



CRIA

Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CRIA Occidente
Cadena de Tomate

“MANEJO DE NEMATODOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS
EN TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS”



Nehemías Rivera Méndez

José Domingo Maldonado

José Carlos Arreaga

Coordinador de Cadena Fredy Roberto Pérez Monzón

San Marcos, septiembre de 2,020



CRIA

Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria



CRIA Occidente

Cadena de Tomate

“MANEJO DE NEMATODOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS
EN TOMATE BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS”

Nehemías Rivera Méndez

José Domingo Maldonado

José Carlos Arreaga

Coordinador de Cadena Fredy Roberto Pérez Monzón

San Marcos, septiembre de 2,020

Este proyecto fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de sus autores y de la institución a la que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan

ÍNDICE GENERAL

.....	I
1 TITULO.....	1
1. RESUMEN.....	2
2. INTRODUCCION.....	3
2 MARCO TEORICO.....	5
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.1.1 Características de los Nematodos Fitoparasíticos.....	5
2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS NEMATODOS.....	6
2.1.3 METODOS DE MUESTREO DE NEMATODOS.....	9
2.1.4 3.10 ESTUDIOS REALIZADOS.....	11
3 OBJETIVOS.....	13
3.1 GENERAL.....	13
3.2 ESPECIFICOS.....	13
4 HIPOTESIS.....	14
5 METODOLOGIA.....	15
5.1 METODOS.....	15
5.1.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACION.....	15
5.1.2 DESCRIPCION DE LOS MATERIALES ORGANICOS UTILIZADOS:.....	15
5.2 Ubicación del estudio y condiciones agroclimáticas:.....	16
5.3 FACTOR DE ESTUDIO.....	16
5.3.1 Tratamientos.....	16
5.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	17
5.4.1 Modelo Estadístico.....	17
6 Los errores son independientes.....	17
7 Los errores están normalmente distribuidos con media cero y varianza constante.....	17
8 Existe homogeneidad de varianzas entre los tratamientos.....	17
9 El modelo es lineal y de efectos aditivos.....	17
9.1.1 Distribución del experimento.....	17
9.1.2 VARIABLES EVALUADAS.....	18

9.1.3	ANALISIS DE LA INFORMACION	19
9.1.4	MANEJO DE LA INVESTIGACION.....	19
10	RESULTADOS Y DISCUSION.....	23
10.1.1	Niveles poblaciones de nematodos.....	23
10.2	VARIABLE DE RENDIMIENTO.....	27
10.2.1	LOCALIDAD SAN JOSE LAS ISLAS	27
10.3	VARIABLE: DIAMETRO.....	30
10.3.1	LOCALIDAD SAN JOSE LAS ISLAS	30
11	CONCLUSIONES	37
12	RECOMENDACIONES	38
13	BIBLIOGRAFIA.....	39
14	ANEXOS.....	42
14.1	FOTOGRAFIAS	42

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ANDEVA	Análisis de Varianza
CRIA	Consortio Regional de Investigación Agropecuaria
CUSAM	Centro Universitario de San Marcos
DBCA	Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados
DDT	Días después del trasplante
ECOSUR	Colegio de la Frontera Sur de México
EM	Microorganismos Eficientes
IAOAS	Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala
USDA	United States Department of Agriculture / Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

1 TITULO

**MANEJO DE NEMATODOS CON ENMIENDAS ORGÁNICAS EN TOMATE
(*Solanum lycopersicum* L) BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS**

1. RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar los efectos de cuatro enmiendas orgánicas en el control de nematodos del género *Meloidogyne* en el cultivo de tomate híbrido Retana F1. Para ello se realizaron aplicaciones de gallinaza molida, lombricompost, gallinaza deshidratada, bocashi y se compararon con un testigo donde no se aplicó ninguna enmienda. La dosis de cada enmienda fue de 10.5 toneladas por hectárea (ton/ha). La investigación se realizó en Aldea San José Las Islas y Aldea Caxaque del municipio de San Marcos. El bocashi mostró tener el mejor efecto supresor en los nematodos al reducir su factor de reproducción a 0.07 en ambas localidades, mostró los mejores rendimientos con 159,513.89 kilogramos por hectárea (kg/ha) en San José Las Islas y 107,173.48 kg/ha en Caxaque y también presentó los mejores beneficios económicos en ambas localidades. El testigo presentó el segundo menor factor de reproducción, sin embargo, presentó los peores rendimientos, ocasionado pérdidas económicas en ambas localidades. Las demás enmiendas presentar mejores rendimientos y beneficios económicos que el testigo, pero, no mostraron tener un efecto supresor en la población de nematodos sino que las incrementaron, siendo posiblemente el mayor aporte de nutrientes tanto de las gallinazas como del lombricompost en comparación al bocashi, lo que le dio la fortaleza a la plantas para soportar el ataque de los nematodos.

2. INTRODUCCION

El crecimiento de habitantes en el mundo está provocando una agricultura intensiva, lo cual ha conducido a un desequilibrio en el ambiente, que favorece a un mayor desarrollo de plagas en los cultivos que generalmente tienen como hábitat el suelo, obligando al agricultor a utilizar técnicas drásticas de desinfección química. El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un generador económico, además, es muy importante en el país como fuente de alimento y trabajo. En Guatemala se siembran 8,251 hectáreas, con una producción aproximada de 6, 935,700 quintales (FASAGUA, 2,005).

Los nematodos fitoparásitos se encuentran en un lugar preponderante en este grupo de patógenos a escala mundial, siendo bien reconocidas las pérdidas ocasionadas en el cultivo de hortalizas, estimando las perdidas en un 36% en condiciones protegidas, donde el tomate es de los más afectados (Talavera & Verdejo, 2015).

Los nematodos inciden en el desarrollo de las plantas, provocando debilitamiento, clorosis foliar, enanismo, caída prematura de hojas y senescencia. En las raíces los nematodos forman agallas y otros síntomas como lesiones necróticas y crecimiento pobre de las raíces (Talavera & Verdejo, 2015).

Por el incremento de plagas se intensifica el uso de agroquímicos y ocasionando un incremento de los costos y efectos adversos sobre los servicios agro eco sistémicos, reservorio de germoplasma, refugio de organismos reguladores de plagas y patógenos (Velasquez, 2,018)

Entre las alternativas que han venido trabajando para la sustitución de nematicidas, para el manejo de nematodos fitoparásitos, se destaca el uso de abonos orgánicos a base de estiércoles, restos de cosechas, entre otros

El presente estudio tuvo como objetivo el documentar el efecto que tienen algunos de los estiércoles que utilizan los agricultores en la producción tomatara en el desarrollo de nematodos, comparando un abono elaborado, como lo es el Bokashi. Se utilizó con material la variedad Retana f1, por su alta susceptibilidad al ataque de

nematodos y gran aceptación del fruto en el mercado, trabajándose en dos localidades del municipio de San Marcos, siendo estas: las aldeas de San José las Islas y Caxaque, trabajándose el diseño de bloques completos al azar (DBCA).

El Bokashi presentó los mejores resultados obteniendo una incidencia negativa en los nematodos del 93% y un rendimiento mayor del 15% con respecto al tratamiento Testigo Absoluto; la gallinaza deshidratada presentó un aumento poblacional del nematodo (*Meloidogyne sp*) del 85%.

2 MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Características de los Nematodos Fitoparasíticos

Características Morfológicas y Anatómicas

Su largo oscila entre los 300 a 1,000 μm por 15 a 35 μm de ancho. Tienen generalmente forma de anguila con cuerpos lisos no segmentados, sin apéndices. Algunas hembras se hinchan en la madurez con forma de pera o cuerpos esferoides (Balaña, 2003).

Son más o menos transparentes, con una cutícula incolora, que a menudo poseen estrías u otros detalles, esta despliega la muda a través de sus distintas etapas larvarias. Poseen 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 (Balaña, 2003).

El sistema reproductor se ha desarrollado, las hembras poseen uno o dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en la vulva.

El macho posee un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común con el intestino; existe un par de espículas copuladoras que sobresalen (Balaña, 2003).

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.

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.

2.1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS NEMATODOS

Phylum	Nemátoda
Clase	Secernentea
Orden:	Tylenchida
Familia:	Heteroderidae
Subfamilia:	<i>Meloidogyninae</i>
Nombre científico:	<i>Meloidogyne spp.</i>

Hospederos

Las especies del género *Meloidogyne* tienen cerca de 2.000 hospederos, entre ellos: hortalizas, frutales, ornamentales, forestales y cereales.

