

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

EFFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN SOBRE PLAGAS DEL SUELO UTILIZANDO TRES FUENTES  
DE MATERIA ORGÁNICA, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, GUATEMALA

TESIS DE GRADO

**GUSTAVO ADOLFO SIERRA LÓPEZ**

CARNET 36790-89

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, OCTUBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

EFFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN SOBRE PLAGAS DEL SUELO UTILIZANDO TRES FUENTES  
DE MATERIA ORGÁNICA, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, GUATEMALA

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**GUSTAVO ADOLFO SIERRA LÓPEZ**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, OCTUBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
MGTR. MAYRA ARACELY DEL CID MAZARIEGOS DE CHINCHILLA

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

Guatemala, 15 de octubre de 2018.

Consejo de Facultad  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el Trabajo de graduación del estudiante Gustavo Adolfo Sierra López carné 36790-89, titulado: "Efecto de la biofumigación sobre plagas del suelo utilizando tres fuentes de materia orgánica, Universidad Rafael Landívar, Guatemala, Guatemala."

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Mgtr. Mayra Del Cid  
Colegiado No. 2791



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 061042-2018

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante GUSTAVO ADOLFO SIERRA LÓPEZ, Carnet 36790-89 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06192-2018 de fecha 10 de octubre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EFFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN SOBRE PLAGAS DEL SUELO UTILIZANDO TRES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, GUATEMALA

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 11 días del mes de octubre del año 2018.



MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar

## AGRADECIMIENTOS

A:

Virgen María, por su amor.

La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar por la colaboración y recursos brindados para la realización de este proyecto.

Ing. Mayra Aracely Del Cid Mazariegos, por su amistad, consejos y asesoría en todo momento.

Ings. Luis Calderón, Julio García y Pamela Camarero, por su colaboración.

Los estudiantes, Melvin, Pablo, Ubico, Emilio y demás, por su apoyo y amistad.

Los trabajadores de la universidad, Antonio Figueroa “Toño” y Doña Odi, por su apoyo y amistad.

## DEDICATORIA

A:

Dios: Que está conmigo en todo momento.

Mis padres: Luis David y Anicia Susana (la recuerdo con mucho amor), quienes me dieron la vida.

Mi esposa: Por todo su apoyo.

Mis hijos: Beck y Piti, por su amor.

Toda mi familia: Por su cariño.

Mis amigos y  
compañeros de carrera: Su amistad durante los años compartidos.

# ÍNDICE

	RESUMEN	ix
1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	MARCO TEORICO	3
2.1	Antecedentes de la biofumigación y solarización en guatemala	3
2.2	Biofumigación	5
2.2.1	Procedimiento	6
2.3	Solarización	7
2.4	Biosolarización	9
2.5	Biofumigación y materia orgánica	9
2.6	Biofumigación y control de nematodos	11
2.7	Biofumigación y control de hongos	11
2.8	Biofumigación y control de insectos	12
2.9	Biofumigación y control de flora arvense	13
2.10	Biofumigación y control de bacterias, virus y postcosecha	13
2.11	Principales plagas del suelo	14
2.11.1	Gusano nochero	14
2.11.2	Gusano alambre	15
2.11.3	Gallina ciega	16
2.12	Nematodos fitoparásitos	16
2.12.1	Del nudo de la raíz	16
2.12.2	Nematodos enquistados	17
2.12.3	Nematodo lesionador	17
2.13	Principales malezas	18
2.13.1	Coyolillo	18
2.13.2	Mozote	19
2.13.3	Verdolaga	19
2.14	Aspectos generales del cultivo del rábano	20
3.	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	21
3.1	Definición del problema y justificación del trabajo	21
4.	OBJETIVOS	23
4.1	Objetivo general	23
4.2	Objetivos específicos	23
5.	HIPÓTESIS	24
6.	METODOLOGÍA	25
6.1	Localización del trabajo	25
6.2	Material experimental	25
6.3	Factores a estudiar	25
6.4	Descripción de tratamientos	26
6.5	Diseño experimental	29

6.6	Modelo estadístico	29
6.7	Unidad experimental	29
6.8	Croquis de campo	30
6.9	Manejo del experimento	31
6.10	Variabes de respuesta	33
6.11	Análisis de la información	35
6.11.1	Análisis estadístico	35
6.11.2	Análisis económico	35
7.	Resultados y discusión	36
7.1	Flora arvense (plantas/m <sup>2</sup> )	36
7.2	Nematodos (nematodos/100cc de suelo)	37
7.3	Nutrientes del suelo	39
7.4	Rendimiento	40
7.5	Peso fresco	42
7.6	Peso seco	43
7.7	Análisis económico	45
8.	Conclusiones	48
9.	Recomendaciones	49
10.	Bibliografía	50
11.	Anexos	54

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Tipo de residuos orgánicos y cantidad a utilizar en los tratamientos biofumigantes.	6
Cuadro 2.	Tratamientos y dosis de tres fuentes de materia orgánica utilizada para biofumigación.	26
Cuadro 3.	Análisis de varianza de cantidad de flora arvense en los distintos tratamientos de biofumigación.	36
Cuadro 4.	Prueba Duncan para cantidad de flora arvense en los distintos tratamientos de biofumigación.	37
Cuadro 5.	Análisis de nematodos en los distintos tratamientos de biofumigación.	38
Cuadro 6.	Resultados del análisis químico de las muestras de suelo antes y después de la aplicación de los tratamientos de biofumigación.	39
Cuadro 7.	Análisis de varianza del rendimiento de rábano en los distintos tratamientos de biofumigación.	40
Cuadro 8.	Análisis de varianza peso fresco (g) de rábano en los distintos tratamientos de biofumigación.	42
Cuadro 9.	Análisis de varianza peso seco (g) de rábano en los distintos tratamientos de biofumigación.	43
Cuadro 10.	Análisis de costos del tratamiento gallinaza.	45
Cuadro 11.	Análisis de costos del tratamiento gallinaza más brócoli.	45
Cuadro 12.	Análisis de costos del tratamiento estiércol.	45
Cuadro 13.	Análisis de costos del tratamiento testigo.	46
Cuadro 14.	Beneficio bruto y neto de los distintos tratamientos.	46

## ÍDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Rendimiento de rábano (TM/Ha) tratamientos de biofumigación.	41
Figura 2.	Peso fresco de rábanos (g) de los distintos tratamientos de biofumigación.	42
Figura 3.	Peso seco en rábanos (g) de los distintos tratamientos de biofumigación.	43
Figura 4.	Porcentaje de materia seca de rábanos de los distintos tratamientos de biofumigación.	44
Figura 5.	Preparación del terreno.	60
Figura 6.	Trazo de unidades experimentales.	60
Figura 7.	Pesando gallinaza.	61
Figura 8.	Incorporación de gallinaza.	61
Figura 9.	Incorporación de materia orgánica.	62
Figura 10.	Colocación de plástico.	62
Figura 11.	Bolsas en horno de secado.	63
Figura 12.	Bolsas para peso seco.	63

# **EFFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN SOBRE PLAGAS DEL SUELO UTILIZANDO TRES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA, UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, GUATEMALA, GUATEMALA.**

## **RESUMEN**

La biofumigación es una técnica que utiliza materia orgánica para mejorar las propiedades químicas y físicas del suelo, además de controlar patógenos presentes y plantas arvenses. Con el fin de mejorar las condiciones de los suelos del Centro de Prácticas San Ignacio, de la Universidad Rafael Landívar, se realizó el presente estudio. Con el objetivo de determinar el efecto biofumigante de tres fuentes de materia orgánica (gallinaza, gallinaza mezclada con brócoli, y estiércol) sobre el control de plagas y contenido de materia orgánica en el suelo. Así también determinar el rendimiento del cultivo de rábano en áreas tratadas con biofumigación y realizar análisis de costos de los tratamientos evaluados. El estudio se desarrolló en el período comprendido del 15 de noviembre de 2017 al 12 de marzo del 2018. En donde se utilizó un diseño estadístico de Bloques Completos al Azar, con 3 repeticiones. De acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos que presentaron mayor diversidad de nematodos, fueron los tratamientos de gallinaza y de estiércol, promoviendo la biodiversidad en el suelo. El tratamiento que aportó mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica al suelo fue el estiércol. Los mayores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos de gallinaza y gallinaza mezclada con brócoli. Realizado el análisis de costos, se pudo determinar que el tratamiento de gallinaza mezclada con brócoli fue el que presentó menor pérdida. Por lo que se recomienda realizar estudios de biofumigación con cultivos a largo plazo y con precios competitivos para que la producción agrícola sea rentable.

# 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura se encuentra ante un gran reto en conservar el medio ambiente, por lo cual se hace necesario crear conciencia en los agricultores para que manejen el suelo de forma sostenible a largo plazo y no de forma extractiva. Además de hacer un uso adecuado de los productos químicos, al momento de controlar las plagas en los cultivos, o bien aportando fertilizantes de acuerdo a los requerimientos nutricionales. Por lo cual en la producción agrícola se deberían aplicar alternativas sostenibles que permitan evitar que los suelos se degraden y pierdan sus propiedades físicas y químicas.

Los altos costos de producción en las actividades agrícolas, ha hecho en algunas ocasiones que los agricultores migren a otras actividades productivas. Esto contribuye a buscar alternativas ecológicamente y económicamente viables. Por lo cual es necesario evaluar nuevas técnicas de producción, que mejoren los rendimientos y por ende los beneficios económicos; realizando prácticas culturales que permitan producir de una manera sostenible, minimizando el uso de productos químicos.

Atendiendo estas exigencias, la biofumigación es una técnica que surge como alternativa biológica a las desinfecciones de los suelos, sin utilizar químicos. Esta técnica destaca por ser sostenible, de fácil aplicación, amigable con el medio ambiente y no tiene efectos negativos para la salud de los consumidores (Palmero, s.f). En estudios anteriores, se ha determinado que el uso de la biofumigación con la técnica de la solarización se han obtenido mejores rendimientos y mejoras en las condiciones del suelo. La solarización es un proceso natural hidrotérmico en el cual el calor solar al pasar a través de plástico transparente incrementa la temperatura del suelo o sustrato húmedo a niveles letales para las plagas (49°C o más)(Díaz, 2007; Jiménez, 2007).

Es por ello que el presente estudio, aplicando los dos conceptos anteriores, tiene el objetivo principal de determinar el efecto biofumigante de tres fuentes de materia orgánica, sobre el control de malezas y materia orgánica en el suelo. Siendo las fuentes gallinaza, desechos de brócoli y estiércol de ganado vacuno. Además de determinar el rendimiento del cultivo de rábano, en áreas tratadas con biofumigación.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes de la Biofumigación y Solarización en Guatemala

En los últimos años se ha observado incremento en el uso de químicos sintetizados artificialmente, asimismo se ha logrado determinar que este uso indiscriminado tiene el potencial de afectar significativamente la salud de los consumidores y productores (Calderón, 2010).

Para evaluar la eficiencia de la técnica de biofumigación y la solarización en Guatemala, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) con otras instituciones gubernamentales e internacionales, brindaron apoyo para la realización de un proyecto de investigación en dos localidades en donde concluyen que después de realizado el proceso de biofumigación, las fuentes biofumigantes presentaron diferencias en su capacidad para el control de malezas.

La biofumigación con el empleo de residuos de brócoli y desechos de arveja, fueron los tratamientos que mostraron mayor eficiencia para el control de malezas; sin embargo en la localidad de El Tejar, no expresaron diferencias estadísticas, resultado que se considera ligado a las diferentes especies de malezas presentes en ambas localidades (Calderón, 2010).

En lo relacionado a las poblaciones de nematodos, en las lecturas post biofumigación, algunos nematodos presentes en el suelo expresaron incremento significativo de su población. Este comportamiento se observó específicamente en géneros no parasíticos con *Rhabditis* y *Panagrolaimus*; este resultado se observó consistentemente, en especial cuando los biofumigantes utilizados fueron residuos de arveja y residuos de brócoli. Por su parte, algunos géneros parasíticos, que suelen causar problemas a los productores, manifestaron reducción de sus poblaciones; entre ellos *Meloidogyne*, *Pratilenchus*, *Aphelenchus* y *Aphelencoides*, Este

resultado merece atención, ya que sus beneficios poseen un potencial de manejo de plagas importante (Calderón, 2010).

Asimismo recomiendan, que es conveniente desarrollar propuestas de Investigación en el tema de biofumigación. Donde se evalúen desechos orgánicos que abundan en la localidad o región, además combinarlo con la evaluación de opciones de manejo de la eficiencia, que no incluyan la utilización de productos plásticos. Ya su inclusión es un factor opuesto que contradice los principios ecológicos de la tecnología de biofumigación. Siempre en el tema de investigación agrícola, dada su abundancia, es recomendable evaluar como material biofumigante fuentes lignificada y trabajar en la búsqueda de opciones que tengan el potencial de influir aumentando su relación Carbono-Nitrógeno, debido a que está comprobado que es el factor que influye directamente sobre la lenta descomposición de estos materiales con alto contenido de lignina y que en muchas regiones se encuentran abundantemente (Calderón, 2010).

