

4.2.2.5. Precipitación pluvial

El mes con más lluvia en San Marcos es septiembre, con un promedio de 266 milímetros de lluvia. El periodo del año sin lluvia dura 2,9 meses, del 11 de diciembre al 7 de marzo. El mes con menos lluvia en San Marcos es enero, con un promedio de 4 milímetros de lluvia.

4.2.2.6. Humedad relativa

La humedad relativa media es de 75%.

4.2.2.7. Viento

La velocidad promedio del viento por hora permanece en un margen de más o menos 0.8 kilómetros por hora de 5.4 kilómetros por hora.

4.2.2.8. Zonas de vida

Este departamento por la topografía del terreno posee diversidad de climas y por ende sus zonas de vida son diversas, se identifican siete zonas de vida bien definidas:

- bs-S Bosque Seco Subtropical
- bh-S(t) Bosque Húmedo Subtropical Templado
- bh-S(c) Bosque Húmedo Subtropical Cálido
- bmh-S(c) Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido
- bh-MB Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical
- bmh-MB Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Subtropical
- bmh-M Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical

4.2.2.9. Clasificación climática

Se caracteriza por un clima generalmente templado, frío, aunque posee una variedad de climas debido a su topografía.

4.2.2.10. Periodo de cultivo

El periodo de cultivo en San Marcos normalmente dura 11 meses (330 días), desde aproximadamente el 31 de enero hasta aproximadamente el 28 de diciembre, rara vez comienza después del 26 de marzo o termina antes del 27 de noviembre.

4.2.2.11. Topografía

Las coordenadas geográficas de San Marcos son latitud: 14.964°, longitud: -91.794°, y elevación: 2,380 m. La topografía en un radio de 3 kilómetros de San Marcos tiene variaciones enormes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 622 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2,414 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (3,409 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (4,217 metros). El área en un radio de 3 kilómetros de San Marcos está cubierta de pradera (50 %), tierra de cultivo (26 %) y árboles (24 %), en un radio de 16 kilómetros de árboles (45 %) y pradera (39 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (37 %) y pradera (33 %).

4.2.3. Ubicación geográfica del municipio de Esquipulas Palo Gordo

El municipio de Esquipulas Palo Gordo se ubica a una distancia de 258 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala y a 7 de la cabecera departamental de San Marcos. La extensión territorial es de 21 kilómetros cuadrados. Colinda al norte y al este con el municipio de San Marcos, al sur con Los municipios de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez, al oeste con San Rafael Pie de la Cuesta y El Tumbador del departamento de San Marcos.

4.2.3.1. Extensión territorial

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

4.2.3.2. Clima

Frío.

4.2.3.3. Altitud

Se encuentra a una altura de 2490 metros sobre el nivel del mar.

4.2.3.4. Temperatura

La temperatura media es de 14 °C.

4.2.3.5. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial media anual es de 2138 milímetros.

4.2.3.6. Humedad relativa

La humedad relativa media es de 83%.

4.2.3.7. Viento

Se presenta en dirección de suroeste con una velocidad promedio de 9 kilómetros por hora, siendo de moderados a fuertes.

4.2.3.8. Zonas de vida

Posee bosques muy húmedos de relieve accidentado.

4.2.3.9. Clasificación climática

Se marcan dos épocas, la seca comprendida entre los meses de noviembre a abril y la lluviosa en los meses de mayo a octubre.

4.2.3.10. Periodo de cultivo

El periodo de cultivo en Esquipulas Palo Gordo normalmente dura 11 meses (329 días), desde aproximadamente el 1 de febrero hasta aproximadamente el 26 de diciembre, rara vez comienza después del 26 de marzo o termina antes del 24 de noviembre.

4.2.3.11. Topografía

La topografía en un radio de 3 kilómetros de Esquipulas Palo Gordo tiene variaciones extremas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 1042 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2546 metros. En un radio de 16 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (3,563 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (4217 metros). El área en un radio de 3 kilómetros de Esquipulas Palo Gordo está cubierta de pradera (43 %), árboles (34 %) y tierra de cultivo (24 %), en un radio de 16 kilómetros de árboles (56 %) y pradera (29 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (36 %) y pradera (33 %).

4.2.4. Ubicación geográfica del caserío Llano Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez

Caserío Llano Grande está ubicado en la parte suroccidental del municipio de San Pedro Sacatepéquez, del departamento de San Marcos. El mismo está a una distancia de 6 kilómetros de la cabecera municipal del municipio de San Pedro Sacatepéquez, a 7 kilómetros de la cabecera departamental de San Marcos y a una distancia de 257 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala. El caserío limita al norte con el cantón los Jazmines y aldea San Isidro Chamac, al sur con la aldea Las Barrancas y el caserío Nueva Reforma de la aldea Champollap, al oeste con la aldea Champollap y caserío las Guayabas y al este con la aldea Candelaria Siquival del municipio de San Antonio Sacatepéquez. La localidad está ubicada a 2150 msnm.

4.2.4.1. Clima

Templado.

4.2.4.2. Altitud

Se encuentra a una altura de 1960 metros sobre el nivel del mar.

4.2.4.3. Temperatura

La temperatura media es de 16 °C.

4.2.4.4. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial media anual es de 1286.86 milímetros.

4.2.4.5. Humedad relativa

La humedad relativa media es de 60%.

4.2.4.6. Viento

La velocidad promedio del viento por hora en San Pedro Sacatepéquez no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0.8 kilómetros por hora de 5.4 kilómetros por hora.

4.2.4.7. Periodo del cultivo

El periodo de cultivo en San Pedro Sacatepéquez normalmente dura 11 meses (337 días), desde aproximadamente el 29 de enero hasta aproximadamente el 1 de enero, rara vez comienza después del 19 de marzo o termina antes del 3 de diciembre.

4.2.4.8. Topografía

La topografía en un radio de 3 kilómetros de San Pedro Sacatepéquez tiene variaciones enormes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 934 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2357 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (2907 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (4217 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de San Pedro Sacatepéquez está cubierta de pradera (40 %), árboles (30 %) y tierra de cultivo (30 %), en un radio de 16 kilómetros de pradera (43 %) y árboles (41 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (38 %) y pradera (34 %).

4.2.5. Ubicación geográfica del caserío Las Barrancas del municipio de San Antonio Sacatepéquez

Aldea las Barrancas del municipio San Antonio Sacatepéquez se encuentra a 239 kilómetros de la capital de Guatemala en carretera Interamericana. A 38 kilómetros de la cabecera departamental de Quetzaltenango. A escasos 10 kilómetros del departamento de San Marcos al que pertenece.

4.2.5.1. Clima

Templado una temperatura máxima es de 24°C y la mínima es de 15°C calculando una temperatura media de 20°C durante todo el año.

4.2.5.2. Altitud

Se encuentra a una altura de 1965 metros sobre el nivel del mar.

4.2.5.3. Temperatura

La temperatura media es de 22⁰C.

4.2.5.4. Precipitación pluvial

La precipitación pluvial media anual es de 1300 milímetros.

4.2.5.5. Humedad relativa

La humedad relativa promedio es 85%.

4.2.5.6. Viento

La velocidad promedio del viento por hora en San Antonio Sacatepéquez no varía considerablemente durante el año y permanece en un margen de más o menos 0.7 kilómetros por hora de 5.4 kilómetros por hora.

4.2.5.7. Zonas de vida

- bh-S(t) Bosque Húmedo Subtropical Templado.
- bmh-M Bosque Muy Húmedo Montano Subtropical.

4.2.4.9. Clasificación climática

Templado.

4.2.5.8. Periodo del cultivo

El periodo de cultivo en San Antonio Sacatepéquez normalmente dura 11 meses (337 días), desde aproximadamente el 29 de enero hasta aproximadamente el 1 de enero, rara vez comienza después del 20 de marzo o termina antes del 4 de diciembre.

4.2.5.9. Topografía

La topografía en un radio de 3 kilómetros de San Antonio Sacatepéquez tiene variaciones enormes de altitud, con un cambio máximo de altitud de 920 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2533 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene variaciones enormes de altitud (2631 metros). En un radio de 80 kilómetros también contiene variaciones extremas de altitud (4217 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de San Antonio Sacatepéquez está cubierta de pradera (46 %), árboles (29 %) y tierra de cultivo (25 %), en un radio de 16 kilómetros de pradera (47 %) y árboles (36 %) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (38 %) y pradera (35 %).

4.2.6. Ubicación geográfica de aldea Agua caliente

Aldea Agua Caliente limita al noroeste con aldea Mavil, al noreste con el caserío El Paraíso, al suroeste con San Pedro Petz y al sur con San Cristóbal Cucho. La localidad está ubicada a 2040 msnm.

4.2.6.1. Clima

Templado.

4.2.6.2. Altitud

Se encuentra a una altura de 2040 metros sobre el nivel del mar.

4.2.6.3. Temperatura

La temperatura media es de 25^{0c}.

4.2.7. Ubicación geográfica de aldea La Federación

Aldea La Federación se encuentra situada al suroeste de la cabecera departamental de San Marcos, colinda al sur con Las Lagunas y al norte con aldea El Rincón.

4.2.7.1. Clima

Templado, Frío.

4.2.7.2. Altitud

Se encuentra a una altura de 2400 metros sobre el nivel del mar.

4.2.8. Uso del suelo en el Municipio de San Marcos

El municipio se asienta sobre terrenos volcánicos pertenecientes a la unidad fisiográfica de las tierras altas volcánicas, que muestra cierto grado de variabilidad. En su gran mayoría se trata de suelos poco profundos, con fertilidad media o escasa y una textura del horizonte superior del tipo franco arenosa suelta. La capacidad de uso del suelo en San Marcos es, principalmente forestal. En las zonas de mayor pendiente, la capacidad de uso es forestal de protección. Lo anterior se refleja en el actual uso de suelo en el municipio de San Marcos el cual está distribuido en Agrícola 28.8%, forestal 58.5%, pastos 6% y otros usos 6.7% (Rodríguez, 2016).

4.2.9. Antecedentes del uso de la solución mineral Bioviagra

En el año 2021, se formuló y aplicó al cultivo de tomate bajo condiciones protegidas en la región occidental del Guatemala, por el Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón.

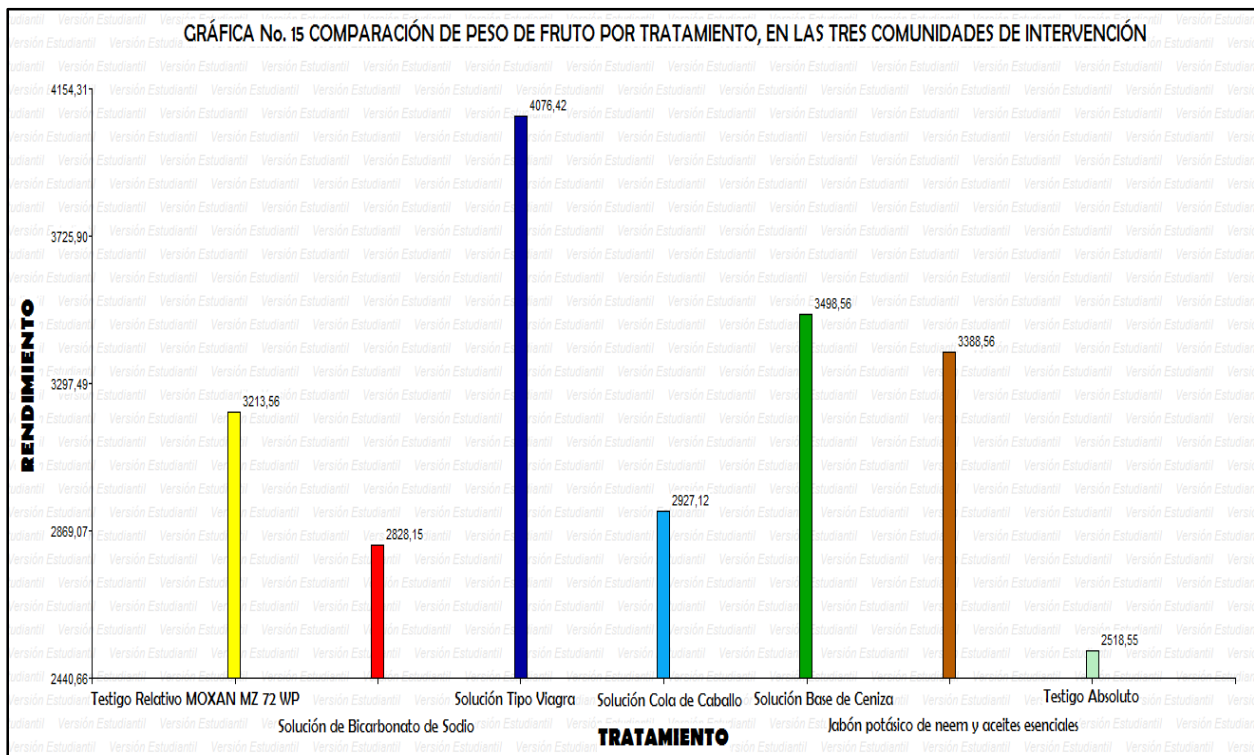
En el año 2022 la solución mineral Bioviagra se utilizó como tratamiento en investigación experimental en el proyecto de generación del CRIA-IICA denominado como “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos, para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad Montelimar, en tres localidades de San Marcos”.

Como resultados de la investigación se determinó que el porcentaje de incidencia para la solución mineral Bioviagra fue del 14.40% (14.7 plantas infectadas de un total de 105 plantas analizadas) el comportamiento de la severidad de acuerdo al 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 a los demás tratamientos, teniendo como resultado una producción de 4076.42 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 a los demás tratamientos, por cada Q. 01.00 invertido la solución mineral generó una ganancia de Q. 00.82 centavos.

Figura 12
Rendimiento de la solución mineral Bioviagra obtenido en el proyecto “Evaluación de tres soluciones minerales y dos productos botánicos para el control del tizón tardío” en cultivo de tomate



Fuente: (Velásquez & Díaz, 2022)

V. OBJETIVOS

5.1. General

- a) Evaluar 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 departamento de San Marcos.

