

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



TÍTULO:

**EFFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES
EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L, EN
SUELOS CON PRESENCIA DE NEMATODOS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS
DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA.**

POR:

ZULMY JANETH DIONISIO NAVARRO

ASESOR PRINCIPAL:

ING. AGR. MARIO ALBERTO DE LEÓN DÍAZ.

ASESOR ADJUNTO:

ING. AGR. FREDY ROBERTO PÉREZ MONZÓN

SAN MARCOS, SEPTIEMBRE DE 2024.

**UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA AUTORIDADES
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS.**

CONSEJO DIRECTIVO:

MSC. Juan Carlos López Navarro

DIRECTOR

Licda. Astrid Fabiola Fuentes
Mazariegos

SECRETARIA CONSEJO DIRECTIVO

Ing. Agr. Roy Walter Villacinda
Maldonado

REPRESENTANTE DOCENTES

Lic. Osear Alberto Ramírez Monzón

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

Br. Luis David Corzo Rodríguez

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL

COORDINACIÓN ACADÉMICA

PhD. Roberto Enrique Orozco
Sánchez

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios
Morales

**COORDINADOR CCARRERAS TECNICO
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**

Licda. 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

**COORDINADORA CARRERA DE
ABOGADO Y NOTARIO Y LICENCIATURA
EN CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES**

Dr. Byron Geovany García Orozco

**COORDINADOR CARRERA MÉDICO Y
CIRUJANO**

Lic. Nelson de Jesús Bautista López

**COORDINADOR PEDAGOGÍA EXTENSIÓN
DE SAN MARCOS**

Licda. Julia Maritza Gándara González

**COORDINADORA EXTENSIÓN DE
MALACATÁN**

Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez

**COORDINADORA EXTENSIÓN DE
TEJUTLA**

Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista

COORDINADOR EXTENSIÓN DE TACANA

Lic. Roberto Enrique Orozco Sánchez

**COORDINADOR DEL INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN**

Lic. Mario René Requena

COORDINADOR DE ÁREA DE EXTENSIÓN

Ing. Osear Ernesto Chávez Angel

**COORDINADOR CARRERA DE
INGENIERÍA CIVIL**

Lic. Carlos Edelmar Velásquez
González

**COORDINADOR CARRERA CONTADURIA
PÚBLICA Y AUDITORIA**

Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo

**COORDINADOR CARRERA
PROFESORADO EN EDUCACIÓN
BILINGÜE INTERCULTURAL**

Lic. Yovani Alberto Cux Chan

**COORDINADOR CARRERAS
SOCIOLOGÍA, CIENCIAS POLÍTICAS Y
RELACIONES INTERNACIONALES**

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

MsC. Juan Carlos López Navarro

DIRECTOR

Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales

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

Ing. Agr. Mario Alberto de León Díaz

ASESOR PRINCIPAL

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

ASESOR ADJUNTO

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

Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez

COORDINADOR

Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón

SECRETARIO

Licda. María Lourdes Carrera Munguía

VOCAL

San Marcos, 02 de septiembre, 2024

Señores:

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

Atentamente me dirijo a ustedes para manifestarle que he asesorado y revisado el informe final de Graduación titulado **“EFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L, EN SUELOS CON PRESENCIA DE NEMATODOS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA.”**, del estudiante **Zulmy Janeth Dionisio Navarro** con numero de carné: **201546208**.

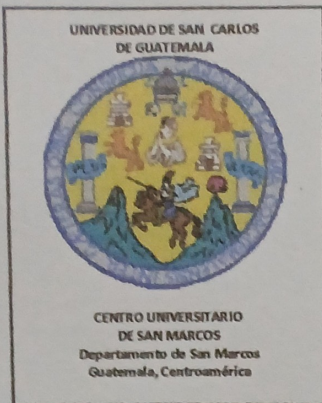
El cual cumple con los requisitos metodológicos y académicos, por lo que emito OPINION FAVORABLE para ser aprobada como trabajo de graduación previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible

Deferentemente,

Mario de León Díaz
Ingeniero Agrónomo
Colegiado 7,598

Ing. Agr. Mario Alberto de león
Asesor principal.

Ing. Agr. Fredy Pérez Monzón
Asesor adjunto



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

ACTA No. 005-2024

En la ciudad de San Marcos, siendo las quince horas en punto, del día martes tres de septiembre del año dos mil veinticuatro, reunidos los integrantes del Comité de Trabajo de Graduación de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, en su orden: Ing. Agr. Jorge Robelio Juárez González Coordinador, Lcda. Lourdes Carrera Munguía Vocal y quién suscribe Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón Secretario, con el objeto de dejar constancia de lo siguiente:

PRIMERO: Establecido el quórum se conoció la agenda la que fue aprobada de la siguiente manera:

1) Bienvenida, 2) Solicitudes de aprobación de informes finales de Trabajo de Graduación y 3) Varios

SEGUNDO: El Coordinador del Comité da la bienvenida a los presentes y somete en consideración la aprobación de la agenda...

SEXTO: El secretario del Comité de Trabajo de Graduación dio a conocer solicitud de Informe Final de Trabajo de Graduación de la estudiante Zulmy Janeth Dionisio Navarro con número de carné 201546208 estudiante de la carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible para la aprobación del Informe Final de Trabajo de Graduación titulado "EFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L), EN SUELOS CON PRESENCIA DE NEMÁTODOS, EN CINCO LOCALIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA.". 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 de la estudiante Zulmy Janeth Dionisio Navarro con número de carné 201546208 adjuntando los dictámenes favorables del asesor principal Ing Agr. Mario Alberto de León Díaz 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

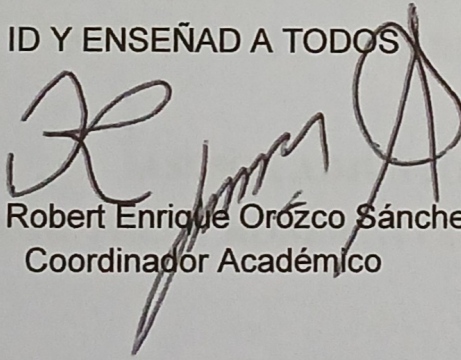
ESTUDIANTE: ZUMLY JANETH DIONISIO NAVARRO
CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.40) del Acta No. 017-2024**, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 09 de octubre de 2024, que dice:

“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: INGENIERO AGRÓNOMO CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. a.40) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CACUSAM-62-2024, de fecha 23 septiembre de 2024, suscrita por el Ing. Carlos Antulio Barrios Morales, Coordinador Carrera Agronomía, a la que adjunta solicitud de la estudiante: ZUMLY JANETH DIONISIO NAVARRO, Carné No. 201546208, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DE LA TESIS EFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE Solanum lycopersicum L, EN SUELOS CON PRESENCIA DE NEMATODOS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA**, previo a conferírsele el Título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN DE LA TESIS EFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE Solanum lycopersicum L, EN SUELOS CON PRESENCIA DE NEMATODOS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA**, la estudiante: ZUMLY JANETH DIONISIO NAVARRO, Carné No. 201546208, previo a conferírsele el Título de INGENIERA AGRÓNOMA CON ORIENTACIÓN EN AGRICULTURA SOSTENIBLE.”

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez
Coordinador Académico



DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a:

Dios: Por ser mi principal fuente de sabiduría. Por tu misericordia y amor. Por permitirme acompañarme en cada etapa de mi vida y nunca abandonarme.

Mis padres: Roberto Javier Dionisio e Hilda Maribel Navarro. Por sus sacrificios, esfuerzos, apoyo incondicional, enseñanzas y por no abandonarme a pesar de las dificultades que la vida les ha presentado. Mi más profundo agradecimiento, admiración, respeto, y amor.

Mis hermanos: William y Rocío, ustedes mis mejores amigos, por todo su cariño, apoyo, fortaleza en cada una de las situaciones que la vida me presenta, la vida sería muy solitaria si ustedes no estuvieran a mi lado.

Mis amigos: Carina, Anderson, Breifor, Luis, Estuardo, Lusvin, Wilard por su amistad sincera, cariño y apoyo en nuestra formación. Gracias por estar conmigo, eternamente agradecida.

AGRADECIMIENTOS

A:

DIOS:

Por su misericordia y sabiduría.

PUEBLO DE GUATEMALA:

Gracias por el aporte para hacer posible el acceso a nuestra educación.

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA:

Alma Mater formadora de profesionales.

CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS:

Agradecimiento con respeto y aprecio a los docentes de la carrera de Agronomía CUSAM.

CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO:

Con aprecio y agradecimiento por ser pilar fundamental en mi proceso de formación.

MIS ASESORES:

Ing. Agr. Mario Alberto de León e Ing. Agr. Fredy Roberto Pérez Monzón, por el apoyo durante la ejecución del trabajo de graduación.

CRISTIAN FUENTES:

Por tomarme en cuenta en la ejecución del proyecto de investigación. Gracias por tu apoyo y amistad.

CARINA MAZARIEGOS:

Gracias por acompañarme y ser parte de mi vida. Aunque lejos, estaré siempre contigo.

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



TÍTULO:

EFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L, EN SUELOS CON PRESENCIA DE NEMATODOS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA.

POR:

ZULMY JANETH DIONISIO NAVARRO

ASESOR PRINCIPAL:

ING. AGR. MARIO ALBERTO DE LEÓN DÍAZ.

ASESOR ADJUNTO:

ING. AGR. FREDY ROBERTO PÉREZ MONZÓN

SAN MARCOS, SEPTIEMBRE DE 2024.

TÍTULO

EFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE *Solanum lycopersicum* L, EN SUELOS CON PRESENCIA DE NEMATODOS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA.

ÍNDICE GENERAL

1.	Resumen.....	1
2.	Introducción.....	2
3.	Planteamiento del problema.....	4
4.	Justificación.....	6
5.	Marco teórico.....	7
5.1.	Nematodos Fitoparasíticos.....	7
5.1.1.	Características morfológicas y anatómicas.....	7
5.1.2.	Ciclo de Vida y Biología.....	7
5.1.3.	Ecología y distribución.....	8
5.1.4.	Población y Patrón de distribución de los Nematodos.....	9
5.1.5.	Síntomas de daño de nematodos.....	9
5.1.6.	Nivel de daño.....	10
5.2.	Bokashi:.....	12
5.2.1.	Ventajas del Bokashi.....	13
5.3.	Microorganismos eficientes.....	15
5.4.	Experiencias en el uso de Bokashi.....	15
6.	Objetivos.....	17
6.1.	Objetivo general.....	17
6.2.	Objetivos específicos.....	17
7.	Hipótesis.....	18
8.	Materiales y métodos.....	19
8.1.	Materiales y equipo.....	19
8.2.	Metodología.....	19
8.2.1.	Método de investigación.....	19
8.2.2.	Tratamientos.....	20

8.2.3.	Variables independientes de la investigación	20
8.2.4.	Variables dependientes de la investigación	20
8.2.5.	Diseño experimental	20
8.2.6.	Modelo estadístico	21
8.2.7.	Tamaño de la unidad experimental	21
8.3.	Localidades	21
8.3.1.	Época	22
8.4.	Manejo del experimento	22
8.4.1.	Análisis de suelos.....	22
8.4.2.	Establecimiento y manejo del cultivo	23
8.4.3.	Manejo y control de nematodos.....	23
8.4.4.	Cosecha y toma de datos.....	23
8.4.5.	Análisis de la información	24
8.4.6.	Análisis económico.....	24
8.4.7.	Opinión de productores.....	24
8.4.8.	Análisis y presentación de resultados.	25
9.	Presentación y discusión de resultados	26
9.1.	Rendimiento	26
9.2.	Análisis financiero	29
9.2.1.	Precio de mercado.....	32
9.2.2.	Presupuesto Parcial	36
9.2.3.	Análisis marginal	37
9.3.	Opinión del agricultor	41
10.	Conclusiones	46
11.	Recomendaciones	47
12.	Referencias bibliográficas.....	48
13.	Anexos	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los tratamientos a utilizar dentro de las parcelas de evaluación.	20
Tabla 2. Ubicación de las parcelas de evaluación.....	21
Tabla 3. Vías de acceso a las parcelas de evaluación.	22
Tabla 4. Descripción de dosis y épocas de aplicación de bokashi con microorganismos eficientes.	23
Tabla 5. Rendimiento en kilogramos por hectárea, clasificados en primera, segunda y tercera categoría.	26
Tabla 6. Análisis T de Student para la variable Rendimiento, expresada en kilogramos por hectárea.	27
Tabla 7. Análisis paramétrico a través de la prueba de suma de rangos de Wilcoxon para la variable rendimiento.	28
Tabla 8. Costos de producción para cultivo de tomate en invernadero de 7 m X 21 m (147 m ²) utilizando las condiciones socioeconómicas del productor para el control de nematodos.	30
Tabla 9. Costos de producción para cultivo de tomate en invernadero de 7 m X 21 m (147 m ²) utilizando bokashi con microorganismos eficientes para el control de nematodos.	31
Tabla 10. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, promedio de precios de los mercados ubicados en la Central de Mayoreo ubicada en Ciudad Capital; mercado La Terminal ubicado en Quetzaltenango y Mercado La Terminal ubicado en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos; correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.	35
Tabla 11. Presupuesto parcial del rendimiento del cultivo de tomate utilizando bokashi con microorganismos eficientes.....	36
Tabla 12. Análisis de dominancia, tratamientos pareados en la evaluación	37
Tabla 13. Tasa de retorno marginal y relación costo: beneficio, tratamientos pareados.	38
Tabla 14. Comparativa del uso de la tecnología	40

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Rendimiento en kilogramos por hectárea, clasificados en primera, segunda y tercera.	28
Ilustración 2. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, monitoreado en la Central de Mayoreo ubicada en Ciudad Capital, correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.	32
Ilustración 3. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, monitoreado en el mercado La Terminal del municipio de Quetzaltenango, Quetzaltenango. Correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.	33
Ilustración 4. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, monitoreado en el mercado municipal del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.	34
Ilustración 5. Curva de beneficios netos entre tratamientos.	39
Ilustración 6. Percepción del agricultor en cuanto al crecimiento de la planta.	41
Ilustración 7. Percepción del agricultor en cuanto al color de la planta.	42
Ilustración 8. Percepción del agricultor en cuanto al grosor del tallo.	43
Ilustración 9. Percepción del agricultor en cuanto a número de racimos por planta.	44
Ilustración 10. Percepción del agricultor en cuanto a frutos por racimo.	44
Ilustración 11. Percepción del agricultor en cuanto a producción.	45

1. Resumen

En la presente investigación se evaluó el rendimiento del cultivo de tomate utilizando bokashi con microorganismos eficientes como alternativa para el manejo de nematodos en cinco localidades de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango.