En el proyecto de investigación, efectuado por Carranza (2003 y 2004), evaluando coberturas, materiales orgánicos y sistemas de siembra utilizando la biofumigación en diferentes cultivos. Estableció que en el control de nematodos la cantidad cuantificada antes de la biofumigación fue menor que la obtenida después de la siembra, principalmente con los nematodos no parasíticos, los cuales ayudan a la descomposición de materias orgánicas, entre los cuales se encuentran: *Rhabditis*, *Panagrolaimus*, *Dorylaimus* y *Aerolaimus*. Los nematodos parasíticos se incrementan en cantidad, pero no en géneros, en casi en todos los tratamientos y cultivos evaluados. El mayor número de géneros encontrados fueron: *Aphlenchus*, *Aphelencooides*, *Tylenchus*, *Tetylenchus*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Tylenchorhynchus*, *Criconemoides* y *Melodogyne*. Asimismo en el mismo estudio concluye, que la materia orgánica que se comportó en mejor forma en los cinco cultivos evaluados, fue la gallinaza, más residuos de brócoli o *Brassica* sp. en una dosis de 1.25 y 2.50 kg/m<sup>2</sup>, respectivamente.

## 2.2 Biofumigación

La biofumigación es el control de plagas y patógenos del suelo por medio de la liberación en el suelo de compuestos originados naturalmente de la descomposición de residuos orgánicos. Una amplia gama de residuos orgánicos pueden ser utilizados para biofumigar, desde distintos tipos de estiércoles hasta residuos de cultivos como boniato, papa, sorgo, brassicas, maíz, etc. (Vuelta, 2014).

Otro concepto, dice que la biofumigación es la acción de la descomposición de la materia orgánica, bajo condiciones de alta temperatura y la producción de sustancias volátiles, así como la generación de condiciones de anoxia (Godoy y Castellanos, 2011).

La aplicación de abonos o enmiendas orgánicas a los cultivos es tan antigua como la propia agricultura. Se sabe que su uso aumenta los rendimientos de las producciones, tanto por la aportación de nutrientes, como por mejorar la fertilidad física, química y biológica de los suelos. Sin embargo, sus efectos sobre el control biológico de las plagas generadas por los organismos que habitan en el suelo son mucho menos conocidos. En este sentido, los estudios llevados a cabo por Bello y colaboradores (Dpto. de Agroecología del CCMA, CSIC) han sido decisivos para mostrar que se trata de una alternativa sostenible frente a los plaguicidas sintéticos, que dañan el ambiente como la salud humana (Ibáñez, 2010).

La biofumigación es un método de desinfección del suelo de reciente implementación, que utiliza los gases generados en la descomposición de la materia orgánica cuando se aplica al suelo en cantidades importantes. La biofumigación, con los mismos usos de la solarización, se puede realizar con estiércol de vacuno, caprino, ovino o de aves (gallinaza), el cual debe ser fresco ya que genera más amoníaco. También con restos de cultivos de especies de crucíferas (gen. *Brassica*) o con otros de la misma familia (gen. *Raphanus*, *Eruca* o *Sinapis*). Todas estas

especies liberan al descomponerse isotiocianatos (Pérez, Martín, Giménez, Fernández y Gómez, 2015).

Según Godoy y Castellanos (2011), el procedimiento de la biofumigación brinda las siguientes ventajas:

1. Desinfección del suelo.
2. Inocuidad del procedimiento.
3. Bajo costo del tratamiento.
4. Menos daños para el medio ambiente.
5. Mejoramiento de propiedades físicas del suelo.
6. Mejoramiento de la fertilidad del suelo.
7. Ahorro en fertilizantes.
8. Aumento en rendimiento.

**2.2.1 Procedimiento.** Según Godoy y Castellanos (2011), recomiendan algunos pasos para realizar en este proceso:

**a. Elección y cantidad de residuos a utilizar.** Residuos a utilizar y dosis en base a materia seca.

*Cuadro 1. Tipo de residuos orgánicos y cantidad a utilizar en los tratamientos biofumigantes.*

	Residuos orgánico	Cantidad recomendada
a.	Residuo de brócoli	10 Tm/Ha.
b.	Residuo de brócoli + Estiércol	40 Tm/Ha.
c.	Residuo de tomate + Estiércol	40 Tm/Ha.
d.	Rastrojo de maíz	10 Tm/Ha + N para C/N= 16.
e.	Estiércol bovino o caprino	40 a 60 Tm/Ha.
f.	Residuo de maíz + gallinaza	C/N=16.

(Godoy y Castellanos, 2011).

***b. Distribución uniforme de los residuos y preparación del suelo.***

***c. Aplicación del Riego.*** Profundidad de humedecimiento de al menos 40 a 50 cm, cubriendo totalmente camas y pasillos, volumen de agua, de 500 a 1200m<sup>3</sup>. En caso de ser necesario (suelos ligeros con punto de saturación menor al 50%) se deben realizar riegos durante la biosolarización.

***d. Colocación del plástico.*** El espesor del plástico más adecuado es de 120 a 160 galgas. Más comúnmente usado el de 150 galgas. En cobertura completa enterrar los bordes.

***e. Tiempo de duración de la biosolarización durante 4 a 6 semanas.***

***f. Retiro del plástico.***

***g. Muestreo y análisis de patógenos y microbiológico del suelo.***

***h. Manejo de la salinidad y humedad en el suelo.***

***i. Complementar con productos biológicos.*** Inoculación de hongos, bacterias benéficas y micorrizas.

***j. Manejo de la nutrición y del riego.*** Efecto de la biosolarización sobre la infiltración del agua.

### **2.3 Solarización**

En su concepto Franquesa (2016), la solarización de los terrenos es un sistema de desinfección consistente en tapar los suelos húmedos mediante plásticos transparentes en los días más calurosos, para aumentar su temperatura debido a los efectos de la radiación solar.

De esta forma, los efectos de la radiación atraviesan el plástico y se transforman en calor, lo que provoca las modificaciones físicas, químicas y biológicas del suelo y que permiten la eliminación de la mayoría de agentes nocivos para la plantación. Este tratamiento puede realizarse durante 50 días. Se trata de un método tradicional, que se lleva a cabo desde la

antigüedad, que se utiliza para calentar los suelos del cultivo erradicando insectos, bacterias, algunas semillas, hongos y maleza.

Es un proceso natural hidrotérmico en el cual el calor solar al pasar a través de plástico transparente incrementa la temperatura del suelo o sustrato húmedo a niveles donde las plagas no pueden sobrevivir (49°C o más). Esta técnica ha probado ser efectiva en el control de patógenos del suelo, causantes de grandes pérdidas en semilleros artesanales de varios cultivos hortícolas. Además, algunos estudios realizados en diferentes localidades demuestran que la solarización también está asociada a la reducción de malezas y nematodos. Así como a un incremento en los niveles de nutrientes solubles y cambios en la biota del suelo, que favorecen la colonización de microorganismos benéficos (Díaz y Jiménez, 2007).

La solarización es un sistema de desinfección del suelo que consiste en acolchar un suelo húmedo con plástico transparente y fino (generalmente polietileno), durante 4-6 semanas en la época de mayor intensidad de radiación solar y temperatura. La solarización produce en el suelo un aumento de la temperatura y cambios en la microbiota y en las propiedades físico-químicas del suelo. Se utiliza en el control de bacterias, hongos, nematodos, insectos y malas hierbas. Entre sus ventajas cabe destacar que: su eficacia es equiparable a la obtenida con tratamientos químicos, no utiliza ni produce compuestos tóxicos, es económicamente viable, fácil de utilizar tanto en parcelas pequeñas como a gran escala con maquinaria, y además es una práctica aceptada en agricultura ecológica y recomendada en producción integrada. Su efecto depende de la radiación solar y también de la temperatura ambiente (Pérez, Martín, Giménez, Milagros, Fernández y Gómez, 2014).

## 2.4 Biosolarización

En la actualidad, la desinfección química del suelo no está autorizada en producción ecológica, y no siempre lo está en producción integrada. No obstante, existen otros métodos no químicos para la desinfección, como la biosolarización, que combina las técnicas de la solarización y de la biofumigación.

Cuando se combinan la solarización y la biofumigación se denomina biosolarización. Con la biosolarización, el suelo se calienta en mayor medida y el plástico permite la acumulación de los gases generados. La aplicación de materia orgánica incrementa la actividad biológica del suelo, mejora su estructura y aumenta su capacidad de retención de agua.

La mayoría de los hongos patógenos que producen enfermedades de las raíces y de la base del tallo en los cultivos hortícolas se conservan en el suelo. Algunos durante periodos prolongados de tiempo como *Pythium* spp., *Chalara elegans*, *Verticillium dahliae* y las diferentes formas especializadas de *Fusarium oxysporum*, mientras que otros se conservan durante un periodo más limitado de tiempo como *Rhizoctonia solani* y algunas especies de *Phytophthora*. Cuando es necesaria la eliminación del inóculo en un suelo de cultivo se puede realizar la desinfección del mismo mediante tratamientos químicos, físicos-biológicos o ambos a la vez (Pérez, Martín, Giménez, Milagros, Fernández y Gómez, 2014).

## 2.5 Biofumigación y Materia Orgánica

Los suelos hoy en día son generalmente deficitarios de materia orgánica, estando su valor sobre el 1% del total. Esta falta de materia orgánica, acentúa la degradación de los suelos y su posterior erosión, lo que repercute a su vez en un sistema pobre, desequilibrado y de fácil accesibilidad para plagas y enfermedades en los cultivos. Ese desequilibrio es generalmente

tratado hoy en día con productos químicos que multiplican el factor desequilibrante y degradante de los suelos (Meijide, 2015).

La acción de los microorganismos sobre la materia orgánica durante su descomposición, produce gran cantidad de productos químicos que pueden actuar en el control de los patógenos del suelo.

El amonio, nitratos, sulfídrico y un gran número de sustancias volátiles y ácidos orgánicos pueden producir una acción nematicida directa o afectar a la eclosión de los huevos o la movilidad de los juveniles de los nematodos; los fenoles y los taninos son también nematicidas a ciertas concentraciones (Mian et al. 1982). Por ello es difícil determinar con exactitud que sustancia es responsable de la muerte de los nematodos (Bello, 1998).

De todos los productos químicos obtenidos de la descomposición de materia orgánica por la actividad de los microorganismos, que pueden tener acción nematicida, el amonio ha sido el mejor estudiado, aunque es difícil afirmar que un solo componente sea responsable de la mortalidad de los nematodos (Bello, 1998).

La adición de materia orgánica al suelo para mejorar la fertilidad y control de plagas y enfermedades es una práctica casi tan antigua como la agricultura. Se han ensayado una amplia variedad de materiales como enmiendas al suelo para controlar nematodos, hongos fitoparásitos y flora arvense. Estos materiales incluyen estiércol de ganado, residuos de industrias papeleras y forestales, de industrias pesqueras y de marisqueras, numerosos subproductos de agricultura, alimentación y otras industrias, así como residuos de plantas con compuestos alelopáticos (Bello et al. 1999a,b, 2000b).

Se han ensayado como enmiendas al suelo, para el control de nematodos y otros patógenos de plantas, materiales con alto contenido de nitrógeno que generan amoníaco que actúa como un nematicida en el suelo (Canullo, Rodríguez-Kábana y Kloepper 1992).

## **2.6 Biofumigación y Control de Nematodos**

Hay muchas clases de nematodos, algunos de los cuales habitan en el suelo, son de tamaño microscópico y viven como parásitos en las raíces de las plantas, por lo que afectan seriamente los rendimientos y constituyen por ende, un problema importante en las producciones hortícolas.

Comúnmente, los nematodos y otras plagas del suelo se combatían mediante la aplicación de productos químicos y/o fumigantes de alta toxicidad, como el bromuro de metilo. A partir de la prohibición de este último, debido principalmente a su efecto destructor de la capa de ozono, se han comenzado a investigar diferentes alternativas de control; en este sentido, la solarización y la biofumigación aparecen como herramientas efectivas y de bajo impacto ambiental.

Allen et al. (1997) encuentran que la anaerobiosis creada por inundación en combinación con compost durante 12 semanas controla *Meloidogyne arenaria* en hortalizas en Florida, demostrando que los nematodos no sobreviven después de dos semanas de anaerobiosis.