Distribución e importancia económica

Las especies del género *Meloidogyne* son unas de las más importantes a nivel mundial, presentando una distribución cosmopolita. En nuestro país se han identificado prácticamente en todas las regiones.

Descripción y ciclo

Los nematodos del género *Meloidogyne* son endoparásitos sedentarios.

El ciclo biológico se inicia con un huevo, dentro del cual se desarrolla el juvenil de primer estado (J1).

La primera muda ocurre dentro del huevo y es el segundo estado juvenil (J2), conocido como estado infectivo, el que sale en búsqueda de una raíz a la que ingresa por la zona apical no diferenciada. Una vez dentro de ella se mueve intercelularmente hasta establecer un sitio de alimentación en las cercanías del cilindro vascular. En este sitio induce la formación de células gigantes multinucleadas y altamente especializadas. Alrededor de estos sitios de alimentación se produce hipertrofia e hiperplasia celular lo que origina la agalla o nódulo radicular característico. Luego de sucesivas mudas se desarrolla la hembra globosa que puede ovipositar cientos de huevos en una masa gelatinosa. Los machos abandonan la raíz. La duración del ciclo biológico depende fuertemente de la temperatura.

Fotografía 1. Estado juvenil (J2 de *Meloidogyne* Sp. Fuente: (Balaña, 2003).



Síntomas

Son conocidos comúnmente como nematodos agalladores, ya que inducen la formación de agallas o nódulos en las raíces de sus hospederos. Las agallas se pueden observar en forma individual o agrupada en masas. A nivel aéreo, dependiendo del nivel poblacional, se puede observar clorosis o amarilleo de hojas, a veces acompañado de marchitez. Altos niveles de ataque pueden provocar falta de vigor, enanismo y limitar considerablemente la producción.

Métodos de prevención y control

La prevención de la infestación con nematodos fitoparásitos a un predio agrícola es fundamental, ya que luego de su ingreso su erradicación es prácticamente imposible. Para esto, tanto el material vegetal como cualquier elemento (sustratos, bolsas, macetas, entre otras) que se utilizará, debe estar libre de nematodos fitoparásitos. Además, se debe evitar el ingreso de material contaminado, especialmente de suelo adherido a herramientas o maquinarias agrícolas.

Además, existen prácticas agrícolas que contribuyen a contrarrestar el daño por estos nematodos, por ejemplo, el uso de cultivos resistentes o tolerantes, cultivos en cobertera y cultivos trampa. También son recomendables el barbecho, la solarización, la rotación o alternancia de cultivos y las aplicaciones de enmiendas orgánicas. Una vez que un cultivo ha terminado es conveniente remover raíces, ya que cientos de inóculos pueden permanecer en ellas. El suelo debe ser arado y expuesto al sol para bajar la densidad de nematodos para el cultivo siguiente.

En el caso de nematodos agalladores es muy importante aplicar medidas de manejo previo al establecimiento de las plantas en campo. (Meza, 2017)

Fotografía 2. Plantas afectadas por nematodo agallador.



Pratylenchus spp. (Nematodos lesionadores), fuente: (Meza, 2017)

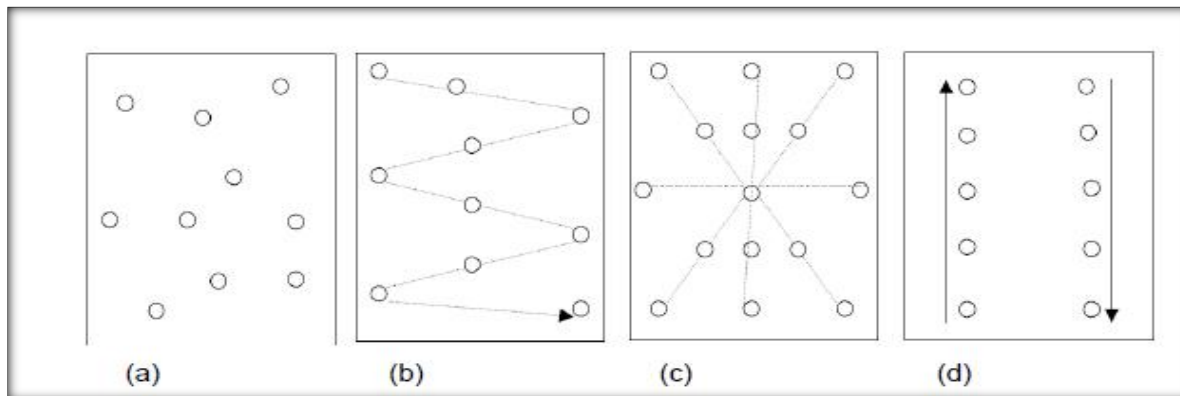
2.1.3 METODOS DE MUESTREO DE NEMATODOS

Muestreo de suelo

Una vez observados los síntomas que indican una posible o probable infestación con nematodos, el siguiente paso es tomar muestras del suelo alrededor de las raíces de las mismas. Estas se llevan a analizar al laboratorio, para determinar que nematodos se encuentran presentes, (Coyne 2007, citado por Castillo Marroquín, 2014).

El procedimiento de muestreo puede ser al azar o sistemático. El muestreo al azar no se adecua a la distribución natural del nematodo en manchas o parches y solo es representativo si el área de muestreo es pequeña. El muestreo sistemático representa un modo más estructurado de tomar muestras, ya que considera la naturaleza del campo y la distribución del nematodo (Castillo Marroquín, 2014).

Fotografía 3. Patrones de muestreo para nematodos.



Fuente: (Castillo 2014).

(Iriarte L, Franco, & N., 1999) En el estudio de “Efecto de Abonos Orgánicos sobre las Poblaciones de Nematodos y la Producción de la Papa”, en la Tesis para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, UMASS, Cochabamba, Bolivia en donde se estudió el efecto de la incorporación de abono verde y estiércol de bovino sobre la multiplicación de *Nacobbus aberrans*, *Globodera* spp., el rendimiento de la variedad Waych'a (*Solanum tuberosum* ssp. andigena) y su impacto económico. La combinación de 5 a 5 de abono verde y estiércol presentó la menor tasa de multiplicación de *N. aberrans* y *G. pallida* y el mayor ingreso económico al agricultor, que con el sistema haba-papa obtuvo US\$ 5.9 por cada dólar invertido.

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).

2.1.4 3.10 ESTUDIOS REALIZADOS

En el 2013, El Ministerio de Agricultura de Chile, citado por Velásquez, (2018) la mayoría de 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 agroecosistemicos; reservorio de germoplasma “*in situ*”, refugio de organismos reguladores de plagas, malezas y patógenos; secuestro de carbono atmosférico, entre otros.

Según (Sasser & Freckman, 1987) 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 de tomate son los géneros *Meloidogyne* spp (Karszen & Moens, 2006) *Pratylenchus* spp (Blancard, 2011), *Tilenchus* y (Baños, A., Lazo, Gonzales, & 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. El menor grado de infestación final se obtuvo en *T. harzianum* (1.13) y *T. viride* (1.27), con diferencias significativas sobre el resto de los tratamientos, seguidos de gallinaza (1.83) y melaza (1.93). La infestación en el testigo superó la alcanzada en las aplicaciones de productos orgánicos y biológicos, con grado 3.73 y un índice de 72 %.

2.1.4.1.1 ENMIENDAS ORGANICAS

Uno de los principios básicos de la agricultura orgánica es ser un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, se hace necesario implementar actividades que nos conduzcan a estos fines, que conlleven la restitución de elementos minerales y vivos (microorganismos, bacterias benéficas y hongos) y mantener la vitalidad del suelo donde se desarrollan las plantas (MCCH, 2015).

Según (Velasquez, 2018), en la evaluación de materiales orgánicos para la producción de tomate, determinó que los mejores tratamientos fueron: Bokashi a base de gallinaza y microorganismo de montaña, obteniendo mayores rendimientos con Bokashi

En el estudio del efecto de enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. en el manejo de *Meloidogyne* spp, las aplicaciones de gallinaza mostraron un efecto estimulante sobre los parámetros morfológicos, fisiológicos y productivos del cultivo de tomate, resultando en un rendimiento de 34.99 t/ha, respectivamente, con diferencias significativas sobre el testigo (26,81 t/ha). Además, se obtuvo incrementos en la producción superiores al 30 %, justificándose los gastos de aplicación (Baños, A., Lazo, Gonzales, & Morejon, 2010).