5.2. Específicos

- a) Determinar la incidencia y severidad del tizón tardío, mediante la aplicación de la solución mineral Bioviagra.
- b) Determinar el rendimiento obtenido mediante la aplicación de la solución mineral Bioviagra.
- c) Determinar la rentabilidad de la solución mineral Bioviagra, por medio de un análisis económico en su aplicación para la producción del cultivo de tomate.

VI. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis alterna (Ha)

Ha₁) La aplicación de la solución mineral Bioviagra, reducirá estadísticamente el nivel de incidencia y severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas, en comparación al testigo utilizado.

Ha₂) La aplicación de la solución mineral Bioviagra, incrementará estadísticamente el rendimiento del tomate, en comparación al testigo utilizado.

Ha₃) La aplicación de la solución mineral Bioviagra, incrementará estadísticamente la rentabilidad del tomate, en comparación al testigo utilizado.

6.2. Hipótesis nula (Ho)

Ho₁) La aplicación de la solución mineral Bioviagra, no reducirá estadísticamente el nivel de incidencia y severidad del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo condiciones protegidas, en comparación al testigo utilizado.

Ho₂) La aplicación de la solución mineral Bioviagra, no incrementará estadísticamente el rendimiento del tomate, en comparación al testigo utilizado.

Ho₃) La aplicación de la solución mineral Bioviagra, no incrementará estadísticamente la rentabilidad del tomate, en comparación al testigo utilizado.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales, Insumos, Herramientas y Recursos

Los materiales, insumos y herramientas fueron gestionados a través de los recursos financieros del programa CRIA-IICA, a cada productor se le brindo lo solicitado para el correcto desarrollo de la investigación.

Tabla 2

Descripción de materiales, insumos, herramientas y recursos

Materiales	Insumos	Herramientas	Recursos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mulch plástico ➤ Cinta de goteo ➤ Nylon para invernadero ➤ Lapicero ➤ Libreta de campo ➤ Colador ➤ Recipiente plástico ➤ Alambre galvanizado ➤ Malla antiáfidos ➤ Rótulos ➤ Galones plásticos ➤ Pita 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Azufre ➤ Cal Viva ➤ Sal mineral para bovinos ➤ Polvo de roca ➤ Agua ➤ Combustible ➤ Análisis fitopatológico 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Azadón ➤ Bomba de mochila (16 litros) ➤ Metro ➤ Cuchillo ➤ Machete ➤ Pala ➤ Martillo ➤ Balanza ➤ Cubeta ➤ Calculadora ➤ Termohigrómetro ➤ Tijera podadora 	<p>Humanos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Supervisor de proyecto ➤ Asesores de proyecto ➤ Comisión de Tesis ➤ Tesista IAOAS ➤ Jornales <p>Financieros</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Programa CRIA-IICA ➤ Tesista IAOAS <p>Institucionales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Centro Universitario de San Marcos ➤ Programa CRIA-IICA

7.2. Material Experimental

7.2.1. Descripción de híbridos de tomate utilizados en las localidades de investigación

7.2.1.1. Retana F1

Hibrido determinado, excelente firmeza, alto rendimiento, 80% fruto de primera, fruto alargado, la planta tiene muy buen vigor, buena cobertura foliar, productividad alta con un rendimiento promedio de 3,300 cajas por manzana, con resistencia al virus del mosaico (ToMV), fusarium oxysporum (Fol:1,2) virus bronceado del tomate (TSWV).

7.2.1.2. Montelimar F1

Planta indeterminada, muy vigorosa y de follaje sano. Produce racimos con frutos bien estructurados de forma alargada. Frutos muy firmes de color rojo brillante y muy lisos de pared gruesa, muy llenos con excelente vida de anaquel, con resistencia al virus del mosaico (ToMV), fusarium oxysporum (Fol:1,2,3) mancha gris de la hoja (SS), verticillium (Va).

7.2.1.3. Toliman F1

De follaje vigoroso con buena sanidad de campo y excelente ramificación, extraordinaria cantidad de frutos por planta de buen tamaño durante toda la cosecha, de forma alargada muy firmes de color rojo profundo, brillante y muy lisos, de pared gruesa, muy llenos y pesados. Excelente vida de anaquel, con resistencia a fusarium oxysporum (Fol:1,2), mancha gris de la hoja (SS), virus del mosaico (ToMV), verticillium (Va).

7.2.2. Solución mineral Bioviagra

Es una solución mineral antifúngica y fertilizante ya que contiene elementos que ayudan a la nutrición de la planta, la función principal es actuar como fungicida sistémico, de efecto preventivo y curativo, esta formulado por: cal viva, azufre molido, sal mineral para bovinos, polvo de roca y agua.

Tabla 3*Formulación de solución mineral 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

Fuente: (Velásquez & Díaz, 2022)

En la tabla número 2 de la página 31, 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, los materiales y cantidades representadas fueron utilizadas como tratamiento en investigación experimental del programa CRIA e IICA, por los investigadores 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.

7.2.3. Preparación

- Se utilizó una olla con capacidad superior a la de la formulación, la olla se colocó al aire libre y debajo de la misma se preparó una fuente de calor con leña.
- Se colocaron 16 litros de agua dentro de la olla, se inició con el proceso de calentamiento, hasta que el agua inició su proceso de ebullición y se observó agitación de la misma, se agregaron los materiales.
- Se añadió primero la cal, luego el azufre, luego la sal mineral para bovinos y por último el polvo de roca, se compensó la pérdida de agua por evaporación, agregando en la olla 1 litro de agua adicional.
- Se mezclaron los materiales sin dejar grumos, con ayuda de una paleta, se agitó periódicamente cada 5 minutos y se mantuvo la mezcla hirviendo durante 20 minutos hasta que la solución tomó un color ladrillo.
- Se dejó enfriar el producto durante 24 horas.
- Se utilizó solamente la parte líquida de la solución, se hizo el proceso de percolación con el líquido y se añadió a un recipiente plástico con la capacidad requerida, se dejó en un lugar fresco y oscuro.

Fotografía 4

Preparación del Bioviagra,



Fuente: (Velásquez & Díaz, 2022)

7.2.4. Forma de aplicación

- Se aplicó 250 centímetros cúbicos (10 copas de 25cc) de la solución, por bomba de agua de mochila, con capacidad de 16 litros de agua, se mezcló bien para que este homogéneo.
- La aplicación se realizó en las horas más frescas de la mañana.
- La aplicación se hizo al suelo y follaje, dejando un intervalo de 6 días, iniciando después de los 15 días de siembra, durante todo el ciclo productivo de la planta de tomate.
- La dosificación puede ir de acuerdo a la etapa fenológica de la planta de tomate. (Velásquez & Díaz, 2022).

Fotografía 5

Aplicación de la solución mineral Bioviagra



Fuente: (Velásquez & Díaz, 2022)

7.2.5. Informe de resultados de análisis de solución

El informe de análisis de la solución fue realizado en el año 2022, como parte de la investigación “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”.

Figura 13

Contenido nutricional de solución mineral Bioviagra



Fuente: (SUPLA Laboratorio de Suelo Planta y Agua, 2022)

- **Elementos expresados en porcentaje**

Nitrógeno: **0.03%**, fósforo: **0.03%**, potasio: **8.19%**, calcio: **20.01%**, magnesio: **0.01%**.

- **Partes por millón**

Sodio: **2244.5 ppm**, cobre: **8.5 ppm**, hierro: **31.5 ppm**, zinc: **135 ppm**, manganeso: **0 ppm**.

7.2.3. Información del contenido nutricional de la solución

7.2.3.1.1. 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 (Acosta, 2021).

7.2.3.1.2. 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 (INTAGRI, 2017).

7.2.3.1.3. 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. Forman parte de enzimas o son activadores enzimáticos.

7.2.3.1.4. 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 (INTA & López, 2017).

7.2.3.1.5. Magnesio

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 (K+S Minerals and Agriculture, 2019).

7.2.3.1.6. 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 (Gonzales, 2020).

7.2.3.1.7. 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.

7.2.3.1.8. Zinc

Se asocia como función de regulador de crecimiento, influye en la elongación de entrenudos, además de estar involucrado en reacciones enzimáticas. Promueve un buen crecimiento de los brotes y el crecimiento vegetativo.

7.3. MÉTODOS

Se utilizaron los siguientes métodos durante toda la etapa del desarrollo de la investigación.

7.3.1. Método Inductivo

Se aplicó como partida general de acuerdo al pensamiento o razonamiento en una forma de hipótesis que a partir del problema planteado surgió la posibilidad de dar conclusión de acuerdo a la probabilidad, tendencia o posibilidad a través del estudio.

7.3.2. Método Deductivo

Se desarrolló de acuerdo a la particularidad de los datos o elementos individuales que conformaron la investigación, el pensamiento o razonamiento que forma parte de la hipótesis, se sintetizó y se llegó a un enunciado final.

7.3.3. Método Analógico

Se hizo de acuerdo a la experiencia directa y lógica empírica de la investigación, mediante informes estadísticos, temáticos y fundamentos racionales normados por proposiciones afirmativas según evidencias resultantes en el estudio.

7.3.4. Método Descriptivo

Este método se basó en la utilización del lenguaje verbal, observación y encuestas, este método fue cualitativo y cuantitativo según lo requirió la investigación.

7.3.5. Método Experimental

Consistió en la observación, manipulación y registro de las variables dependientes e independientes que afectaron el objeto de estudio.

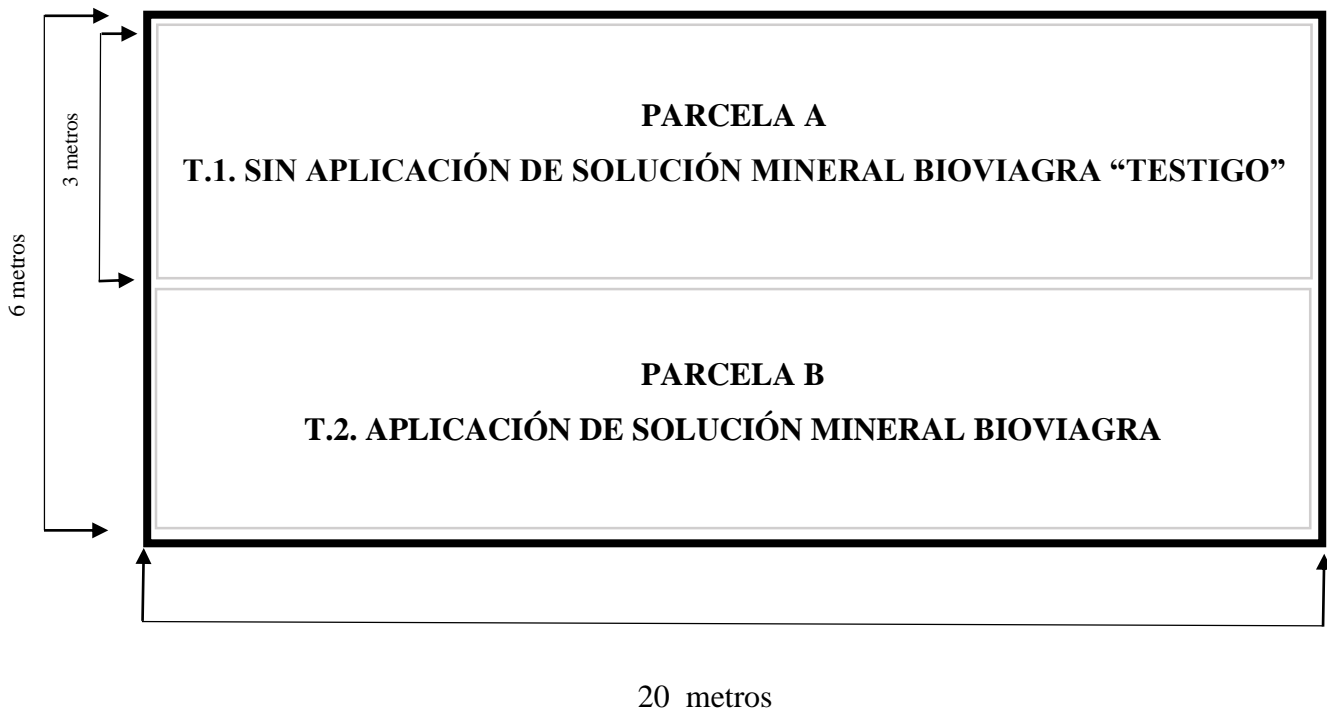
VIII. DISEÑO EXPERIMENTAL

8.1. Diseño experimental de investigación

El diseño experimental que se utilizó fue el de parcelas pareadas, el cual se utiliza cuando se tienen dos tratamientos para confrontar de acuerdo a la investigación se comparó la tecnología o fungicida que el agricultor utiliza frente a la solución mineral a evaluar, dividiendo la parcela dependiendo de la densidad y distancia de siembra, que el agricultor implementó en su área productiva de trabajo.

8.2. Descripción de la unidad experimental

Las cinco unidades experimentales de la investigación, estuvieron constituidas de acuerdo al área dimensional que comúnmente construyen los productores de tomate, 6 metros de ancho por 20 metros de largo (120 metros cuadrados).



8.3. Modelo estadístico

T Student para muestras dependientes

$$t = d/Sd$$

Dónde:

t = valor de t de Student

d = promedio de las diferencias de incidencia, severidad y rendimiento entre el Testigo y el Bioviagra

Sd = error estándar de las medias de las diferencias

8.4. Tratamiento

El tratamiento que se utilizó fue la solución mineral Bioviagra, la cual se evaluó como control del tizón tardío en el cultivo de tomate.

Tabla 4

Descripción de tratamientos para aplicación en el cultivo de Tomate

Tratamiento	Fungicida a aplicar	Dosis para 16 litros de agua	Frecuencia de aplicación	Organismo a controlar	Método de aplicación
T1	Testigo	Tecnología o fungicida de control de tizón tardío que el productor ejerce			
T2	Solución Mineral Bioviagra	250 centímetros cúbicos (10 copas “25 cc”, dosis de acuerdo a la etapa fenológica de la planta, esta relación se hace conforme a la cantidad de litros agua a utilizar)	- 15 días después del trasplante - Intervalo de 6 días - Durante el ciclo productivo de la planta	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary	Suelo y Foliar

8.5. Variables de respuesta

Tabla 5

Descripción de variables de respuesta

Variable	Indicador	Métodos, Técnicas e Instrumentos de recolección de información
Independiente	Dosis y frecuencia de la solución mineral Bioviagra	La determinación de eficiencia se basa en las variables dependientes.
Dependiente	Incidencia	Método científico a través de la observación sistemática regulada y controlada de datos, la toma de datos se efectuó de forma manual, contabilizando las plantas afectadas por el tizón tardío, en el anexo 2 se encuentra la tabla de registro.
	Severidad	Método científico a través observación y como instrumento la escala diagramática y clave de campo, que nos permitió evaluar el porcentaje de área afectada de la planta en el anexo 3 y 4 se encuentra la tabla de registro. La severidad se determinó por parcela neta.
	Rendimiento	Esta variable se determinó mediante el peso y diámetro de fruto, los datos están convertidos en kg/ha, en el anexo 5 se encuentra la tabla de registro, se analizaron los primeros 5 cortes de fruto.
	Rentabilidad	El análisis de esta variable se realizó según el parámetro económico del CIMMYT.