Diaz-Viruliche et al. (2000) estudió el efecto biofumigante de diferentes abonos verdes de plantas representativas de crucíferas, cucurbitáceas, gramíneas y leguminosas, encontrando una eficacia superior al 90% en el control de *Meloidogyne incognita*, estudiando el efecto biomejorador de los biominerales encontrados en las plantas estudiadas.

## **2.7 Biofumigación y Control de Hongos**

La biofumigación del suelo es una técnica que permite utilizar la materia orgánica (residuos agrícolas y estiércol), así como los productos de su descomposición, en el control de los patógenos presentes en el suelo. Esta técnica incluye el uso material vegetal como las crucíferas, cuya descomposición libera sustancias tóxicas volátiles como el Allil isometiltiocianato que ejerce acción de control sobre hongos y nematodos (Carrasco, s.f.).

Tjamos (1999) en Grecia, al estudiar el interés de la solarización como alternativa al bromuro de metilo, señala que este puede mejorar cuando se añade materia orgánica, encontrando que combinando solarización y biofumigación se puede controlar *Sclerotinium cepivorum*, utilizando 1Kg/m<sup>2</sup> de gallinaza.

También, Gamliel et al. (1999) encuentran que los propágulos de *Fusarium oxysporum f.sp. basilici*, *Sclerotinium rolfsii* y *Pythium ultimum* se reducen en más del 95% cuando se someten a solarización, más materia orgánica con alto contenido de nitrógeno, mejorando el control de los patógenos cuando se combina el tratamiento del suelo con una rotación de trigo.

Estudios han demostrado que teniendo una temperatura a 24°C, con pH superior a 6 se controla *Verticillium dahliae*, *Streptomyces scabies*, *Fusarium oxysporum f. lycopersici* y *Sclerotinia sclerotiorum* en papa, cuando la materia orgánica tiene un alto contenido de nitrógeno superior al 8%, para determinados suelos, alrededor de 1600 Kg N ha o más de 20 Tm ha de materia orgánica, siendo letal a los 4-14 días después de incorporado, por lo que se debe plantar después de 1-2 meses de la aplicación (Tenuta y Lazarovits,1999).

## **2.8 Biofumigación y Control de Insectos**

El concepto de biofumigación ha estado más relacionado con los organismos patógenos de origen edáfico, siendo nueva esta idea de que puede controlar insectos. Elberson et al. (1996), Borek et al. (1997) y Noble Sams (1999) encuentran que la biofumigación con concentraciones altas de *Brassica juncea* puede controlar larvas de diferentes especies de insectos, incorporando una biomasa de 4 y 8% de suelo.

## **2.9 Biofumigación y Control de Flora Arvense**

La aplicación de las técnicas de biofumigación en el control de flora arvense (malezas) no tiene el mismo desarrollo que en el de nematodos, hongos e insectos, con la excepción de algunos proyectos. El Proyecto UNIDO, dentro del protocolo de Montreal viene desarrollando alternativas al Bromuro de Metilo, en donde se han obtenido resultados altamente positivos.

Ciuberkis (1997) encuentra que el estiércol reduce la flora arvense en Lituania. AnjuKamra y Gaur (1998) encuentran que la solarización aplicada a un periodo de tres a seis semanas y combinada con estiércol reduce los problemas de nematodos, hongos y flora arvense con la excepción de *Cyperus rotundus*.

## **2.10 Biofumigación y Control de Bacterias, Virus y Postcosecha**

En un estudio realizado por Villaseca, Font y Jordá (2002) en la Universidad Politécnica de Valencia, se abordó el tema preliminar de la influencia de la biofumigación/biosolarización sobre uno de los virus más estables, de fácil transmisión mecánica y de gran permanencia en el suelo como lo es del mosaico del tomate (Tomato mosaic virus, ToMV), que ha sido uno de los virus que más ha afectado al cultivo del tomate, hasta la aparición de variedades resistentes. Este virus es capaz de sobrevivir en material vegetal seco durante largos periodos de tiempo y su fácil transmisión mecánica, llegando a la conclusión que la biofumigación puede llegar a controlar ToMV en tratamientos superiores a seis semanas.

La biosolarización es más eficiente en el control de ToMV en suelo ya que tan sólo cuatro semanas de tratamiento son suficientes para controlar dicha infección. La biosolarización de mangas de fibra de coco durante cinco semanas resulta insuficiente para el control total del ToMV, debiéndose probar periodos de tratamiento más prolongados. Se observa un mejor

desarrollo de las plantas crecidas en mangas biosolarizadas y un adelanto en su floración y producción, a pesar de presentar síntomas de su infección por ToMV.

La aplicación de materia orgánica produce un incremento de nematodos saprófagos, que reducen la incidencia de las bacterias patógenas de los vegetales, en este sentido conviene señalar que Ryder y Bird (1993) encuentran que el nematodo saprófago *Acrobelesnanus* reduce los problemas de *Restonia corrugata*, indicándonos el valor de la biofumigación en el control de bacterias, puesto que los nematodos se duplican en suelos biofumigados.

Se ha realizado la aplicación de biogás obtenido de la fermentación de plátanos en la conservación de maíz en Nicaragua, obteniéndose una eficacia del 95% en el control del gorgojo del maíz (*Sitophilus zeamais*) (Lacayo et al. 1996).

## **2.11 Principales Plagas del Suelo**

En los campos del Centro de Prácticas San Ignacio, se han observado estas plagas comunes.

**2.11.1 Gusano nochera o trozador.** *Agrotis* sp. Son insectos que atacan las hojas de las plantaciones, pero principalmente las plántulas en los semilleros o las recién plantadas, cortándolas completamente. Las larvas grandes pueden trepar a las plantas y alimentarse del follaje y los frutos jóvenes que están en contacto con el suelo. Además roen la epidermis del tallo, obstaculizando el crecimiento de la planta. Las larvas se alimentan durante la tarde, noche y primeras horas de la mañana. Se mantienen cerca de la periferia de la planta, enterrados, bajo terrones o en rastros o malezas vecinas. Los síntomas de la presencia de esta plaga, son las plantas caídas o con síntomas de marchites o estrangulamiento (agrosiembra, s.f.)

**2.11.2 Gusano Alambre.** *Agriotes* sp. Son escarabajos de consistencia dura, elongados y algo aplanados, su color puede ser amarillo, café, gris o negro. Su tamaño oscila entre 3-15 mm. Se pueden identificar en campo porque al ponerlos boca arriba dan saltos produciendo un sonido característico. La hembra oviposita principalmente en suelos húmedos cerca de la raíz de las plantas. La incubación varía entre 7 y 30 días.

Las larvas son alargadas, cilíndricas y un poco aplanadas; de color amarillo, brillantes y cuentan con tres pares de patas cortas muy poco desarrolladas. La pupa se encuentra en el suelo, dentro de la cámara pupal y permanece ahí durante 6-14 días (Agrotterra, 2013).

Tras la fase de pupa, los adultos formados en verano hibernan en el suelo donde permanecen. Vuelan poco y preferiblemente por la noche, pero son muy activos. Comen hojas de plantas silvestres y cultivadas muy variadas. El macho muere tras el apareamiento y la hembra tiempo después. Los huevos son depositados en las capas superficiales del suelo (20-60 mm), aisladas o por grupos (de 3 a 12 puestas), preferiblemente en terrenos húmedos o frescos. Cada puesta puede estar formada por 150-200 huevos (Agrotterra, 2013).

El desarrollo embrionario de los huevos dura entre 25 y 60 días según las condiciones. La larva es muy sensible a la sequedad y se desplaza a lo largo del perfil del suelo en función de los niveles de humedad, la temperatura y época del año. Presentan un crecimiento muy lento y por eso la fase larvaria dura entre 4 y 5 años puede llegar a mudar ocho veces. Finalizada la fase larvaria pasa a la fase de ninfa o pupa, quedando enterrada a una profundidad de 40-60 cm y con una duración de 1 mes, esto ocurre en el mes de mayo del quinto año de desarrollo (Agrotterra, 2013).

**2.11.3 Gallina Ciega.** *Melolontha* sp. *Phylophaga* sp. El insecto adulto es un escarabajo (ronrón), de color negro con alas cafés. La hembra pone sus huevos en el suelo y a las 4 semanas nacen las larvas que son de color blanco, con la cabeza anaranjada o pardo amarillenta, 3 pares de patas y el abdomen curvado, color blanco azulado. Permanecen en estado larvario durante 3 años, durante los cuales causan grandes estragos al mutilar el sistema radicular de las plantas, las que terminan marchitándose y el cultivo puede perderse si no se toman medidas de control. El daño que causan las larvas de gallina ciega en las raíces, se manifiesta con mayor intensidad en los meses de agosto, septiembre y octubre, que es cuando la larva se encuentra en el tercer estadio, dura mucho tiempo y está adaptada a condiciones ambientales adversas (Gudiel, 1985).

## **2.12 Nematodos Fitoparásitos**

**2.12.1 Del nudo de la raíz:** *Meloidogyne* sp. Las hembras son redondeadas e inmóviles, mientras que los machos son filiformes y generalmente abandonan las raíces, porque no se alimentan de ellas. La infección de las raíces produce engrosamientos característicos, que pueden ser de distinto tamaño, dependiendo del número de hembras que contengan.

Generalmente pasan el invierno en el suelo en forma de huevo. En primavera, a medida que la temperatura de suelo aumenta, los juveniles de segundo estadio (J2), eclosionan, migran por el perfil del suelo, y penetran en las raíces de las plantas hospederas, donde se establecen en lugares de alimentación. Durante su desarrollo, los juveniles crecen y mudan hasta convertirse en hembras adultas o machos. Las hembras producen hasta 3000 huevos al interior de una masa gelatinosa. Generalmente los nematodos agalladores pueden completar su ciclo en menos de un mes, dependiendo de las temperaturas del suelo, y por lo tanto pueden completar varias generaciones por temporada en un cultivo.

Como muchas otras especies de nematodos, no causan síntomas característicos en las hojas o parte aérea de la planta. Pero, en general, se puede señalar que las plantas afectadas muestran amarillez, marchitamiento y reducciones en la producción. Diseminación es a través de material de propagación, suelo o herramientas infestadas.

En el control cultural, se requiere la prevención de entrada del nematodo, por ello es importante el uso de semillas, patrones certificados y material vegetal de propagación libre de nematodos (Bayer Crop Science, s.f.).

**2.12.2 Nematodos Enquistados.** *Heterodera* sp. Los nematodos enquistados producen diversas enfermedades en las plantas principalmente en las regiones templadas del mundo.

Algunas especies atacan sólo a unas cuantas especies vegetales y viven en áreas geográficas limitadas, mientras que otras atacan a una gran cantidad de especies vegetales y se encuentran ampliamente distribuidas.

Los nematodos enquistados más comunes y sus hospederos más importantes son *H. glycines* en las soyas, *H. rostochiensis* en la papa, tomate y berenjena, *H. schachtii* en las remolachas. La característica de diagnóstico de las infecciones por nematodos enquistados es la presencia de quistes sobre las raíces de las plantas y a menudo la proliferación de las raíces y la formación de sistemas radiculares tupidos y poco profundos (Agrios, 1985).

**2.12.3 Nematodo Lesionador.** *Pratylenchus* sp. El nematodo lesionador, se encuentra en todas partes del mundo y ataca las raíces de todos los tejidos de las plantas, como sucede con los cultivos mayores, tales como el tabaco, alfalfa y algodón; cultivos de cereales, como el trigo, el maíz y las avenas; cultivos de hortalizas, como el tomate, la papa y la zanahoria; y muchas plantas de ornato, tanto herbáceas como arbustivas.

Los daños que sufren las plantas consisten en una reducción o inhibición de su raíz causada por la formación de lesiones locales en las raíces jóvenes, que se producen antes de que los hongos y bacterias secundarios ocasionen su pudrición. Debido a los daños que sufre la raíz, las plantas afectadas muestran un crecimiento deficiente, dan poco rendimiento y finalmente mueren (Agrios, 1985).

### **2.13 Principales Malezas**

El desarrollo de una flora indeseable puede ser provocado por la combinación de procesos ecológicos y de evolución. Es verdaderamente probable que una especie se convierta en maleza debido a cambios del hábitat, ya que el proceso de selección es esencialmente una alteración ecológica. Al nivel de escalas ecológicas de tiempo, se puede distinguir la pre-adaptación y la inmigración, procesos ambos dominantes en la presencia de las malezas en el hábitat. La aparición de especies resistentes a los herbicidas y la caracterización de especies dentro del taxón correspondiente es un buen ejemplo de la escala de tiempo evolucionaria.

La invasión de malezas constituyen una serie de amenaza para el buen desarrollo de los cultivos agrícolas, pues compiten con ellos, robándoles nutrientes, luz, espacio, humedad; además sirven de hospederos a muchos insectos dañinos. Si no se les elimina son responsables de pérdidas importantes en la producción (Gudiel, 1985).