En la tesis “efecto del vermicompost y quitina sobre el control de *Meloidogyne incógnita* en tomate a nivel de invernadero “la adición al suelo de vermicompost provocó un incremento en las variables peso fresco y seco foliar y peso fresco radical: a mayor porcentaje de vermicompost, mayor incremento; así mismo, la aplicación del vermicompost redujo la cantidad del nematodo en la raíz y en suelo (Castro L, Flores, & Uribe, 2011).

3 OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Generar información técnica que permita un manejo de nematodos más sustentable, rentable y de manera más segura en y para las localidades donde se realizará el estudio.

3.2 ESPECIFICOS

1. Identificar el efecto de las diferentes enmiendas orgánicas sobre los niveles de población.
2. Analizar el porcentaje de incidencia de nematodos.
3. Estimar el rendimiento de tomate en cada uno de los tratamientos.
4. Evaluar la calidad externa del rendimiento (peso, diámetro ecuatorial de frutos) por planta.
5. Determinar la relación beneficio costo.

4 HIPOTESIS

A través de las enmiendas orgánicas se incrementa el rendimiento del cultivo de tomate y se disminuyen el ataque de nematodos.

5 METODOLOGIA

5.1 METODOS

5.1.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACION

ENFOQUE

El enfoque de la investigación es cuantitativo, pues se determinó el número de nematodos y rendimiento de cada una de las enmiendas orgánicas

TIPO DE LA INVESTIGACION

La investigación es de tipo experimental, estableciendo la enmienda orgánica en la incidencia de nematodos.

5.1.2 DESCRIPCION DE LOS MATERIALES ORGANICOS UTILIZADOS:

a) Lombricompost

Este material fue adquirido en la Finca Armenia Lorena del municipio de San Rafael Pie de la Cuesta, del departamento de San Marcos, compuesto de 60% de estiércol de ganado bovino lechero, 30% de pulpa de café y 10% de cascabillo de arroz.

b) Gallinaza molida.

Esta gallinaza es procesada principalmente en los municipios de San Juan Ostuncalco y Palestina de los Altos, del departamento de Quetzaltenango, la cual es resultado de una mezcla de tierra y gallinaza cruda obtenida de producciones de pollos de engorde y gallinas de postura a gran escala.

c) Gallinaza deshidratada.

Se utilizó la gallinaza de una casa comercial, el abono orgánico es deshidratado y está complementado con minerales y sílice.

d) Bokashi:

Se elaboró con 30% de pollinaza, 25% de tierra común, 20% de paja seca, 7% de ceniza, 4% de carbón vegetal, granillo 4%, 2 litros de leche, 60 grs de levadura, 10% de broza, 1 litro de EM. (Recomendación técnica de la empresa distribuidora)

5.2 Ubicación del estudio y condiciones agroclimáticas:

La investigación se realizó en las localidades de Aldea Caxaque, a una altitud aproximada de 2,358 msnm, con una latitud norte de 14° 52' 02" y longitud oeste de 91° 49' 30", con una precipitación pluvial de 1,058 mm, una temperatura anual de 11.06° C, y en aldea de San José Las Islas, ubicada a una altitud aproximada de 2000 msnm, con una latitud norte de 14° 55' 45" y longitud oeste de 91° 47' 50". La precipitación pluvial de la aldea es de 2,200 mm con suelos franco arenoso.

5.3 FACTOR DE ESTUDIO

5.3.1 Tratamientos

Los tratamientos evaluados consistieron en la aplicación de 420 gramos por planta de abono orgánico y para ello se uso: gallinaza molida, lombricompost, gallinaza deshidratada, bokashi con gallinaza y testigo absoluto.

Cuadro 1: Enmiendas orgánicas distribuidas en tratamientos

Tratamiento	Abono orgánico	Dosis
T1	Gallinaza molida	420 gramos por planta
T2	Lombricompost	420 gramos por planta
T3	Gallinaza deshidratada	420 gramos por planta
T4	Bokashi	420 gramos por planta
T5	Testigo absoluto	Sin aplicación

Dosis: La cantidad que utilizada de materia orgánica por tratamiento fue de 420 gr por planta. (Baños, A., Lazo, Gonzales, & Morejon, 2010)

5.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

En la investigación se usó un arreglo unifactorial en diseño bloques completos al azar (DBCA) debido a que el lugar en donde se realizara la investigación se presentan la gradiente de humedad, realizando cinco tratamientos y cuatro repeticiones.

5.4.1 Modelo Estadístico

El modelo estadístico utilizado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, t \quad j = 1, 2, \dots, r$$

Dónde:

Y_{ij} = Rendimiento de tomate

μ = Media general

T_i = Efecto del i –ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j –ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental

Las suposiciones que validan el análisis de varianza son:

Los errores son independientes.

Los errores están normalmente distribuidos con media cero y varianza constante

Existe homogeneidad de varianzas entre los tratamientos

El modelo es lineal y de efectos aditivos.

5.4.2 Distribución del experimento

Los tratamientos se aleatorizaron, quedando distribuidos como se indica a continuación:

Cuadro 2: Distribución de tratamientos

B ₁	T ₅	T ₃	T ₂	T ₁	T ₄
B ₂	T ₂	T ₁	T ₄	T ₅	T ₃
B ₃	T ₁	T ₄	T ₃	T ₂	T ₅
B ₄	T ₃	T ₅	T ₁	T ₂	T ₄

Fuente: investigadores del proyecto 2020

5.4.3 VARIABLES EVALUADAS

Durante el experimento se evaluaron variables, una relacionada a los nemátodos y otra con el rendimiento del cultivo.

Número de nematodos

Se determinó el grado de infestación de (*Meloidogyne sp*) antes del trasplante (infestación inicial).

A los 45 días después del trasplante (ddt) se realizó la toma de muestras de suelos y a los 7 meses ddt se realizó la última toma de suelo para el análisis de nematodos.

Se calculó el factor de reproducción de *nematodos.*, mediante la fórmula $FR = Pf/Pi$. Donde Pi es la densidad de nematodos al momento del trasplante y Pf es la densidad de nematodos al finalizar la cosecha.

Rendimiento

Durante la fase de campo se midió el peso los frutos mediante una balanza electrónica digital (Ohaus®, USA), con capacidad de 0.6 kg y sensibilidad de 0.01 g

Diámetro y Longitud

El diámetro y la longitud de las plantas muestreadas, se realizaron con un vernier y se midió en cm (Wolfox®, México) sobre el plano polar.

5.4.4 ANALISIS DE LA INFORMACION

Análisis Estadístico

Las distintas variables fueron evaluadas por medio del análisis de varianza utilizando el programa estadístico InfoStat, donde se determinó las diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y la aplicación de prueba de medias DGC al 5% de probabilidad de error.

5.4.5 MANEJO DE LA INVESTIGACION

Toma de muestras de suelo

Cada muestra fue de 400 gramos de suelo, extraídas de la zona de rizósfera de la planta con una pala dúplex, la que se introdujo 0.30 metros en el suelo; a una distancia de 0.15 m. Las muestras fueron empacadas en bolsas plásticas, cubiertas con bolsas papel kraft, rotuladas y enviadas al Laboratorio “Agro expertos” de la ciudad de Guatemala.

Extracción de nematodos de suelo

La metodología de extracción que realizó el laboratorio fue la siguiente: En un Beacker de 250 ml se agregaron 100 ml de agua, se agregó suelo hasta alcanzar los 200 ml, la muestra previamente fue homogenizada por inmersión y removidos pedazos de raíces, piedras y otros restos vegetales. Se tamizó la muestra con tamices 400, 350 y 100 mesh, colocando los tamices en orden descendente. Se colectó la muestra que quedaron en los tamices de 350 y 400 mesh y se colocaron en los tubos de la centrífuga. Los residuos del tamiz de 100 mesh se eliminaron. Se centrifugo 2.5 minutos y se retiró el sobrante de la muestra, se agregó una solución de sacarosa, el sobrante se tamiza y colectan 25 ml de muestra y se realiza el conteo.

Distribución de tratamientos

Se rotularon los diferentes tratamientos en cada una de los surcos a razón de 0.45 kg por metro, esto se hizo 15 días antes de la siembra de acuerdo a la distribución de los tratamientos en croquis.

Unidades experimentales

Se efectuó la identificación de los distintos tratamientos que se trabajaron en la investigación, para llevar un mejor control en la toma de datos. Las unidades experimentales en la localidad de San José las Islas tuvieron un tamaño de 4.4m² (3.6m² parcela neta) y las de la localidad de Caxaque 6 m² (4.8m² de parcela neta). Las unidades experimentales fueron de 3 plantas por tratamiento.

Manejo agronómico

El cultivo del tomate fue manejado convencionalmente utilizando el sistema productivo que los agricultores del occidente.