8.6. Metodología de las variables de respuesta

La selección de plantas para la recolección de datos de las variables de respuesta, se determinó de acuerdo a la cantidad de plantas encontradas en la parcela A y B utilizando la fórmula para cálculo de muestra finita o conocida $n = \frac{Z^2 pq N}{e^2(N-1) + Z^2 pq}$ en donde N=Población, p=Probabilidad a favor, q=Probabilidad en contra, Z=Nivel de confianza, e=Error muestra, se contempló para ambas parcelas el efecto de borde, a continuación se desarrolla la fórmula:

$$n = \frac{1.64^2 * 0.5 * 0.5 * 162}{0.10^2(162-1) + 1.64^2 * 0.50 * 0.50} = \frac{108.9288}{2.2824} = 48, \text{ el total de plantas muestreadas fueron 48 como lo}$$

indica el resultado del desarrollo de la fórmula para cálculo de muestra finita.

8.6.1. Incidencia

La incidencia se expresa en porcentaje, para esto, se debe de contar el número de plantas dañadas o infectadas por el patógeno, dividido el número total de plantas por unidad experimental y se multiplica por 100, con los datos obtenidos se realizó una media de los resultados, para determinar cuál de los dos tratamientos realizó un mejor control del patógeno, haciendo las lecturas a los 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 y 150 días después del trasplante, los resultados finales fueron transformados en Arco Seno y tabulados en el software estadístico InfoStat (Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina y el programa de Microsoft Excel.

El porcentaje de incidencia se obtiene a través de la siguiente ecuación:

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

Donde

I= incidencia

n= cantidad de plantas afectadas

N= Total de plantas

8.6.2. Severidad

Para interpretar la severidad de la infección del tizón tardío en hojas, se tomaron las plantas de la parcela neta y se determinó el porcentaje de área afectada utilizando la escala diagramática propuesta por James Clive en 1977, donde se describe el grado de ataque que produce el tizón tardío en la planta, se describió a través de la clave de campo, la naturaleza de la infección de acuerdo al porcentaje de severidad que la parcela neta presentaba, en el anexo 4 y 5 encontramos el cuadro de registro, escala diagramática y la clave de campo, las lecturas se hicieron a los 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135 y 150 días después del trasplante, para identificar cual fue la tendencia o hacia dónde se inclinó o agrupo el conjunto de datos del comportamiento de severidad de tizón tardío se utilizó la Moda, la cual nos indica el número que más se repite, se utilizó como parte de las medidas de tendencia central.

8.6.3. Rendimiento

Se determinó de acuerdo a el peso y diámetro del fruto, los datos están expresados en kg/ha, se clasifco el tomate según su categoría, siendo estas determinadas por modelos dictaminados por su calibre normados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.

Tabla 6

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

Fuente: Valores y estándares según el ICTA

8.6.4. Rentabilidad

Los resultados obtenidos durante el experimento se sometieron a un análisis económico, para determinar la rentabilidad de cada uno de los tratamientos. Según (CIMMYT, 1988) es esencial realizar un análisis económico a los resultados, este análisis nos ayudó a considerar cada punto de vista del agricultor de los tratamientos. Las fases para la elaboración del análisis económico fueron las siguientes:

8.6.4.1. Presupuestos parciales

Se calculó de acuerdo al procedimiento siguiente:

- a) **Rendimientos medios:** los rendimientos medios que se utilizaron fueron proporcionados por el análisis estadístico de rendimiento.
- b) **Rendimientos ajustados:** los rendimientos ajustados expresaron en porcentaje las pérdidas que tuvieron los agricultores al aplicar la nueva tecnología, se optó por hacer el ajuste de rendimiento debido al manejo agronómico que cada productor ejerció en su parcela, así como también porque, cada productor sembró diferentes híbridos de tomate y el distanciamiento fue distinto por ende se tenía mayor densidad de plantas en una localidad y otra, por lo anterior descrito se ajustaron los rendimientos reduciéndolos un 10% asumiendo que es lo que podría reducirse en el rendimiento al no tener acompañamiento técnico.
- c) **Precio de campo del producto:** se estableció tomando el precio que el agricultor recibe por kg de tomate al momento de su venta, restándole los costos de cosecha y transporte para la comercialización.
- d) **Beneficio bruto de campo:** es lo que percibe el agricultor por la venta de su producto. Se estableció multiplicando el precio de campo por los rendimientos ajustados.
- e) **Costos que varían:** estos se calcularan tomando en cuenta los costos que difieren de un tratamiento a otro. Para actividades que el agricultor realizó se calcularon a través de costos de oportunidad, ya que el agricultor deja de percibir otros ingresos por realizar trabajo en su parcela, por lo tanto, esto tiene un costo.
- f) **Beneficios netos:** los beneficios netos se determinarán por medio de restarle los costos que varían a los beneficios brutos.

8.6.4.2. Análisis marginal

El análisis marginal se calculó de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a) **Análisis de dominancia:** a través del análisis de dominancia se establecieron los tratamientos dominados. Un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios menores o iguales a otro tratamiento de costos que varían más bajos.
- b) **Curva de beneficios netos:** se realizó para determinar las diferencias existentes entre los tratamientos que no serán dominados.

- c) **Análisis de costo-beneficio:** fue basado en el principio de detectar que tratamiento obtuvo los mayores y mejores resultados al menor esfuerzo invertido, así como también se midió la relación que existió entre los costos de la investigación y los beneficios que estos otorgaron.

8.7. Manejo del experimento

Cada una de las unidades experimentales estuvieron manejadas agronómicamente por el agricultor, bajo sus criterios, condiciones económicas y ambientales, costumbres y tradiciones que ejerce comúnmente, el investigador se encargó de guiar el experimento de acuerdo al presente plan de trabajo escrito, así como también estuvo presente en todo el ciclo productivo del cultivo de tomate según la variedad, con el fin de ejercer los métodos antes mencionados y recopilar la información de resultados de acuerdo a las variables de respuesta.

IX. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados combinados de las cinco localidades obtenidos en la evaluación de la solución mineral Bioviagra, las variables evaluadas fueron: Incidencia, Severidad, Rendimiento y Rentabilidad, los datos obtenidos en porcentaje de incidencia y severidad fueron transformados en arco seno $\sqrt{\frac{y}{100}} \text{ sen}^{-1}$ para su análisis en el software estadístico InfoStat, se aplicó la función de microsoft excel redondear, para establecer un número con decimales a un número entero, las plantas muestreadas por parcela neta fueron 48 por cada tratamiento, este número fue determinado por la fórmula de muestreo finita.

Para los valores estadísticos con número 0, se hizo modificación sustituyéndolo por una unidad para su correcta transformación, se utilizó el análisis de T Student para muestras dependientes. Para la variable incidencia, los datos estadísticos ingresados en el software InfoStat fueron los transformados en arco seno, para la variable severidad, se utilizó la moda como medida de tendencia central, esta fue determinada por parcela neta mediante un análisis cuantitativo y cualitativo, basándose en la escala diagramática y clave de campo de estimación de ataque de tizón tardío, para la variable rendimiento los datos estadísticos utilizados están expresados en kg/ha de tomate cosechado por localidad, los resultados obtenidos corresponden solamente a frutos cosechados en los primeros 5 cortes del ciclo productivo de la planta. La variable rentabilidad se efectuó según el manual metodológico de evaluación económica propuesto por el CIMMYT.

La investigación se efectuó en los meses de julio a noviembre del año 2023, temporada lluviosa, en donde las condiciones ambientales de precipitación, temperatura y humedad relativa, favorecieron el desarrollo del patógeno, para ello se determinaron promedios semanales de estos factores, mediante el uso del termohigrómetro. Los resultados a continuación se muestran en combinación de datos de las cinco localidades de acuerdo a las medias estadísticas obtenidas, en donde de manera general se estableció la efectividad de la solución mineral Bioviagra en cuanto a las variables de respuesta. Los resultados obtenidos, fueron diferentes en cada una de las localidades, esto debido a el manejo agronómico y experiencia agronómica que el agricultor aplicó, cada uno de ellos trabajo de acuerdo a sus criterios, condiciones socioeconómicas.

9.1. Combinación de resultados de las cinco comunidades de intervención

9.1.1. Incidencia

Cuadro 1

Combinación de datos estadísticos de incidencia de tizón tardío

MES	DÍAS	PORCENTAJE DE INCIDENCIA											
		T1 TESTIGO						T2 BIOVIAGRA					
		L1	L2	L3	L4	L5	PROMEDIO	L1	L2	L3	L4	L5	PROMEDIO
JULIO	30	2%	1%	4%	1%	6%	3%	1%	4%	13%	1%	5%	5%
AGOSTO	45	8%	8%	8%	29%	25%	16%	4%	10%	13%	25%	27%	16%
	60	13%	13%	8%	33%	38%	21%	8%	17%	19%	29%	35%	22%
SEPTIEMBRE	75	13%	25%	17%	38%	38%	26%	8%	19%	23%	35%	39%	25%
	90	13%	31%	21%	40%	50%	31%	17%	23%	25%	38%	44%	30%
OCTUBRE	105	17%	31%	29%	44%	54%	35%	18%	37%	34%	44%	50%	37%
	120	21%	35%	33%	48%	54%	38%	23%	40%	42%	46%	54%	41%
NOVIEMBRE	135	25%	40%	40%	48%	58%	42%	25%	46%	48%	48%	56%	45%
	150	29%	44%	46%	54%	65%	48%	29%	50%	52%	50%	58%	48%
PROMEDIO POR LOCALIDAD		16%	25%	23%	37%	43%	29%	15%	27%	30%	35%	41%	30%
ARCO SENO		23.57	29.99	28.65	37.46	40.97		22.78	31.30	33.21	36.27	39.81	

Se denota, que ninguno de los tratamientos logro evitar el desarrollo del patógeno, sin embargo, los tratamientos lograron un control aceptable sobre la enfermedad del tizón tardío, a pesar del comportamiento progresivo del pseudohongo, el Testigo registró un porcentaje de incidencia promedio de 29% (13.92 plantas infectadas) y el Bioviagra registro 30% (14.4 plantas infectadas) de las 48 plantas muestreadas en ambos tratamientos.

Los registros de aumento de infección en todas las localidades, se observan que empiezan a partir de los 90 días después del trasplante, con un porcentaje del 31% (14.88 plantas infectadas) para el Testigo y un porcentaje del 30% (14.4 plantas infectadas) para el Bioviagra, a los 150 días se enmarca el porcentaje de incidencia promedio más alto, siendo este del 48% para ambos tratamientos (23.04 plantas infectadas).

Los porcentajes de incidencia promedio más altos se observan en aldea La Federación con 43% (20.64 plantas infectadas) para el Testigo y 41% (19.68 plantas infectadas) para el Bioviagra.

Cada uno de los porcentajes de incidencia promedio por localidad, se observan en el cuadro número 1, así como también el porcentaje de incidencia promedio de, días después de la siembra.

Cuadro 2

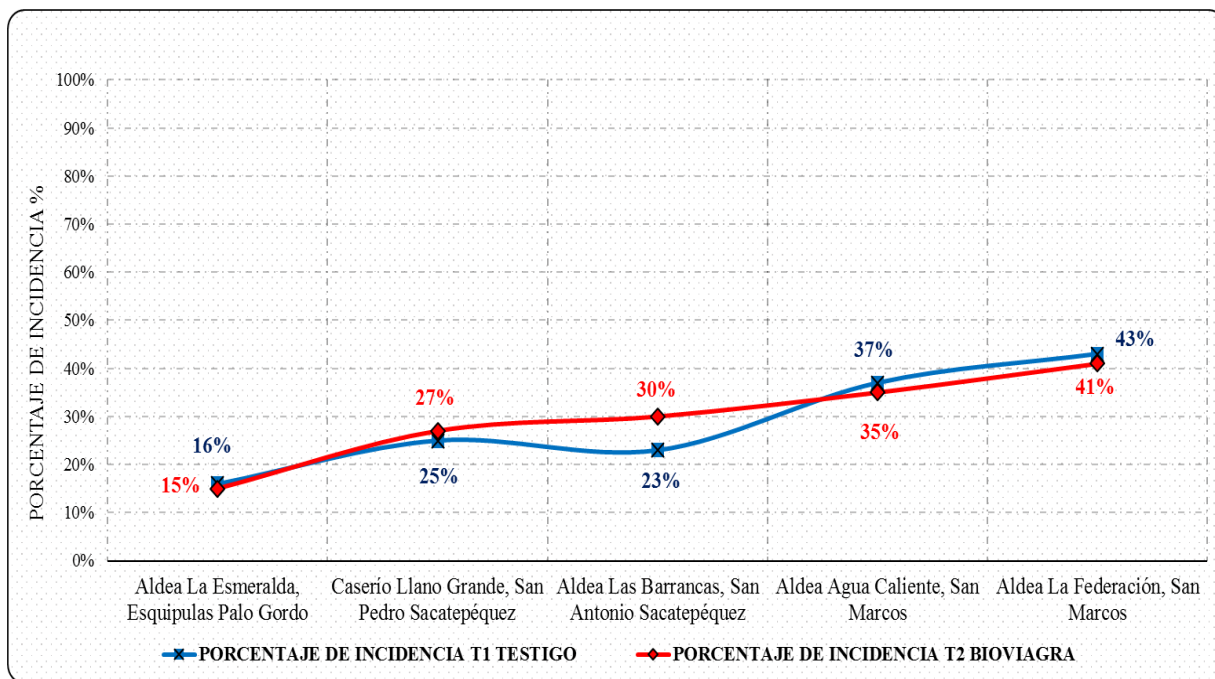
Análisis T de Student para muestras dependientes, para la variable incidencia del patógeno sobre las plantas de tomate, entre tratamientos, en las cinco localidades de intervención, datos utilizados en Arco Seno

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	T	Bilateral
INCIDENCIA T1 TESTIGO	INCIDENCIA T2 BIOVIAGRA	5	-0,54	32,14	32,68	2,47	-0,49	0,6488

Se determina mediante el análisis estadístico de la prueba T de Student para muestras dependientes, que no existe diferencia significativa para la variable incidencia de tizón tardío, (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) entre tratamientos de las 5 localidades de intervención según el valor Bilateral 0.6488.