Se utilizó el diseño experimental de parcelas pareadas para conocer el efecto en el rendimiento comparando bokashi con microorganismos eficientes y el manejo para control de nematodos utilizado por el productor en suelos con presencia de nematodos. La evaluación fue realizada en las localidades: Santa Teresa, municipio de San Pedro Sacatepéquez, El Rincón, municipio de San Marcos y Cuyá del municipio de Tejutla; del departamento de San Marcos, El Eden y Buena Vista del municipio de Palestina de los Altos del departamento de Quetzaltenango.

Los datos obtenidos en las localidades se sometieron a comparación en donde se observó mayor rendimiento en parcelas donde se aplicó bokashi con microorganismos eficientes, con un rendimiento promedio de 18018.34 kilogramos por hectárea.

El análisis económico determinó que ambos tratamientos presentan beneficios económicos para el productor, sin embargo, el uso de bokashi con microorganismos eficientes presentó mayor ganancia. Se puede percibir una retribución del 44% de los beneficios netos en comparación con el testigo, esto se traduce a ganancias netas que oscilan alrededor de los Q 85864.50 por hectárea de cultivo. Teniendo como resultado un aumento considerable en las ganancias económicas del productor.

En cuanto a la opinión del productor, se identificó mayor aceptación de los productores al uso de bokashi con microorganismos eficientes. Debido a que las plantas mostraron mejor apariencia en cuanto a color, grosor del tallo y crecimiento. También presentó cantidad aceptable de número de racimos, número de frutos por racimo, lo que se evidenció en mayor rendimiento de producción.

Palabras clave: Bokashi, Microorganismos eficientes. Nematodos, Beneficio, Rendimiento.

2. Introducción

El cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L es uno de los cultivos más importantes en Guatemala, convirtiéndose en una oportunidad de inversión en el sector agronómico del país. Actualmente, productores de la región de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango cultivan tomate bajo condiciones de invernadero.

El cultivo de tomate es de importancia, pues genera ingresos económicos a los productores y genera oportunidad de empleo. Sin embargo, este se ve afectado por daños debido a presencia de plagas y enfermedades.

La producción de tomate puede verse seriamente afectada por el ataque de nematodos. Estos son organismos microscópicos parecidos a gusanos que habitan en el suelo y se alimentan de las raíces de la planta. Los síntomas asociados a la presencia de nematodos en un cultivo en gran medida dependen de la severidad de la infección inicial. Altas poblaciones iniciales de nematodos pueden limitar el desarrollo y crecimiento de las plántulas, al punto de echar a perder una siembra de tomate. Por otra parte, si la población inicial no es tan alta, el nematodo se irá desarrollando y aumentando su población a medida que el cultivo avanza, y se manifestará en una reducción en el rendimiento y en la calidad de la fruta. (Vicente, 2007)

Autores han identificado pérdidas en la producción que oscilan entre 12% y 47% debido a los daños que ocasionan los nematodos presentes en el suelo. Para mitigar estos daños, los productores se ven obligados a adquirir productos para controlar la presencia y los efectos de estos nemátodos. Sin embargo, el aumento en la aplicación de productos químicos incrementa los costos de producción y reduce el beneficio neto. Además, el uso excesivo de productos químicos puede tener efectos adversos en la salud de los productores, ya que a menudo se incrementa la dosis aplicada.

En la investigación realizada a fin evaluar tecnologías para el control y manejo de nematodos en el cultivo de tomate se aprecian los resultados generados, en donde Arreaga (2,020) demostró que la aplicación de bokashi con Microorganismos Eficientes disminuye la severidad en el ataque de nematodos e identificó un rendimiento mayor del 15%.

Con base a lo anterior, se evaluó el efecto de la aplicación de bokashi con microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum L.*, en suelos con presencia de nematodos en 5 localidades de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango.

La metodología utilizada en la investigación fue mediante la implementación del diseño experimental parcelas pareadas, debido a que solo existen dos tratamientos a comparar. El área experimental se estimó en 147 m² por localidad, utilizando un total de dos tratamientos por unidad experimental; la aplicación de bokashi con microorganismos eficientes en comparación al manejo utilizado por el productor (testigo). Las prácticas agronómicas del cultivo fueron las mismas que realizan los productores de la zona.

Esta investigación evaluó el efecto del rendimiento, comparando el rendimiento en las parcelas donde se aplicó bokashi con microorganismos eficientes con el rendimiento en las parcelas dando el manejo que el productor utiliza, se realizó un análisis económico y así mismo identificó la opinión del agricultor en cuanto al uso y aceptación del bokashi con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos.

Esta investigación evaluó el efecto del bokashi con microorganismos eficientes en el rendimiento de cultivos, comparándolo con el rendimiento obtenido bajo el manejo habitual del productor. Además, se realizó un análisis económico para evaluar la viabilidad financiera de este enfoque y se recopiló la opinión del agricultor sobre la aceptación y efectividad del bokashi en suelos afectados por nemátodos.

3. Planteamiento del problema

En la región productora de tomate en los departamentos de Quetzaltenango y San Marcos, los productores se dedican a producir tomate con la tecnología de invernaderos. Sin embargo, la producción se ve limitada debido a causas provocadas por la incidencia y severidad de nematodos en la raíz de la planta de tomate.

Otzoy y Rodas (2003) indican que el cultivo del tomate en Guatemala de acuerdo con las estadísticas del Banco de Guatemala ha venido creciendo tanto en área cultivada como en rendimiento a nivel nacional; alcanzando un rendimiento promedio de 25,785 kg / ha en el año 2,000 con un área cosechada de 6,300 hectáreas.

El cultivo de tomate en Guatemala ha registrado, en promedio, en los últimos veinte años una producción anual de 76,805,561.1 kg. Sin embargo, como todo cultivo, se ve expuesto a problemas en su producción como son plagas y enfermedades. Dentro de estas y provenientes del suelo, los nematodos, que ocasionan severas pérdidas en el cultivo. Verdejo & Talavera (2015) describen que las pérdidas de producción en tomate por daños ocasionados por nematodos oscilan entre 30% y 36% dependiendo de la población inicial del nematodo y de las condiciones medioambientales, principalmente, de la temperatura del suelo.

Revelo *et al.* (2006), determinaron pérdidas de 36, 43 y 47 % en las variedades de tomate de mesa Sheila, Sahel y Charleston, respectivamente en Yuyucocha Imbabura, bajo condiciones de invernadero, lo que demuestra que el ataque de nematodos es un factor limitante de la población de este cultivo.

González (2016) en su estudio “diagnóstico de identificación de puntos críticos y temas para la Formulación de Proyectos de investigación en la Agrocadena del tomate” identificó el impacto de la severidad del nematodo en el cultivo de tomate en parcelas de productores, donde observó la disminución de la media de producción anual.

En esta región los productores utilizan constantemente agroquímicos con fines de control de nematodos llegando a hacer un uso discriminado de estos productos, lo que ha provocado la resistencia de nematodos hacia estos productos. Según González (2020) los productores emplean agroquímicos carbamatos e incluso emplean piretroides, adquiridos principalmente en las casas comerciales que existen en el municipio de San Pedro Sacatepéquez, en el caso de los agricultores del departamento de San Marcos y en el municipio de San Juan Ostuncalco, departamento de Quetzaltenango, generando costos en promedio de Q 600.00 - Q800.00 quetzales por ciclo de producción.

En búsqueda de alternativas para mejorar los rendimientos en el cultivo de tomate, se evalúa la aplicación de bokashi con microorganismos eficientes para determinar su efectividad para mejorar la producción en suelos con presencia de nematodos.

Con base a la problemática planteada se formuló la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué efecto tiene la aplicación de bokashi con microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de tomate en suelos con presencia de nematodos?

4. Justificación

Uno de los principales factores limitantes en la producción de tomate lo constituyen los nematodos fitoparásitos. Estos organismos generan pérdidas que han sido estimadas en 20%. Los principales nematodos asociados al cultivo del tomate son los géneros *Meloidogyne* sp. (Tzortzakakis 2000, Karssen y Moens 2006 citados por Salazar y Guzmán 2013).

Otros nematodos que se encuentran frecuentemente asociados al cultivo de tomate son el reniforme, *Rotylenchulus reniformis*, el lesionador, *Pratylenchus spp.* y el de espiral, *Helicotylenchus spp.* De estos el más dañino es el nematodo lesionador, el cual produce lesiones necróticas a su paso por la raíz. En general, el daño ocasionado por altos niveles poblacionales de estos organismos se va a manifestar en términos de pobre desarrollo, crecimiento y rendimiento del cultivo. (Vicente, 2007)

Arreaga (2020), evaluó diferentes enmiendas orgánicas en diferentes mezclas, demostrando que la combinación de bokashi con microorganismos eficientes disminuyeron la severidad e incidencia de nematodos y un incremento mayor del 15% en cuanto a rendimiento con respecto al testigo absoluto. En dicha investigación recomienda la utilización de bokashi en suelos infestados con nematodos del género *Meloidogyne*, ya que representa una mejora en los rendimientos y en el beneficio económico obtenido.

Lo anterior sugiere la necesidad de brindar opciones a los productores a través de la investigación de tecnologías que fortalezcan los sistemas de producción de tomate, que permita obtener altos rendimientos en suelos con presencia de nematodos, disminuyendo el uso de productos químicos, sin afectar el costo de producción y el rendimiento.

5. Marco Teórico

5.1. Nematodos Fitoparasíticos

Los nematodos son organismos multicelulares que habitan muchos agrosistemas, los cuales pueden generar poblaciones de hasta 30 millones/m². Los nematodos son considerados fitoparásitarios ya que afectan a diversos cultivos en todo el mundo, generando pérdidas anuales aproximadas de 100 billones de dólares. (Andrés, 2002)

5.1.1. Características Morfológicas y Anatómicas

Según Balaña (2003) el largo de un nematodo fitoparasítico “oscila entre los 300 a 1,000 μm por 15 a 35 μm de ancho” generalmente este tipo de nematodo tiene una morfología en forma de anguila de cuerpos lisos no segmentados, sin apéndices. En el caso de las hembras su forma varía puesto que en ocasiones se hinchan en la madurez con forma de pera o cuerpos esferoides, poseen uno o dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en la vulva. En cuanto al macho posee un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común con el intestino; existe un par de espículas copuladoras que sobresalen

El color por su tamaño microscópico suele ser más o menos transparente, con una cutícula incolora, que a menudo poseen estrías u otros detalles, esta despliega la muda a través de sus distintas etapas larvarias. Balaña (2003) describe a este tipo de nematodo con un “sistema digestivo que está formado por un tubo hueco que se extiende desde la boca pasando por el esófago hasta el intestino, recto y ano, por lo regular existen seis labios que rodean la boca”. Los nematodos fitoparasíticos poseen un estilete hueco o lanza que utilizan para perforar las células vegetales, el sistema reproductor se ha desarrollado.

5.1.2. Ciclo de Vida y Biología

La primera muda del primer estado juvenil ocurre dentro del huevo y se desarrolla al segundo estadio juvenil (J2) el cual es el infectivo. Eclosiona del huevo el J2 y comienza generalmente después de recibir el estímulo de los

exudados de raíz a parasitar al huésped. El J2 penetra la raíz cerca al punto de crecimiento, se mueve dentro de la raíz cortando las paredes de células con su estilete y eventualmente permanece en un lugar para alimentarse de las células cercanas al tejido vascular de raíz. El estilete perfora las células y la saliva de las glándulas del esófago es inyectada. Los componentes de la saliva del nematodo inducen el crecimiento de las células, el rompimiento de las paredes de las células, y la formación de una célula grande llamada sincitium (Rowe y Evans, 2002).

El crecimiento interno de las paredes celulares facilita la transferencia de alimento nutritivo al parásito. El juvenil permanece en un sitio donde se alimenta y se transforma en sedentario, experimenta tres mudas adicionales antes de alcanzar el estado adulto. Un grado alto de dimorfismo sexual existe. Los machos adultos salen de las raíces y sobreviven por cerca de 8 días en el suelo. La hembra adulta sedentaria se hincha e incrementa de tamaño, rompiendo la corteza de la raíz, exponiendo el cuerpo al suelo. Atrayentes químicos atraen los males vermiformes hacia las hembras (Rowe y Evans, 2002).

5.1.3. Ecología y Distribución

La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan a la supervivencia y al movimiento de los nematodos en el suelo. Su mayor abundancia está entre los 0 a 15 cm de profundidad. La distribución en el suelo, de los nematodos, está regida por su propia capacidad. No logra recorrer más de un metro de distancia, con mayor rapidez en películas delgadas de agua. A través del equipo agrícola, la irrigación, el drenaje de agua, patas de animales, semillas infectadas, plantas de viveros, etc., es como logra dispersarse a través de grandes distancias (Balaña, 2003).

5.1.4. Población y Patrón de Distribución de los Nematodos

El límite superior de la población para cualquier especie de nematodo parásito de plantas depende de su potencia reproductora, de la especie de planta huésped y del tiempo en estar en condiciones adecuadas para su reproducción. Los endoparásitos especializados y parásitos superficiales tienen una mayor potencia de reproducción que los ectoparásitos. La disposición de una población es la forma en que sus individuos se ubican en el espacio, y se refiere al patrón de distribución espacial.

Este patrón es un elemento básico que permite explicar muchos de los comportamientos de los individuos. Los patrones de disposición espacial son tres:

Patrón al azar: cuando cada punto del espacio tiene igual probabilidad de estar habitado por un individuo.

Patrón agregado o contagioso: cuando la presencia de un individuo en un sitio aumenta la probabilidad de encontrar otros en su vecindad.

Patrón uniforme o regular: cuando la presencia de un individuo disminuye la probabilidad de encontrar otros allí. La distribución típica sigue un patrón agregado o contagioso. Factores como el tipo de deposición de huevos, patogenicidad relativa, distribución de raíces, respuesta al microclima y la interacción entre enemigos naturales contribuyen al proceso de agregación. (Balaña, 2003).