**2.13.1 Coyolillo** (*Cyperus rotundus L.*). Pasto bolita o Coyolillo. Se trata de una hierba perenne de 15 a 45 cm de altura, provista de un bulbo basal, rizomas delgados y tubérculos pequeños. Se propaga por semillas, tubérculos, rizomas y el bulbo basal. Florece desde fines de primavera a principios de otoño, fructificando hasta mediados de esta estación. Las inflorescencias son de colores rojizos violáceos.

Está considerada como una de las malas hierbas de más difícil manejo, debido a la capacidad de persistencia que tienen sus órganos subterráneos los que escapan a la acción de los herbicidas. El control de esta mala hierba se logra parcialmente mediante la aplicación de herbicidas en post-emergencia no selectivos (Glifosato, Sulfosato) (Fagro.edu, s.f.).

**2.13.2 Mozote Zacate Cadillo** (*Cenchrus echinatus L.*). *Cenchrusechinatus* o zacate cadillo frecuentemente es desagradable por sus espinas, que adhieren a ropa y pueden causar heridas en las piernas. Hierba anual de 25 a 60 cm. de altura con tallos tendidos, ramificados y hojas de lámina planas, racimos densos, espiciformes, espiguillas unifloras agrupadas de a cuatro, protegidas por un involucro piloso. Propia de terrenos fértiles, de hojas lineales de 5 a 20 cm y de 3 a 8 mm de ancho. Su flor, espiga bastante exértas de 3 a 8 cm, no muy densas. Una planta puede producir varios cientos de semillas que florecen en verano (Ecured, s.f.).

**2.13.3 Verdolaga** (*Portulaca oleracea L.*). *P. oleracea* es una planta suculenta postrada o en macolla. Las hojas son obovales y subsésiles, presentan una corta franja de cilios en la base. Las flores, de color amarillo, son solitarias y axilares o terminales y en grupos. Tienen dos sépalos unidos en la base y 5 pétalos libres, bilobulados. El fruto es una cápsula dehiscente, que contiene muchas semillas orbiculares, finamente tuberculadas.

El porte es postrado o a veces en macolla. La planta es muy ramificada desde la base y se desarrolla en manchas alrededor de la raíz principal. Estas manchas pueden medir 60 cm de diámetro. Cuando se desarrolla en macolla, la planta puede alcanzar 30 cm de altura (Plantnet, s.f.).

## 2.14 Aspectos Generales Del Cultivo Del Rábano (*Raphanus sativus L.*)

El origen de los rábanos, no se ha determinado de una forma concluyente; aunque parece ser que las variedades de rábanos de pequeño tamaño se originaron en la región mediterránea, mientras que los grandes rábanos pudieron originarse en Japón o China. Familia de las crucíferas, planta anual de raíz gruesa, carnosa, muy variable en cuanto a la forma y al tamaño, de piel roja rosada, blanca o manchada de varios colores. De hojas basales pecioladas. Flores en racimos grandes y abiertos. Su fruto de 3-10 cm de longitud, esponjoso, indehiscente con un pico largo. Cada fruto contiene de 1 a 10 semillas incluidas en un tejido esponjoso.

Prefiere los climas templados y el ciclo del cultivo depende de las condiciones climáticas, desde 20 días a más de 70 días.

El desarrollo vegetativo óptimo se encuentra entre 18-22°C y la temperatura óptima de germinación está entre 20-25°C.

Se adapta a cualquier tipo de suelo aunque prefiere los suelos profundos, arcillosos y neutros. El pH debe oscilar entre 5.5 y 6.8. No tolera la salinidad.

La semilla conservada en buenas condiciones mantiene su viabilidad durante seis años.

(Infoagro, s.f).

Su siembra se hace directo al terreno a voleo y dado su rápido crecimiento, se deben hacer asociaciones, intercalando otras hortalizas de ciclos más largo, tales como remolacha, zanahoria, etc.

Dentro de las plagas más comunes están los pulgones (*Aphis gossypii* y *Myzus persicae*); Oruga de la col (*Pieris brassicae*) y Rosquilla negra (*Spodoptera littoralis*).

Enfermedades como Mildiu veloso (*Peronospora parasitica*).

Se conservan entre 2 y 5°C y una humedad relativa entre el 90 y 95%. (Infoagro, s.f.).

### **3. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

#### **3.1 Definición del Problema y Justificación Del Trabajo**

El uso desmesurado de plaguicidas y agroquímicos por parte del agricultor, y muchas veces sin el conocimiento adecuado, basado en técnicas y procedimientos agrícolas no recomendados, impacta grandemente en la calidad ambiental de la flora y fauna en la parte ecológica sobre los ecosistemas y agrosistemas.

El uso intensivo del suelo en todas las regiones de Guatemala, ha provocado que se utilicen productos químicos sintetizados artificialmente, teniendo efectos negativos sobre agentes de control biológico. Además causan resistencia a algunas plagas y contaminación de cosechas que afectan principalmente la salud humana. Las consecuencias del mal manejo del agroquímico son problemas de residuos, que pueden causar rechazos en productos de exportación y si es producto de consumo local, ponen en riesgo la salud del consumidor (Figuroa, 2013).

Consideraciones económicas y ambientales se convierten en las mayores limitantes al uso de pesticidas químicos que han sido y continúan siendo el método más usado para combatir plagas. Entre los pesticidas químicos utilizados para controlar plagas en el suelo se encuentra el bromuro de metilo, que causa un impacto negativo en el ambiente, por lo cual su uso es cada vez más restringido en la agricultura. Sin embargo existen alternativas no químicas que han probado ser efectivas para el control de patógenos del suelo (Fhia, 2007).

La biofumigación es una técnica fácil de aplicar por agricultores y técnicos. Una vez elegido el material biofumigante, el método de aplicación debe tener en cuenta la necesidad de retener al menos durante dos semanas los gases producidos por la biodegradación de la materia orgánica. Como restos de crucíferas, dado que su descomposición produce de forma natural

compuestos de isotiocianatos de marcado efecto fumigante contra hongos patógenos e insectos nocivos para las plantas cultivadas (Palmero, s.f.).

De acuerdo con Calderón (2010), Guatemala es un país en donde se generan grandes cantidades de materia orgánica, que normalmente se constituyen en basura que con el paso del tiempo resultan siendo fuentes de focos de contaminación ambiental que suelen afectar la salud humana, el paisaje y el bienestar generalizado de la población.

En los campos del Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI), de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, de la Universidad Rafael Landívar, Campus Central; deben mejorarse los puntos descritos anteriormente, para que el personal docente y alumnos, cada año encuentren suelos recuperados y no degradados con las prácticas constantes que se desarrollan. La utilización de prácticas agrícolas, como lo es la biofumigación utilizada juntamente con la solarización, se utilizan como alternativas orgánicas para el control de plagas en el suelo, minimizando el uso de productos químicos y utilizando alternativas orgánicas para la remediación del suelo.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General

Determinar el efecto biofumigante de tres fuentes de materia orgánica, sobre el control de malezas y el contenido de materia orgánica en el suelo.

### 4.2 Objetivos Específicos

Determinar el efecto biofumigante, utilizando tres fuentes de materia orgánica, estiércoles de gallina, ganado vacuno y rastrojos de brócoli, para el control de nematodos, malezas y cantidad de materia orgánica en el suelo.

Determinar el rendimiento del cultivo de rábano (*Raphanus sativus L.*), en áreas biofumigadas con tres fuentes de materia orgánica.

Establecer el análisis de costos de los tratamientos biofumigantes evaluados, utilizando tres fuentes de materia orgánica, estiércol de gallina, de ganado vacuno y rastrojos de brócoli.

## 5. HIPÓTESIS

Al menos uno de las materias orgánicas biofumigantes proveerá las mejores condiciones y efectos para el control de nematodos y malezas.

Al menos uno de los sustratos proveerá mayor calidad de materia orgánica en el suelo.

Existe por lo menos un tratamiento a evaluar que presentará condiciones más favorables, para establecer el rendimiento de rábano (*Raphanus sativus L.*).

Por lo menos uno de los tratamientos a evaluar producirá un beneficio económico superior a los demás.

## **6. METODOLOGIA**

### **6.1 Localización Del Trabajo**

El trabajo de investigación se realizó en el Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI), de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar, Campus Central, Ciudad de Guatemala. El cual se encuentra localizado a una latitud norte de 14°35'40", longitud oeste 90°29'05" a una altitud de 1550 msnm (IGN, 1980).

Según el IGN y el INSIVUMEH (1980), la temperatura media anual es de 18.2°C, con promedio de máxima de 24.8°C y un promedio en la mínima de 12.9°C., con una temperatura absoluta máxima de 33.4°C y una absoluta mínima de 12.9°C. con 1265.1 milímetros de precipitación anualmente y 119 días de lluvia. La humedad relativa en promedio para la Ciudad de Guatemala es de 79%. El ensayo se desarrolló durante los meses de octubre 2017 a marzo 2018.

### **6.2 Material Experimental**

Se utilizó para el experimento tres fuentes de materia orgánica: gallinaza tratada, estiércol de ganado vacuno y rastrojos de brócoli (*Brassica olerácea*).

Para realizar la solarización se utilizó plástico transparente, con un grosor de 150 galgas.

El cultivo que se estableció fue rábano (*Raphanus sativus L.*), variedad Crimson Giant.

### **6.3 Factores A Estudiar**

El factor a estudiar fue el efecto de tres fuentes de materia orgánica, como biofumigantes para el control de plagas en el suelo y rendimiento en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus L.*)

## 6.4 Descripción De Los Tratamientos

Los tratamientos que se analizaron se presentan en el siguiente cuadro.

*Cuadro 2. Tratamientos y dosis de tres fuentes de materia orgánica utilizada para biofumigación.*

Tratamiento	Descripción Tipo de materia orgánica	Dosis (Kg/m <sup>2</sup> )	Dosis (Kg/Ha)
T1	Gallinaza	2.5	25000
T2	Gallinaza + Brócoli	1.5 + 2.5	15000+25000
T3	Estiércol ganado vacuno	2.5	25000
T4	Testigo	0	0

**6.4.1 Gallinaza.** La gallinaza es el estiércol de gallina preparado para ser utilizado en la industria ganadera o en la industria agropecuaria, tiene como principal componente el estiércol de las gallinas que se crían para la producción de huevo. Es importante diferenciarlo de la pollinaza que tiene como principal componente el estiércol de los pollos que se crían para el consumo de su carne.

La gallinaza contiene un importante nivel de nitrógeno el cual es imprescindible para que tanto animales y plantas asimilen otros nutrientes y formen proteínas y se absorba la energía en la célula.

Otros elementos químicos importantes que se encuentran en la gallinaza son el fósforo y el potasio. El fósforo es vital para el metabolismo, el potasio participa en el equilibrio y absorción del agua y la función osmótica de la célula. Cabe resaltar que el estiércol de gallina como tal no se puede considerar gallinaza, para que sea gallinaza es necesario primero procesar el estiércol (Gallinaza México, 2004).

**6.4.2 Residuos de Brócoli** (*Brassica oleracea*). Su origen parece que está ubicado en el Mediterráneo oriental. Pertenece a la familia de las crucíferas. Es una planta similar a la coliflor, aunque sus hojas son más estrechas y más erguidas. Para un desarrollo normal de la planta es necesario que las temperaturas durante la fase de crecimiento oscilen entre 20 y 24°C. Prefieren suelos con tendencia a la acidez y no alcalinos con un pH entre 6.5 y 7. (Infoagro, s.f.).

Debe tenerse cuidado al momento de incorporar los residuos de brócoli al suelo, puesto que al momento de realizar el cortado se inicia la reacción que forma los isotiocianatos, la cual continúa dentro del suelo al ser degradado en su totalidad por los microorganismos, es decir que de ser posible el brócoli debe ser transportado del centro de acopio hasta el terreno donde se realizará la biofumigación y es aquí en donde se debe proceder a picar el brócoli en trozos de 5 cm aproximadamente. Después de recolectar y transportar los residuos por utilizar (brócoli, coliflor, repollo, nabo o mostaza silvestre) se deben picar en forma manual o mecánica. La aplicación de los residuos, se realiza después de haber preparado el suelo. Por cada metro cuadrado se debe incorporar 5 Kg de residuos.

El uso de residuos o plantas completas de la familia *Brassicaceae*, ha demostrado su efecto benéfico sobre el control de patógenos del suelo, la descomposición natural de estas plantas genera principalmente el gas methyl isotiocianato, el cual es un agente fungicida, nematicida, bactericida y herbicida en suelos en donde se ha adicionado e incorporado. La acción de los microorganismos del suelo sobre los residuos durante la descomposición, produce otros compuestos químicos (sulfuro de hidrógeno, ácidos orgánicos, amoníaco entre otras sustancias volátiles), los cuales trabajan como agentes de control de organismos fitopatógenos presentes en el suelo (Solis, 2014).