Gráfica 1

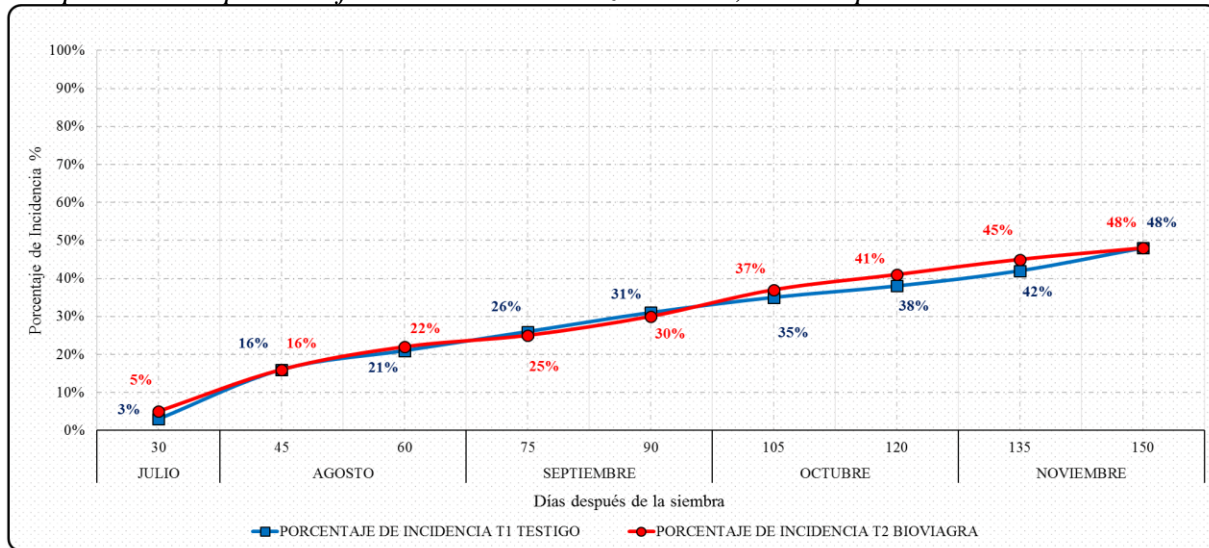
Comparación de porcentaje de incidencia de tizón tardío entre tratamientos



Los porcentajes más bajos de incidencia promedio de tizón tardío, los registra la localidad aldea la Esmeralda del municipio de San Marcos, teniendo un 16% para el Testigo correspondiente a 7.68 planta infectadas y para el Bioviagra un 15% correspondiente a 7.2 plantas infectadas de las 48 analizadas por tratamiento, los porcentajes de incidencia entre parcelas experimentales son parecidos entre tratamiento, más no así, entre localidades.

Gráfica 2

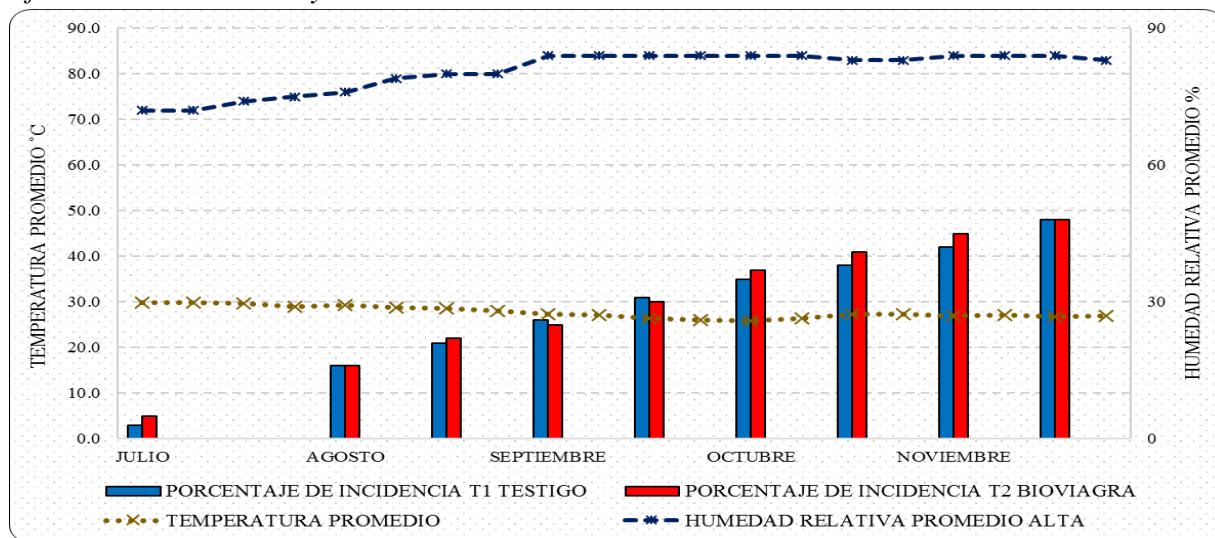
Comparación de porcentaje de incidencia de tizón tardío, días después de la siembra



La enfermedad se desarrolla de manera progresiva y ascendente, iniciando la infección en mayor porcentaje de incidencia en la etapa de floración y fructificación, según la gráfica número 2 se enmarca a los 90 días después de la siembra el aumento de plantas infectadas por el patógeno.

Gráfica 3

Efectos del microclima y su relación con el tizón tardío entre tratamientos



Se observa que cuando la temperatura disminuyó a partir de la primera semana del mes de septiembre la humedad relativa aumentó, con temperaturas promedio que van de 23.3^oC a 29.9^oC (7.2^oC temperatura mínima) y humedad relativa alta con valores promedio del 72% al 85%. Estos parámetros hicieron que el patógeno obtuviera condiciones ambientales para el apareamiento y esparcimiento, infectando las plantas del cultivo de tomate de forma progresiva.

9.1.2. Severidad

Cuadro 3

Combinación de datos estadísticos de severidad de tizón tardío

		PORCENTAJE DE SEVERIDAD											
MES	DÍAS	T1 TESTIGO						T2 BIOVIAGRA					
		L1	L2	L3	L4	L5	MODA	L1	L2	L3	L4	L5	MODA
JULIO	30	1%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	1%	1%	0%	1%	1%
	45	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	10%	1%	10%	1%
AGOSTO	60	10%	1%	10%	1%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
	75	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	25%	10%
SEPTIEMBRE	90	10%	10%	10%	10%	25%	10%	10%	10%	25%	25%	25%	10%
	105	25%	10%	25%	25%	25%	25%	25%	10%	25%	25%	25%	25%
OCTUBRE	120	25%	10%	25%	25%	50%	25%	25%	10%	25%	25%	25%	25%
	135	25%	25%	50%	25%	50%	25%	25%	25%	25%	25%	50%	25%
NOVIEMBRE	150	25%	25%	50%	50%	50%	50%	25%	25%	50%	25%	50%	25%
	MODA POR LOCALIDAD	25%	10%	10%	25%	50%	25%	25%	10%	25%	25%	25%	25%
ARCO SENO		29.99	18.43	18.43	29.99	44.99		29.99	18.43	29.99	29.99	29.99	

Luego de observar el porcentaje de incidencia se procedió mediante la escala diagramática y clave de campo a establecer el porcentaje de severidad, basándose en el número de tizones que las plantas presentaban. A través de la moda estadística, la cual indica, que es el valor que aparece con mayor frecuencia en un conjunto de datos, se determinó el porcentaje de severidad suscitado entre tratamientos. El comportamiento de la severidad según la moda para ambos tratamientos, se estableció en un 25% en donde a través de la clave de campo se establece que, 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.

Cuadro 4

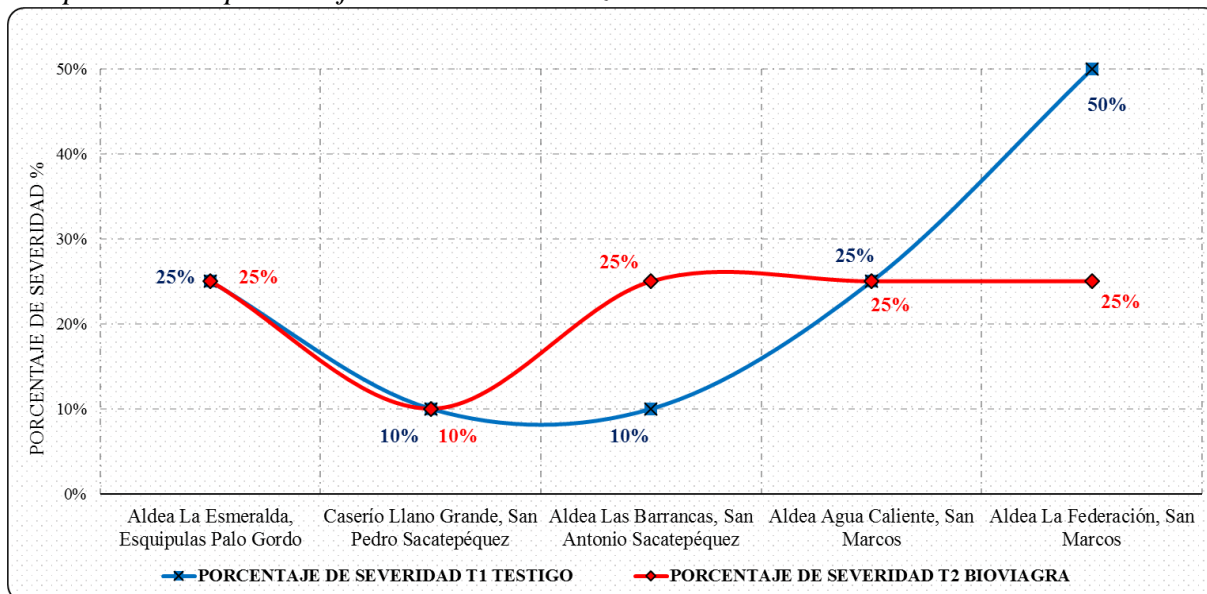
Análisis T de Student para muestras dependientes, para la variable de severidad del patógeno sobre las plantas de tomate, entre tratamientos, en las cinco localidades de intervención, datos utilizados en Arco Seno

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	T	Bilateral
SEVERIDAD T1 TESTIGO	SEVERIDAD T2 BIOVIAGRA	5	0,69	28,37	27,69	9,44	0,16	0,8786

Se determina mediante el análisis estadístico de la prueba T de Student para muestras dependientes, que no existe diferencia significativa para la variable severidad de tizón tardío, (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) entre tratamientos de las 5 localidades de intervención según el valor Bilateral 0.8786.

Gráfica 4

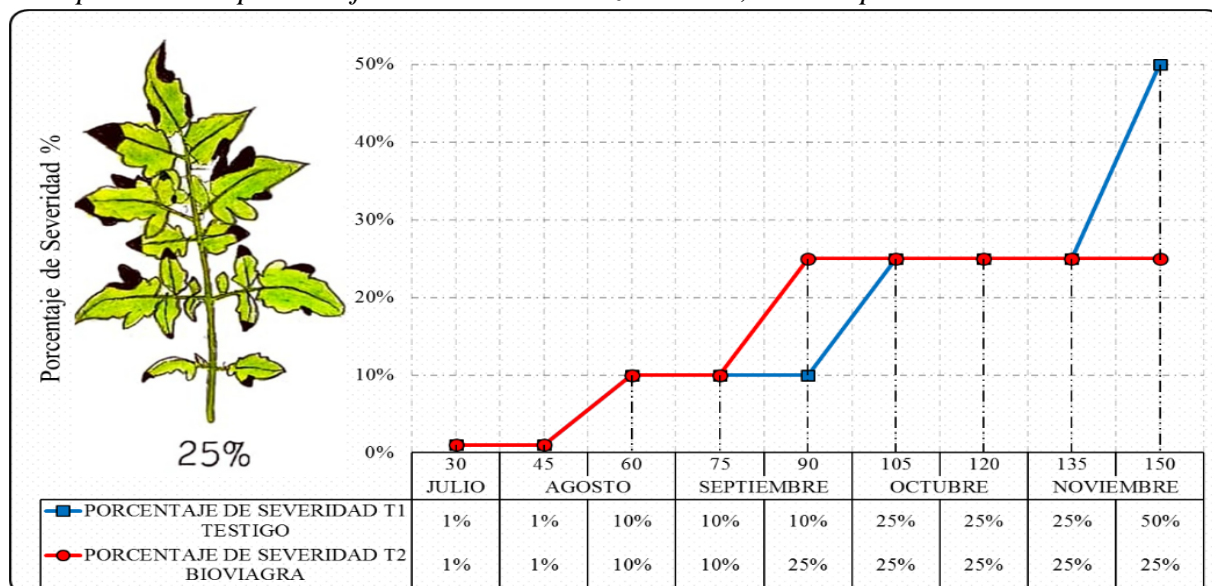
Comparación de porcentaje de severidad de tizón tardío entre tratamientos



Se observa en la gráfica número 4, que el comportamiento entre tratamientos fue idéntico en la localidad aldea La Esmeralda, caserío Llano Grande y aldea Agua Caliente, en aldea Las Barrancas y aldea La Federación la severidad se registró de manera diferente.

Gráfica 5

Comparación de porcentaje de severidad de tizón tardío, días después de la siembra



La severidad fue apareciendo y comportándose de una manera similar hasta los 75 días después de la siembra, luego de allí se manifestó de diferente manera, el registro tiene relación con el aumento de la incidencia provocada por el patógeno, según lo demuestra la gráfica número 5.