5.1.5. Síntomas de Daño de Nematodos

Según Greco; D'addabbo; Brandonisio y Elia (1993) “A nivel histológico el daño es representado por necrosis de las células de las raíces atravesadas por los juveniles de segundo estado”. Cuando estos se detienen en el lugar definitivo de alimentación, las células alrededor de la cabeza del nematodo sufren una profunda transformación. De 3 a 10 células alrededor de la cabeza de cada nematodo se funden, la pared celular engrosa, el citoplasma se torna denso y se origina el sincitio multinucleado de alta actividad metabólica, el cual es indispensable para la alimentación del nematodo.

La formación del sincitio ocasiona una interrupción de los vasos cribosos y leñosos limitando notablemente la funcionalidad de las raíces. Debido a esto, las plantas de papa atacadas por el nematodo presentan crecimiento y rendimiento reducidos, la

senectud se anticipa y, a veces, en suelos muy infestados, el follaje presenta un ligero amarillamiento. Las reducciones de rendimiento dependen del nivel poblacional del nematodo al momento de la siembra (Greco *et al.* 1993).

Ensayos realizados por Greco; Di vito; Brandonisio; Giordano; y De Marinis (1982) en Europa y por Greco y Moreno (1992 a) en Chile han determinado que el límite de tolerancia de la papa a los nematodos formadores de quistes es de aproximadamente 1.9 huevos/g de suelo. Un cultivo puede ser destruido completamente cuando la población inicial del nematodo es de 64 huevos/g de suelo.

La investigación realizada por Canto-Saenz y Mayer de Scurrah (1977) demostró la magnitud del daño ocasionado por estos patógenos también depende del patotipo. A nivel mundial han sido identificados cinco patotipos de *G. rostochiensis* (Ro1, Ro2, Ro3, Ro4, Ro5) y seis de *G. pallida*: tres en Europa (Pa1, Pa2, Pa3) y tres en la zona andina (P4A, P5A, P6A).

La identificación de los patotipos se hace basándose en la tasa de reproducción de las distintas poblaciones en una serie standard de clones de *Solanum* spp. Métodos basados en separación de proteínas, enzimas y pruebas de ADN, hasta ahora, no han dado resultados satisfactorios (Kort; Ross; Rumpenhorst y Stone. 1977).

5.1.6. Nivel de Daño

Agrios, (2004) describe que es difícil o imposible ver a los nematodos en el campo, sus síntomas no suelen ser específicos, y por eso el daño que ocasionan suele ser atribuido a algún otro patógeno. Los nematodos reducen la producción agrícola aproximadamente un 11% a nivel mundial, ocasionando pérdidas de millones de toneladas anuales.

El nematodo se fija en las raíces y provoca la aparición de células gigantes que forman una agalla. Esta estructura dificulta la absorción de elementos del suelo.

Los síntomas ocasionados por el ataque de este nematodo son similares a los producidos por deficiencias nutricionales e invasión de hongos del suelo (Agrios., 2004).

Solo en el cultivo de tomate se han estimado pérdidas en torno al 23% en cultivos al aire libre y de 36% en cultivos protegidos (Verdejo Lucas et ál., 1994; Carrillo y Martínez, 2016). En los cultivos hortícolas bajo cultivo protegido (malla sombra e invernadero), los nematodos agalladores, principalmente *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* y últimamente la presencia de *Meloidogyne enterolobii*, son los que aparecen con mayor frecuencia, con un porcentaje de invernaderos o malla sombra infestados entre el 15 y 30% (Martínez, 2015). Dentro de estos, el promedio de la superficie infestada por los nematodos está en torno al 20% y las pérdidas de producción cercanas al 33% (Flor Peregrín et ál., 2012). Esta estimación de pérdidas probablemente sería aún mayor, si no se usaran medidas de control nematológico.

5.1.7. Nematodos del Suelo Encontrados en el Análisis de Suelos

a) *Meloidogyne*:

Es un género de nematodos inductores de agallas que habitan en casi todas las regiones templadas y cálidas del mundo; son parásitos internos de las raíces de cientos de especies vegetales, incluyendo muchas plantas de importancia agrícola. Es de la familia Heteroderidae.

b) *Tylenchus*

Es un nematodo semiendoparásito de las raíces. La hembra madura tiene forma de estómago, con un largo cuello, definiendo un marcado diformismo sexual con el macho, que mantiene su forma alargada. El huevo es pequeño, oval, que la hembra deposita fuera del cuerpo. Debido a su ataque, las raíces se engrosan y el tejido de la raíz se descompone.

c) *Apelenchus*

Rotylenchus sp. (Figura 1) parásitos de una amplia gama de especies silvestres y plantas cultivadas y están estrechamente asociados con las raíces de las plantas. Ellos son migratorios ectoparásitos y navegar en la superficie de las raíces. Como

migratorios ectoparásitos no entrar en la raíz de la planta, los daños que causa es generalmente limitado a la necrosis de las células, penetraron por estilete. Sin embargo, las especies con más estiletos (por ejemplo, ya que, *Rotylenchus cazorlaensis*, *Rotylenchus magnus* y *Rotylenchus robustus*) penetran en los tejidos más profundamente, con lo que matan más células y causando más extensos daños a la raíz. (Bayer, 2007)

5.2. Bokashi:

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de la materia orgánica, los que contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo. Un método muy difundido para la elaboración de abono orgánico es el llamado abono orgánico tipo bokashi, el cual gracias al uso de levaduras es de rápida descomposición, haciendo posible la preparación de grandes volúmenes y prácticamente de uso inmediato en forma sólida y/o líquida.

Bokashi; es una palabra japonesa que significa materia orgánica fermentada. Una traducción de esta palabra al español (refiriéndose al abono) es abono orgánico fermentado.

Tradicionalmente, para la preparación del bokashi, los productores japoneses usan materia orgánica como semolina de arroz, torta de soya, harina de pescado y suelo de los bosques como inoculante de microorganismos. Estos suelos contienen varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación del abono. El Bokashi ha sido utilizado por los productores japoneses como un mejorador del suelo que aumenta la diversidad microbiana, mejora las condiciones físicas y químicas, previene enfermedades del suelo y lo suple de nutrientes para el desarrollo de los cultivos (Shintani; Leblanc y Tabora. 2000).

Según Galeano (2000) “la fabricación de fertilizantes orgánicos fermentados se puede entender como un proceso de descomposición aeróbica y termofílica y de residuos orgánicos a través de poblaciones de microorganismos químicoorganotróficos”, ya que estos existen en los propios residuos, bajo condiciones controladas, que producen un material parcialmente estable de lenta descomposición en condiciones favorables.

Los ácidos húmicos son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de la materia orgánica, los que contribuyen significativamente a la estabilidad y fertilidad del suelo. Un método muy difundido para la elaboración de abono orgánico es el llamado abono orgánico tipo bokashi, el cual gracias al uso de levaduras es de rápida descomposición, haciendo posible la preparación de grandes volúmenes y prácticamente de uso inmediato en forma sólida y/o líquida.

5.2.1. Ventajas del Bokashi

Se mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdidas por volatilización. Además, suministra órganos compuestos (vitaminas, aminoácidos, ácido orgánico, enzimas y sustancias antioxidantes) directamente a las plantas y al mismo tiempo activa los micro y macroorganismos benéficos durante el proceso de fermentación. También ayuda en la formación de la estructura de los agregados del suelo. Según Shintani *et al* (2000) La fabricación del abono orgánico fermentado presenta además las siguientes ventajas:

- La no formación de gases tóxicos y malos olores.
- El manejo del volumen, facilitando su almacenamiento, transporte y la disposición de los materiales para fabricarlo.
- La desactivación de los agentes patogénicos, muchos de ellos perjudiciales a los cultivos.
- La posibilidad de utilización del producto final en los cultivos en un periodo de tiempo muy corto y a costos muy bajos.

El Bokashi es una técnica usada por productores japoneses hace muchos años. Por esta razón se conoce como Bokashi Tradicional en comparación con otras técnicas más modernas para preparar este abono. Este posee algunas características que permiten diferenciarlo fácilmente:

- El uso de altos volúmenes de suelo de bosque o montaña (suelo que contiene microorganismos benéficos, y a la vez no contiene patógenos).

- El uso de materia orgánica de alta calidad como sémola de arroz, gallinaza y torta de soya.
- El proceso se realiza bajo condiciones aeróbicas

Los siguientes son ejemplos de materiales a usar en la preparación de bokashi. El proceso de preparación es bastante sencillo, pero se debe tener cuidado de seguir las indicaciones para evitar que el proceso fracase. A continuación, se presenta una secuencia a seguir para la preparación de Bokashi (Shintani *et al.* 2000).

- En un lugar bajo techo, coloque los materiales en capas uno sobre el otro, hasta formar un montículo.
- Agregue agua para humedecer hasta alcanzar entre 30 –40% de humedad y mezcle los materiales.
- Revise el contenido de agua; no debe haber exceso de humedad. Para verificar, comprima un puñado de la mezcla en la mano; esta debe quedar como una unidad sin desmoronarse y sin que gotee líquido. Sin embargo, al tocar el puñado con el dedo, debe desmoronarse fácilmente.
- Cubra la mezcla con bolsas, sacos, paja, etc. Esto tiene la finalidad de mantener la temperatura.

Una vez preparado el bokashi, es necesario seguir controlando el proceso. Lo primero para tener en cuenta, si no hay exceso de humedad, es que en condiciones aeróbicas la mezcla se fermenta muy rápido y la temperatura aumenta en cuestión de horas, por lo cual podría sobre calentarse (Galeano, 2000).

La temperatura se debe mantener entre 35°C – 50°C. Para medir esto, se puede usar un termómetro normal o introducir un machete a la pila; si es posible mantener la hoja de metal entre las manos, la temperatura es adecuada. Si la temperatura sobrepasa los 50°C, se debe mezclar bien la pila para reducir la temperatura y oxigenar la mezcla. Si la temperatura todavía se mantiene alta, trate de extender la pila para reducir la altura y conseguir con esto la reducción de la temperatura (Galeano, 2000).

El proceso de fermentación dura entre 7 – 30 días, dependiendo de los materiales que se utilicen y de la temperatura ambiente. El bokashi está listo para ser utilizado cuando libera un

olor dulce fermentado y aparecen hongos blancos en su superficie. Si la pila libera un olor a podrido, el proceso ha fracasado.

El bokashi se debe utilizar lo antes posible luego de su elaboración. Si es necesario almacenarlo, dispersarlo sobre un piso de cemento, secarlo bien bajo la sombra y luego colocarlo en una bolsa plástica (Galeano, 2000).

5.3. Microorganismos Eficientes

Microorganismo eficiente (EM) es una solución que contiene varios microorganismos benéficos tanto aeróbicos como anaeróbicos, los cuales tienen diferentes funciones. Entre estos se encuentran bacterias ácidos lácticos y fotosintéticos, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores.

Estos microorganismos existen en todos los ecosistemas naturales y son usados para el procesamiento de alimentos y de comida animal fermentada.

Según Shintani *et al.* (2000) el uso de Microorganismos eficientes -EM es “totalmente seguro para los seres humanos y animales. Como EM está compuesto por microorganismos, es una entidad viviente. Es importante mencionar que EM aumenta la población de microorganismos benéficos en el suelo y todos estos microorganismos necesitan tener alimento, agua y un medio para vivir y prosperar”.

5.4. Experiencias en el uso de Bokashi

En el 2013, El Ministerio de Agricultura de Chile (MAG), citado por Velásquez, (2018) las prácticas utilizadas en la agricultura convencional moderna permiten obtener aumento de rendimientos en el corto plazo, generando pérdidas a largo plazo en los denominados servicios agroecosistémicos; reservorio de germoplasma “*in situ*”, refugio de organismos reguladores de plagas, malezas y patógenos; secuestro de carbono atmosférico, entre otros.

Baños; Lazo; Gonzales y Morejon (2010) en su tesis doctoral “Efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp.” en donde con el objetivo de reducir los niveles de infestación de *Meloidogyne* spp. en el cultivo de tomate, se evaluó el

efecto de gallinaza (4.2 t/ha), melaza (10 l/ha) y *Trichoderma* spp. kg/ha), comparado con un testigo sin tratar. En todos los tratamientos se encontró una infestación inicial alta, con grado superior a tres, sin diferencias significativas entre ellos, sin embargo, la infestación final mostró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados para $p \leq 0.05$, según la prueba de rangos múltiples de Duncan.

Girón, Martínez & Monterroza (2012) evaluaron la influencia de aplicación de bokashi y lombriabono en cultivos de calabacín, espinaca y remolacha, el T2 (bokashi) produjo los mayores rendimientos ($p \leq 0.01$) en peso de bulbo de remolacha, planta de lechuga, cantidad de frutos de calabacín y peso de follaje en espinaca.

6. Objetivos

6.1. Objetivo General.

Evaluar el efecto de aplicación de bokashi con microorganismos eficientes en el rendimiento del cultivo de tomate *Solanum lycopersicum* L, en suelos con presencia de nematodos, en cinco localidades de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango.

6.2. Objetivos Específicos.

1. Comparar el rendimiento del cultivo de tomate utilizando bokashi con microorganismos eficientes y el manejo utilizado por el productor.
2. Realizar un análisis económico sobre el uso de bokashi con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos en parcelas del productor.
3. Identificar la opinión de los productores sobre el uso de bokashi con Microorganismos Eficientes en suelos con presencia de nematodos.

7. Hipótesis

Ha₁ El cultivo de tomate donde se aplicará Bokashi con microorganismos eficientes presentará estadísticamente un mejor rendimiento en comparación al manejo utilizado por el productor.

Ho₁ El cultivo de tomate donde se aplicará Bokashi con microorganismos eficientes no presentaran estadísticamente un mejor rendimiento en comparación al manejo utilizado por el productor.

Ha₂ El cultivo de tomate donde se aplicará Bokashi con microorganismos eficientes presentarán una mejor opción económica para los productores.

Ho₂ El cultivo de tomate donde se aplicará Bokashi con microorganismos eficientes no presentarán una mejor opción económica para los productores.