La mostaza y el brócoli, están considerados como biofumigantes por el alto contenido de glucosinolatos. Los glucosinolatos están situados dentro de las vacuolas y cuando estas se rompen

y son liberados, van a ser hidrolizados rápidamente por un conjunto de enzimas que se conocen con el nombre de mirosinasas. La acción biofumigante es producido por glucosinolatos, que son compuestos azufrados, producidos por las brassicas. Su hidrólisis por parte de la enzima myrosinasa, libera isotiocianatos, nitrilos y tiocianatos, con efecto supresor de patógenos del suelo. Tienen acción sobre microorganismos patógenos y nematodos de diferentes especies. Estos compuestos tienen efecto directo en el control de hongos de los géneros: *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Sclerotium*, etc. (Saray Siura, 2011).

**6.4.3 Estiércol de Ganado Bovino.** El estiércol es el fertilizante orgánico por excelencia debido a su alto contenido en nitrógeno y en materia orgánica. Se ha utilizado desde la antigüedad para aprovechar los residuos del ganado y también, restaurar los niveles de nutrientes de los suelos agrícolas. Sus características nutricionales dependerán fundamentalmente del tipo de ganado en cuestión. Antes de usar el estiércol como fertilizante, hay que tener en cuenta una serie de factores. El principal de ellos es que no se puede utilizar directamente a los cultivos, sino que se debe compostar previo a su aplicación. Dependiendo del cultivo, puede ser entre un mes o 15 días antes de la siembra (Tortosa, 2014).

El uso de estiércol animal como abono orgánico tiene la finalidad de acondicionar el suelo mejorando su contenido de humus, estructura y estimulando la vida micro- biológica del suelo. Al mismo tiempo aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo, liberándolos paulatinamente. Contiene generalmente 3% de N, 1% de P y 2% de K. El estiércol bovino libera aproximadamente la mitad de sus nutrientes en el primer año. El contenido de nutrientes en el estiércol varía dependiendo de la clase de animal, su dieta y el método de almacenamiento y aplicación (Weber, Ulloa, Fischler, Obando, Sosa, Rodríguez, 2000).

**6.4.4 Testigo.** Se manejó un testigo, al cual no se le realizó ninguna aplicación de materia orgánica, solamente se trabajó bajo las mismas condiciones del manejo del experimento.

## **6.5 Diseño Experimental**

El diseño experimental que se utilizó fue el de bloques completos al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, que hicieron 12 unidades experimentales.

## **6.6 Modelo Estadístico**

Diseño bloques completos al azar.

El modelo estadístico que se utilizó es el siguiente:

$$Y_{ij} = u + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$u$  = Media general

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

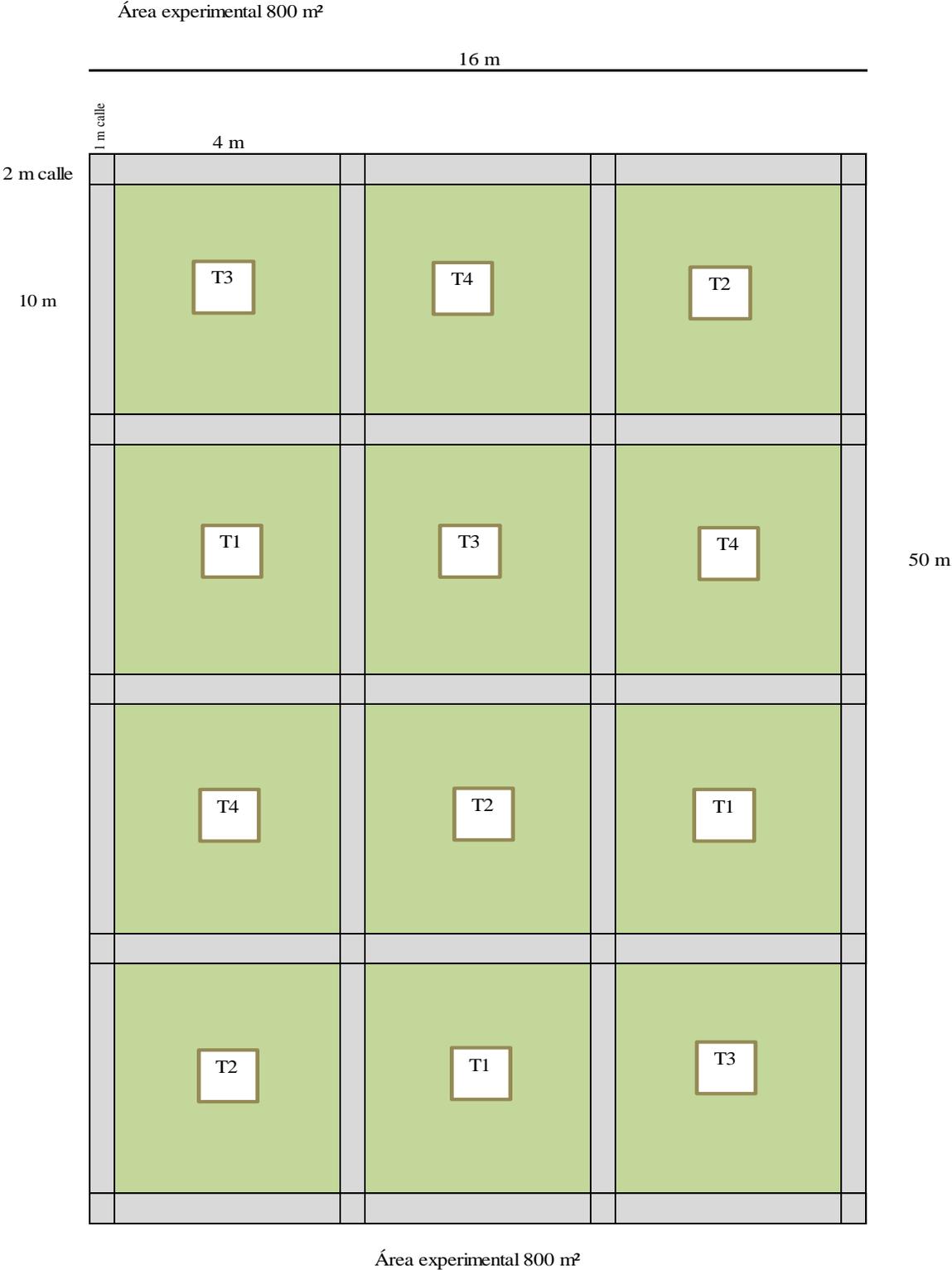
$B_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la  $ij$ -ésima unidad experimental

## **6.7 Unidad Experimental**

La unidad experimental fue de  $40 \text{ m}^2$ , cada tratamiento midió 4m de ancho por 10m de largo. El área experimental total fue de  $800 \text{ m}^2$ . La unidad experimental neta fue de  $20 \text{ m}^2$ .

### 6.8 Croquis De Campo



## 6.9 Manejo Del Experimento

### *a. Compra de materia orgánica y recolección de residuos de brócoli (*Brassica olerácea*).*

Se cotizó en el mercado local y se compraron los fertilizantes orgánicos: gallinaza y estiércol de ganado vacuno, para ser utilizados como biofumigantes. También se recolectó manualmente el rastrojo o residuo de brócoli (*Brassica olerácea*), de los campos del Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI).

*b. Preparación del área de trabajo.* Se trabajó en forma tradicional utilizando el rotovator o monocultivador y con azadón; se dejó el suelo picado sin terrones, mullido, suelto y nivelado. Además, se humedeció y se aplicó riego a capacidad de campo. Se limpió el área experimental de flora arvense, actividad que se realizó manualmente y con azadón. Se midió y trazó el área experimental correspondiente a 800m<sup>2</sup>.

*c. Gallinaza.* El estiércol de gallina utilizada fue tratada previamente a su aplicación (Ficha técnica, ver Anexo A). Se pesaron las cantidades requeridas para cada unidad experimental.

*d. Estiércol de Ganado Vacuno.* El estiércol se compró en una finca ubicada en el municipio de Zaragoza, departamento de Chimaltenango. Se fueron pesando en cubetas de 4.54 Kg, hasta hacer un total de 100 kg (5 kg/m<sup>2</sup>), trasportadas en carretas e incorporando el estiércol al suelo de cada unidad experimental.

**e. Picado de los residuos vegetales (brócoli).** Se recolectaron los residuos de brócoli de una siembra establecida con anterioridad, los cuales se picaron de forma manual, en trozos de aproximadamente 5 cm. Se fue pesando y transportando en carretas hasta completar los 100 kg (5 kg/m<sup>2</sup>) requeridas por cada tratamiento, incorporándolo al suelo.

**f. Incorporación de residuos.** La aplicación de los residuos se realizó después de haber preparado el suelo. Se incorporó cada uno de los tratamientos al suelo utilizando el monocultivador y azadón.

**g. Recolección de muestras de suelo.** Se recolectaron dos muestras de suelo, una al inicio y otra al final del experimento, para realizar el análisis químico y conteo de nematodos.

**h. Establecimiento de los tratamientos.** Por medio de un sorteo aleatorio, se destinaron los tratamientos. Asimismo se pesó cada sustrato, por cada unidad experimental y se procedió a la incorporación de materia orgánica a cada tratamiento correspondiente.

**i. Riego.** A todos los tratamientos se les aplicó un riego, utilizando la cantidad de 300 litros de agua por cada unidad experimental.

**j. Colocación de plástico transparente.** Se colocó una cobertura plástica de 150 galgas de espesor, transparente y sin protección de rayos ultra violeta, evitando con esto que se escapen los gases que se producirán en el proceso de biofumigación.

**k. Periodo de solarización.** Tuvo una duración de 9 semanas (del 21 de noviembre del 2017 al 25 de enero del 2018), tiempo en donde los residuos y materia orgánica se descompusieron produciendo diferentes compuestos y gases que actuaron como biofumigantes.

**l. Retiro del plástico.** Después de la novena semana, se procedió a quitar el plástico. Durante una semana se volteó manualmente y regó el suelo, para liberar los ácidos orgánicos y gases.

**m. Siembra de una plantación de rábano (*Raphanus sativus*).** Se sembró rábano (*Raphanus sativus*), variedad Crimson Giant, después de terminar el proceso de biofumigación, para establecer su rendimiento.

## **6.10 Variables De Respuesta**

**a. Flora arvense (plantas/m<sup>2</sup>).** Se determinaron y cuantificaron las malezas después de la aplicación de los tratamientos, en las unidades experimentales se hizo un muestreo de 1m<sup>2</sup> por cada unidad experimental.

**b. Nematodos (nematodos/100cc de suelo).** Se determinó y cuantificó de una muestra tomada de los 100cc de suelo, los nematodos antes y después de la aplicación de los tratamientos, en cada una de las unidades experimentales. Se utilizó la metodología de Tamizado Centrifugado.

El suelo retenido en los tamices se centrifuga para separar a los nematodos de las partículas orgánicas mediante la flotación de los mismos en una solución de gravedad específica

mayor de la que poseen los nematodos. Se emplea el caolín para sedimentar a los nematodos y poder eliminar el agua sobrenadante de la muestra. La solución azucarada, como tiene una gravedad específica mayor a la que presentan los nematodos, hace que estos floten y queden suspendidos en la solución (Espadas, s.f.).

**c. *Nutrientes del suelo.*** Con el apoyo del laboratorio de la Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, se realizó un análisis químico del suelo, cuantificando Nitrógeno, Fósforo, Potasio, materia orgánica y pH antes y después de la aplicación de los tratamientos, en cada una de las unidades experimentales.

**d. *Textura del suelo.*** Se realizó un análisis de textura de suelo, una muestra antes de la aplicación de materia orgánica y una posterior por cada tratamiento. Las muestras fueron analizadas en Laboratorio de suelo-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

**e. *Rendimiento.*** Para obtener el rendimiento de cada parcela experimental, se tomó el peso del rábano 30 días después de sembrado. Para el rendimiento bruto, se establecieron condiciones de calidad.

Para establecer peso fresco y seco se pesó el rábano y se tomaron 40 muestras. Se trituró cada muestra colocándola en bolsas de papel, posteriormente esas mismas muestras plenamente identificadas, se colocaron al horno por un tiempo de 72 horas, a 85°C. Para peso fresco, se obtuvo el producto total, rendimiento en (Kg/Ha), dado en peso fresco.

## **6.11 Análisis De La Información**

### **6.11.1 Análisis estadístico**

Con los datos de las variables respuesta se les realizó el ANDEVA, si presentaron diferencias significativas se procedió a realizar la prueba de Duncan.