9.1.3. Rendimiento

La planta del cultivo de tomate, necesita condiciones específicas para su crecimiento y desarrollo óptimo, la asimilación correcta de nutrientes contribuye a una buena formación de frutos y a un buen llenado del mismo, otro factor importante y que está ligado a la presente investigación son las enfermedades, principio por el cual se analizó la capacidad que asumió la planta del cultivo de tomate, para reaccionar a través de un mecanismo de defensa, suscitado por la solución mineral Bioviagra, para limitar, restringir y controlar el crecimiento y desarrollo del Oomicete, tizón tardío, además de brindarle elementos nutricionales que la planta necesito en sus etapas fenológicas, que aunque se percibieron afectadas por el patógeno en cierta medida de incidencia y severidad, la aplicación de la solución influyo notablemente en el calibre de fruto por lo cual, la productividad y rendimiento del cultivo aumentaron.

Cuadro 5

Rendimiento de cultivo de tomate, clasificado por primera, segunda y tercera, en kilogramos por hectárea en las cinco localidades de intervención

No.	LOCALIDAD	HÍBRIDO	RENDIMIENTO Kg/ha							
			T1 TESTIGO				T2 BIOVIAGRA			
			Primera	Segunda	Tercera	TOTAL	Primera	Segunda	Tercera	TOTAL
1	Aldea La Esmeralda, Esquipulas Palo Gordo	Montelimar F1	4271.37	1700.98	170.09	6142.44	6910.76	4137.37	188.99	11237.12
2	Caserío Llano Grande, San Pedro Sacatepéquez	Montelimar F1	2986.18	1814.38	75.59	4876.15	4800.56	3003.38	151.19	7955.13
3	Aldea Las Barrancas, San Antonio Sacatepéquez	Montelimar F1	7106.35	2532.58	113.39	9752.32	9223.13	6010.16	117.59	15350.88
4	Aldea Agua Caliente, San Marcos	Toliman F1	2494.78	1889.98	264.59	4649.35	6274.75	5140.76	226.79	11642.3
5	Aldea La Federación, San Marcos	Retana F1	4286.49	3590.97	377.99	8255.45	7049.65	4573.76	529.19	12152.6
RENDIMIENTO PROMEDIO			4229.034	2305.778	200.33	6735.142	6851.77	4573.086	242.75	11667.606

Se observa en el cuadro número 5, el rendimiento en kilogramos por hectárea, obtenidos a través de la clasificación de primera, segunda y tercera que se hizo con los frutos del cultivo de tomate, en las localidades en donde se ejecutó la investigación.

Al compararse cada uno de los rendimientos obtenidos por los tratamientos, se puede notar que existió influencia sobre el rendimiento producido por el tratamiento Bioviagra al controlar cierta parte de la enfermedad y brindarle nutrientes en las aplicaciones que se hicieron en las parcelas experimentales en intervalos de 6 días.

Las plantas asperjadas de manera foliar y al suelo con la solución mineral Bioviagra, presentaron la producción promedio más alta, siendo esta de 11,667.606 kg/ha de tomate. El mayor rendimiento de este tratamiento se obtuvo en la localidad aldea Las Barrancas con 15,350.88 kg/ha.

Las plantas que no fueron asperjadas por la solución mineral Bioviagra presentan notablemente rendimiento bajo, siendo esta para el testigo una producción promedio de 6,735.142 kg/ha de tomate. El mayor rendimiento de este tratamiento se obtuvo en la localidad aldea Las Barrancas con 9752.32 kg/ha.

Existe una diferencia de 4,932.468 kg/ha entre tratamientos, se establece entonces, que el Bioviagra aumenta en un 54% el rendimiento en el cultivo de tomate.

En cuanto a el rendimiento promedio según la clasificación por calibre de fruto el Bioviagra obtuvo la producción más alta siendo esta de: primera 6,851.77 kg/ha, segunda 4573.086 kg/ha, tercera 242.75 kg/ha, en comparación al testigo que tiene producciones bajas siendo estas de: primera 4229.034 kg/ha, segunda 2305.778 kg/ha, tercera 200.33 kg/ha.

Cuadro 6

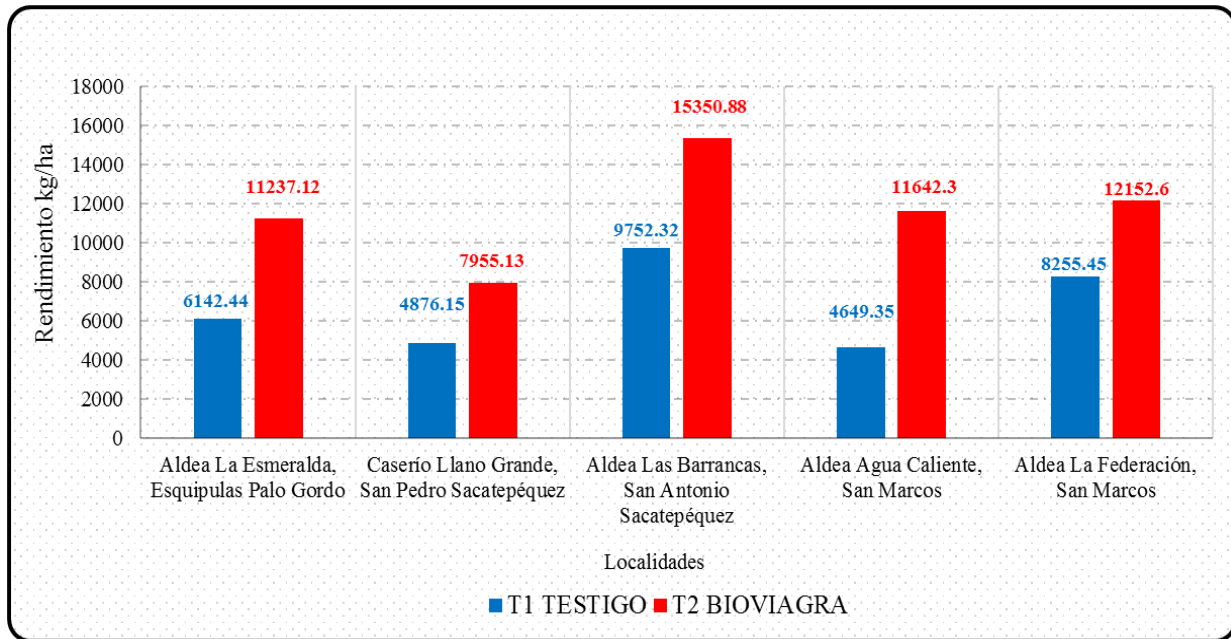
Análisis T de Student para muestras dependientes, para la variable de rendimiento comparado entre tratamientos en las cinco localidades de intervención

Obs(1)	Obs(2)	N	media(dif)	Media(1)	Media(2)	DE(dif)	T	Bilateral
RENDIMIENTO T1 TESTIGO	RENDIMIENTO T2 BIOVIAGRA	5	-4932,46	6735,14	11667,61	1518,46	-7,26	0,0019

Se determina mediante el análisis estadístico T de Student para muestras dependientes, para la variable rendimiento se comprueba que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados. Aplicar la solución mineral Bioviagra en plantas del cultivo de tomate, aumenta el rendimiento, según el valor Bilateral 0.0019.

Gráfica 6

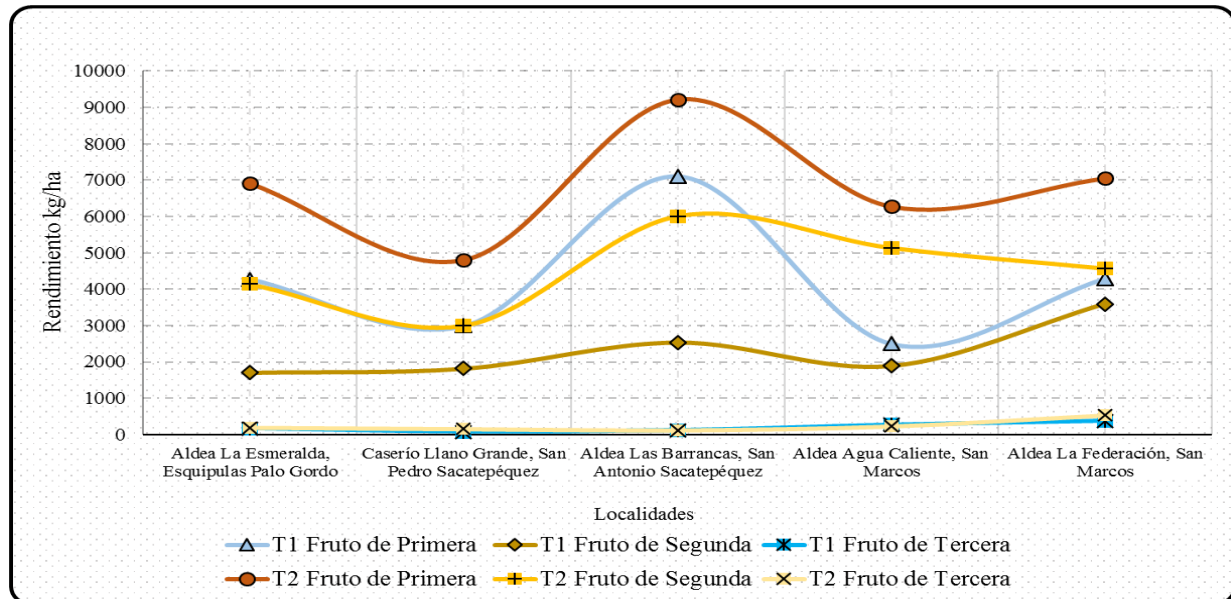
Comparación de rendimiento total del cultivo de tomate, en kilogramos por hectárea, en las cinco localidades de intervención



Es notable, según la gráfica número 6, la influencia que ejerce en el rendimiento el uso y aplicación de la solución mineral Bioviagra en el cultivo de tomate, ya que, en las cinco localidades de intervención, el tratamiento Bioviagra logró superar convincentemente el rendimiento productivo entre parcelas comparadas con el Testigo.

Gráfica 7

Comparación de rendimiento del cultivo de tomate según su calibre de fruto, en kilogramos por hectárea, en las cinco localidades de intervención



El calibre de fruto mayormente cosechado, según su clasificación, fue fruto de primera del tratamiento Bioviagra, obteniendo los valores más altos en las localidades de aldea Las Barrancas y aldea La Federación. Mediante el análisis de la gráfica número 7, observamos que el tratamiento Bioviagra, supera notablemente el rendimiento obtenido por el testigo, esto en las tres categorías de clasificación según el calibre del fruto de tomate, por tal motivo, se dictamina que la solución mineral Bioviagra contribuye positivamente a obtener una planta de tomate más productiva, hace que se obtenga mayor fruto por planta con buen peso y tamaño.

9.1.4 RENTABILIDAD

La rentabilidad se sometió a un análisis económico para determinar cuán rentable fue cada uno de los tratamientos, esto según el método propuesto por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), enfocados en el presupuesto parcial y análisis marginal. En donde a través de los costos permitió conocer el tratamiento que mayor beneficio económico presento para la investigación.

Tabla 7

Costos de producción de cultivo de tomate de un invernadero de 120 m² establecido en el Valle de San Marcos

No.	LOCALIDAD	T1 TESTIGO							T2 BIOVIAGRA						
		COSTO PÍLÓN	COSTO FUNGICIDA	COSTO BACTERICIDA	COSTO INSECTICIDA	COSTO FERTILIZANTE	OTROS COSTOS	TOTAL	COSTO PÍLÓN	COSTO FUNGICIDA, Material Bioviagra	COSTO BACTERICIDA	COSTO INSECTICIDA	COSTO FERTILIZANTE	OTROS COSTOS	TOTAL
1	Aldea La Esmeralda, Esquipulas Palo Gordo	Q. 225.00	Q. 530.00	Q. --	Q. 25.00	Q. 870.00	Q. 150.00	Q. 1800.00	Q. 225.00	Q. 105.00	Q. --	Q. 25.00	Q. 870.00	Q. 150.00	Q. 1375.00
2	Caserío Llano Grande, San Pedro Sacatepéquez	Q. 225.00	Q. 505.00	Q. --	Q. 55.00	Q. 870.00	Q. 200.00	Q. 1855.00	Q. 225.00	Q. 105.00	Q. --	Q. 55.00	Q. 870.00	Q. 200.00	Q. 1455.00
3	Aldea Las Barrancas, San Antonio Sacatepéquez	Q. 225.00	Q. 255.00	Q. 140.00	Q. 55.00	Q. 1105.00	Q. 300.00	Q. 2080.00	Q. 225.00	Q. 105.00	Q. 140.00	Q. 55.00	Q. 1105.00	Q. 300.00	Q. 1930.00
4	Aldea Agua Caliente, San Marcos	Q. 225.00	Q. 400.00	Q. 150.00	Q. 127.00	Q. 245.50	Q. 200.00	Q. 1347.50	Q. 225.00	Q. 105.00	Q. 150.00	Q. 55.00	Q. 210.50	Q. 100.00	Q. 845.50
5	Aldea La Federación, San Marcos	Q. 225.00	Q. 605.00	Q. 175.00	Q. 55.00	Q. 645.00	Q. 300.00	Q. 2005.00	Q. 225.00	Q. 105.00	Q. 175.00	Q. 55.00	Q. 680.00	Q. 300.00	Q. 1540.00
	PROMEDIO		Q. 459.00					Q. 1817.1		Q. 105.00					Q. 1429.1

Los costos de producción por la naturaleza de la investigación están basados en los gastos que ejerció el agricultor en las parcelas experimentales, el gasto que conllevó hacer la compra de materiales para la solución mineral Bioviagra se denota en los costos que varía, el beneficio bruto se determinó de acuerdo a la producción que se obtuvo del rendimiento ajustado, el cual permitió obtener mediante el costo total el beneficio neto. Se ajustaron los rendimientos reduciéndolos un 10% asumiendo que es lo que podría reducirse al no tener acompañamiento técnico. La Dominancia está considerada de acuerdo al tratamiento que registra el mayor beneficio neto. El indicador financiero de Costo/Beneficio permitió determinar, el mayor provecho a través de los resultados al menor esfuerzo invertido, derivado de todos los costos monetarios realizados directa e indirectamente durante la evaluación de la solución mineral Bioviagra, el precio por kilogramo de tomate se estableció mediante un promedio de las variaciones de los precios en el mercado Central de San Marcos y San Pedro Sacatepéquez correspondientes a los meses de julio de 2023 hasta noviembre del 2023.