El rendimiento del cultivo de tomate donde se aplicará Bokashi con microorganismos eficientes tendrá mayor aceptación entre los productores.
Ha₃

El rendimiento del cultivo de tomate donde se aplicará Bokashi con microorganismos eficientes no tendrá mayor aceptación entre los productores.
Ho₃

8. Materiales y Métodos

8.1. Materiales y Equipo

De campo:

Bokashi (comprado de casa comercial presentación 1 saco/quintal)

Microorganismos Eficientes (presentación líquida /litro)

Bombas de asperjar tipo mochila

Balanza

Bitácora de campo

De gabinete:

Computadora

Impresora

Internet

Software Infostat

Paquete Office

Material experimental:

Cultivo de tomate

Recursos humanos

Estudiante

Asesor principal

Asesor adjunto

Productores de tomate

8.2. Metodología

8.2.1. Método de Investigación

Se utilizó el método experimental, pues este permite controlar deliberadamente las variables para delimitar relaciones entre ellas, está basado en la metodología científica. En este método se recopilan datos para comparar las mediciones de comportamiento de un grupo control, con las mediciones de un grupo experimental. Las variables que se utilizan pueden ser variables dependientes (las que queremos medir o el objeto de estudio del investigador) y las variables independientes (las que el investigador manipula para ver la relación con la dependiente). (González, 2018)

Se utilizó el método estadístico con base en la investigación, ya que es una investigación cuantitativa; asume el método estadístico como proceso de obtención, representación, simplificación, análisis, interpretación y proyección de las características, variables o valores numéricos de un estudio o de un proyecto de investigación para una mejor comprensión de la realidad y una optimización en la toma de decisiones. (Guerrero, 2014)

8.2.2. Tratamientos

Tabla 1. Descripción de los tratamientos a utilizar dentro de las parcelas de evaluación.

No. Tratamiento	Código	Material
Tratamiento 1	T1	Bokashi con Microorganismos eficientes
Tratamiento 2 (Testigo relativo)	T2	El manejo utilizado por el productor

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

El bokashi fue adquirido de una casa comercial, en presentación de 1 saco de 1 quintal. De igual manera, los microorganismos eficientes fueron adquiridos en una casa comercial. En presentación líquida de 1 litro.

8.2.3. Variables Independientes de la Investigación

Las variables independientes que se utilizaron son los 2 tratamientos aplicados a suelos con presencia de nematodos.

8.2.4. Variables Dependientes de la Investigación

Rendimiento: Se determinó clasificando el tomate en categoría: primera, segunda y tercera, todos pesados en kg/ha.

Costos e ingresos: Se mantuvo un registro de los costos para la producción de tomate y aplicación de bokashi con microorganismos eficientes, además se realizó un monitoreo en los principales mercados de la región siendo el de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos; San Juan Ostuncalco y Central de Mayoreo de Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango y Central de Mayoreo CENMA, en ciudad de Guatemala.

Opinión del productor: La opinión del productor es muy importante, para obtener un valor cuantificable sobre la opinión del productor en cuanto al uso y manejo de bokashi con microorganismos eficientes, se realizaron a través de encuestas pasadas a los productores.

8.2.5. Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental parcelas pareadas. Esta técnica consiste en comparar o parear las parcelas a través de aleatorización, entre la tecnología a evaluar y el testigo o manejo que el productor actualmente le da a su parcela para solucionar la problemática de interés.

8.2.6. Modelo Estadístico

El modelo estadístico utilizado para evaluar las parcelas pareadas es el siguiente:

$$t = d / Sd$$

Dónde:

t = valor de t de Student.

d = promedio de las diferencias de rendimiento del cultivo de tomate entre tratamientos.

8.2.7. Tamaño de la Unidad Experimental

La parcela de evaluación estuvo constituida por un invernadero de 7 metros de ancho por 21 metros de largo (147 m²), dentro del invernadero se distribuyeron las parcelas experimentales que consistieron en dos parcelas, una de ellas consistió en la parcela con tratamiento relativo (manejo dado por el productor) y en otra parcela, el tratamiento evaluado (bokashi con microorganismos eficientes).

8.3. Localidades

Las parcelas de evaluación se establecieron dentro de invernaderos en 5 localidades de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango (2000 a 2800 msnm), que describen en la tabla 12.

Tabla 2. Ubicación de las parcelas de evaluación.

No.	Localidad: Municipio/Departamento	Msnm	temperatura	% Humedad
1	Santa Teresa, San Pedro Sacatepéquez/San Marcos	2,255	16.5°C	75
2	El Rincón, San Marcos/San Marcos	2,395	14°C	76
3	Cuyá, Tejutla/San Marcos	2,500	18°C	66
4	El Edén, Palestina de los Altos/Quetzaltenango	2,759	14°C	78
5	Buena Vista, Palestina de los Altos/Quetzaltenango	2,785	13°C	77.5

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Tabla 3. Vías de acceso a las parcelas de evaluación.

No	LOCALIDAD	DESCRIPCIÓN
1	Santa Teresa, San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.	Vía alterna que conduce de la comunidad de Santa Irene del municipio de San Antonio Sacatepéquez por la Ruta Departamental 14 Norte hacia la localidad de San Lorenzo. En el kilómetro 263 existe un cruce, camino adoquinado con carrileras, hasta llegar a la planta de envasados alimenticios Cristina.
2	El Rincón, San Marcos, San Marcos	Cuenta con una vía de acceso, desde la cabecera del municipio, ingresando por el centro de la comunidad.
3	Cuyá, Tejutla, San Marcos	Con vías de acceso desde el cruce hacia San Miguel Ixtahuacán, rumbo a comunidades de Concepción Tutuapa, con carretera de balastro en buenas condiciones, transitable durante todo el año.
4	El Edén, Palestina de los Altos, Quetzaltenango	Carretera que conduce de Palestina de los Altos hacia el municipio de Sibilia, en el kilómetro 230 existe un desvío del lado izquierdo, en un camino de terracería. Tres kilómetros adelante, empieza un camino de adoquín.
5	San José Buena Vista, Palestina de los Altos, Quetzaltenango	Cuenta con una vía de acceso, por la carretera interamericana, hacia la ciudad de Quetzaltenango la cual se encuentra en buenas condiciones, y es transitable durante todo el año. Para llegar a la comunidad se pasa por calles de empedrado y de terracería.

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

8.3.1. Época

La evaluación en campo se llevó a cabo en la época comprendida durante agosto del 2,021 hasta abril del año 2,022.

8.4. Manejo del Experimento

8.4.1. Análisis de Suelos

Previo al establecimiento de la plantación, se realizó un muestreo de suelos con fines de determinar la presencia de nematodos en el suelo, en cada uno de los invernaderos. Estas muestras fueron trabajadas en un laboratorio.

8.4.2. Establecimiento y Manejo del Cultivo

Las parcelas de evaluación fueron manejadas por el productor bajo sus condiciones agrosocioeconómicas y ambientales, dejando a criterio de los productores el tipo de fertilización, manejo de plagas y enfermedades, manejo general del cultivo.

8.4.3. Manejo de Nematodos

A continuación, se describen las dosis de aplicación que se realizaron en las parcelas de tratamiento bokashi con microorganismos eficientes.

Tabla 4. Descripción de dosis y épocas de aplicación de bokashi con microorganismos eficientes.

Aplicación	Dosis de aplicación	Fecha de aplicación
Bokashi	225 gramos/planta	10 días antes del trasplante
Microorganismos eficientes	1 litro/parcela	10 días antes del trasplante
Bokashi	225 gramos/planta	Al momento del trasplante
Microorganismos eficientes	1 litro/parcela	Al momento del trasplante

Fuente: Elaboración propia con base en investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Para el tratamiento testigo relativo, se dejó a discreción del productor la utilización, el producto y dosis. Se tomaron los datos de producto utilizado a fin de realizar el análisis económico.

8.4.4. Cosecha y Toma de Datos

Al momento de realizarse la cosecha, se dio acompañamiento a los productores para realizar la clasificación de frutos y el peso. Con ello se obtuvieron datos de rendimiento de acuerdo con la clasificación de frutos. Se realizó la consulta sobre la opinión del productor sobre el uso de bokashi con microorganismos eficientes.

8.4.5. Análisis de la Información

La información de rendimiento se analizó mediante la prueba de T de Student, por ser parcelas pareadas para determinar si existían diferencias estadísticas entre el tratamiento a evaluar y el testigo. Para complementar los análisis se realizó una prueba de suma de rangos de Wilcoxon (análisis para variables dependientes).

8.4.6. Análisis Económico

Para establecer la rentabilidad del tratamiento y del testigo, se realizó un análisis del parámetro económico. Según el CIMMYT (1988), es esencial realizar análisis económicos de los resultados.

Las fases de elaboración del análisis económico fueron las siguientes:

a) Presupuesto parcial

El presupuesto parcial se calculó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- a.1. Rendimientos medios
- a.2. Precio de campo del producto
- a.3. Beneficio bruto de campo
- a.4. Costos que varían
- a.5. Beneficios netos

b) Análisis Marginal

El análisis marginal se calculó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- b.1. Análisis de dominancia
- b.2. Curva de beneficios netos
- b.3. Tasa de retorno marginal
- b.4. Tasa de retorno mínima aceptable
- b.5. Análisis usando residuos

8.4.7. Opinión de Productores

Las boletas de encuesta fueron aplicadas al momento de finalizar la cosecha, a fin de conocer la opinión de los productores sobre la aplicación de bokashi con microorganismos

eficientes. Se inició con la validación de estas a través de una prueba piloto para establecer su claridad, comprensión e importancia. Los datos obtenidos fueron tabulados manualmente para su análisis.

8.4.8. Análisis y Presentación de Resultados.

Se analizaron los datos, presentando los resultados concluida la investigación, a la Comisión de Trabajos 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.

9. Presentación y Discusión de Resultados

9.1. Rendimiento

La producción en los cultivos evaluada en rendimiento representa el potencial de la planta, la etapa de producción depende en gran medida del buen desarrollo vegetativo.

Para el análisis de datos colectados en campo, se transformaron a kilogramos por hectárea, tomando los frutos cosechados, clasificados en 3 categorías: de primera, segunda y tercera. Estos datos pueden observarse en la tabla 5, en donde se aprecian los resultados obtenidos en cada una de las localidades de los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango.

Tabla 5. Rendimiento en kilogramos por hectárea, clasificados en primera, segunda y tercera categoría.

LOCALIDAD	Bokashi con microorganismos eficientes (kg/ha)				Testigo (kg/ha)			
	Primera	Segunda	Tercera	TOTAL	Primera	Segunda	Tercera	TOTAL
Santa Teresa, San Pedro Sacatepéquez	9937.27	2503.64	2927.27	15368.18	8654.55	2225.45	1159.09	12039.09
El Rincón, San Marcos	5681.82	8712.12	3787.88	18181.82	4924.24	7575.75	4545.45	17045.44
Cuyá, Tejutla	9769.09	3441.82	2978.18	16189.09	6963.64	2669.09	1950.91	11583.64
El Edén, Palestina de Los Altos	9567.7	3260.2	9568.5	22396.4	5003.73	1860.58	5043.8	11908.11
Buena Vista, Palestina de Los Altos	8876	5720.03	3360.2	17956.23	3976.93	2291	1860.58	8128.51
RENDIMIENTO PROMEDIO	8766.38	4727.56	4524.41	18018.34	5904.618	3324.374	2911.966	12140.958

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

La producción de tomate presentó mejores resultados, en cuanto a rendimiento, en parcelas donde se aplicó bokashi con microorganismos eficientes. En la tabla 5 se aprecia la producción en cada localidad, donde se observa alta producción de frutos de categoría primera, segunda y tercera en parcelas trabajadas con Bokashi con microorganismos eficientes en comparación con la producción del testigo. Las parcelas trabajadas con bokashi con microorganismos eficientes presentaron una producción promedio de 18018.34kg/ha esta producción clasificada por categoría fue la siguiente: Primera calidad con 8766.38 kilogramos, segunda calidad 4727.56 kilogramos y tercera con 4524.41 kilogramos.

Al realizar el análisis de T de Student para parcelas pareadas, haciendo uso del 5 % de significancia se establecen los valores para la variable de respuesta: rendimiento, comprobando que existe diferencia significativa entre las parcelas pareadas, lo que coincide con Arreaga (2020) por lo que se evidencia las parcelas con aplicación de bokashi con microorganismos eficientes, presenta mejores rendimientos, comparados con las parcelas testigo. Tomando en cuenta el valor de p (0.0138) menor al 5% de significancia se rechaza la hipótesis nula 1.

Tabla 6. Análisis T de Student para la variable Rendimiento, expresada en kilogramos por hectárea.

	GRUPO 1 BOKASHI con Microorganismos Eficientes	GRUPO 2 TESTIGO
	X1	X2
n	5.00	5.0
Media	18018.34	12140.96
Media (1) – Media (2)	5877.39	
LI (95)	1560.28	
LS (95)	10194.48	
pHomVar	0.7673	
T	3.14	
gl	8	
p-valor	0.0138	

Fuente: Elaboración propia en base al análisis realizado por medio de software InfoSTAT de datos obtenidos en campo durante el 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Al realizar la prueba de rangos de Wilcoxon, se determinó que los resultados son estadísticamente significativos (valor p = 0.0194), siendo este menor al nivel de significancia (0.05%) se rechaza la hipótesis nula. Por lo tanto, se puede inferir que la aplicación de Bokashi con microorganismos eficientes está correlacionada con un aumento significativo en el rendimiento del cultivo de tomate.

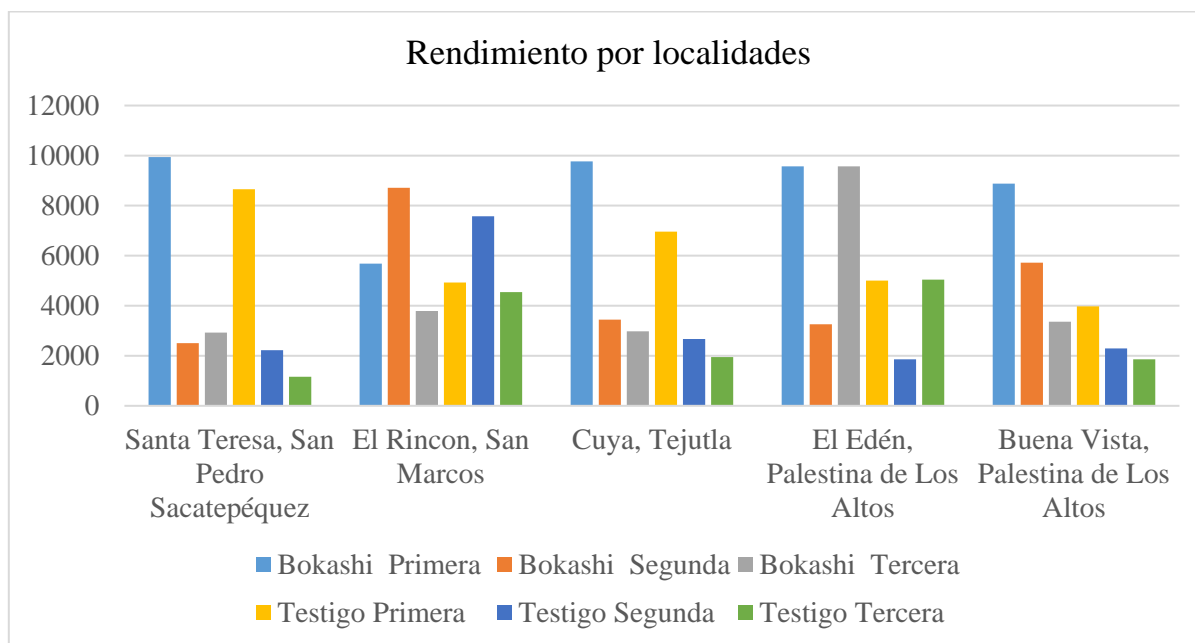
Tabla 7. Análisis paramétrico a través de la prueba de suma de rangos de Wilcoxon para la variable rendimiento.