El tipo de suelo fue franco arenoso en las dos localidades bien drenado y profundo, con una topografía plana del 2% de pendiente.

Laboreo del suelo

Consistió en realizar un barbecho a una profundidad de 0.30 m de profundidad con la finalidad de que el suelo quede suelto previo a la realización de los surcos donde se estableció el cultivo. En la localidad de San José las Islas el área preparada fue de 0.011 has y en Caxaque fue de 0.018has

Zanjeo

Se realizó el zanjeo, a una profundidad promedio de 0.2 m, a un distanciamiento de 1 metro, entre surco.

Aplicación de cal

Después de haber distribuido las enmiendas orgánicas, se aplicó cal a razón de 273kg/ha.

Aplicación de abonos orgánicos

En cada fila se realizó una zanja en donde se colocaron los tratamientos, y posteriormente se aplicó Nutrical en una dosis de 273kg/ha.

Riego

Se efectuó la colocación de cintas de riego con emisores a cada 0.1m, colocando una por hilera. En promedio se aplicó riego dos veces por semana de acuerdo a muestreos de humedad en el área, aplicando 200 litros por semana.

Trasplante.

Previo al trasplante se aplicó riego por aspersion tres días antes de la siembra. Se utilizaron pilones de la variedad Retana f1, a un distanciamiento de un metro entre surco y 0.4 metro entre planta.

Control fitosanitario

Se aplicaron fungicidas con ingrediente activo fosetil aluminio + propamocarb al pie de cada plántula a razón 25 centímetros cúbicos por bomba de 16 litros, fungicidas propamocarb, fenamidona del grupo de los carbamatos y imidazole y mandipropamid a razón de 6.25 cc/litro en drench, la aplicación estos productos fue alternada durante el ciclo de producción.

Se utilizaron fungicidas en forma preventiva como propineb en dosis de 4.7 cc /lt y para control cymoxamil + mancozeb a razón 25 centímetros cúbicos por bomba de 16 litros.

También se realizó control etológico de plagas, colocando trampas amarillas y azules a cada cinco metros.

El control se aplicó aceite mineral para el control de *Bemisia tabaci*, a razón de 6.25 cc/litro en el envés de la hoja.

Fertilización

Se realizaron dos aplicaciones de mega raíz 10 y 18 ddt y triple 15 a los 15 ddt. A partir de los 55 ddt se aplicó de Calcio-boro en dosis de 4.7cc/lit vía foliar y al suelo se aplicó nitrato de calcio y nitrato de potasio alternadamente a cada 15 días.

6 RESULTADOS Y DISCUSION

6.1.1 Niveles poblaciones de nematodos

6.1.1.1 San José Las Islas, San Marcos

Finalizada la cosecha de tomates, se procedió a realizar un nuevo muestreo de suelos para cuantificar la densidad poblacional final de los nematodos, luego se calculó el factor de reproducción de acuerdo a la fórmula $Fr = Pf/Pi$. El análisis de varianza arrojó diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 1).

Cuadro 1 ANDEVA para factor de reproducción de nematodos del género Meloidogyne en San José Las Islas, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Factor de reproducción	20	0.99	0.99	12.83

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	108.33	7	15.48	210.73	<0.0001
Tratamiento	108.21	4	27.05	368.37	<0.0001
Repeticion	0.12	3	0.04	0.55	0.6552
Error	0.88	12	0.07		
Total	109.21	19			

La prueba DGC muestra la conformación de 4 grupos, siendo la gallinaza deshidratada la del primer grupo con una media de 6.64, el segundo grupo estuvo conformado por el lombricompost y gallinaza molida con medias de 1.65 y 1.35 respectivamente, el tercer grupo fue el testigo con 0.85 y el cuarto grupo fue el bocashi con media de 0.07 siendo este el tratamiento que mostró el menor factor de reproducción (cuadro 2).

Cuadro 2 Prueba DGC al 5% para factor de reproducción de nematodos del género Meloidogyne en San José Las Islas, San Marcos

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.4391

Error: 0.0734 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
gallinaza deshidratada	6.64	4	0.14	A
Lombricompost	1.65	4	0.14	B
Gallinaza molida	1.35	4	0.14	B
Testigo	0.85	4	0.14	C
bocashi	0.07	4	0.14	D

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

El uso de enmiendas orgánicas ha mostrado tener efectos en el control de nematodos en muchas investigaciones, esto principalmente porque incorporan microorganismos benéficos o porque activa la micro biota del suelo por la adición de materia orgánica (Khalilian *et al.* 2002), sin embargo, al no tener datos sobre la cantidad de huevecillos presentes al final del ciclo del cultivo, no se conoce si también ellos se vieron afectados.

El testigo (sin aplicación de enmienda orgánica) presentó el segundo factor de reproducción menor después del Bokashi, esta situación es interesante pues lo único que se aplicó fue cal, lo cual podría también convertirla en una medida útil para suprimir la reproducción de nematodos, sin embargo, NAS (1978) reporta que el encalado para neutralizar la acidez del suelo, aparentemente tiene poco efecto sobre las densidades poblacionales de los nematodos, por lo que sería necesario investigar a mayor detalle si la cal fue la que redujo la población final o si pudo ser algún otro factor.

La gallinaza molida y el lombricompost mostraron tener un factor de reproducción mayor a uno, mostrando no tener ningún efecto en la disminución de la tasa de reproducción de los nematodos, al igual, la gallinaza deshidratada tuvo un factor de reproducción muy superior a uno. El incremento poblacional está principalmente asociado a la susceptibilidad del hospedero y a condiciones favorables para el nematodo, haciendo que las enmiendas como la gallinaza molida, el lombricompost y la gallinaza deshidratada aporten grandes cantidades de nutrientes, haciendo que las plantas fueran vigorosas y dándoles suficiente alimento para que los nematodos pudieran vivir y reproducirse. Al no contar con un análisis nematológico de las enmiendas, no se sabe si también ellas pudieron aportar cantidades significativas de nematodos al suelo.

6.1.1.2 Caxaque, San Marcos

El análisis de varianza para la variable factor de reproducción en la localidad de Caxaque, San Marcos mostró diferencia significativa estadística (cuadro 3).

Cuadro 3 ANDEVA para factor de reproducción de nematodos del género *Meloidogyne* en Caxaque, San Marcos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Factor de reproducción	20	0.99	0.99	12.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	84.16	7	12.02	212.70	<0.0001
Tratamiento	84.06	4	21.02	371.80	<0.0001
Repetición	0.10	3	0.03	0.57	0.6429
Error	0.68	12	0.06		
Total	84.84	19			

La prueba de medias DGC al 5% de significancia muestra la conformación de 4 grupos (cuadro 4), el primer grupo está formado únicamente por la gallinaza deshidratada con media de 5.86, siendo el más alto entre los tratamientos, el segundo grupo estuvo conformado por el lombricompost y la gallinaza molida, teniendo medias de 1.46 y 1.19 respectivamente, el tercer grupo lo conformó el testigo con una media de 0.75 y el cuarto grupo lo conformó el bocashi con 0.07, siendo esta la media menor entre todos los tratamientos.

Cuadro 4 Prueba DGC al 5% para factor de reproducción de nematodos del género *Meloidogyne* en Caxaque, San Marcos

Test:DGC Alfa=0.05 PCALT=0.3853

Error: 0.0565 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
gallinaza deshidratada	5.86	4	0.12	A
Lombricompost	1.46	4	0.12	B
Gallinaza molida	1.19	4	0.12	B
Testigo	0.75	4	0.12	C
bocashi	0.07	4	0.12	D

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

Al igual que en la localidad de San José Las Islas, los resultados obtenidos en la localidad de Caxaque son muy similares, haciendo que el Bokashi muestre sus bondades en los diversos ambientes donde se produce tomate.

El testigo mostró ser el segundo con menor factor de reproducción al igual que en San José Las Islas, lo cual sugiere que la cal pudo tener algún efecto en el control de nematodos, esto pudo ocasionar un efecto sinérgico entre la cal y el Bokashi para reducir aún más la población de nematodos.

Las gallinazas y el lombricompost también mostraron tener los mayores factores de reproducción en esta localidad, contrastan los resultados obtenidos en esta investigación a comparación de otras que han tenido una buena supresión de nematodos con estas enmiendas (Baños et al. 2010 y Castro et al. 2011), al comparar la cantidad utilizada de gallinaza, se observa que Baños et al. (2010) aplicó una dosis de 4.2 ton/ha, mientras que aquí se utilizó una dosis de 10.5 ton/ha, aplicando más del doble de lo reportado por Baños, siendo esto el posible detonador de la multiplicación de nematodos en el suelo. Castro et al. (2011) también reporta la reducción de poblaciones de nematodos utilizando vermicompost más quitina (50% de la capacidad del recipiente), en este caso se dificulta comparar la dosis utilizada por ellos con la dosis utilizada en esta investigación porque ellos utilizaron una medida de volumen.