### **6.11.2 Análisis económico**

Se realizó un análisis de costo beneficio, de los tratamientos evaluados.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Flora Arvense (plantas/m<sup>2</sup>)

Para determinar la cantidad de flora arvense por metro cuadrado (m<sup>2</sup>), en las tres fuentes biofumigantes orgánicas y un testigo, se realizó un análisis de varianza para establecer si hay diferencia significativa entre tratamiento, el cual se muestra en el siguiente cuadro. Las malezas encontradas fueron: verdolaga, mozote y coyolillo.

*Cuadro 3. Análisis de varianza de cantidad de flora arvense en los distintos tratamientos de Biofumigación, CPSI, URL, 2018.*

F.V.	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	Frecuencia	Valor p
Modelo	1428.73	3	476.24	3.38	0.0747*
Tratamiento	1428.73	3	476.24	3.38	0.0747*
Error	1126.83	8	140.85		
Total	2555.56	11			

\*Diferencia significativa 0.10%

De acuerdo al método estadístico utilizado y al análisis de los datos obtenidos de malezas presentaron diferencia significativa al 10%, por lo cual se procedió a realizar la prueba de medias de Duncan (ver Cuadro 4.).

*Cuadro 4. Prueba Duncan para cantidad de flora arvense en los distintos tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar; 2018.*

Tratamiento	Medias		
Gallinaza +B	80.33	A	
Gallinaza	65.50	A	B
Estiércol GV	64.17	A	B
Testigo	49.50		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.10$ )

E.E. 6.85

El tratamiento de gallinaza más brócoli, presentó la mayor cantidad de malezas, esto pudo deberse a las condiciones aptas de humedad en este tratamiento así como también la disponibilidad de nutrientes para que las malezas pudieran desarrollarse apropiadamente. En el caso del tratamiento testigo, las malezas no se desarrollaron debido a la falta de nutrientes disponibles para las malezas.

En cuanto al tratamiento de gallinaza y de estiércol de ganado vacuno, presentaron condiciones aptas para el desarrollo de las malezas y disponibilidad de nutrientes, pero no mayores al tratamiento de gallinaza más brócoli.

## **7.2 Nematodos (nematodos/100cc de suelo)**

Se observaron nematodos de los géneros *Helicotylenchus* y nematodos de vida libre en diferentes poblaciones. Con los niveles poblacionales observados del género *Helicotylenchus* se sugiere continuar los monitoreos periódicos ya que en este nivel los nematodos podrían no representar un problema fitosanitario. Los nematodos de vida libre observados no son patógenos de plantas y son indicadores de biodiversidad en suelo. (Ficha técnica ver Anexo D)

En el cuadro 5, se presenta la cantidad de nematodos presentes en una muestra de 100g de suelo por cada tratamiento aplicado.

*Cuadro 5. Análisis de nematodos en los distintos tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.*

Identificación de la muestra	<i>Helycotylenchus spp.</i> (Nematodos/ 100g de suelo)	Vida libre (Nematodos/ 100g de suelo)
Gallinaza	20	400
Gallinaza + Brócoli	40	60
Estiércol bovino	40	220
Testigo	40	180

En el tratamiento de gallinaza, fue el que manifestó el mayor número de nematodos de vida libre, lo que indica mayor diversidad en el suelo y al mismo tiempo este permite que el género *Helycotylenchus spp.* tuviera menor presencia en las muestra de suelo.

En la muestra de estiércol de ganado bovino, también resultó ser un medio apto para el desarrollo de nematodos de vida libre en el suelo, promoviendo una mayor diversidad y equilibrio ecológico en el suelo.

Respecto al tratamiento de gallinaza más brócoli, muestra una presencia baja de nematodos de vida libre; esto pudo ocurrir debido a los gases generados por la descomposición del brócoli, principalmente el gas methyl isotiocianatos el cual es un agente nematicida en suelos en donde se ha adicionado e incorporado brócoli (Solis, 2014).

### 7.3 Nutrientes Del Suelo

En el cuadro 6, se presenta el análisis químico antes y después de las aplicaciones de los tratamientos, en cada una de las unidades experimentales.

*Cuadro 6. Resultados del análisis químico de las muestras de suelo, antes y después de la aplicación de los tratamientos de biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.*

Tratamiento	Nitrógeno (mg/Kg)	Fósforo (mg/Kg)	Materia orgánica (mg/Kg)	pH	Textura
Muestra inicial	180	70	30	7.0	arcilloso
Gallinaza	240	140	70	7.0	arcilloso
Gallinaza +brócoli	300	146	85	7.1	arcilloso
Estiércol	320	215	90	7.9	arcilloso
Testigo	235	110	50	6.9	arcilloso

De acuerdo al análisis de suelo realizado en el Laboratorio de la URL, quedó demostrado que el aporte de las tres fuentes de materia orgánica utilizadas en la biofumigación aportan nutrientes al suelo, en este caso Nitrógeno y Fósforo, además de incrementar la materia orgánica del suelo. Siendo el tratamiento de estiércol el que presentó los valores más altos, solamente habría que revisar el pH del suelo debido a que se incrementó (pH 7.9), lo cual se debe analizar para ver la disponibilidad de los otros nutrientes en el suelo y la capacidad de absorción en los diferentes cultivos.

El tratamiento testigo, aunque no recibió ningún aporte de materia orgánica, hubo un incremento en los nutrientes y materia orgánica, lo que pudo deberse a que el riego y la solarización contribuyeron a mejorar la disponibilidad de estos factores en el suelo.

Respecto a la textura del suelo los tratamientos no incidieron en el cambio de la textura, todas las muestras de suelo analizadas mostraron ser un suelo arcilloso (Anexo E.)

#### 7.4 Rendimiento

Para la variable rendimiento en las tres fuentes de biofumigación y un testigo, se realizó un análisis de varianza el cual se presenta en el Cuadro 7.

*Cuadro 7. Análisis de varianza del rendimiento de rábano en los distintos tratamiento de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.*

F.V.	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	Frecuencia	Valor p
Modelo	13108130.73	3	4369376.91	2.61	0.1238 ns
Tratamiento	13108130.73	3	4369376.91	2.61	0.1238 ns
Error	13403437.50	8	1675429.69		
Total	26511568.23	11			

ns = no hubo diferencia significativa

CV= 33.95

En la Figura 1, se presenta el rendimiento en Tm/Ha de cada uno de los tratamientos evaluados.

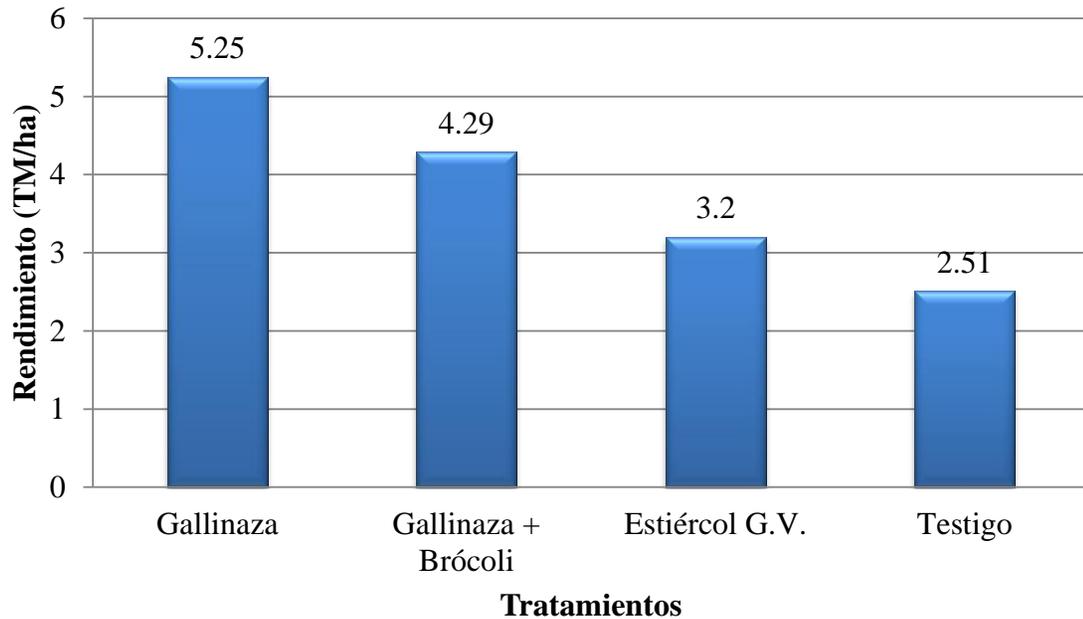


Figura 1. Rendimiento de rábano (TM/Ha) tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable rendimiento los tratamientos gallinaza y gallinaza más brócoli fueron los que mejor resultado obtuvieron. Lo que pudo deberse a la mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo a corto plazo. Debido a que el cultivo utilizado como indicador fue el rábano (cosechado a 32 días después de la siembra). Seguido por el tratamiento de estiércol de ganado bovino, el cual fue mayor al testigo. El testigo obtuvo menor rendimiento ya que no hubo ningún aporte nutricional ni de materia orgánica en el suelo.

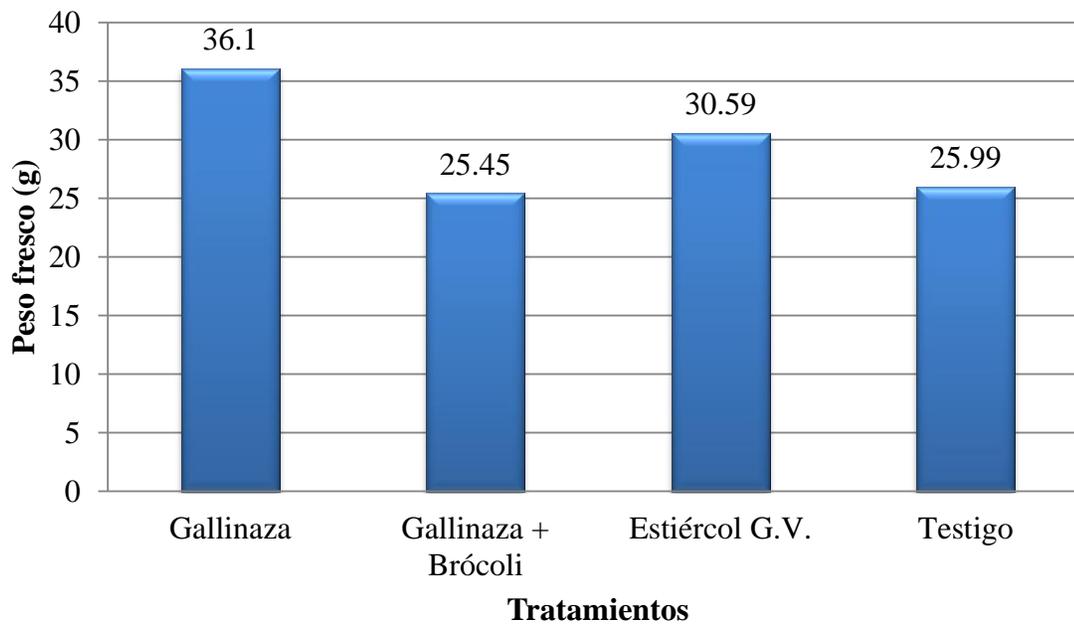
## 7.5 Peso Fresco

Para determinar el peso fresco en los tres biofumigantes orgánicos y un testigo, se realizó un análisis de varianza, el cual se presenta en el Cuadro 8.