Cuadro 7

Presupuesto parcial y dominancia de tratamientos

TRATAMIENTO	Plantas	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento ajustado (kg/ha)	Precio por kg	Beneficio bruto	Costo que varía	Beneficio neto	Dominancia
T2 BIOVIAGRA	48	11667.61	1050	Q. 8.00	Q. 8400.00	Q. 105.00	Q. 8295.00	No dominado
T1 TESTIGO	48	6735.142	606	Q. 8.00	Q. 4848.00	Q. 459.00	Q. 4389.00	Dominado

El análisis de dominancia indica que el Bioviagra fue más rentable que el testigo, debido a que se obtiene mayor beneficio neto al menor costo que varía.

Cuadro 8

Análisis Marginal de tratamientos

TRATAMIENTO	Plantas	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento ajustado (kg/ha)	Precio por kg	Beneficio bruto	Costo total	Beneficio neto	Beneficio/Costo
T2 BIOVIAGRA	48	11667.61	1050	Q. 8.00	Q. 8400.00	Q. 1429.1	Q. 6970.9	5.87
T1 TESTIGO	48	6735.142	606	Q. 8.00	Q. 4848.00	Q. 1817.1	Q. 3030.9	2.66

La tasa más alta de beneficio-costo, se obtuvo en la parcela B correspondiente al tratamiento Bioviagra, obteniendo por cada Q. 1.00 invertido, una ganancia de Q. 4.87 en comparación a la parcela A, correspondiente al testigo registra una ganancia de Q. 1.66 centavos. El mayor beneficio neto lo establece también el tratamiento Bioviagra, según el cuadro número 8.

X. CONCLUSIONES

La solución mineral Bioviagra, evaluada como control del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) presentó para la variable porcentaje de incidencia un registro del 29% para el Testigo correspondiente a 13.92 plantas infectadas y 30% para el Bioviagra correspondiente a 14.4 plantas infectadas, por cada 48 plantas muestreadas de la parcela neta de cada tratamiento.

El porcentaje de infección se incrementó de manera notoria a los 90 días después de la siembra, correspondiente al mes de septiembre con un porcentaje del 31% correspondiente a 14.88 plantas infectada para el Testigo y un porcentaje del 30% correspondiente a 14.4 plantas infectadas para el Bioviagra, luego de 150 días se registró el porcentaje de incidencia promedio más alto, siendo para ambos tratamientos del 48% correspondiente a 23.04 plantas infectadas.

El análisis de la variable severidad, determinado por el comportamiento del tizón tardío, analizado por la escala diagramática y clave de campo para estimación de daño, demostró mantenerse en un porcentaje de severidad del 25% para ambos tratamientos, en donde indica que, 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.

Para los análisis de porcentaje de incidencia y severidad provocado por la enfermedad del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) se indica que no existe diferencia significativa entre tratamientos, según el valor Bilateral, determinado por la T de Student para muestras dependientes.

El rendimiento promedio obtenido del tratamiento Bioviagra 11,667.61 kg/ha de tomate, fue superior al Testigo 6,735.142 kg/ha de cultivo de tomate, según el valor bilateral determinado por la T de Student, indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, la diferencia entre ambos tratamientos es de 4,932.468 kg/ha. El Bioviagra aumentó el rendimiento un 54% respecto al Testigo, se acepta la hipótesis alternativa para esta variable.

El análisis de la rentabilidad determinó que el tratamiento de la solución mineral Bioviagra fue el más rentable, puesto que por cada Q. 1.00 invertido genera una ganancia de Q. 4.87, en comparación al Testigo que solamente genera Q. 1.66 centavos.

XI. RECOMENDACIONES

Promocionar a través de la difusión de tecnológica promovida por el CRIA-IICA la solución mineral Bioviagra, para el control del tizón tardío y nutrición en el cultivo de tomate.

Evaluar el efecto de la solución mineral Bioviagra, para el control del tizón tardío y nutrición en cultivos de la familia de las Solanáceas.

Realizar un análisis bromatológico al fruto de tomate, proveniente de plantas asperjadas con la solución mineral Bioviagra, para conocer si existe algún efecto en el contenido nutricional del fruto.

Integrar la solución mineral Bioviagra, como fungicida y fertilizante para aplicar en todas las etapas del cultivo de tomate.

XII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, B. (17 de Febrero de 2021). *Ecología Verde*. Obtenido de Función del Nitrógeno en las Plantas y su Importancia : <https://www.ecologiaverde.com/funcion-del-nitrogeno-en-las-plantas-y-su-importancia-2704.html>
- Agrofy News. (2023). *Incidencia y Severidad*. Obtenido de <https://news.agrofy.com.ar/noticia/177111/incidencia-y-severidad-video-muestra-como-realizar-correcta-evaluacion>
- Alarcón, N. 2011. Caracterización de la diversidad genética de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en Chapingo, México (Tesis Doctoral). México. Universidad Autónoma de Chapingo.
- Bayer. (17 de Noviembre de 2017). *Vegetables México*. Recuperado el 4 de Junio de 2023, de Conoce al dañino tizón tardío del tomate: <https://www.vegetables.bayer.com/mx/es-mx/recursos/noticias/blog-conoce-al-danino-tizon-tardio-del-tomate.html#:~:text=Los%20primeros%20s%C3%ADntomas%20se%20muestran,infecar%20tallos%2C%20brotes%20y%20frutos>.
- Blancard, D. (2011). *Enfermedades del tomate, identificar, conocer, controlar*. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. Recuperado el 11 de Julio de 2023, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3tSzHjXHHJ4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=tomate&ots=ViAXGVfYpp&sig=nu4XD52N6g2Qpe87BpI5Z2f7A2E#v=onepage&q=tomate&f=false>
- 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 Politécnica Salesiana, Ecuador.
- Burgess, T. (2022). An international online resource for molecular and morphological identification of *Phytophthora*. Plant Disease doi: 10.1094/PDIS-02-22-0448-FE
- C., J. E. (2021). *Caracterización de la cadena de valor de tomate de invernadero en un municipio del Departamento de Quetzaltenango y cuatro del Departamento de San Marcos*. Obtenido de Caracterización de la cadena de valor de tomate de invernadero en

un municipio del Departamento de Quetzaltenango y cuatro del Departamento de San Marcos.

Castro, M. M. (Octubre de 1994). *Evaluación de productos botánicos para el control del tizón tardío (Phytophthora infestans), en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum) en el caserío Sana Gabriel, Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala.* . Obtenido de Evaluación de productos botánicos para el control del tizón tardío (Phytophthora infestans), en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum) en el caserío Sana Gabriel, Sololá. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. : http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1498.pdf

CIMMYT. (1988). *La formulacion de recomendaciones a partir de los datos agronomicos* . Obtenido de La formulacion de recomendaciones a partir de los datos agronomicos .

Fong, I. A. (2019). Evaluación de Rendimiento y Calidad Organoléptica de 5 Cultivares. *Programa Consorcios Regionales de Investigación, 1.*

Gabriel, J. (Junio de 2017). *ResearchGate*. Obtenido de Manual para evaluación de daños de enfermedades en cultivos agrícolas: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7- Severidad-de-tizon-en-hojas-Clive-James-1977_fig4_317356316

Gerardo González G. Revisado por Igor Ishi Rubio Cisneros, PhD. Cand. In Geosciences, (2011, 05). Harina de Rocas: Transformando Rocas en Alimentos. Permacultura.org.mx www.permacultura.org.mx/reporte/harina-de-rocas-transformando-rocas-en-alimentos/

Gonzales, Á. (3 de Febrero de 2020). *FERTIBOX Análisis Agrícola*. Obtenido de <https://www.fertibox.net/single-post/sodio-agricultura>

Gutiérrez Arévalo, M., & Acuña Bravo, I. (s.f.). *El tizón tardío de la papa, síntomas y epidemiología*. Región de Los Lagos, Chile: Intituto de Investigaciones Agropecuarias -INIA-.

IICA (2016). *Manual de elaboración de productos para la agricultura orgánica.* . Costa Rica: 1 ed.

IICA (2017). *Manual técnico del cultivo de tomate*. Costa Rica: 1 ed.

INIA. (2017). *Cultivo del tomate bajo invernadero*. Chile: 1 ed.

INIA. (2017). *Manual del cultivo del tomate bajo invernadero*. Chile: 1 ed.

- INIA. (2017). *Tizón Tardío*. Chile: 1 ed.
- INTA, & López, L. M. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Tomate*. (I. Laura Ramírez Cartín, Ed.) San José, Costa Rica: Comité Editorial del INTA. Recuperado el 11 de Julio de 2023, de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3143>
- INTAGRI. (2017). *INTAGRI*. Obtenido de Uso Eficiente del Fósforo en la Agricultura : <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/uso-eficiente-del-fosforo-en-la-agricultura>
- INTAGRI. (Diciembre de 2018). *Phytophthora infestans, un Patógeno Devastador para las Hortalizas*. México. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/phytophthora-infestans-un-hongo-devastador-para-las-hortalizas#:~:text=P.,diferenciaci%C3%B3n%20de%20su%20micelio%20vegetativo>.
- INRAE. (2023). *Ephytia*. Francia. Recuperado el 11 de Julio de 2023, de <http://ephytia.inra.fr/es/D/378>
- K+S Minerals and Agriculture. (2019). Obtenido de http://www.ks-minerals-and-agriculture.com/eses/fertiliser/advisory_service/nutrients/magnesium.html#:~:text=Funciones%20del%20Magnesio%20en%20la%20planta&text=Es%20la%20base%20estructural%20de,y%20acumulaci%C3%B3n%20de%20la%20energ%C3%ADa.
- Marín, L. M., & INTA. (2017). *Manual Técnico del Cultivo de Tomate*. (I. Laura Ramírez Cartín, Ed.) San José, Costa Rica: Comité Editorial del INTA. Recuperado el 11 de Julio de 2023, de <http://repositorio.iica.int/handle/11324/3143>
- MAGA. (Septiembre de 2014). *Perfil Comercial Tomate*. Guatemala. Recuperado el 12 de Julio de 2023, de <https://www.maga.gob.gt/download/Perfil%20tomate.pdf>
- MAGA-ESPRED-ECATIE, P. (Febrero de 2001). *Características de suelos: color, textura, valor de pH, profundidad*. SEGEPLAN-SINPET-SINIT, San Marcos. Recuperado el 1 de Julio de 2023, de https://ideg.segeplan.gob.gt/tablas/tablas_municipal/pdfs/12_Tablas_SanMarcos/tabla_41_12.pdf

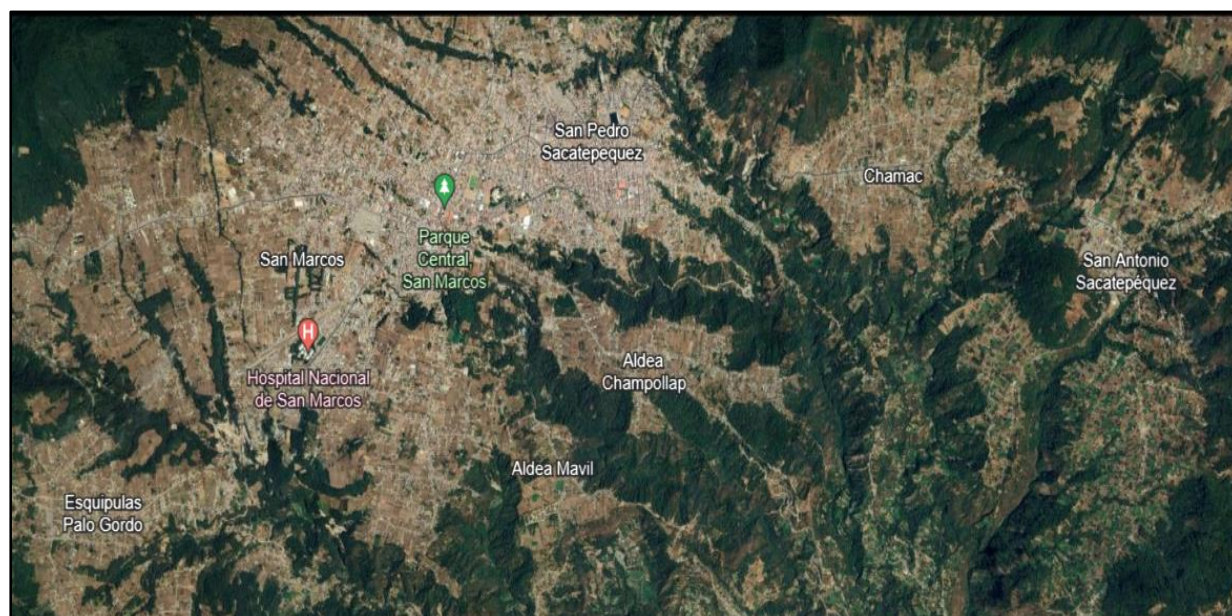
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2013). El Agro en cifras, 2013. Dirección de Planeamiento del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala.
- Morón, G. C. (2022). Usos de la Cal para tierras de cultivo. Sevilla, España. Recuperado el 12 de Junio de 2023, de <https://www.gordilloscaldemoron.com/beneficios-de-la-cal-para-cultivos/#:~:text=La%20cal%20ayuda%20a%20eliminar,correcto%20desarrollo%20y%20mantenimiento%20vegetal.>
- Pérez Monzón, F. R. (Febrero de 2021). *Manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con bionsumos*. Obtenido de Manejo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero con bionsumos.
- Pérez, W., & Forbes, G. (Marzo de 2008). *El tizón tardío de la papa*. Recuperado el 2 de Mayo de 2023, de MANUAL TÉCNICO: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/004271.pdf>
- RAE. (2022). Diccionario de la lengua española. España.
- Rodríguez, M. (21 de Noviembre de 2016). *deguate.com*. Recuperado el 19 de Julio de 2023, de <https://departamentos.deguate.com/san-marcos/recursos-naturales-del-municipio-de-san-marcos-san-marcos/#:~:text=El%20uso%20actual%20del%20suelo%20en%20el%20municipio%20de%20San,forestal%20de%20todo%20el%20departamento.>
- Velásquez, L., & Díaz, E. (2022). “*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*”. Guatemala.
- Zuñiga, L. N., Alanya, E. S., Reyes, J., & Ninalaya Cerrón, E. N. (Mayo de 2019). Tecnologías de Manejo de la "Racha" o Tizón Tardío de la Papa. Huancayo, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Recuperado el 11 de Junio de 2023, de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1241>