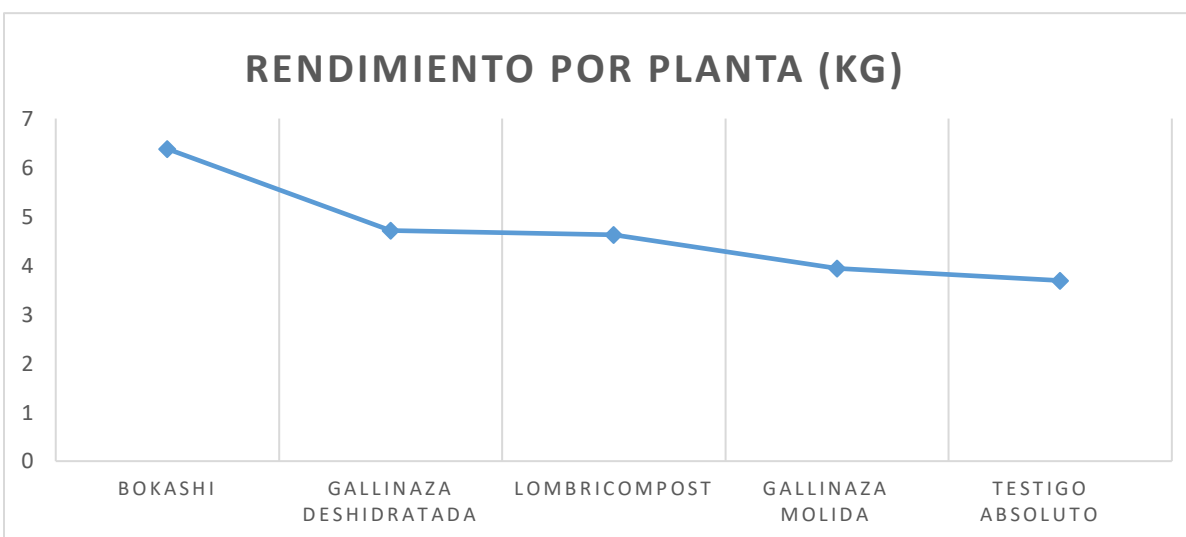
6.2 VARIABLE DE RENDIMIENTO

6.2.1 LOCALIDAD SAN JOSE LAS ISLAS

Cuadro 3. Rendimiento de parcela neta en kilogramos por hectárea y por planta de los tratamientos donde se aplicaron enmiendas

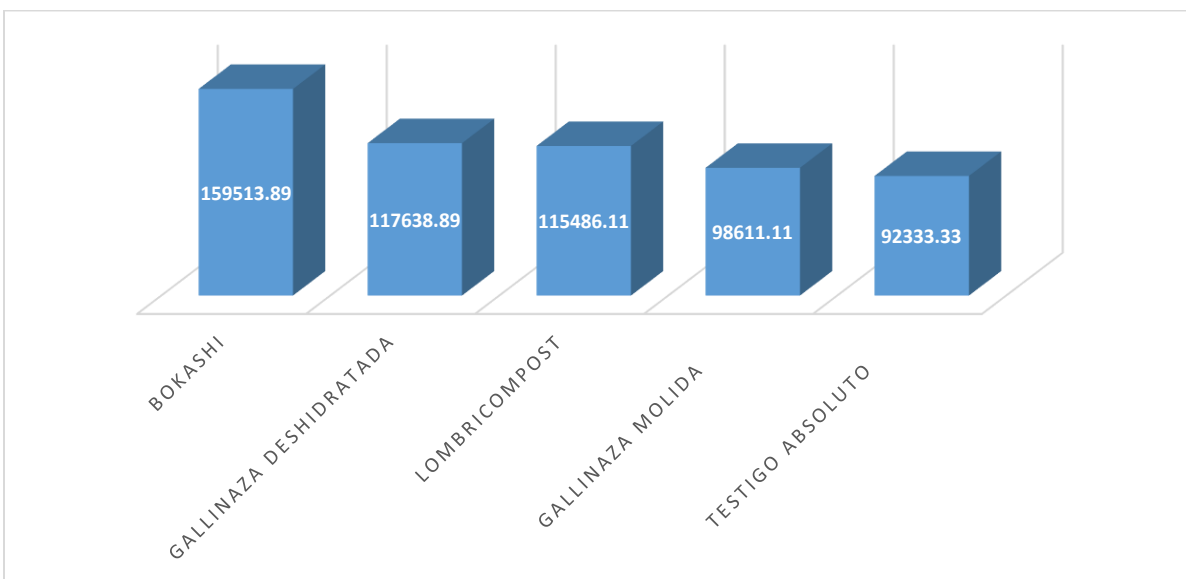
ENMIENDA	Rendimiento por parcela neta	Rendimiento/ha	Rendimiento por planta kg
Bokashi con gallinaza	229.7	159513.89	6.38
Gallinaza deshidratada	169.4	117638.89	4.71
Lombricompost	166.3	115486.11	4.62
Gallinaza molida	142	98611.11	3.94
Testigo Absoluto	132.96	92333.33	3.69

Grafica 1: Rendimiento por planta



En esta gráfica podemos observar que, el rendimiento por planta en relación a la enmienda de Bokashi es superior a las otras enmiendas, y las enmiendas de gallinaza deshidratada y la enmienda de lombricompost, presentar resultados similares.

Grafica 2: Rendimiento por hectárea



Cuadro 4. Resumen del análisis de varianza de rendimiento

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	1479.82	7	211.40	10.96	0.0002
BLOQUE	50.03	3	16.68	0.86	0.4859
ENMIENDA	1429.79	4	357.45	18.54	<0.0001
Error	231.39	12	19.28		
Total	1711.20	19			

El ANDEVA, para la variable de rendimiento p-valor 0.0001 es menor al nivel de significancia de 0.05, reflejando el efecto positivo de las enmiendas en el rendimiento.

Cuadro 5. Análisis de discriminación de medias por el método de DGC del rendimiento de las diferentes enmiendas

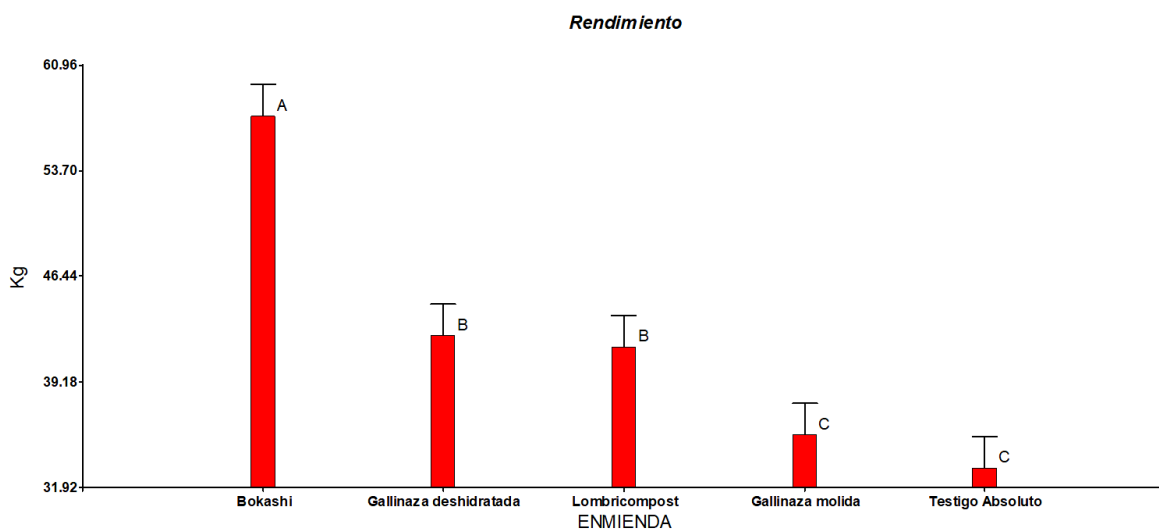
<u>ENMIENDA</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	<u>E.E.</u>	
Bokashi	57.44	4	2.20	A
Gallinaza deshidratada	42.35	4	2.20	B
Lombricompost	41.58	4	2.20	B
Gallinaza molida	35.52	4	2.20	C
Testigo Absoluto	33.24	4	2.20	C

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

El análisis de discriminación de medias nos evidencia que la enmienda de bokashi, presenta los mejores resultados y como segunda opción encontramos

a las enmiendas de Lombricompost y Gallinaza deshidratada, el rendimiento de estos dos tratamientos puedan deberse a que el tomate en sus primeras etapas necesita nitrógeno, para el desarrollo de meristemas y follaje, en contraposición la enmienda de lombricompost, su contenido de nitrógeno es muy inferior, y en el caso del lombricompost es necesario conocer el estado de maduración y determinar su influencia no solo en primera aplicación sino en varias subsecuentes.