*Cuadro 8. Análisis de varianza peso fresco (g) de rábano en los distintos tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.*

F.V.	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	Frecuencia	Valor p
Modelo	220.26	3	73.42	1.48	0.2909 ns
Tratamiento	220.26	3	73.42	1.48	0.2909 ns
Error	396.01	8	49.50		
Total	616.26	11			

ns = no hubo diferencia significativa



*Figura 2. Peso fresco de rábanos (g) de los distintos tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.*

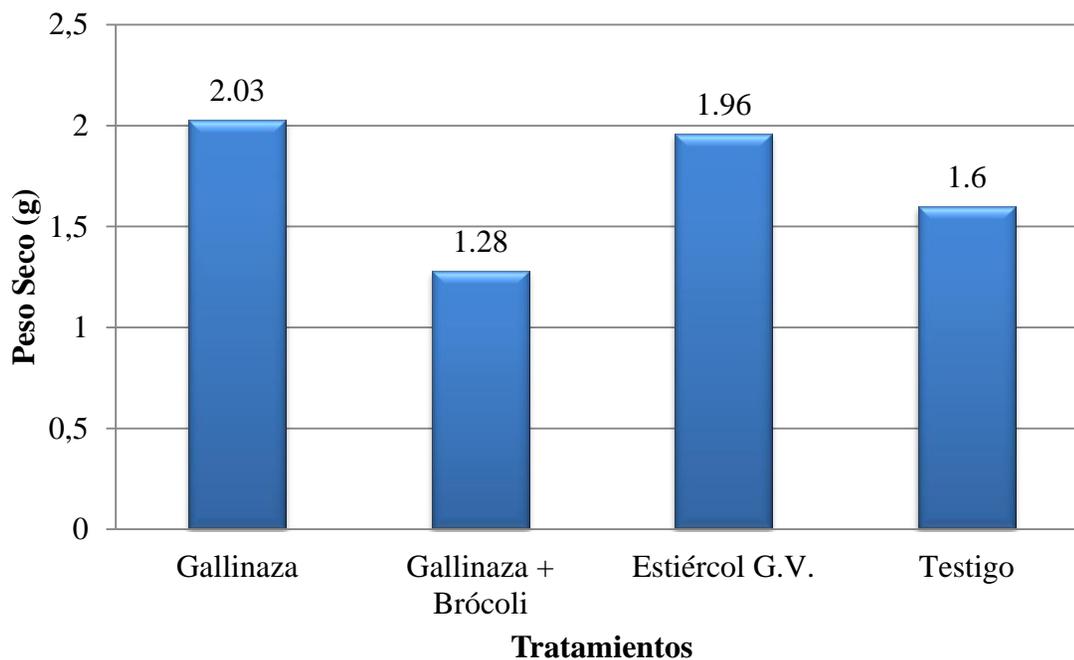
## 7.6 Peso Seco

Para determinar el peso en los tres biofumigantes orgánicos y un testigo, se realizó un análisis de varianza para establecer si hay diferencia significativa entre tratamientos.

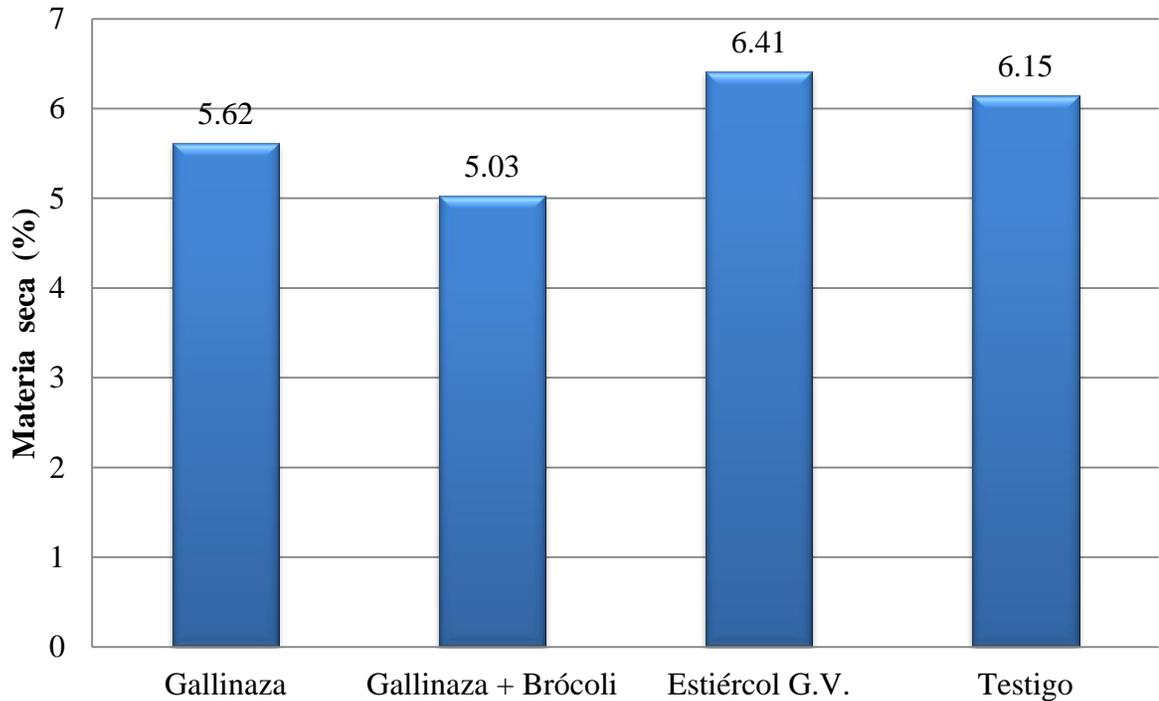
*Cuadro 9. Análisis de varianza peso seco (g) de rábano en los distintos tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.*

F.V.	Suma de Cuadrado	Grados de libertad	Cuadrado medio	Frecuencia	Valor p
Modelo	1.09	3	0.36	2.70	0.1160ns
Tratamiento	1.09	3	0.36	2.70	0.1160ns
Error	1.08	8	0.13		
Total	2.17	11			

ns = no hubo diferencia significativa



*Figura 3. Peso seco de rábanos (g) de los distintos tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landívar, 2018.*



*Figura 4.* Porcentaje de materia seca de rábanos de los distintos tratamientos de Biofumigación, Centro de Prácticas San Ignacio, Universidad Rafael Landivar, 2018.

Los tratamientos de gallinaza y estiércol fueron los que mostraron mayor peso en gramos, lo que evidencia que el rábano por unidad fueron los tratamientos que mayor peso tuvieron. Y el tratamiento de gallinaza más brócoli fue el que menor peso tuvo, esto pudo deberse a que los rábanos tomados para la muestra fueron al azar y los que se obtuvieron en el surco central fueron rábanos pequeños y con poco peso, pero el rendimiento total de este tratamiento fue mayor al tratamiento de estiércol y testigo.

Respecto al peso seco, hay una relación directa de acuerdo al peso fresco obtenido en los diferentes tratamientos. Siendo la gallinaza la que obtuvo un peso seco mayor juntamente con el estiércol. Y los tratamientos testigo y gallinaza más brócoli presentaron el menor peso seco, lo cual también pudo deberse a las muestras obtenidas en el surco central.

## 7.7 Análisis Económico

En los cuadros que se presentan a continuación, se detallan los costos de cada uno de los tratamientos evaluados.

*Cuadro 10. Análisis de costos del tratamiento Gallinaza.*

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio (Q)	Unidad experimental (40m <sup>2</sup> ) Total (Q)	Por hectárea (10000m <sup>2</sup> ) Total (Q)
Mano de obra		08	16.25	130.00	32500.00
Gallinaza	Sacos (45 Kg)	2.52	52.00	131.04	32760.00
Plástico	Metros <sup>2</sup>	120	1.90	228.00	57000.00
<b>TOTAL</b>				489.04	122260.00

*Cuadro 11. Análisis de costos del tratamiento Gallinaza + Brócoli.*

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio (Q)	Unidad experimental (40m <sup>2</sup> ) Total (Q)	Por hectárea (10000m <sup>2</sup> ) Total (Q)
Mano de obra	Horas hombre	08	16.25	130.00	32500.00
Gallinaza	Sacos (45 Kg)	0.94	52.00	49.14	12285.00
Brócoli	Metros <sup>3</sup>	0	0	0.00	0.00
Plástico	Metros <sup>2</sup>	120	1.90	228.00	57000.00
				407.14	101785.00

*Cuadro 12. Análisis de costos del tratamiento Estiércol.*

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio (Q)	Unidad experimental (40m <sup>2</sup> ) Total (Q)	Por hectárea (10000m <sup>2</sup> ) Total (Q)
Mano de obra	Horas hombre	08	16.50	130.00	32500.00
Estiércol	Sacos (45 Kg)	2.52	55.00	138.60	34650.00
Plástico	Metros <sup>2</sup>	120	1.90	228.00	57000.00

496.60                      124150.00

*Cuadro 13. Análisis de costos del tratamiento testigo.*

Insumos	Unidad	Cantidad	Precio (Q)	Unidad experimental (40m <sup>2</sup> ) Total (Q)	Por hectárea (10000m <sup>2</sup> ) Total (Q)
Mano de obra	Horas hombre	08	16.25	130.00	32500.00
Plástico	Metros <sup>2</sup>	120	1.90	228.00	57000.00
				358.00	89500.00

*Cuadro 14. Beneficio Bruto y Neto de los distintos tratamientos.*

Tratamiento	Costo (Q)	Rendimiento (TM/Ha)	Beneficio Bruto (Q/TM)	Beneficio Neto (Q)
Gallinaza	122260.00	5.25	43732.50	-78527.50
Gallinaza +brócoli	101785.00	4.29	35735.70	-66049.30
Estiércol	124150.00	3.20	26656.00	-97494.00
Testigo	89500.00	2.50	20825.00	-68675.00

\*Precio de venta en mercado nacional mayo 2018

De acuerdo a los costos, el tratamiento utilizando estiércol fue el más caro para realizar la biofumigación. El tratamiento de gallinaza fue el que obtuvo un mejor rendimiento. Sin embargo con el tratamiento gallinaza más brócoli se obtuvo una menor pérdida debido a que no es tan caro como el estiércol, pero logra un mayor rendimiento comparado con el estiércol y testigo.

Se debe tomar en cuenta que el cultivo solamente se tomó como un indicador de disponibilidad de nutrientes, pero el costo de la biofumigación es mayor al beneficio que se obtiene al vender el producto en este caso el rábano. Considerar que la biofumigación presenta mayores beneficios a largo plazo, por lo que se debe seguir estudiando este tema con productos más rentables.

El tratamiento gallinaza más brócoli, se tiene que tomar en cuenta que el brócoli estaba disponible en la finca o lugar de producción y que no tuvo ningún costo. Solamente la mano de obra para picar los residuos e incorporarlos al suelo.

## 8. CONCLUSIONES

El efecto biofumigante para el control de malezas, el tratamiento donde se obtuvo mayor cantidad fue el de gallinaza más brócoli (80 flora arvense/m<sup>2</sup>), debido a las condiciones adecuadas para su crecimiento y disponibilidad de nutrientes.

Los tratamientos que presentaron mayor vida libre de nematodos (Nematodos/ 100g de suelo) fueron los tratamientos de gallinaza (400/ 100g de suelo) y el de estiércol (220/100g de suelo) promoviendo la biodiversidad en el suelo. El tratamiento que aportó mayor cantidad de nutrientes y materia orgánica en el suelo fue el estiércol (320 mg/Kg de N, 215 mg/Kg de P y 90mg/ Kg).

De acuerdo a los resultados obtenidos en la variable rendimiento los tratamientos gallinaza y gallinaza más brócoli fueron los que mejor resultado presentaron, 5.25 TM/Ha y 4.29 TM/Ha respectivamente. Lo que pudo deberse al mayor aporte y disponibilidad de nutrientes en el suelo a corto plazo. En el tratamiento de estiércol se obtuvo un rendimiento de 3.20 TM/Ha, siendo mayor al tratamiento testigo (2.51TM/Ha).

Los costos de producción son mayores al beneficio económico obtenido por la venta del producto, en este caso el rábano. El tratamiento que presentó una menor pérdida fue el tratamiento de gallinaza más brócoli, siendo más barato que el tratamiento con estiércol y el tratamiento con gallinaza.

## **9. RECOMENDACIONES**

Para obtener mayores rendimientos e incrementar la presencia de nematodos de vida libre en el Centro de Prácticas San Ignacio (CPSI), se recomienda realizar la biofumigación utilizando gallinaza y los rastrojos de los cultivos producidos principalmente de la familia Brassicaceae.

Realizar estudios de biofumigación con cultivos a largo plazo y con precios competitivos para que la técnica de biofumigación tenga mayor posibilidad de ser rentable.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Agricultura. (s.f). *El cultivo del rábano*. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.infoagro.com/hortalizas/rábano.htm>.
- Agrios, G. N. (1991). *Fitopatología*. México: Limusa.
- Agrosiembra. (S.F.). *Agricultura avanzada*. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.agrosiembra.com/plaga>  
=GUSANO\_CORTADOR\_TROZADOR\_O\_NOCHERO-124.
- Bayer. (s.f.). *Nematodo del nudo de la raíz*. Recuperado el 23 de Octubre de 2017, de <http://www.cropscience.bayer.cl/soluciones/fichaproblema.asp?id=1077>.
- Bello A. (s.f). *Biofumigación y solarización como alternativas al bromulo de metilo*. Recuperado el Octubre de 2017, de [www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/biofumigación\\_solarización.pdf](http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/biofumigación_solarización.pdf).
- Bello A. J.A. López-Perez, L. Diaz Viruliche. (s.f.). *Biofumigación y solarización como alternativas al bromulo de metilo*. Recuperado el Octubre de 2017, de [www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/biofumigación\\_solarización.pdf](http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/biofumigación_solarización.pdf).
- Calderón, L. (2010). *Evaluación de cuatro fuentes de materia orgánica verde y lignificada, como biofumigantes y su combinación con solarizado, en dos localidades de Occidente de Guatemala. Chimaltenango, Guatemala*.
- Calderón, L. et al. (1998). *Busqueda de alternativas al bromulo de metilo*, Guatemala, C.A. Guatemala: ICTA.