Obs(1)	Obs(2)	N	Suma(R+)	$\exists(R+)$	Var(R+)	media(dif)	DE(dif)	Z	p(2 colas)
Bokashi con microorganismos eficientes	Testigo	5	15.00	7.50	13.75	5877.39	4106.53	2.0.2	< 0.0194

Fuente: Elaboración propia en base al análisis realizado por medio de software InfoSTAT de datos obtenidos en campo durante el 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

En la ilustración 1, se logra apreciar los rendimientos altos efecto directo de la utilización de Bokashi con microorganismos eficientes. Esta es una gráfica generada a partir de datos contenidos en la tabla 5 “rendimiento en kilogramos por hectárea, clasificados en primera, segunda y tercera categoría”.

Ilustración 1. Rendimiento en kilogramos por hectárea, clasificados en primera, segunda y tercera.



Fuente: Elaboración propia.

9.2. Análisis Financiero

Para el análisis financiero para determinar el beneficio que conlleva la utilización de bokashi con microorganismos eficientes en comparación con el testigo fue necesario utilizar el método de presupuestos parciales, propuesto por el CIMMYT, con este enfoque solo se toman en cuenta los costos asociados con la decisión de usar o no la tecnología propuesta. Estos son los costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro, y se denominan costos que varían. Estos tratamientos varían de una tecnología a otra. El resto de los costos no se ven afectados y permanecen constantes, a estos se les denomina costos fijos (Reyes, 2001).

El uso de la tecnología bokashi con Microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos implica la aplicación e incorporación de este hacia el suelo. El precio de aplicación de esta tecnología dentro esta evaluación es mayor, considerando que los costos se reducen al aumentar la producción.

A continuación, las tablas 8 y 9 describen los costos de producción de cada una de las localidades para la producción dentro de un invernadero, con medidas de 7 m de ancho y 21 m de largo, de cultivo de tomate empleando bokashi con microorganismo eficientes y el manejo dado por el productor (testigo).

Tabla 8. Costos de producción para cultivo de tomate en invernadero de 7 m X 21 m (147 m²) utilizando las condiciones socioeconómicas del productor para el control de nematodos.

COSTOS POR INVERNADERO		TESTIGO									
		Pilones	Control de Plagas	Fertilizantes y enmiendas	Otros	Preparación y siembra	Tutorado y poda	Aplicación agroquímico	Aplicación fertilizante	Cosecha	COSTO TOTAL
1	Santa Teresa, San Pedro Sacatepéquez	Q 190.00	Q 1600.00	Q 550.00	Q 400.00	Q 75.00	Q 50.00	Q 175.00	Q 150.00	Q 200.00	Q 3,390.00
2	El Rincón, San Marcos	Q 160.00	Q 1500.00	Q 550.00	Q 410.00	Q 75.00	Q 50.00	Q 175.00	Q 150.00	Q 200.00	Q 3270.00
3	Buena Vista, Palestina de Los Altos	Q 160.00	Q 1400.00	Q 600.00	Q 435.00	Q 60.00	Q 50.00	Q 150.00	Q 200.00	Q 230.00	Q 3285.00
4	El Edén, Palestina de Los Altos	Q 190.00	Q 1700.00	Q 600.00	Q 425.00	Q 75.00	Q 60.00	Q 100.00	Q 180.00	Q 230.00	Q 3560.00
5	Cuyá, Tejutla	Q 190.00	Q 1700.00	Q 600.00	Q 400.00	Q 75.00	Q 75.00	Q 180.00	Q 180.00	Q 175.00	Q 3575.00
COSTO PROMEDIO		Q 178.00	Q 1580.00	Q 580.00	Q 414.00	Q 72.00	Q 57.00	Q 156.00	Q 172.00	Q 207.00	Q 3,416.00

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Tabla 9. Costos de producción para cultivo de tomate en invernadero de 7 m X 21 m (147 m²) utilizando bokashi con microorganismos eficientes para el control de nematodos.

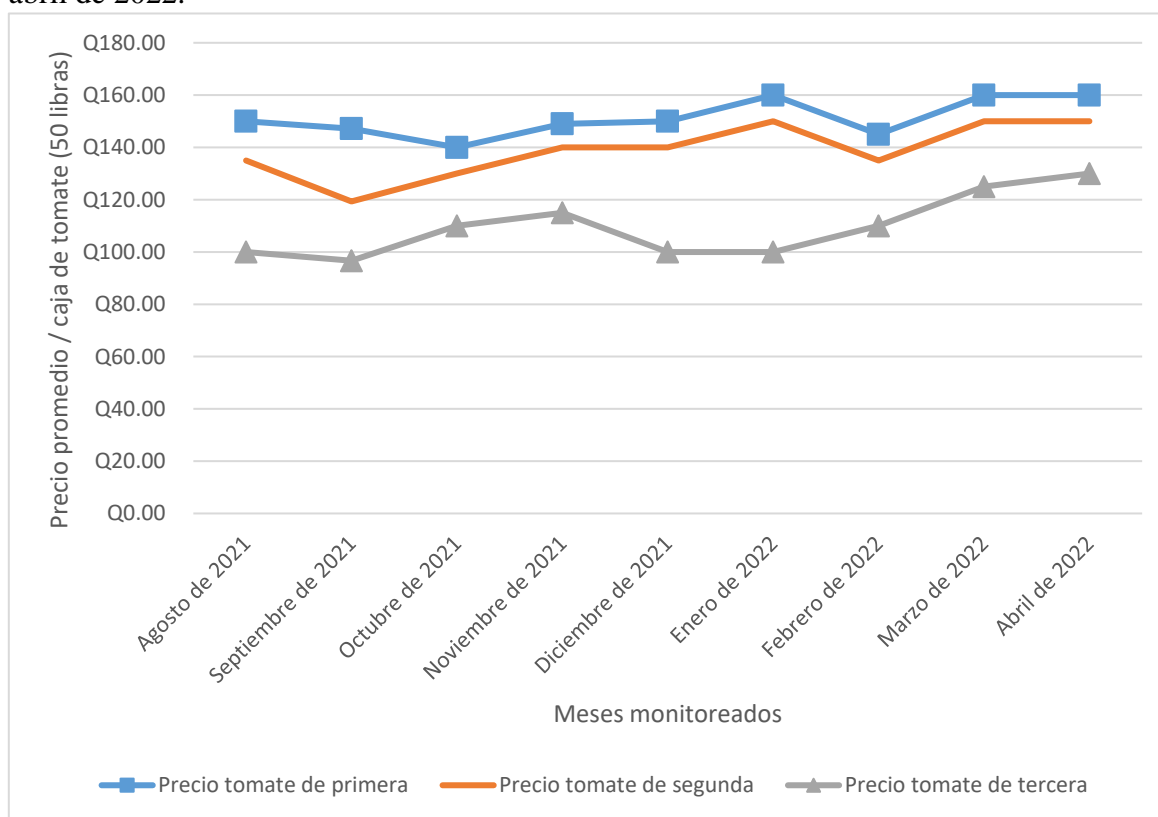
COSTOS POR INVERNADERO		BOKASHI + EM										
		Pilones	Control de Plagas	Fertilizantes y enmiendas	Otros	Preparación y siembra	Tutorado y poda	Aplicación agroquímico	Aplicación fertilizante	Cosecha	Tratamiento Bokashi + EM	COSTO TOTAL
1	Santa Teresa, San Pedro Sacatepéquez	Q 190.00	Q 1,150.00	Q 350.00	Q 400.00	Q 75.00	Q 50.00	Q 175.00	Q 150.00	Q 200.00	Q 400.00	Q 3,140.00
2	El Rincón, San Marcos	Q 160.00	Q 1240.00	Q 350.00	Q 410.00	Q 75.00	Q 50.00	Q 175.00	Q 150.00	Q 200.00	Q 400.00	Q 3210.00
3	Buena Vista, Palestina de Los Altos	Q 160.00	Q 1200.00	Q 380.00	Q 435.00	Q 50.00	Q 50.00	Q 150.00	Q 200.00	Q 230.00	Q 400.00	Q 3255.00
4	El Edén, Palestina de Los Altos	Q 190.00	Q 1500.00	Q 380.00	Q 425.00	Q 60.00	Q 60.00	Q 100.00	Q 180.00	Q 230.00	Q 400.00	Q 3525.00
5	Cuyá, Tejutla	Q 190.00	Q 1500.00	Q 385.00	Q 400.00	Q 75.00	Q 75.00	Q 180.00	Q 180.00	Q 175.00	Q 400.00	Q 3560.00
COSTO PROMEDIO		Q 178.00	Q 1318.00	Q 369.00	Q 414.00	Q 67.00	Q 57.00	Q 156.00	Q 172.00	Q 207.00	Q 400.00	Q 3,338.00

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

9.2.1. Precio de Mercado

El precio promedio por kilogramo de tomate se estableció a través del monitoreo de los precios del cultivo de tomate en los mercados ubicados en San Pedro Sacatepéquez del departamento de San Marcos, mercado La Terminal ubicado en el municipio de Quetzaltenango del departamento de Quetzaltenango y la Central de Mayoreo ubicada en Ciudad de Guatemala. Estos datos permitirán realizar el análisis financiero. Donde se calcula el precio del mercado y la producción total para determinar el rendimiento en quetzales por hectárea.

Ilustración 2. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, monitoreado en la Central de Mayoreo ubicada en Ciudad Capital, correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.



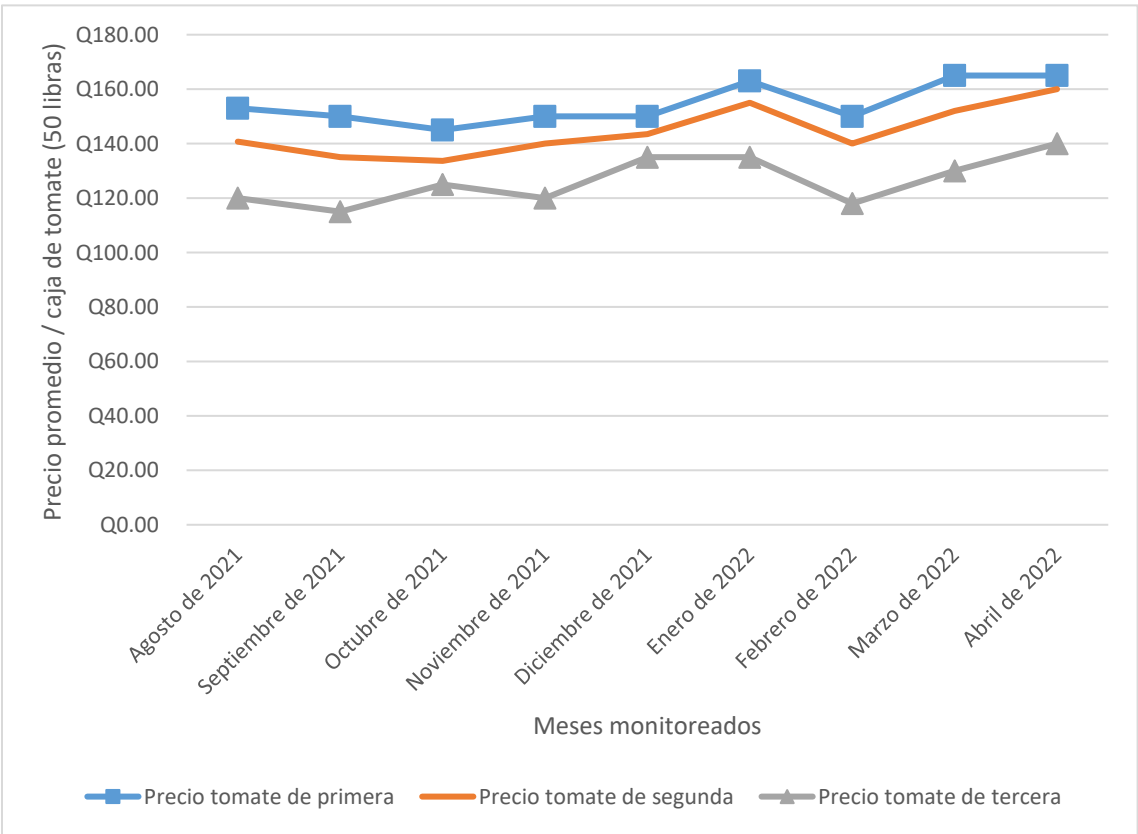
Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

En la Central de Mayoreo ubicado en ciudad de Guatemala en promedio los precios de una caja de tomate de cocina de primera calidad el precio se mantuvo entre Q 150.00 hasta

un precio máximo de Q 170.00 obteniendo una reducción del precio entre Q 3.00 y Q 10.00 en comparación de los mercados de la terminal Quetzaltenango y San Pedro Sacatepéquez, San Marcos, respectivamente.

Mientras que el precio promedio para una caja de tomate de segunda es de Q138.81 y el tomate considerado como de tercera se mantuvo a un precio promedio de Q109.63; en el CENMA el tomate considerado de tercera calidad no ha sido muy comercializado, posiblemente por la baja ganancia que este le genera al productor.