Grafica 3. Comparación de rendimientos en tomate (Toliman f1)



El rendimiento se vio afectado por la incidencia de nematodos, presentándose el menor rendimiento en tratamiento del Testigo Absoluto, y en la enmienda con Bokashi presentaron los mejores, con un aumento del 42% en relación al testigo absoluto.

6.3 VARIABLE: DIAMETRO

6.3.1 LOCALIDAD SAN JOSE LAS ISLAS

Cuadro 6. Análisis de varianza para el diámetro de tomate en las diferentes enmiendas

CUADRO DE ANÁLISIS DE LA VARIANZA (SC TIPO III)					
F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
MODELO	6128.50	7	875.50	3.94	0.0184
ENMIENDA	4771.30	4	1192.83	5.36	0.0103
BLOQUE	1357.20	3	452.40	2.03	0.1628
ERROR	2668.30	12	222.36		
TOTAL	8796.80	19			

Se observa en el resumen del ANDEVA a la variable diámetro, observamos que p-valor <0.0001 es menor al nivel de significancia de 0.05 por lo que existe diferencia **altamente significativa entre los tratamientos.**

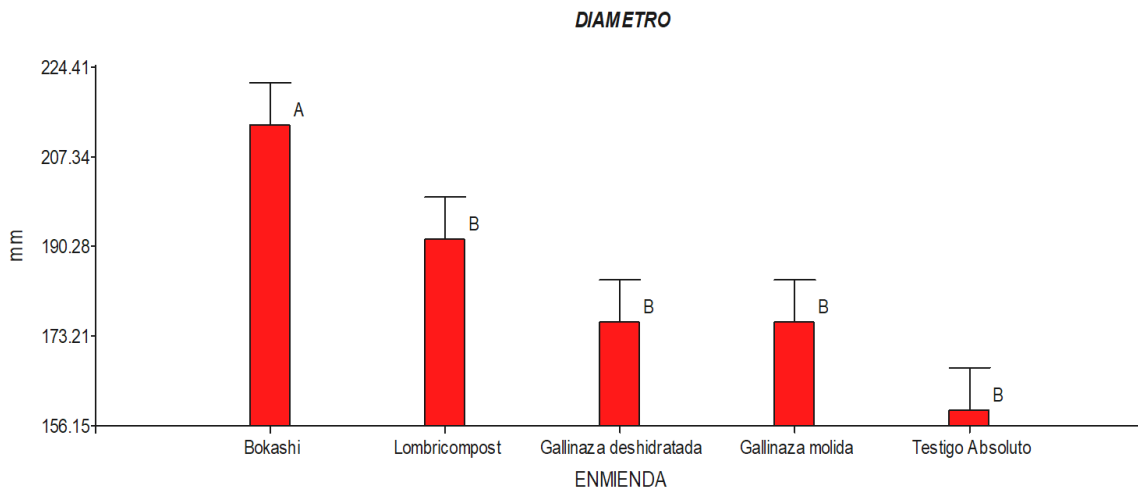
ENMIENDA	MEDIAS	N	E.E.	
BOKASHI	217.00	4	7.46	A
LOMBRICOMPOST	189.00	4	7.46	B
GALLINAZA DESHIDRATADA	186.00	4	7.46	B
GALLINAZA MOLIDA	185.75	4	7.46	B
TESTIGO ABSOLUTO	169.25	4	7.46	B

MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P > 0.05)

En el cuadro 7, se evidencia que el bocashi, fue en la enmienda orgánica que presento los mejores resultados en cuanto al manejo de los nematodos, las enmiendas de Lombricompost, gallinas, presentan similares resultados en cuanto al manejo del nematodo *Meloidogyne* spp.

En el análisis de la calidad del fruto, en relación al diámetro, evidencia que el bokashi, presenta los mejores resultados, siendo el mejor tratamiento, le sigue en línea descendente la enmienda de lombricompost y los tratamientos de gallinazas y testigo no muestran diferencia estadística significativa entre ellos.

Cuadro 7. Análisis de discriminación de medias por el método de DGC del diámetro en las diferentes enmiendas.

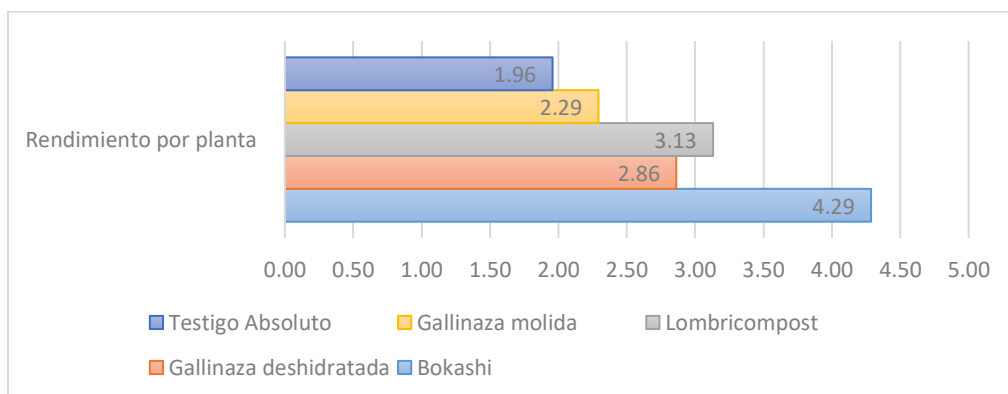


LOCALIDAD CAXAQUE

Cuadro 8: Rendimiento de la parcela neta, rendimiento por hectárea y por planta en kilogramos de los tratamientos donde se aplicaron enmiendas, localidad Caxaque.

ENMIENDA	Rendimiento por parcela neta	Rendimiento/ha	Rendimiento por planta kg
Bokashi	205.77	107173.48	4.29
Gallinaza deshidratada	137.41	71565.26	2.86
Lombricompost	150.32	78290.79	3.13
Gallinaza molida	110.09	57338.12	2.29
Testigo Absoluto	93.97	48942.47	1.96

Cuadro 9: Rendimiento por planta, en los tratamientos establecidos en la aldea Caxaque, San Marcos



Cuadro 10. Resumen del análisis de varianza de rendimiento

F.V.	SC	GL	CM	F	P-VALOR
MODELO	1909.90	7	272.84	14.04	0.0001
BLOQUE	47.01	3	15.67	0.81	0.5142
ENMIENDA	1862.89	4	465.72	23.97	<0.0001
ERROR	233.19	12	19.43		
TOTAL	2143.09	19			

El ANDEVA, para la variable de rendimiento p-valor 0.0001 es menor al nivel de significancia de 0.05, reflejando el efecto positivo de las enmiendas en el rendimiento.