Canullo, GH. *et al.* (1992). *Changes in populations of microorganisms associated with the application of soil amendments to control Sclerotium rolfsii sacc.* Recuperado el Octubre de 2017, de Plant and soil.

Carranza, H. (2004). *Evaluación de sellos (coberturas), materiales orgánicos y sistemas de siembra, utilizando biofumigación en los cultivos de repollo, lechuga, ejote francés, remolacha y papa.* Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.glifos.concyt.gob.gt>.

Carrasco, Jorge; Riquelme, Jorge. (s.f.). *Biofumigación.* Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.2inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR34987.pdf>.

Diaz, F. J. (Abril de 2007). *Efecto de la solarización para el control de enfermedades del suelo en semilleros artesanales.* Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.fhia.org.hn/efectocomayagua>.

Ecured. (s.f.). *Zacate cadillo.* Recuperado el Octubre de 2017, de [http://www.ecured.cu/Cenchrus\\_echinatus](http://www.ecured.cu/Cenchrus_echinatus).

Fagro. (s.f.). *Malezas.* Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.pv.fagro.edu.uy/fitopato/SSD/Malezas/Cyperus/index.html>.

Franquesa, M. (2016). *Solarización de suelos.* Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.agriptima.com/blog/solarización-de-suelos/>

Gallinaza, M. (2004). Recuperado el Octubre de 2007, de [http://www.gallinaza.com/que\\_es\\_la\\_gallinaza.php](http://www.gallinaza.com/que_es_la_gallinaza.php).

Godoy, Heriberto; Castellanos, Javier. (s.f.). *Técnicas, efecto térmico y mejoramiento de la fertilidad del suelo.* Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.intagri.com/memorias/fitosanidad/la-biofumigación/arc> hivos.

Gómez Gonzalez, C. I. (s.f.). *Los beneficios de tener un huerto familiar*. Recuperado el 27 de julio de 2017, de familias.com: <http://familias.com/2294/los-beneficios-de-tener-un-huerto-familiar>

Gonzalez, M. (24 de agosto de 2012). *Nemátodos*. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://es.slideshare.net/marthagonzalezhinestroza/nematodos>

Gudiel, V. M. (1985). *Manual Agrícola*. Guatemala: Productos Superb.

Ibañez, J. J. (3 de mayo de 2010). *Desinfección de suelos (Biofumigación), abono y alternativa ecológica al uso de plaguicidas y fertilizantes sintéticos*.

Recuperado el Octubre de 2017, de

<http://www.madridmasd.org/blogs/universo/2010/05/03/135692>

IGN. (1980). *Diccionario geográfico de Guatemala*. 4 tomos. Guatemala.

Meijide, S. (03 de junio de 2015). *La biofumigación*. Recuperado el Octubre de 2017, de [http://www.vdevegetal.com/la-biofumigación\\_2/](http://www.vdevegetal.com/la-biofumigación_2/)

Palmero, R. P. (s.f.). *La biofumigación: una alternativa para el control de patógenos de suelo*. Recuperado el Octubre de 2017, de [http://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/arti\\_332\\_28%20Biofumigación.pdf](http://www.agrocabildo.org/publica/publicaciones/arti_332_28%20Biofumigación.pdf).

Pérez, Martín, *et al.* (2014). *Eficacia de la biosolarización del suelo en el control de patógenos en cultivos enarenados*. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://www.innovagri.es>.

Prieto, C. (2007). *Ficha técnica producto agroindustrial*. Recuperado el Octubre de 2017, de <http://bolsamercantil.com.co/Library/Sheets/Module4/SubModule1/FICHA%20TECNICA%20ABONO%OEGANICO-SIMPLE%20-GALLINAZA-EMPACAD A.pdf>.

Prieto, C. (2007). *Gallinaza*. Recuperado el Octubre de 2017, de

<http://www.bolsamercantil.com/abonoorganico>.

Solis, F., Calderon, LF. 1999. *Evaluación del efecto biofumigante de diversas fuentes de materia orgánica en el altiplano central de Guatemala*, Proyecto ICTA, UNIDO, ONCYT, CRSP. Guatemala, 87 p.

Tortosa, G. (2014). *Estiercol de ganado bovino*. Recuperado el Octubre de 2017, de

<http://www.compostandociencia.com/2014/08/uso-estiercol-como-fertilizante> /

## 11. ANEXOS

### Anexo A. Ficha técnica gallinaza tratada.

Nombre del producto	Abono orgánico simple- GALLINAZA.
Generalidades	Los abonos orgánicos tienen unas propiedades, que ejercen unos determinados efectos sobre el suelo, que hacen aumentar la fertilidad de este. Básicamente, actúan en el suelo sobre tres tipos de propiedades: Físicas, Química y Biológicas.
Requisitos Generales	<p>El abono orgánico mejora la estructura y textura del suelo, haciendo más ligeros a los suelos arcillosos y más compactos a los arenosos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoran la permeabilidad del suelo, ya que influyen en el drenaje y aireación de este.</li> <li>• Disminuyen la erosión del suelo, tanto de agua como de viento.</li> <li>• Aumentan la retención de agua en el suelo, por lo que se absorbe más el agua cuando llueve o se riega, y retienen durante mucho tiempo, el agua en el suelo, durante el verano.</li> </ul>
Requisitos Específicos	El producto debe presentarse pulverizado o granulado. Se debe enunciar el soporte utilizado en la mezcla. Los soportes a utilizar son: viruta de madera, aserrín, cascarilla y otros similares.
Empaque y rotulado	El producto debe ser empacado en sacos de un material apropiado que impida la absorción de humedad, evite la descomposición microbiológica y garantice la estabilidad físico-química del abono. El rotulado debe cumplir con la NTC 40, además incluir el porcentaje de los materiales orgánicos utilizados.
Presentación	El abono orgánico puede empacarse en presentaciones desde 10 gramos hasta 50 kilos.

(Prieto, 2007).

*Anexo B. Ficha técnica gallinaza tratada Marca Bio-cofya.*

Nombre con el que se comercializa el producto	Enmienda Orgánica Bio-cofya
Nombre y Concentración de los compuestos	Gallinaza, Cal Dolomítica
Nombre de compañía	Compañía de Fertilizantes y Agroquímicos, S.A.
Domicilio	Km. 16 Carretera al Pacífico, Villa Nueva, Guatemala
Propiedades físicas	Estado físico, polvo; color, café oscuro; granulometría, 3 mm
Proceso de compostaje	La gallinaza es retirada de las granjas avícolas y extendida en patios durante 2 o 3 días para reducir el nivel de humedad a un máximo del 35% de manera que pueda ser transportada a granel. Se espolvorea cal viva sobre cada ingreso de gallinaza, con el objeto de eliminar malos olores, y como una primera desinfección. Se aplica aproximadamente un quintal de cal por cada 1500 quintales de gallinaza cruda.
La materia prima ingresa a la planta de producción.	La gallinaza es depositada a granel en las bodegas de compostaje, se hace de manera estética, almacenando la gallinaza por un período promedio de 4 meses, y en ningún caso menor a 3, logrando temperaturas superiores a los 170° Farenheit, y humedad relativa máxima de 12%. La gallinaza es movida al menos una vez antes de ser procesada, este proceso permite liberar el amoniaco que pudiera estar aún alocado en la materia prima.
Proceso de Producción	El compost es picado, volteado y esparcido un día antes de su proceso final. Una tolva de alimentación es llenada con mini cargadores, en ese momento se agrega la cal dolomítica. Ambos componentes son transportados por medio de un transportador helicoidal hacia un molino de martillos. El molino de martillos tritura y homogeniza el producto, el mismo es molido por 42 martillazos, a través de una zaranda.

	<p>El producto es transportado de nuevo por otro transportador helicoidal, que termina de homogenizar el producto y regula su temperatura previo a su llenado. El producto es envasado en saco de polipropileno con linner interior, para ser pesado y costurado. El producto final es almacenado y está listo para la venta.</p>
--	---

(Bio-cofya, 2017).

Anexo C. Cronograma del trabajo.

ACTIVIDADES	MES				oct-17				nov-17				dic-17				ene-18				feb-18				mar-18				abr-18			
	SEMANAS				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Elección del tema.	X																															
Definición del problema.		X																														
Elección y determinación del tema.		X																														
Justificación.		X	X																													
Objetivos.		X	X																													
Elaboración de la Hipótesis.		X	X																													
Elaboración de Metodología.		X	X																													
Elaboración de Marco Teórico.		X	X																													
Correcciones.			X	X																												
Presentación del Anteproyecto			X	X																												
Aprobación del Anteproyecto.				X																												
Compra de insumos.				X																												
Mediciones de campo.				X																												
Trazados de Bloques.				X																												
Muestreo de suelos.				X																												
Determinación de pH.				X																												
Acarreo de mezclas (gallinaza, estiércol, rastros).				X																												
Trituración de rastros.				X																												
Distribución uniforme de residuos y preparación del terreno.				X																												
Colocación de mangueras de riego.				X																												
Colocación de plástico.				X																												
Tiempo de duración de la biosolarización.				X																												
Retiro del plástico.				X																												
Muestreo y análisis de suelo.				X																												
Recopilación de datos.				X																												
siembra del cultivo de rábano				X																												
Organización de la información.				X																												
Redacción del documento.				X																												
Cosecha				X																												
Presentación.				X																												
Correcciones.				X																												
Sustentación.				X																												
Aprobación.				X																												

Anexo D. Análisis nematológico del suelo.



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

Guatemala, 06 de febrero de 2018

Ingeniera  
Mayra del Cid  
Coordinadora de Centro de Practicas San Ignacio  
Universidad Rafael Landivar  
Presente

Re: Análisis nematológico de suelo

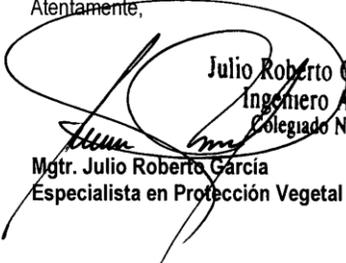
Le saludo atentamente para hacer de su conocimiento que en respuesta a las muestras de suelo que usted envió al laboratorio de fitopatología, se realizaron los análisis correspondientes para identificar y cuantificar poblaciones de nematodos fitoparásitos obteniendo los siguientes resultados:

Muestra I.D.	Nematodos / 100 cc suelo	
	<i>Helicotylenchus spp</i>	Vida libre
Tratamiento 1	20	400
Tratamiento 2	40	60
Tratamiento 3	40	220
Tratamiento 4	40	180

Se observaron nematodos de los géneros *Helicotylenchus* y nematodos de vida libre en diferentes poblaciones. Con los niveles poblaciones observados del género *Helicotylenchus* se sugiere continuar los monitoreos periódicos ya que en este nivel los nematodos podrían no representar un problema fitosanitario<sup>1</sup>. Los nematodos de vida libre observados no son patógenos de plantas y son indicadores de biodiversidad en suelo.

Sin más que agregar, quedo a las órdenes para cualquier consulta que usted tenga al respecto,

Atentamente,

  
Julio Roberto Garcia Morán  
Ingeniero Agrónomo  
Colegiado No. 4253  
Mgtr. Julio Roberto García  
Especialista en Protección Vegetal

<sup>1</sup> Dickerson, Blake and Lewis. (2000). *Nematode guidelines for South Carolina*. EC703. Clemson Extension.

Anexo E. Análisis de textura del suelo.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: GUSTAVO SIERRA  
PROCEDENCIA: UNIVERSIDAD RAFAEL LANDIVAR, GUATEMALA  
FECHA DE INGRESO: 4/4/2018

IDENTIFICACION		%			CLASE TEXTURAL
		Arcilla	Limo	Arena	
M-1	GALLINAZA	47.12	23.86	29.02	ARCILLOSO
M-2	GALLINAZA+BROCOLI	47.12	19.66	33.22	ARCILLOSO
M-3	ESTIERCOL BOVINO	47.12	21.76	31.12	ARCILLOSO
M-4	TESTIGO	47.12	21.76	31.12	ARCILLOSO
M-5	SUELO	47.12	21.76	31.12	ARCILLOSO



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA  
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

*Anexo F. Fotografías de la implementación de biofumigación en el CPSI.*



*Figura 5. Preparación del terreno.*



*Figura 6. Trazo de unidades experimentales.*



*Figura 7. Pesando gallinaza.*



*Figura 8. Incorporación de gallinaza.*



*Figura 9.* Incorporación de materia orgánica



*Figura 10.* Colocación de plástico.



Figura 11. Bolsas en horno de secado.



Figura 12. Bolsas para peso seco.