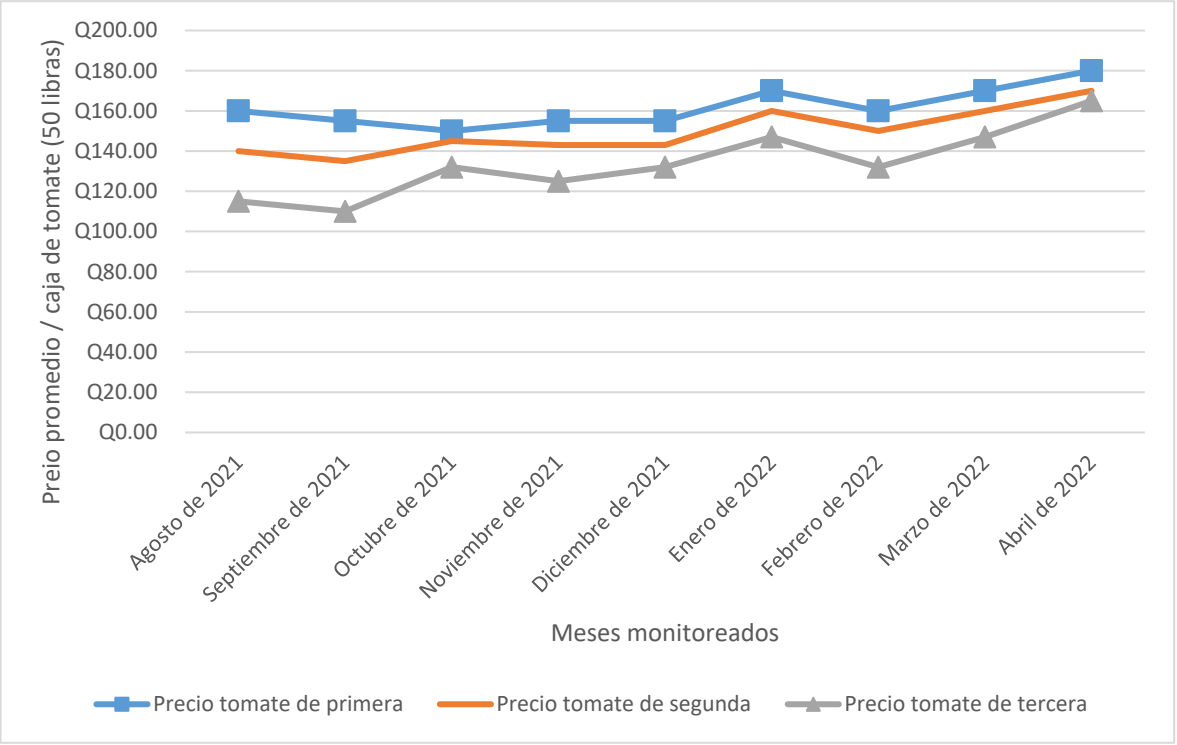
Ilustración 3. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, monitoreado en el mercado La Terminal del municipio de Quetzaltenango, Quetzaltenango. Correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

En el mercado denominado La Terminal ubicado en el municipio de Quetzaltenango del departamento de Quetzaltenango en promedio los precios de una caja de tomate de primera calidad el precio fue de Q 154.56; aumentando por Q 3.32 en comparación con los precios reportados en la Central de Mayoreo ubicada en Ciudad de Guatemala. Mientras que el precio promedio para una caja de tomate de segunda es de Q 144.43 obteniendo un aumento del precio por Q 5.62 en comparación con la Central de Mayoreo y el tomate considerado como de tercera se mantuvo a un precio promedio de Q 126.44

Ilustración 4. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, monitoreado en el mercado municipal del municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos. Correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

En mercado de mayoristas ubicado en La Terminal del municipio de San Pedro Sacatepéquez departamento de San Marcos se monitoreó desde el mes de agosto de 2021 hasta abril del año 2022 los precios de una caja de tomate de cocina de primera calidad el precio se mantuvo con promedio de Q 161.67 obteniendo un aumento del precio por Q 7.11 en comparación de los mercados de La Terminal, Quetzaltenango y un aumento de Q 10.43 en la Central de Mayoreo CENMA, Ciudad de Guatemala.

Mientras que el precio promedio para una caja de tomate de segunda es de Q 149.56 y el tomate considerado como de tercera se mantuvo a un precio promedio de Q 133.89 obteniendo un aumento del precio por Q 7.45 en comparación con el mercado La Terminal de Quetzaltenango y un aumento sustancial del precio por Q 24.26 en comparación con la Central de Mayoreo ubicada en Ciudad de Guatemala.

Existen varios factores que influyen y determinan los precios del tomate en los mercados regionales de San Pedro Sacatepéquez en San Marcos, Quetzaltenango y la Central de Mayoreo ubicada en la Ciudad Capital, entre estos el contrabando y la sobredemanda en el mercado (FASAGUA, 2019).

Tabla 10. Variación de precios de caja de 50 libras de tomate, promedio de precios de los mercados ubicados en la Central de Mayoreo ubicada en Ciudad Capital; mercado La Terminal ubicado en Quetzaltenango y Mercado La Terminal ubicado en San Pedro Sacatepéquez, San Marcos; correspondiente a los meses de agosto de 2021 hasta abril de 2022.

MES	Precio tomate de primera	Precio tomate de segunda	Precio tomate de tercera
Agosto de 2021	Q154.33	Q138.58	Q111.67
Septiembre de 2021	Q150.72	Q129.78	Q107.22
Octubre de 2021	Q145.00	Q136.22	Q122.33
Noviembre de 2021	Q151.33	Q141.00	Q120.00
Diciembre de 2021	Q151.67	Q142.17	Q122.33
Enero de 2022	Q164.33	Q155.00	Q127.33
Febrero de 2022	Q151.67	Q141.67	Q120.00
Marzo de 2022	Q165.00	Q154.00	Q134.00
Abril de 2022	Q168.33	Q160.00	Q145.00
PROMEDIO	Q155.82	Q144.27	Q123.32

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

El precio por mayorista de un kilogramo de frutos de tomate en los mercados monitoreados en promedio fue de Q 6.86 para frutos de tomate de cocina de primera, Q 6.35 para frutos de tomate de cocina de segunda y Q 5.43 para frutos de tomate de cocina de tercera.

9.2.2. Presupuesto Parcial

El análisis de presupuestos parciales formula recomendaciones en base a datos agronómicos, este proceso busca desarrollar nuevas tecnologías agrícolas y al mismo tiempo facilitar la adaptación a las mismas.

El análisis financiero se ha realizado a través del método de presupuestos parciales, este enfoque considera los costos asociados con la decisión de usar o no un tratamiento. Estos son los costos que permiten diferenciar un tratamiento del otro, y se denominan costos que varían, estos tratamientos dependen de un tratamiento a otro. El resto de los costos no se ven afectados y permanecen constantes, se les denomina costos fijos (Reyes, 2001).

Tabla 11. Presupuesto parcial del rendimiento del cultivo de tomate utilizando bokashi con microorganismos eficientes.

PRESUPUESTO PARCIAL POR HECTÁREA	Testigo	Bokashi con microorganismos eficientes
Rendimientos medios (kg/ha)	12140.95	18018.34
Rendimiento ajustado (kg/ha) (90%)	10926.86	16216.51
Beneficio bruto de campo (Q/ha)	67855.77	100704.5
Costos de insumos (Q/ha)	7270.00	13600.00
Costo de mano de obra Aplicación (Q/ha)	1180.00	1240.00
Total, costos que varían (Q/ha)	8450.00	14840.00
Beneficios netos (Q/ha)	59405.77	85864.50

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

El rendimiento ajustado se consideró al 90%, ya que las actividades agrícolas realizadas para ambas parcelas fue el mismo manejo, utilización de fertilizantes y agroquímicos. Para el beneficio bruto de campo se transformaron los datos obtenidos (147 m²) en hectárea de terreno.

9.2.3. Análisis Marginal

a) Análisis de Dominancia

Para el análisis de dominancia, se ordenaron los tratamientos de menor a mayor rendimiento, con su respectivo beneficio neto. Se consideró que el rendimiento promedio de los cultivares de tomate manejados con el control habitual de nemátodos, empleado por el productor en su parcela, fue superado por el rendimiento de los cultivares de tomate que utilizaron bokashi con microorganismos eficientes. Los cultivares tratados con bokashi lograron un mayor beneficio neto de Q 85,864.50, en comparación con el beneficio neto del tratamiento testigo, que fue de Q 59,405.77. Aunque los costos variables del tratamiento con bokashi fueron mayores, el aumento en el beneficio neto justifica su uso.

Tabla 12. Análisis de dominancia, tratamientos pareados en la evaluación

Tratamiento	Plantas	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento ajustado	Precio por kg	beneficio bruto	Costo que varia	Beneficio neto	Dominancia
1. Testigo	200	Q 12140.95	10926.86	Q 6.21	Q 67855.77	Q 8,450.00	Q 59405.77	Dominado
2. Bokashi con microorganismos eficientes	200	Q 18018.34	16216.51	Q 6.21	Q100704.50	Q 14,840.00	Q 85864.50	No dominado

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

En base a la información del análisis de dominancia, se determinó que la utilización de bokashi con microorganismos eficientes es más rentable en suelos con presencia de nematodos dentro del cultivo de tomate con relación al testigo, obteniendo el mayor beneficio neto debido al mayor rendimiento del cultivo. Sin embargo, se puede apreciar que los costos que varían son mayores utilizando bokashi con microorganismos eficientes, esto se debe a que es necesario aplicar grandes cantidades al comienzo de su utilización.

El productor que no utiliza bokashi con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos, podrá cambiar a trabajar con esta tecnología sabiendo que la inversión para utilizarla en suelos con presencia de nematodos producirá una tasa de retorno marginal del 51.18 %; es decir, por cada Q 1.00 invertido en la aplicación recuperará lo invertido más una ganancia de Q 0.51 en la aplicación de productos orgánicos para el control de nematodos.

b) Tasa de Retorno Marginal

La tasa de retorno marginal siempre será positiva. Esto debido a que el tratamiento de bokashi con microorganismos eficientes domina al tratamiento de aplicación empleado por el productor para el control de nematodos en el cultivo de tomate.

Tabla 13. Tasa de retorno marginal y relación costo: beneficio, tratamientos pareados.

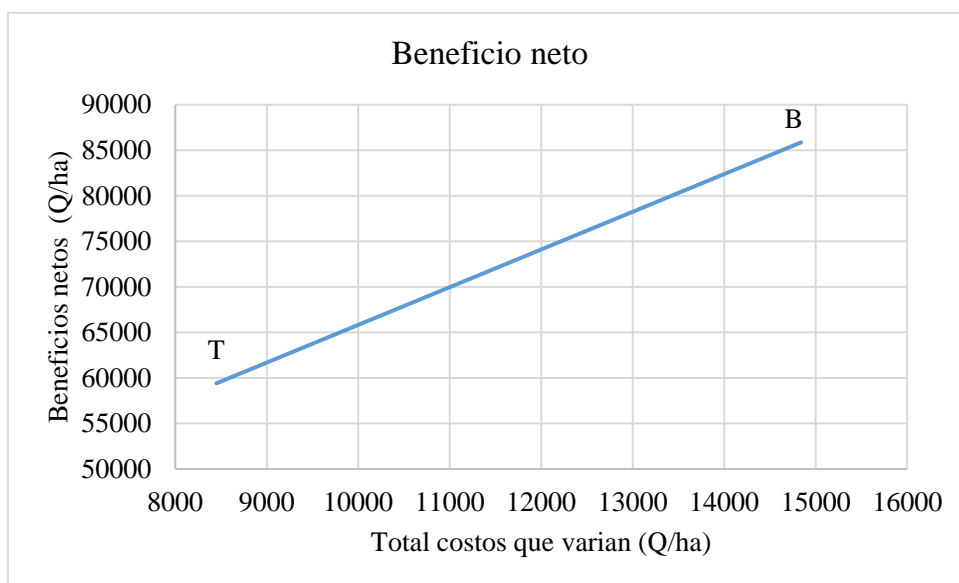
Tratamiento	Plantas	Rendimiento (kg/ha)	Rendimiento ajustado	Precio por kg	Beneficio bruto	Costo total	Beneficio neto	Tasa de retorno marginal	Relación B/C
1. Bokashi con microorganismos eficientes	200	18018.34	16216.51	Q 6.21	Q 100704.5	Q 53920.00	Q 46784.50	51.18	1.87
2. Testigo	200	12140.95	10926.86	Q 6.21	Q 67855.77	Q 54574.56	Q 13281.21	51.18	1.24

Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Como se puede observar en la tabla 13, la relación beneficio costo determinó que el material utilizado como testigo en esta evaluación es económicamente aceptable, con un beneficio económico de Q 0.24 por cada Q 1.00 invertido, obteniendo un margen de ganancia regular. El beneficio/costo del cultivo de tomate donde se utilizó bokashi con microorganismos eficientes, fue el más alto obteniendo por cada Q 1.00 invertido una ganancia de Q 0.87 centavos. Un margen de Q 0.63 más que el testigo.

c) Curva de Beneficio Neto

Ilustración 5. Curva de beneficios netos entre tratamientos.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

La curva de beneficios netos (Ilustración 5) aclaró, de una forma gráfica, que al producir con el tratamiento testigo y luego pasar al uso de bokashi con microorganismos eficientes, los costos que varían aumentan, en menor proporción que los beneficios netos. De acuerdo con los resultados obtenidos, utilizar bokashi con microorganismos eficientes cumple la condición de la tasa de retorno marginal. Según recomendaciones dadas por (CIMMYT, 1998) donde menciona que elegir una tecnología por encima de otra la tasa marginal de retorno mínima aceptable debe sobrepasar el 50, por lo que en este caso producir tomate con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos es una mejor alternativa de producción.

Tabla 14. Comparativa del uso de la tecnología

Indicador	Sin tecnología	Con Tecnología
Costos de producción	Q 3 410. 91	Q 3 370. 00
Producción primera	5904.62 kg/ha	8766.38 kg/ha
Precio tomate de primera, promedio*	Q 6.86	Q 6.86
Producción segunda	3324.38 kg/ha	4727.56 kg/ha
Precio tomate de segunda, promedio*	6.35	Q 6.35
Producción tercera	2911.97 kg/ha	4524.341 kg/ha
Precio tomate de tercera, promedio*	Q 5.43	Q 5.43
Rendimiento	12140.96 kg/ha	18018.34 kg/ha
Beneficio económico	Q 59405.77	Q 85864.50
Producción	100%	145%
Tasa de beneficio económico	1.24	1.87

* Precio monitoreado desde agosto de 2021 hasta abril de 2022 en CENMA, Quetzaltenango y San Pedro Sacatepéquez, San Marcos.