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación del experimento

Figura 14

Localidades de investigación



Fuente: Ortofoto de Google Earth, 2024

Anexo 2. Localidades de intervención y variedad de tomate utilizada

Tabla 8

Localidades e híbridos de tomate utilizados en la investigación

No. de parcela	Departamento	Municipio	Comunidad	Variedad de tomate	Altitud MSNM
1	San Marcos	Esquipulas Palo Gordo	Aldea La Esmeralda	Montelimar F1	2,490
2	San Marcos	San Pedro Sacatepéquez	Caserío Llano Grande	Montelimar F1	2,150
3	San Marcos	San Antonio Sacatepéquez	Aldea Las Barrancas	Montelimar F1	2,340
4	San Marcos	San Marcos	Aldea Agua Caliente	Toliman F1	2,040
5	San Marcos	San Marcos	Aldea La Federación	Retana F1	2,400

Anexo 3. Registro de incidencia de patógeno

Tabla 9

Registro de incidencia de tizón tardío

Responsable		Localidad	
Inicio		Final	
Lectura	Incidencia	PARCELA A	PARCELA B
		T.1. Sin aplicación de Solución "Testigo"	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra
1	Plantas existentes		
	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		
6	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		
7	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		
8	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		
9	Plantas existentes		
	Plantas sanas		
	Plantas infectadas		

Anexo 4. Registro de Severidad de Patógeno

Tabla 10

Registro de severidad de tizón tardío

Responsable		Localidad			
Inicio		Final			
Lectura 1		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				
Lectura 2		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				
Lectura 3		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				
Lectura 4		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				
Lectura 5		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				
Lectura 6		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				
Lectura 7		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				

Lectura 8		PORCENTAJE DE SEVERIDAD			
Parcela	Tratamiento	1%	10%	25%	50%
A	T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”				
B	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra				

Anexo 5. Escala diagramática para evaluación de severidad de (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Figura 15

Escala diagramática de Severidad de tizón tardío en tomate



Fuente: (Gabriel, 2,017)

Observación: Se midieron las plantas por tratamiento de parcela neta y no de manera individual.

Tabla 11

Clave de campo para estimación de severidad de tizón tardío en tomate

ESCALA	PORCENTAJE DE TIZÓN TARDÍO	NATURALEZA DE LA INFECCIÓN DE TIZÓN TARDÍO
1	0	No se observa lesiones
2	1%	Muy pocas plantas infectadas, con 1-2 lesiones irregulares pequeñas de color café
3	10%	Alrededor de menos de 10 lesiones de forma irregular por planta de color verde oscuro a café oscuro
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 borde de color verde oscuro 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 a negro, la parcela parece de color verde, salpicado de color café oscuro

Anexo 6. Registro de rendimiento

Tabla 12

Registro de rendimiento de cultivo de tomate Testigo

Responsable		Localidad					
Inicio		Final					
Parcela A	Número de planta	Número de frutos por planta por corte					Peso de la cantidad de frutos
		1	2	3	4	5	
T1 TESTIGO Sin aplicación de solución mineral Bioviagra	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						Fecha: _____
	14						1ra: _____
	15						2da: _____
	16						3ra: _____
	17						Total de corte 1: _____
	18						Fecha: _____
	19						1ra: _____
	20						2da: _____
	21						3ra: _____
	22						Total de corte 2: _____
	23						Fecha: _____
	24						1ra: _____
	25						2da: _____
	26						3ra: _____
	27						Total de corte 3: _____
	28						Fecha: _____
	29						1ra: _____
	30						2da: _____
	31						3ra: _____
	32						Total de corte 4: _____
	33						Fecha: _____
	34						1ra: _____
	35						2da: _____
	36						3ra: _____
	37						Total de corte 5: _____
	38						
	39						
	40						
	41						
	42						
	43						
	44						
	45						
	46						
	47						
	48						

Tabla 13

Registro de rendimiento de cultivo de tomate Bioviagra

Responsable		Localidad					
Inicio		Final					
Parcela B	Número de planta	Número de frutos por planta por corte					Peso de la cantidad de frutos
		1	2	3	4	5	
T2 BIOVIAGRA Con aplicación de solución mineral Bioviagra	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						Fecha: _____
	14						1ra: _____
	15						2da: _____
	16						3ra: _____
	17						Total de corte 1: _____
	18						Fecha: _____
	19						1ra: _____
	20						2da: _____
	21						3ra: _____
	22						Total de corte 2: _____
	23						Fecha: _____
	24						1ra: _____
	25						2da: _____
	26						3ra: _____
	27						Total de corte 3: _____
	28						Fecha: _____
	29						1ra: _____
	30						2da: _____
	31						3ra: _____
	32						Total de corte 4: _____
	33						Fecha: _____
	34						1ra: _____
	35						2da: _____
	36						3ra: _____
	37						Total de corte 5: _____
	38						
	39						
	40						
	41						
	42						
	43						
	44						
	45						
	46						
	47						
	48						

Anexo 7. Registro de temperatura de la unidad de investigación

Tabla 14

Registro de temperatura

Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				

Anexo 8. Registro de humedad de la unidad de investigación

Tabla 15

Registro de humedad

Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				
Responsable			Localidad	
Mes			Hora	
Promedio	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Máxima				
Mínima				
Actual				

Anexo 9. Registro de costos de producción originados durante la investigación

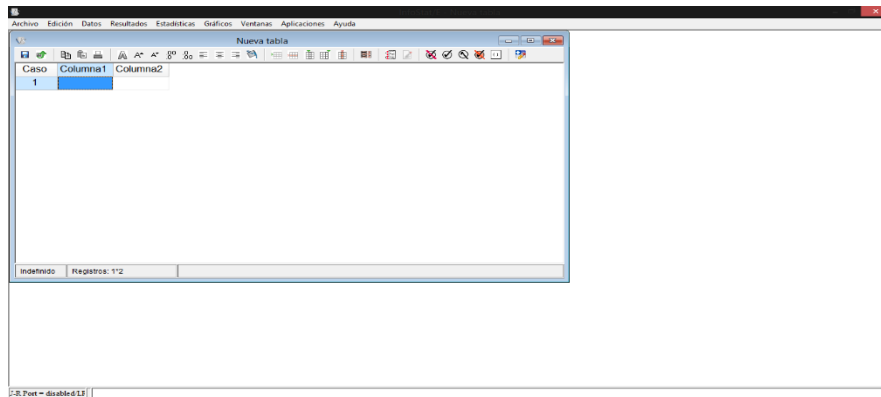
Tabla 16

Registro de costos de producción

Responsable	Localidad
PARCELA A	PARCELA B
T.1. Sin aplicación de Solución “Testigo”	T.2. Aplicación de solución mineral Bioviagra
Nombre del producto agrícola para el control del tizón tardío, dosis, frecuencia de aplicación y costo:	Nombre del producto agrícola para el control del tizón tardío, dosis, frecuencia de aplicación y costo:
Nombre del producto agrícola para el control de plagas, fertilización y otras enfermedades, dosis, frecuencia de aplicación y costo:	

Anexo 10. Software estadístico InfoStat

Figura 16
Software InfoStat



Fuente: Programa estadístico InfoStat, 2023

Versión de InfoStat

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2018. Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Acerca del InfoStat

InfoStat es un software estadístico desarrollado en Argentina por el Grupo InfoStat, un equipo de investigadores en Estadística Aplicada. Los miembros del Grupo InfoStat enseñan Estadística en el nivel Universitario de grado y posgrado. Son profesores de la Maestría en Estadística Aplicada de la Universidad Nacional de Córdoba. Tienen a su cargo las asignaturas Estadística-Biometría y Diseño de Experimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba y amplia experiencia en consultoría estadística relacionada a trabajos científicos y tecnológicos de diversas disciplinas.

Estadística y Biometría: - Prof. (Dr.) Julio A. Di Rienzo
 - Prof. (Dr.) Fernando Casanoves
 - Prof. (Ph.D) Mónica Balzarini
 - Ing. (MSc) Laura Gonzalez
 - Ing. (MSc) Margot Tablada

Diseño de Experimentos: - Prof. (Ph.D.) Carlos Walter Robledo

Anexo 11. Galería fotográfica de la investigación

Galería Fotográfica de la investigación



Fotografía 6. Elaboración de solución mineral Bioviagra, participación de asesor principal



Fotografía 7. Preparación y siembra en unidades experimentales



Fotografía 8. A) Rotulación en la localidad aldea Agua Caliente

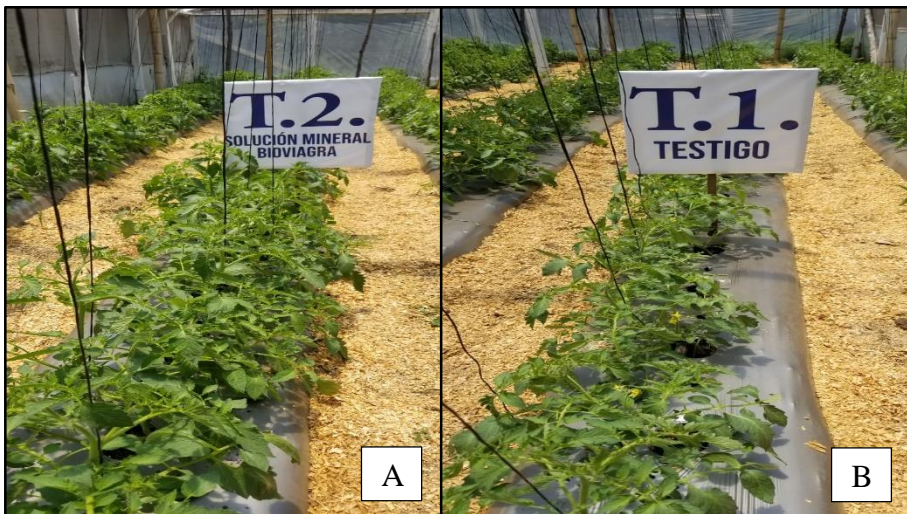
B) Rotulación en la localidad de caserío Llano Grande



Fotografía 9. Supervisión técnica del Coordinador y Gestor del programa CRIA



Fotografía 10. Elaboración de la solución mineral Bioviagra con productores



Fotografía 11. Comparación de plantas de tomate entre tratamiento, después de 5 semanas de siembra

A) Plantas de tomate con aplicación de Bioviagra

B) Plantas de tomate sin aplicación de Bioviagra



Fotografía 12. Análisis de laboratorio de solución mineral Bioviagra, pH Alcalino



Fotografía 13. Supervisión de unidades experimentales y recopilación de datos



Fotografía 14. Apoyo técnico al MAGA, para elaboración de solución mineral Bioviagra, taller impartido a productores de tomate.



Fotografía 15. Cosecha de fruto de tomate, peso y clasificación, en aldea La Esmeralda



Fotografía 16. Clasificación de fruto según su calibre



Fotografía 17. Cosecha de fruto de tomate, peso y clasificación, en aldea Las Barrancas



Fotografía 18. Cosecha de fruto de tomate, peso y clasificación, en aldea Agua Caliente



Fotografía 19. Equipo tecnológico de investigación



Fotografía 20. Intercambio de conocimientos con el productor de tomate del caserío Llano Grande



Fotografía 21. Día de campo con productores de tomate y entrega de diplomas por participación



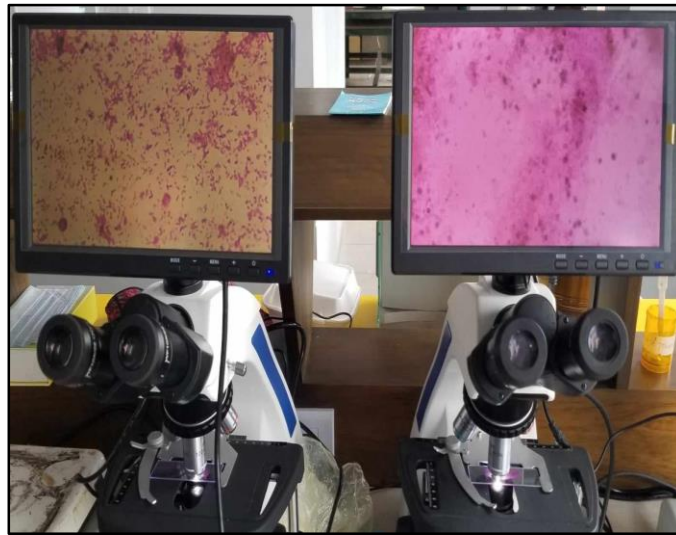
Fotografía 22. Día de campo con productores de tomate participantes en el MAGA



Fotografía 23. Visita a unidad experimental, por parte de voluntarios Agriculture Summer Mission



Fotografía 24. Análisis de laboratorio para identificación de tizón tardío en tomate




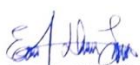
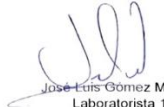

Fotografía 25. Caracterización morfológica de tizón tardío



Fotografía 26. Participación en taller de Identificación de Hongos causantes de enfermedades en cultivos

 NUESTRA TIERRA, SOCIEDAD ANONIMA -NUESTRA TIERRA- Aldea San Sebastián, San Marcos, San Marcos -SUPLA- NUESTRA TIERRA		 SUPLA Laboratorio de Análisis de Suelos	
Responsable: Eduardo Díaz	NIT: C/F	Fecha de ingreso: 8/05/2023	Fecha de egreso: 16/05/2023
DIAGNOSTICO FITOPATOLÓGICO			
Muestra No.	Testigo 1		
Responsable:	Eduardo Díaz		
Procedencia:	Esquipulas, Palo Gordo, 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		

Fotografía 27. Análisis de laboratorio fitopatológico realizado en SUPLA

 USAC TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
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 <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary, enfermedad consecuente en el cultivo de tomate <i>Solanum lycopersicum</i> L. por el estudiante que se detalla a continuación.			
DATOS DEL ESTUDIANTE			
DÍAZ	DE LEÓN	EDUARDO	ALEJANDRO
PRIMER APELLIDO	SEGUNDO APELLIDO	PRIMER NOMBRE	SEGUNDO NOMBRE
CARNE No. 201541617		CUI 3437 82499 1201	
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	
			