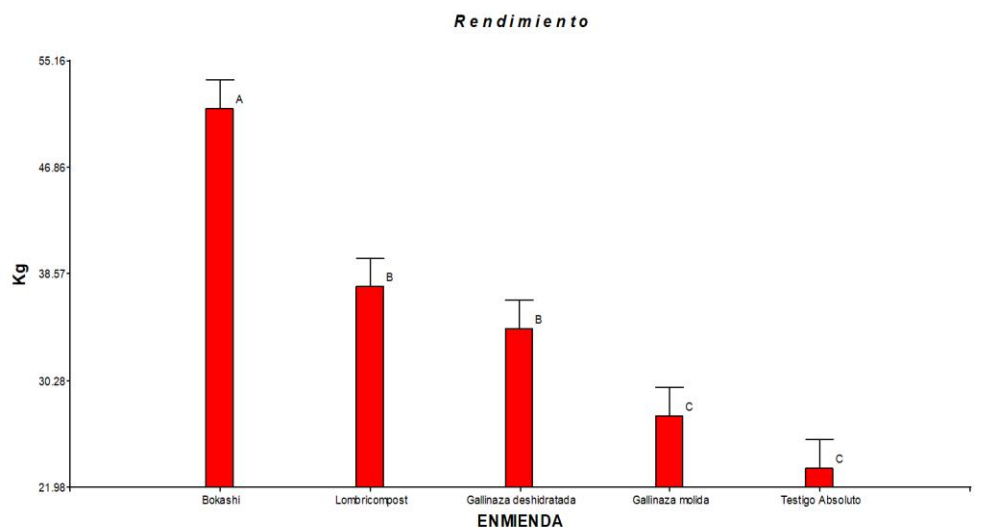
Cuadro 11. Análisis de discriminación de medias por el método de DGC del rendimiento de las diferentes enmiendas

ENMIENDA	MEDIAS	N	E.E.	
BOKASHI	51.44	4	2.20	A
LOMBRICOMPOST	37.58	4	2.20	B
GALLINAZA DESHIDRATADA	34.35	4	2.20	B
GALLINAZA MOLIDA	27.52	4	2.20	C
TESTIGO ABSOLUTO	23.49	4	2.20	C

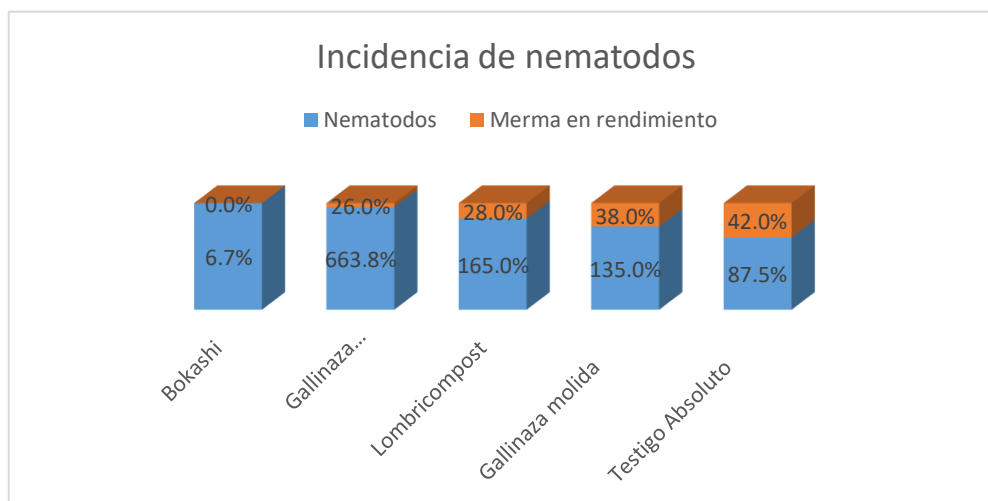
MEDIAS CON UNA LETRA COMÚN NO SON SIGNIFICATIVAMENTE DIFERENTES (P > 0.05)

El análisis de discriminación de medias nos evidencia que la enmienda de bocashi, presenta los mejores resultados y como segunda opción encontramos a las enmiendas de lombricompost y gallinaza deshidratada, el rendimiento de estos dos tratamientos puedan deberse a que el tomate en sus primeras etapas necesita nitrógeno, para el desarrollo de meristemas y follaje, en contraposición la enmienda de lombricompost, su contenido de nitrógeno es muy inferior, y en el caso del lombricompost es necesario conocer el estado de maduración y determinar su influencia no solo en primera aplicación sino en varias aplicaciones subsecuentes para favorecer el desarrollo de microorganismos antagonistas del nematodo *Meloidogyne* y condiciones de la rizósfera que mejoren la absorción de los nutrientes. Las enmiendas de gallinaza molida presentan resultados muy inferiores, debido a una tasa exponencial ascendente en la multiplicación de nematodos por tener organismos antagonistas para su control.

Grafica 4: Rendimiento kg por planta



Grafica 5: Incidencia de nematodos en las enmiendas aplicadas



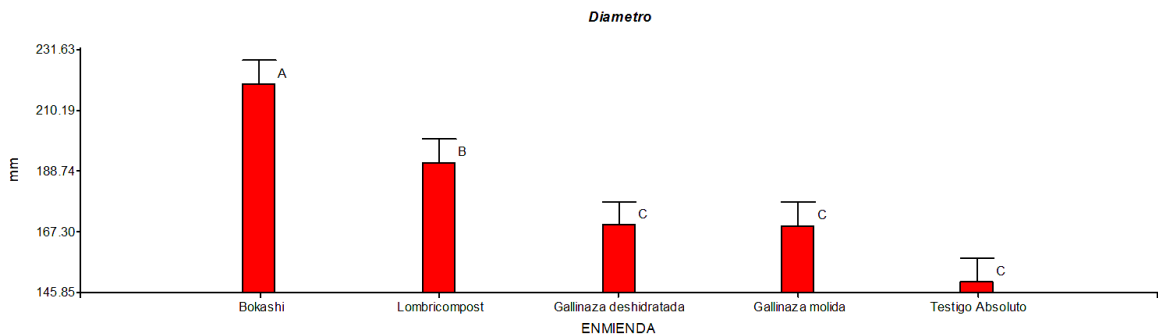
La grafica 10, nos muestra la incidencia o efecto de las enmiendas orgánicas en el manejo de nematodos, evidenciándonos que la enmienda de gallinaza deshidratada presenta la mayor incidencia; con un 668% de aumento de nematodos en relación la lectura base de 130 nematodos (100%). Esto se puede deber a la forma de almacenamiento del abono, que es empacado con bolsas de nylon y costal, lo que tiene un efecto en almacenar la humedad.

Teniendo una incidencia en una merma de rendimiento del 26% en relación al Bokashi, el lombricompost tiene un efecto similar en relación a los nematodos; no así en el rendimiento, lo cual pueda deberse a la cantidad de nitrógeno que presenta las gallinazas, elemento esencial en el desarrollo de tejidos y de área foliar; necesarios en la producción de frutos. El tratamiento de Bokashi tuvo un efecto negativo para los nematodos con un manejo o reducción del 93% de los nematodos. El testigo absoluto presenta la incidencia más favorable para los nematodos y con el menor rendimiento. Cabe recalcar que en ninguno de los tratamientos se efectuó un control químico o de otra índole, además del efecto que tienen los abonos orgánicos en el aumento de organismos depredadores de nematodos

Análisis de varianza para diámetro de frutos en Caxaque

Variable diámetro: En el análisis del diámetro del fruto en la localidad de Aldea Caxaque, evidencia que el Bokashi, presenta los mejores resultados con respecto a los otros tratamientos

Grafica 6: Análisis de medias de diámetro



Relación beneficio-costo promedio de ambas localidades

Cuadro 12: Relación Beneficio-Costo

Precio de campo por kg:						
Frutos de primera			Q4.00			
Frutos de segunda			Q3.00			
Frutos de tercera			Q1.00			
	Unidad de medida	Tratamientos				
		Bocashi	Gallinaza deshidratada	Lombricompost	Gallinaza molina	Testigo
Rendimiento medio de primera	kg/ha	135,575.00	100,087.50	98,175.00	83,725.00	8,372.50
Rendimiento medio de segunda	kg/ha	15,950.00	10,008.75	9,817.50	8,372.50	7,380.00
Rendimiento medio de tercera	kg/ha	7,975.00	5,887.50	5,775.00	4,925.00	9,225.00
Beneficio medio de primera	Q/ha	Q542,300.00	Q400,350.00	Q392,700.00	Q334,900.00	Q33,490.00
Beneficio medio de segunda	Q/ha	Q47,850.00	Q30,026.25	Q29,452.50	Q25,117.50	Q22,140.00
Beneficio medio de tercera	Q/ha	Q7,975.00	Q5,887.50	Q5,775.00	Q4,925.00	Q9,225.00
Beneficios brutos de campo	Q/ha	Q598,125.00	Q436,263.75	Q427,927.50	Q364,942.50	Q64,855.00
Costo de la enmienda	Q/ha	Q15,000.00	Q11,250.00	Q18,750.00	Q11,250.00	Q0.00
Costo de producción	Q/ha	Q281,862.70	Q281,862.70	Q281,862.70	Q281,862.70	Q281,862.70
Beneficios netos	Q/ha	Q301,262.30	Q143,151.05	Q127,314.80	Q71,829.80	-Q217,007.70
Ganancia por metro cuadrado		Q30.13	Q14.32	Q12.73	Q7.18	-Q21.70
Relación beneficio costo		2.01	1.49	1.42	1.25	0.23
Tasa de retorno sobre la inversión inicial		201.48	148.84	142.35	124.51	23.01

El cuadro 14 muestra los costos de producción e ingresos obtenidos utilizando cada una de las enmiendas orgánicas para el control de nematodos del género *Meloidogyne* en la localidad de San José Las Islas, San Marcos. Al observar la tasa de retorno sobre la inversión inicial, el uso de bocashi muestra la mayor tasa en comparación a los demás tratamientos con 201.48, en orden descendente le siguieron la gallinaza deshidratada con 148.84, el lombricompost con 142.35, la gallinaza molida con 124.51 y por último el testigo con 23.01.