En la tabla 14 se presenta un cuadro comparativo del uso de la tecnología, analizando la producción de tomate bajo condiciones de invernadero, utilizando bokashi con microorganismos eficientes y el manejo utilizado por el productor. Se puede apreciar un aumento del 4% en la producción utilizando bokashi con microorganismos eficientes. Con un margen de 0.87 centavos de ganancia por Q 1.00 invertido.

Con base a lo anterior se evidencia que, en el tratamiento evaluado, parcelas con aplicación de bokashi con microorganismos eficientes, los costos de producción aumentan: sin embargo, los rendimientos también. Lo que hace al tratamiento rentable permitiendo que los productores tengan mejor ingreso económico. Generando mayores ingresos. Por lo que se acepta la Hipótesis Alternativa 2.

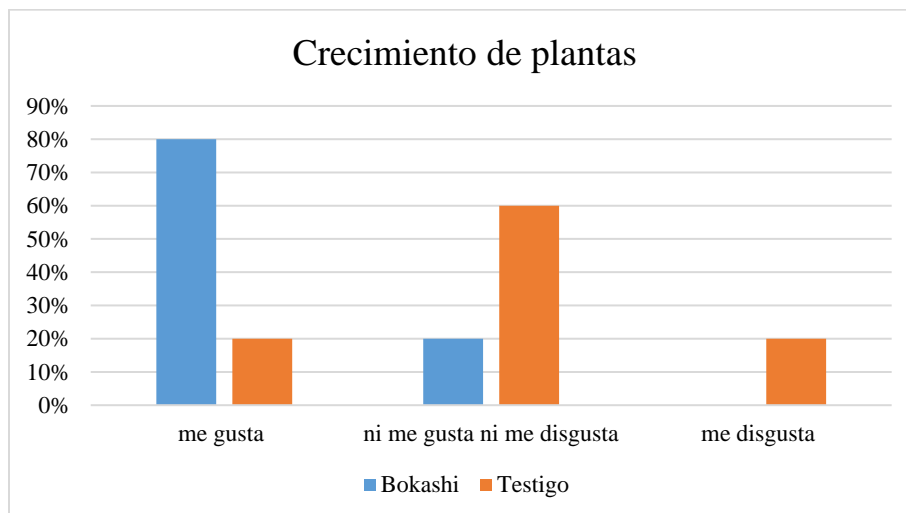
9.3 Opinión del Productor

La percepción del productor es muy importante en los procesos de evaluación de nuevas tecnologías, son ellos quienes utilizarán estas tecnologías, aumentando su nivel de innovación dentro de la parcela con el fin de aumentar los rendimientos, en este caso del cultivo de tomate. Los productores con quienes se trabajaron las parcelas respondieron a la boleta para conocer su opinión sobre el uso de bokashi con microorganismos eficientes.

a) Crecimiento de la Planta

En porcentajes de aceptación respecto al crecimiento de la planta, se obtuvo que un 20% de los encuestados ni le gustó o ni le disgustó, y un 80% votó indicó que le gustó el desarrollo de las plantas de las parcelas donde se aplicó bokashi con microorganismos eficientes. Mientras 20% indicó que le gustó la producción de la parcela testigo. Un 60% indica que ni le gustó ni disgustó y un 20% indicó que no le gustó.

Ilustración 6. Percepción del agricultor en cuanto al crecimiento de la planta.



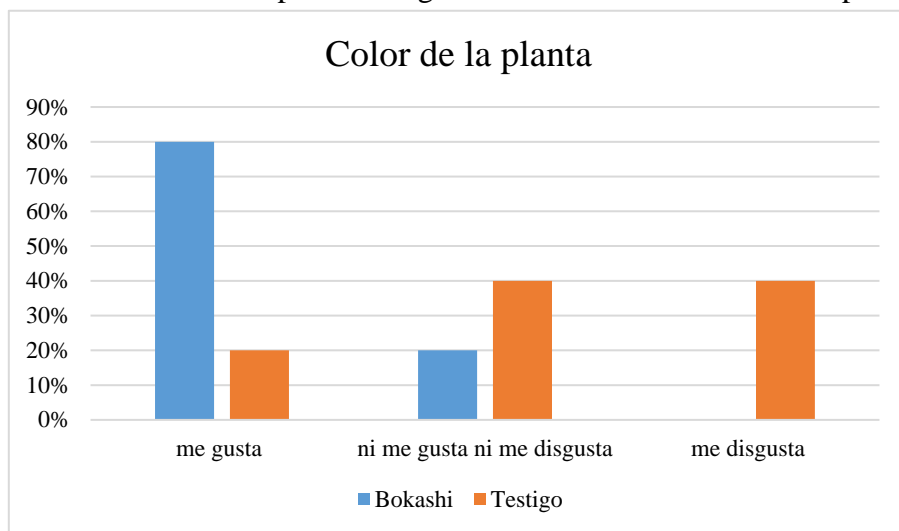
Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Los productores señalaron que les gustó el nivel de crecimiento de las plantas en las parcelas donde se utilizó bokashi con microorganismos eficientes comparándolos con las parcelas testigo.

b) Color de la Planta

En porcentajes de aceptación respecto al color de la planta, se observó que a la mayoría (80%) les gustó el color de las plantas de las parcelas donde se aplicó bokashi con microorganismos eficientes y un 20% indicó que ni le gustó ni le disgustó. Mientras que las plantas de la parcela testigo, los productores tuvieron una opinión variable. Teniendo 20% que les gusta, un 40% que indicaron que ni les gustó ni les disgustó y un 40% que indicó que les disgusta el color de las plantas de la parcela testigo. Por lo tanto, se demuestra que al ochenta por ciento de los encuestados les pareció favorable el tratamiento con producción orgánica utilizando abono tipo bokashi con microorganismos eficientes.

Ilustración 7. Percepción del agricultor en cuanto al color de la planta.



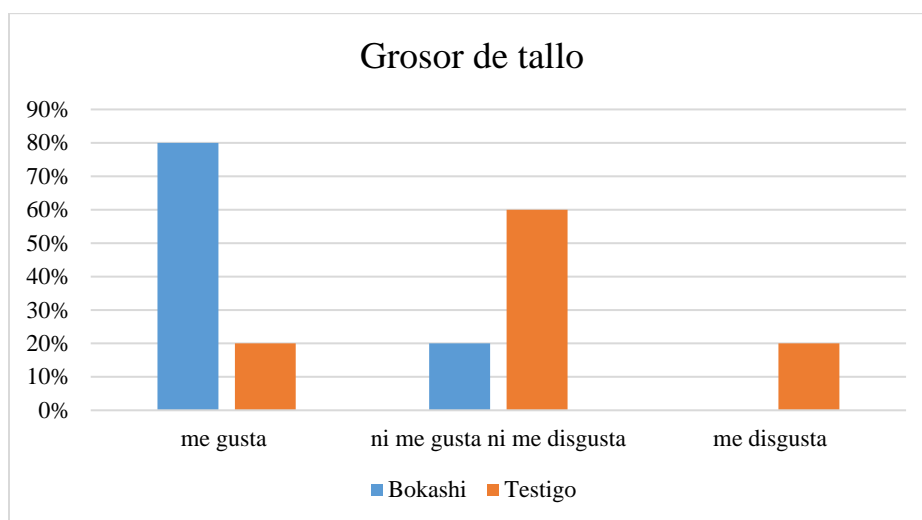
Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Los productores indicaron que el color de las plantas de parcelas con aplicación de bokashi con microorganismos eficientes se ven más verdes o menos afectadas por clorosis. Los productores que indicaron descontento del color de las plantas de parcelas testigos dijeron que se observaban más plantas con clorosis.

c) Grosor del Tallo

En porcentajes de aceptación respecto del grosor de tallo, se obtuvo que un 80% votó que le gustó, un 20 % indicó que ni le gustó ni le disgustó el grosor de tallo de las plantas de las parcelas donde se aplicó bokashi con microorganismos eficientes. Mientras el 20% de entrevistados indicó que le gustó el grosor de tallo de las plantas de la parcela testigo, 60% indicó que ni le gustó ni le disgustó y el 20% indicó que le disgustó.

Ilustración 8. Percepción del agricultor en cuanto al grosor del tallo.



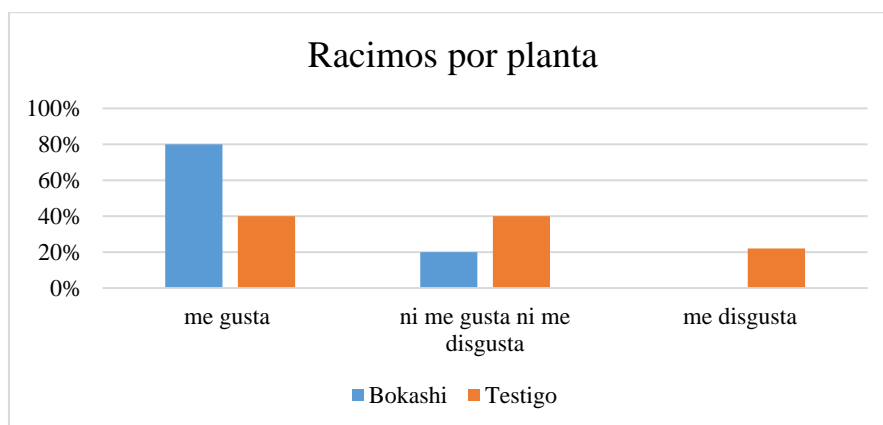
Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Los productores indicaron que les gustó el grosor de tallo de las plantas de las parcelas con aplicación de bokashi con microorganismos eficientes. Debido a que estos se ven más sanos y con un grosor aceptable para el manejo de tutores. Con relación al testigo, 20% indicaron que les disgustó el grosor del tallo de las plantas de parcelas testigo, debido a que se ven enfermos, más delgados y deben tener más cuidado al manejar tutores.

d) Número de Racimos por Planta

En porcentajes de aceptación respecto al número de racimos por planta se obtuvo que un 80% votó que le gustó, un 20 % indicó que ni le gustó ni le disgustó. Mientras el 40% de entrevistados indicó que le gustó el número de racimos por planta de la parcela testigo, 40% indicó que ni le gustó ni le disgustó y el 20% indicó que le disgustó.

Ilustración 9. Percepción del agricultor en cuanto a número de racimos por planta.

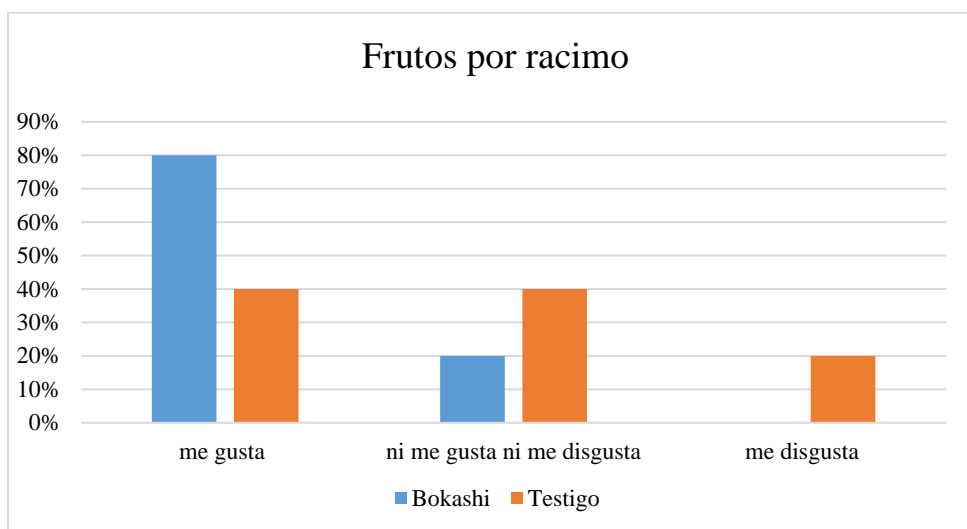


Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

Los productores señalaron que les gustó la cantidad de racimos planta de las parcelas con aplicación de bokashi con microorganismos eficientes. Debido a que se observa mayor cantidad de racimos y estos se ven más sanos.

e) Número de Frutos por Racimo

Ilustración 10. Percepción del agricultor en cuanto a frutos por racimo.



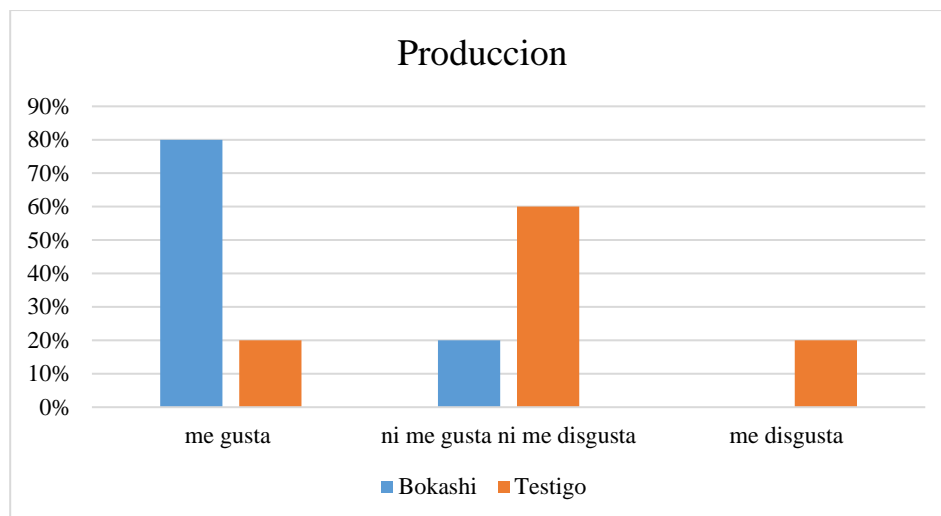
Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

En porcentajes de aceptación respecto a frutos por racimo, se obtuvo que un 80% votó que le gustó, un 20 % indicó que ni le gustó ni le disgustó. Mientras el 40% de entrevistados

indicó que le gustó el número de racimos en las plantas de la parcela testigo, 40% indicó que ni le gustó ni le disgustó y el 20% indicó que le disgustó.

f) Producción

Ilustración 11. Percepción del agricultor en cuanto a producción.



Fuente: Elaboración propia en base a investigación realizada en 2022 por la Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM, en colaboración con el programa IICA-CRIA.