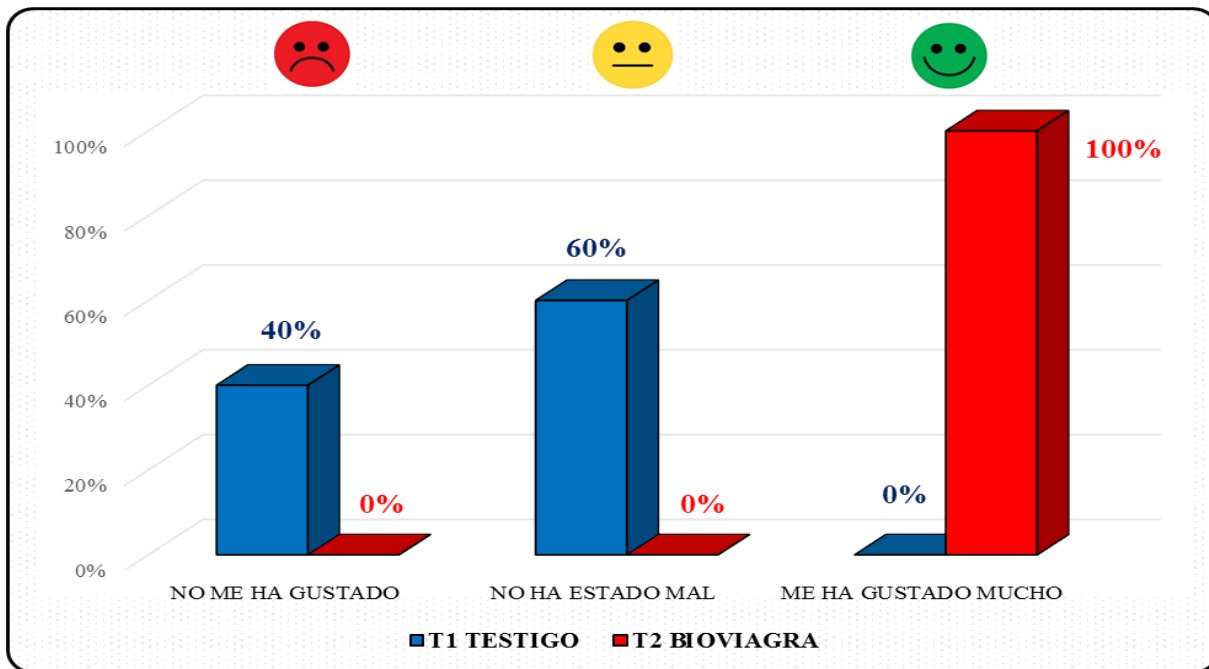
Fotografía 28. Constancia de Laboratorio de investigaciones CUSAM

Anexo 13. Evaluación de aceptabilidad de solución mineral Bioviagra

A continuación, se manifiesta la opinión de los productores y sus familias, participantes en el proyecto de investigación de la solución mineral Bioviagra, acá se refleja el grado de interés que adquirieron los participantes mediante los resultados obtenidos en la parcela en donde se aplicó la solución mineral Bioviagra, correspondiente al tratamiento Bioviagra.

Gráfica 8

Percepción sobre el uso de la solución mineral Bioviagra

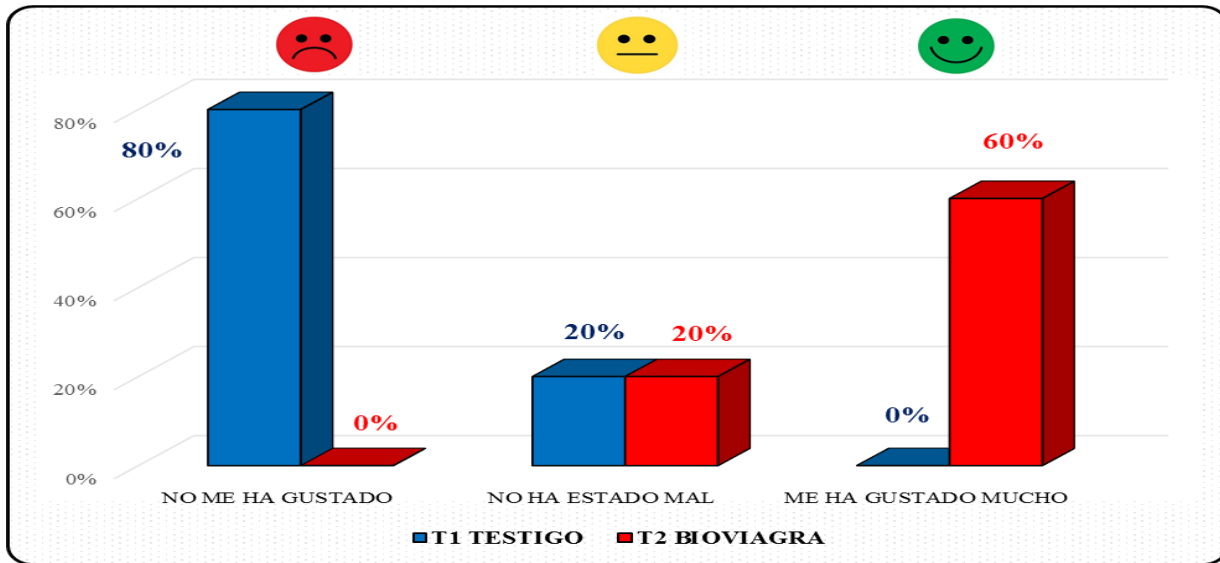


El 100% de los productores, indican que les ha gustado mucho el uso de la solución mineral Bioviagra, correspondiente al Bioviagra, la opinión está reflejada en los resultados obtenidos en la parcela B, en donde las plantas fueron asperjadas al suelo y follaje con la solución mineral.

El tratamiento Testigo en donde todas las localidades hicieron uso de productos químicos para el control del tizón tardío, indican en un 60% que no ha estado mal y el 40% indicaron que no le ha gustado, esto enfocado a el uso de productos convencionales dentro de su parcela. Se denota una gran aceptación del tratamiento Bioviagra.

Gráfica 9

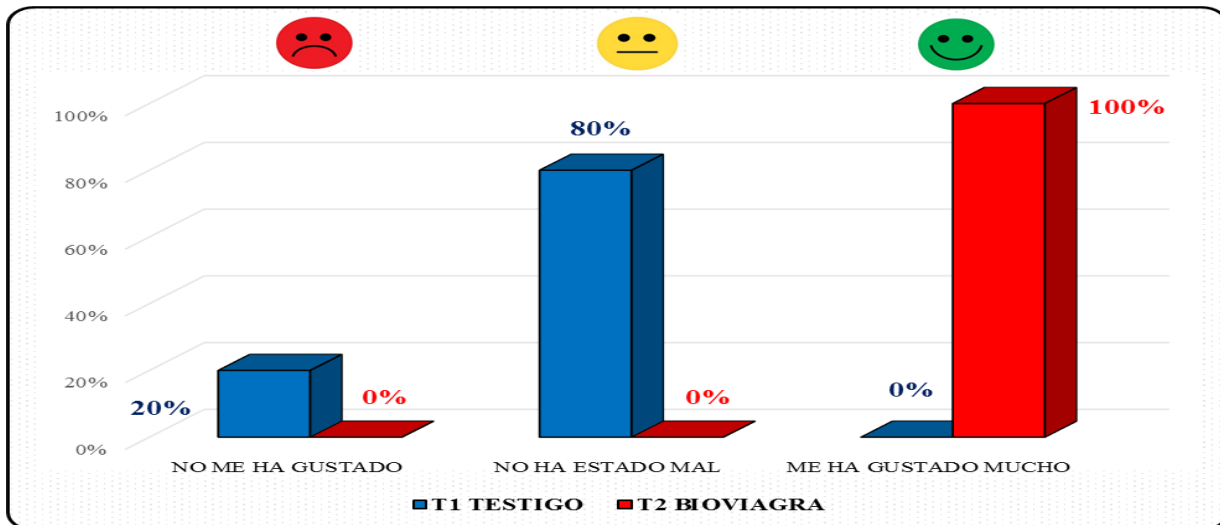
Percepción sobre el control de incidencia y severidad causado por el tizón tardío



El 60% de los participantes indicaron que les ha gustado mucho el control que ejerce la solución mineral Bioviagra, el otro 20% restante indican que no ha estado mal, quienes formaron parte de la investigación se inclinaron a establecer agricultura alternativa para el control del tizón tardío.

Gráfica 10

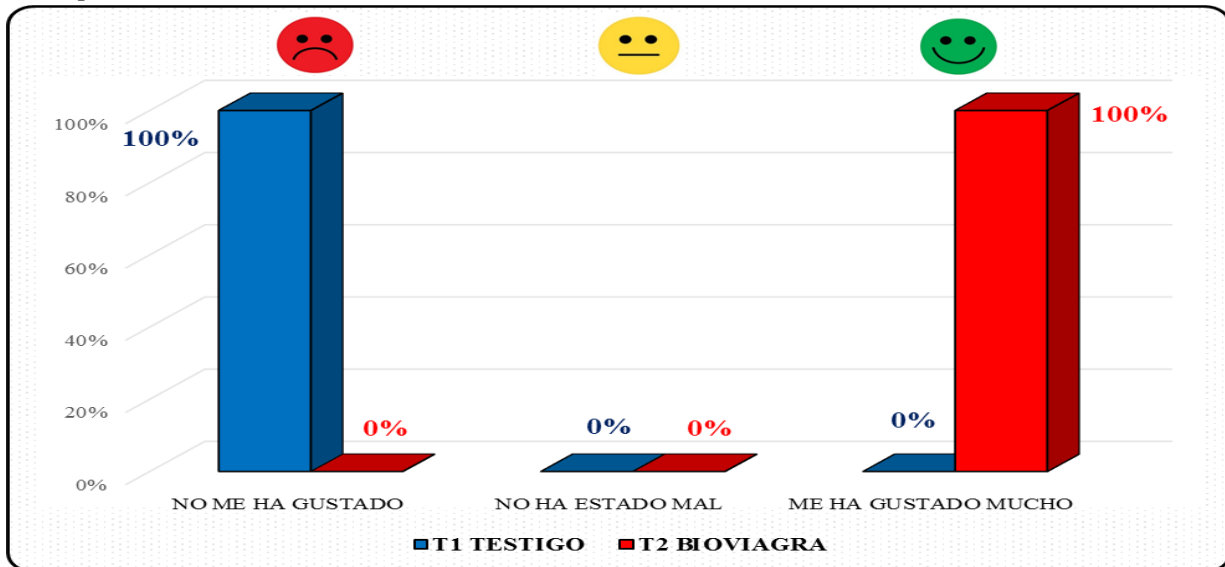
Percepción sobre el rendimiento generado por tratamientos



El rendimiento obtenido con el Bioviagra, fue muy superior al del Testigo, esto de acuerdo a la calidad del fruto en peso y calibre que presentó el material cosechado en la parcela en donde las plantas fueron asperjadas con la solución mineral, es por ello, que al 100% de quienes emitieron su opinión le ha gustado mucho.

Gráfica 11

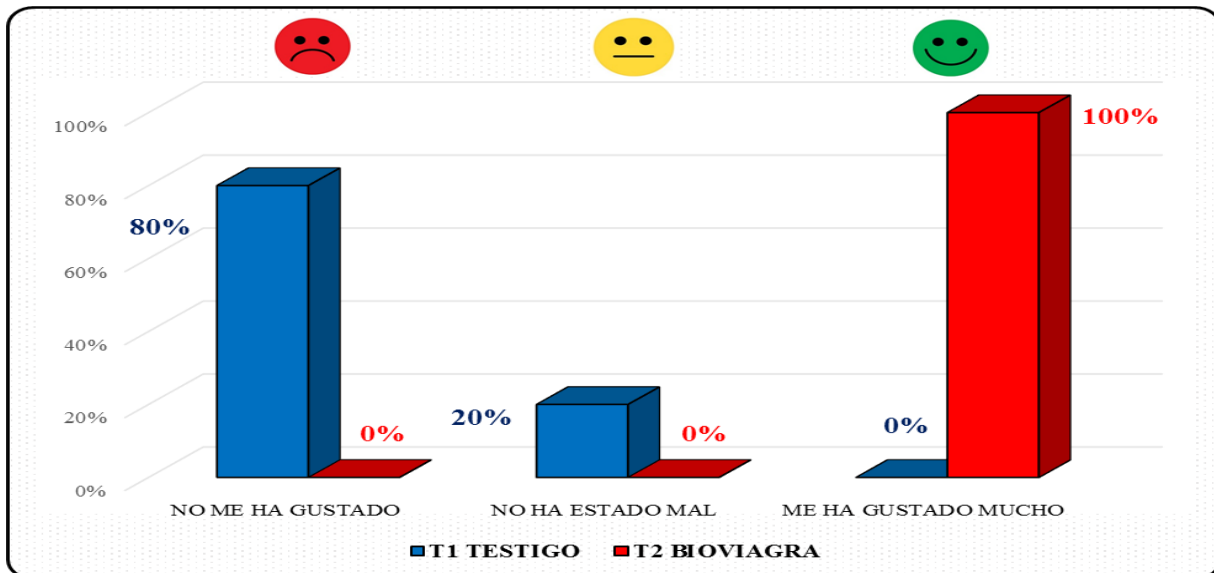
Percepción sobre la rentabilidad entre tratamientos



El alto costo y el daño al ecosistema provocado por los fungicidas químicos, hizo que el 100% de quienes participaron se decidiera a preparar la solución y aplicarla esto debido a que no requiere de una gran cantidad monetaria para hacerla, aunado a esto los beneficios y ventajas que efectúa la solución por un menor costo de inversión.

Gráfica 12

Percepción de la tecnología evaluada en aspectos generales y su aplicación



El 100% recomienda la aplicación de la solución mineral Bioviagra, porque les ha gustado mucho, esto debido a los efectos que esta ejerce en las plantas del cultivo de tomate, el 80% no les ha gustado ejercer agricultura convencional dentro de sus parcelas.