El análisis tasa de retorno sobre la inversión inicial también nos permite inferir que en el caso del tratamiento con Bokashi por cada Q100.00 invertidos se recibirán 201.48, en el caso del testigo, el análisis señala que por cada Q100.00 invertidos únicamente se recibirán Q23.01 ocasionando pérdidas considerables. Todos los demás tratamientos mostraron tener ganancias, pero menores en comparación al tratamiento con Bokashi.

7 CONCLUSIONES

- Cada una de las enmiendas orgánicas mostraron tener un efecto diferente en la dinámica poblacional de los nematodos del género *Meloidogyne*.
- El Bokashi mostró tener un efecto de supresión de nematodos al mostrar el menor factor de reproducción en ambas localidades. Sin embargo, no se logró determinar si fue únicamente por su efecto o por la aplicación conjunta con la cal. El tratamiento testigo también mostró una disminución en cuanto al factor de reproducción. El lombricompost y los dos tipos de gallinazas fomentaron la reproducción de nematodos.
- El rendimiento fue afectado por cada una de las enmiendas aplicadas al suelo, siendo el Bokashi el tratamiento que presentó los mejores rendimientos en ambas localidades con 159,513.89 kg/ha en San José Las Islas y 107,173.48 kg/ha en Caxaque. Los menores rendimientos en ambas localidades se obtuvieron con el testigo. Los demás tratamientos mostraron rendimientos superiores al testigo, pero inferiores a los del Bokashi.
- El diámetro de frutos donde se aplicó Bokashi fue superior en comparación a los demás tratamientos, esto se correlaciona con los mayores rendimientos obtenidos.
- En cuanto al análisis económico, el Bokashi mostró tener una tasa de retorno de 201.48, siendo el tratamiento con la mayor tasa, el peor tratamiento fue el testigo con una tasa de 23.01, significando pérdidas considerables en la localidad de San José Las Islas. Los demás tratamientos presentaron tasas superiores a 100 lo que significa que también se obtuvieron ganancias.

8 RECOMENDACIONES

- Evaluar otras alternativas sostenibles para el control de nematodos.
- Realizar estudios de laboratorio para determinar e identificar microorganismos presentes en el Bokashi que puedan ser predadores o parásitos de nematodos fitoparásitos.
- Realizar estudios de las enmiendas evaluadas sin la aplicación de cal para conocer su efecto sin ella.
- Utilizar el Bokashi a una dosis de 10.5 ton/ha en suelos productores de tomate infestados con nematodos del género *Meloidogyne*, ya que representa una mejora en los rendimientos y en el beneficio económico obtenido.
- Realizar estudios para determinar la presencia de nematodos en las diferentes gallinazas o compostas utilizadas como enmiendas en el cultivo de tomate.
- Incluir otras variables en futuros trabajos de investigación sobre control de nematodos como índice de nodulación, índice de masa de huevos y altura de planta para darle una mayor consistencia a la investigación.

9 BIBLIOGRAFIA

1. Agrios., G. N. (2004). Plant Pathology (Vol. 5ta Edicion). Florida, Florida, USA: LIMUSA.
2. Antón, W. S., & Hernández, T. d. (2013). Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*. Costa Rica: *Agronomía Mesoamericana*. Recuperado el 2013.
3. Balaña, P. (2003). Determinación del efecto económico de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de café. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
4. Baños, Y., A., C., Lazo, R., Gonzales, I., & Morejon, L. (2010). Efecto de enmiendas organicas y *Trichoderma* spp. en en el manejo de *Meloidogyne* spp. *Revista Brasileña de Agroecología*, 224-233.
5. Blancard, D. (2011). Enfermedades del tomate. Identificar, conocer, controlar. Madrid, España: Mundi-Prensa.
6. Campo, A., Acosta, R., Morales, S., & Prado, A. (2014). Evaluacion de microorganismos de montaña (mm) en la produccion de acelga en la meseta de Popayan. Popayan, Colombia: Universidad del Cauca, Universidad de Ciencias Agrarias, Colombia.
7. Carranza, H., & Gonzalez, F. (2005). Efecto de la biofumigación en tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum*, Mill) utilizando diversas fuentes y mezclas de materias organicas en invernadero. . Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales, Universidad Rafael Landivar.
8. Castillo Marroquín, J. (2014). Identificación de especies de *meloidogyne* spp. presentes en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Universidad Rafael Landivar, Guatemala.

9. 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.
10. Cifuentes, A., & José, F. (2005). Caracterización física y química de cuatro sustratos y su efecto en el rendimiento de dos híbridos de tomate manzano (*Lycopersicum esculentum* Miller) en cultivo hidropónico. USAC, Guatemala,.
11. Cordón, J. (2,006). Comparación del rendimiento de siete híbridos de tomate (*Solanum lycopersicum* M.) en Finca Santa Teresa. Antigua Guatemala, Sacatepequez.: USAC.
12. FASAGUA. (2,005). Seminario internacional de virus, plagas y enfermedades de cultivos hortícolas con énfasis en el manejo. Guatemala.
13. FASAGUA. (mayo de 2015). studyres.es. Obtenido de studyres: studyres.es
14. González, E. (2,016). Identificación de puntos críticos y temas para la formulacion de proyectos de investigacion en la agrocadena del tomate de occidente. Red Nacional de Grupos Gestores, Quetzaltenango.
15. Iriarte L, Franco, J., & N., O. (1999). Efecto de Abonos Orgánicos sobre las Poblaciones. Revista Latinoamericana de la Papa., 149-163.
16. Karszen, G., & Moens, M. (2006). Root-knot nematodes. In Perry, RN; Moens, M. eds. . En Plant nematology (págs. 59-90). Wallingford, UK.: CAB International.
17. Overman, A. .. (1999). Diseases caused by nematodos. In Jones, JB; Jones, JP. Stall, RE; Zitter, TA. eds. Compendium of tomato diseases. En T. A. Paul. Minesota.
18. Sasser, J., & Freckman, D. (1987). A world perspective on nematology. In Dickson, W; Veech, J. eds. Vistas on nematology. Hyattsville, MD.
19. Scirpta Nova. (s.f.). Obtenido de <http://www.ub.edu>
20. Velasquez, E. B. (2,018). Tomate: Evaluacion de materia organica para su cultivo bajo condiciones de macrotuneles en dos localidades del departamento de San Marcos. USAC, San Marcos. San Marcos: USAC. Recuperado el Martes de Abril de 2,018
21. Talavera Rubia , M., & Verdejo Lucas, S. (18 de 02 de 2015). Gestion de nematodos fitoparasitos. Obtenido de Interempresas.net:

www.interempresas.net/Horticola/articulos/133376-Gestion-de-nematodos-fitoparasitos.html

22. Ventura, V. (2012). Determinación de la especie del nemátodo *rotylechulus* asociado a melón. Estanzuela, Zacapa. Guatemala: Universidad Rafael Landívar.

10 ANEXOS

10.1 FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Volteo de abonera para la producción de Bokashi



Fotografía 2 Colocación de trampas amarillas para el control de mosca blanca



Fotografía 3 Identificación de tratamientos



Fotografía 4 Identificación de proyecto de Aldea Caxaque.



Fotografía No. 5: Socialización del proyecto de investigación al comité de actores locales de la cadena de tomate occidente.



Fotografía No. 6: Tratamiento No. 3: Gallinaza deshidratada.



Fotografía No. 7: Identificación y comportamiento de los diferentes tratamientos.



Fotografía No. 8: Visita de supervisión al Proyecto de Investigación, en San Jose Las Islas, por el Ing. Albaro Orellana, gestor del Programa CRIA.



Fotografía No.9 : Gestor del CRIA, Investigador Principal y Auxiliar del Proyecto: Manejo de nematodos con enmiendas orgánicas, en San José Las Islas, San Marcos



Fotografía 10 : Medición de largo de frutos



Fotografía 11: Identificación de las unidades experimentales



Fotografía No. 12: Toma de datos de variables respuestas del experimento en La Escuela de Formación Agrícola EFA, San Marcos.





Programa Consorcios
Regionales de
Investigación Agropecuaria