En porcentajes de aceptación respecto de la producción se obtuvo que un 80% votó que le gustó, un 20% indicó que ni le gustó ni le disgustó. Mientras el 20% de entrevistados indicó que le gustó la producción en las plantas de la parcela testigo, 60% indicó que ni le gustó ni le disgustó y el 20% indicó que le disgustó.

Los productores demostraron su aceptación por plantas de tomate vigorosas y de buen color, que presenten buen rendimiento, esto se logra utilizando variedades con tolerancia o una alternativa asequible es la utilización de la variedad de tomate con preferencias de mercado y la aplicación de bokashi con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos. Durante el proceso de evaluación se encontraron algunos retos relacionados a la aplicación de bokashi con microorganismos eficientes y la aplicación de nematicidas para el control de nematodos, esto se resolvió con la socialización del proceso de elaboración de bokashi con microorganismos eficientes y el acompañamiento en las labores realizadas en las parcelas.

10. Conclusiones

Se comparó el rendimiento generado en cada uno de los tratamientos y se demostró que el tratamiento Bokashi con microorganismos eficientes presenta mejores resultados en comparación al testigo. El rendimiento en plantas donde se ha utilizado Bokashi con microorganismos eficientes llega a obtener un promedio de 18 018.31 kilogramos por hectárea de terreno, en comparación con el testigo de quien se obtiene un rendimiento menor, en promedio de 12 140.95 kilogramos por hectárea. Efecto principalmente por el ataque de nematodos, por lo que se acepta la hipótesis alternativa 1.

Se realizó un análisis de económico sobre el uso de bokashi con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos en parcelas del productor y pese a evidenciar un aumento en los costos que varían, el beneficio económico de la producción del tratamiento bokashi con microorganismos eficientes es la más rentable con un ingreso de Q 85 864.50 por hectárea y con un beneficio económico de Q 1.87 en comparación con el tratamiento testigo con un ingreso de 59 405.00 y un beneficio económico de Q 1.24. Por lo que se acepta la hipótesis alternativa 2. La utilización de bokashi con microorganismos eficientes mejoran la producción dentro del cultivo de tomate presentado una mejor opción económica para los productores de tomate. Teniendo como resultado un aumento considerable en las ganancias económicas del productor.

Se identificó que los productores tienen preferencia por la utilización de bokashi con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos. En porcentaje de aceptación se observa la preferencia del ochenta por ciento de los encuestados. A quienes les pareció favorable la producción de las parcelas trabajadas con bokashi, caso similar ocurrió con el rendimiento de fruto por racimo, racimo por planta y las características visibles de la planta como color de la planta, grosor del tallo y crecimiento. Por lo que se acepta la hipótesis alternativa 3.

11. Recomendaciones

Utilizar bokashi con microorganismos eficientes en suelos con presencia de nematodos en el cultivo de tomate, por presentar mejores resultados en cuanto a producción y aceptabilidad.

Apoyar el fortalecimiento de la producción hortícola a través del establecimiento de infraestructura necesaria para la producción bokashi con microorganismos eficientes, por medio de las diferentes asociaciones agrícolas o campesinas que existen en el medio para facilitar el acceso a esta tecnología.

Realizar pruebas específicas en el comportamiento de población de nematodos en el suelo utilizando bokashi con microorganismos eficientes, para determinar si reduce considerablemente la población de nematodos.

12. Referencias bibliográficas

- Agrios., G. N. 2004. Plant Pathology (Vol. 5ta Edicion). Florida, Florida, USA: LIMUSA.
- Antón, WS; Hernández, T. 2013. Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua. Revista Agronomía Mesoamericana. San José, Costa Rica, editorial Agronomía Mesoamericana. 23 p.
- Arreaga, JC. 2020. Manejo de nematodos con enmiendas orgánicas en tomate, bajo condiciones protegidas. Tesis de licenciatura. San Marcos, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 43 p.
- Balaña, P. 2003. Determinación del efecto económico de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de café. Tesis de licenciatura. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 92 p.
- Bayer CropScience 2007. Nematodos fitoparásitos. Recuperado 20 junio 2022, de <https://agroexcelencia.com/simposios-de-nematodos-y-organicos-un-lugar-que-comparte-tips-y-experiencias-utiles-para-el-campo/>
- Castillo Marroquín, J. 2014. Identificación de especies de *Meloidogyne* spp. presentes en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Tesis de licenciatura. Guatemala, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 102 p.
- Castro L; Flores, L; Uribe, L. 2011. Efecto del vermicompost y quitina sobre el control de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero. San José, Costa Rica, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. 24 p.
- Cifuentes, A; José, F. 2005. Caracterización física y química de cuatro sustratos y su efecto en el rendimiento de dos híbridos de tomate manzano (*Solanum lycopersicum* Miller) en cultivo hidropónico. Tesis de licenciatura. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 80 p.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México). 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Ciudad de México, México, 79 p
- Cordón, J. 2006. Comparación del rendimiento de siete híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) en Finca Santa Teresa. Antigua Guatemala, Sacatepéquez. Tesis de licenciatura. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 60 p.

- FASAGUA (Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala). 2005. Seminario internacional de virus, plagas y enfermedades de cultivos hortícolas con énfasis en el manejo. Guatemala, Guatemala, 22 p.
- Galeano Fernández, JC. 2000. Evaluación de tres formas de preparación y cuatro proporciones de pulpa de café para la elaboración de abono orgánico tipo Bokashi para la región cafetalera del municipio de Palín, Escuintla. Tesis de licenciatura. Guatemala, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 101 p.
- González, E. 2016. Fortalecimiento de las capacidades de consorcios locales de investigación agrícola. Identificación de puntos críticos y temas para la formulación de proyectos de investigación en la agrocadena del tomate. Quetzaltenango, Guatemala, Grupos gestores. pp 22-23. (Serie técnica). Informe técnico n.º 5.
- Iriarte, L; Franco, J. 1999. Efecto de Abonos Orgánicos sobre las Poblaciones. Revista Latinoamericana de la Papa., 149-163 pp.
- Nuez V, F. 2001. El cultivo de tomate. Ciudad de México, México, ediciones Mundi Prensa. 793 p.
- Otzoy Rosales, M., & Roberto, R. R. 2003. "Generacion de paquetes de tecnologia para el cultivo comercial de los cultivares nativos de tomate (*Lycopersicum scuelentum*) de Suchitepquez y Retalhuleu. Universidad de San Carlos de Guatemala: Centro universitario de Suroccidente-CUNSUROC.
- Radulovich, R; Karemans, J. 1992. Validación de tecnologías un puente entre generación y transferencia. Turrialba, Costa Rica, 72 p.
- Reyes, M. 2001. Análisis económico con experimentos agrícolas con presupuestos parciales: reenseñando el uso de este enfoque Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Boletín Informativo CIAGROS 1-2001.
- Rowe, JA; Evans, K. 2002. Morfología de la familia *Heteroderinae*, Nematodos formadores de quistes: taxonomía, biología y control. Montecillo, México, Chapingo 54 p.
- Salazar, W; Guzmán, T. 2013 Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua. Recuperado 20 de junio de 2022, de

https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000100003

- Shintani, M; Leblanc, H; Tabora, P. 2000. Bokashi (abono orgánico fermentado). p. 15.
- Talavera Rubia, M; Verdejo Lucas, S. 2015. Gestión de nematodos fitoparásitos. Turrialba, Costa Rica. 63 p. Recuperado 10 sep. 2021 de www.interempresas.net/Horticola/articulos/133376-Gestion-de-nematodos-fitoparasitos.html
- Urueta, G; Karremans, JA. 1993. Producción familiar y relaciones sociales; estudio de caso en Jutiapa, Guatemala. In: J.A.J. Karremans, R. Radulovich y R. Lok (eds.): La mujer rural, su papel en los agrosistemas de la región semiseca de Centroamérica. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 23 p.
- Velásquez, EB. 2018. Tomate: Evaluación de materia orgánica para su cultivo bajo condiciones de macro túneles en dos localidades del departamento de San Marcos. Tesis de licenciatura. San Marcos, Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. 90 p.
- Ventura, V. 2012. Determinación de la especie del nematodo rotylechulus asociado a melón. Tesis de licenciatura. Zacapa, Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 88 p.
- Vicente, N. (2007). Conjunto Tecnológico para la Producción de Tomate. Universidad de Puerto Rico. Recuperado 10 sep. 2022. de <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/TOMATE-Nematodos-v2007.pdf>

13. Anexos

Anexo 1. Herramienta para la toma de datos de la variable rendimiento.

Localidad	RENDIMIENTO kg/ha					
	Parcela Bokashi + EM			TESTIGO		
	Primera	Segunda	Tercera	Primera	Segunda	Tercera
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Anexo 2. Herramienta para el registro de costos de producción

Localidad:					
Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total	% utilización	

Anexo 3. Diseño de boleta de evaluación participativa para productores





































EFFECTO DE APLICACIÓN DE BOKASHI CON MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L), COMO ALTERNATIVA PARA EL MANEJO DE NEMATODOS EN CINCO LOCALIDADES DE LOS DEPARTAMENTOS DE SAN MARCOS Y QUETZALTENANGO, GUATEMALA

Nombre _____ Tel. _____

Localidad: _____

INSTRUCCIONES. Observe las siguientes representaciones de las plantas de tomate que se presenta ante usted e indique el carácter de agradable o desagradable en la escala, marcando una X.



Criterios	Tratamiento					
	Bokashi + EM			Testigo		
1. Crecimiento de la planta.	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
2. Color de la planta.	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
3. Grosor de tallo.	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
4. Número de frutos por racimo	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
5. Número de racimos por planta.	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta
6. Producción	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta	 Me disgusta	 Ni me gusta ni me disgusta	 Me gusta

Anexo 4. Fotografías

Fotografía 1. Parcela de producción de tomate con alto grado de presencia de nematodos.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 2. Extracción de raíz de planta de tomate para verificar la presencia de nódulos provocados por nematodos.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 3. Muestreo de suelo para identificar presencia de nematodos en las parcelas.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 4. Parcela de evaluación ubicada en Cuyá del municipio de Tejutla.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 5. Crecimiento vegetativo del cultivo de tomate en las parcelas de evaluación.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 6. Daños provocados por nematodos, nodulaciones provocadas por nematodo, principalmente Meloidogyne.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 7. Efecto de la incidencia de nematodos en cultivar de tomate.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 8. Vista general de la parcela de evaluación ubicada en la localidad de Cuyá en el municipio de Tejutla.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Fotografía 9. Parcela con daños provocados por nematodos.



Fuente: Dionisio Zulmy estudiante tesista Carrera de Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible, USAC-CUSAM.

Anexo 5. Resultados de análisis de laboratorio para la identificación de nematodos existentes dentro de las parcelas de evaluación

 Agroexpertos Diagnóstico y Consultoría en Protección Vegetal	REPORTE DE RESULTADOS	F-AGX-001 v. 2 Fecha de emisión: 16.12.2020
---	------------------------------	--

Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Mario De León Díaz
Código AGX-1100821
Cultivo Suelo
Localidad San Marcos
Fecha colecta muestra 23 de agosto del 2021.
Fecha recepción muestra 25 de agosto del 2021
Fecha inicio de trabajo 27 de agosto del 2021
Fecha del informe 27 de agosto del 2021

Descripción de muestras recibidas

No. de muestra	Tipo de muestra	Código de muestra	Id. del cliente
1	Suelo	M1	Productor: Sra. Sayra López. Muestra 1 Aldea La Esmeralda, Esgulpulas, Palo Gordo San Marcos
2	Suelo	M2	Productor: Sr. Kevin Barrios. Muestra 2 Aldea El Rincón, San Marcos, San Marcos
3	Suelo	M3	Productor: Sr. Merardo Diaz. Muestra 3 Aldea Cuya, Tejutla, San Marcos

Nematología

Metodología de extracción utilizada: embudo de Baerman modificado + tamizado

No. Muestra	Género	Nematodos/100cc de suelo	Total nematodos/100 cc de suelo
M1	<i>Rotylenchulus</i> sp.	130	
	<i>Meloidogyne</i> sp.	39	
	<i>Aphelenchus</i> sp.	65	234
M2	<i>Meloidogyne</i> sp.	221	
	<i>Tylenchus</i> sp.	117	
	<i>Helicotylenchus</i> sp.	13	351
M3	<i>Aphelenchus</i> sp.	13	
	<i>Tylenchus</i> sp.	13	
	<i>Helicotylenchus</i> sp.	65	
	<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	13	104

Empresa IICA-CRIA
Atención a Ing. Mario De León Díaz
Código AGX-1140821
Cultivo Suelo
Localidad Quetzaltenango y San Marcos
Fecha colecta muestra 28 y 29 de agosto del 2021.
Fecha recepción muestra 31 de agosto del 2021
Fecha inicio de trabajo 01 de septiembre del 2021
Fecha del informe 06 de septiembre del 2021

Descripción de muestras recibidas

No. de muestra	Tipo de muestra	Código de muestra	Id. del cliente
1	Suelo	M1	Productora: Faustina Velásquez Muestra 4 Pachoj Chiquito, Huitan Quetzaltenango
2	Suelo	M2	Productora: Eladio Joel Reyes. Muestra 5 Aldea El Aden, Palestina de Los Altos Quetzaltenango.
3	Suelo	M3	Productora: Angel Pérez Méndez. Muestra 6 San José Buena Vista, Palestina de Los Altos Quetzaltenango
4	Suelo	M4	Productora: Margarito Miranda. Muestra 7 Las Majadas, San Cristóbal Cuchumatán, San Marcos

Nematología

Metodología de extracción utilizada: embudo de Baerman modificado + tamizado

No. Muestra	Género	Nematodos/100cc de suelo	Total nematodos/100 cc de suelo
M4	<i>Rotylenchulus</i> sp.	13	13
M5	<i>Aphelenchus</i> sp.	78	
	<i>Tylenchus</i> sp.	39	
	<i>Tylenchorynchus</i> sp.	26	
	<i>Rotylenchulus</i>	13	156
M6	<i>Aphelenchus</i> sp.	39	
	<i>Paratylenchus</i> sp.	65	
	<i>Meloidogyne</i> sp.	13	
	<i>Trichodorus</i> sp.	26	143
M7	<i>Pratylenchus</i> sp.	13	13



DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN

Nivel crítico de Meloidogyne 10-25 por 100 cc de suelo.

Nivel crítico Rotylenchulus, Helicotylenchus y Tylenchorhynchus arriba de 500 por 100cc de suelo.

Aphelenchus y Tylenchus no son considerados importantes.

Revisado por:

PhD. Marco Arévalo
Director Agroexpertos