

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS
SUR
Facultad de Ingeniería



“EFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN DEL SUELO SOBRE
LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DEL CHILE JALAPEÑO
CULTIVADO BAJO ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN”

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por Ronald Alexander Morataya Flores para optar al
grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agrícola
y Pecuaria.

Guatemala

2018

“EFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN DEL SUELO SOBRE
LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DEL CHILE JALAPEÑO
CULTIVADO BAJO ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS
SUR
Facultad de Ingeniería



“EFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN DEL SUELO SOBRE
LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DEL CHILE JALAPEÑO
CULTIVADO BAJO ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN”

Trabajo de graduación en modalidad de Trabajo Profesional
presentado por Ronald Alexander Morataya Flores para optar al
grado académico de Licenciado en Ingeniería en Tecnología Agrícola
y Pecuaria.


Guatemala

2018

Vo.Bo. :

(f) 
Inga. Agr. Claudia Johanna Martínez
Asesora

Tribunal Examinador:

(f) 
Inga. Agr. Claudia Johanna Martínez

(f) 
Ing. Agr. Elmer Vitelio Salazar
Director de Ingeniería Agrícola y Pecuaria

(f) 
Ing. Agr. Fernando Hernández

Fecha de aprobación: Guatemala, 22 de febrero de 2018.

ÍNDICE

	Página
Lista de tablas	v
Lista de gráficas	vi
Lista de figuras	vii
Resumen	viii
I. Introducción	1
II. Objetivos	2
III. Justificación	3
IV. Marco teórico.....	4
A. Desinfestación biológica de suelos	4
B. La biofumigación	4
C. Biorremediación	5
D. Aporte nutricional de las excretas de bovino	6
E. Origen del chile jalapeño.....	6
F. Taxonomía	6
G. Botánica de la planta de chile jalapeño	7
H. Clima y suelos	7
I. Etapas fenológicas y desarrollo	8
J. Híbridos	9
K. Manejo de la plantación	9
L. Plagas y enfermedades	10
V. Metodología.....	13
A. Ubicación del experimento.....	13
B. Plan experimental.....	13
C. Manejo del experimento	17
VI. Resultados	20
A. Poblaciones afectadas por la biofumigación.....	20
B. Rendimientos	20
C. Calidad	21
VII. Análisis de resultados	22

A.	Poblaciones afectadas por la biofumigación.....	22
B.	Rendimiento	23
C.	Calidad de los frutos	25
VIII.	Conclusiones.....	26
IX.	Recomendaciones.....	27
X.	Bibliografía	28
XI.	Anexos	29
A.	Anexo 1: Análisis de microorganismos en suelo antes de biofumigación	29
B.	Anexo 2: Análisis de microorganismos en suelo postbiofumigación	33
C.	Anexo 3: Boleta de recolección de datos.....	36
D.	Anexo 4: Proceso de biofumigación	36
E.	Anexo 5: Resultados de análisis químico y físico de suelo.....	40
XII.	Glosario	41

LISTA DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Taxonomía del chile jalapeño	6
Tabla 2 Tratamientos	14
Tabla 3 Resultados de análisis bacteriológicos, nematológicos y fitopatológicos en suelo	20
Tabla 4 Rendimientos por repeticiones	20
Tabla 5 Resultados de calidad expresados en porcentajes	21
Tabla 6 Resultado final para la variable de calidad	21
Tabla 7 Prueba t Student para la variable de rendimiento	24

LISTA DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1 Comparación del rendimiento (kg/ha) por tratamientos	23
Gráfica 2 Comparación de la calidad de los frutos	25

LISTA DE FIGURAS

	Página
Ilustración 1 Reacción de la formación de isotiocianatos	5
Ilustración 2 Ubicación del área experimental	13
Ilustración 3 Croquis del ensayo	14
Ilustración 4 Unidad experimental.....	15
Ilustración 5 Escala en la clasificación primera	16
Ilustración 6 Escala de clasificación segunda.....	16
Ilustración 7 Escala de clasificación tercera	17
Ilustración 8 Plantas del tratamiento 1	22
Ilustración 9 Plantas del tratamiento 2.....	22
Ilustración 10 Boleta de recolección de datos	36
Ilustración 11 Preparación del suelo.....	36
Ilustración 12 Incorporación del material biofumigante	37
Ilustración 13 Incorporación del material biofumigante (repollo)	37
Ilustración 14 Aplicación de lisier de bovinos	38
Ilustración 15 Incorporación del repollo al suelo.....	38
Ilustración 16 Colocación de cubierta al suelo con material biofumigante ya incorporado	39
Ilustración 17 Tratamiento 1 con el inicio de biofumigación	39

RESUMEN

La microbiota presente en el suelo está compuesta por millones de organismos microscópicos como bacterias, hongos, nematodos, protozoos, entre otros. Dentro de esta gama biológica se pueden hacer dos clasificaciones básicas según su naturaleza: los benéficos y fitopatógenos.

Son los microorganismos fitopatógenos los que revisten gran importancia económica en el mundo de las actividades agrícolas, pues perjudican a plantas de interés, negativamente, provocando diversas fisiopatías que repercuten en los rendimientos de las especies vegetales cultivadas en lugares infestados.

El área protegida por macrotúneles del campo experimental de Universidad del Valle de Guatemala Campus Sur ha presentado, desde su creación, altas poblaciones de fitopatógenos a nivel del suelo, lo que ha causado que los rendimientos obtenidos de las especies vegetales cultivadas como: chile jalapeño, chile pimienta, entre otras, no sean los ideales.

Una técnica amigable con el medio ambiente para la restauración de suelos es la biofumigación más un biocontrol, la cual permite eliminar agentes patógenos del suelo, contribuir con su fertilidad y enriquecer su microbiota. Los resultados de esta investigación probaron la eficiencia de una biofumigación (tratamiento 1), gracias a la cual se pudo contrarrestar la infestación directa de algunos de los microorganismos fitopatógenos presentes en el suelo del invernadero seleccionado, dando lugar a un buen desarrollo del cultivo de chile jalapeño variedad Dante F1 y una evidente diferencia en los rendimientos comparativos de los dos tratamientos evaluados, siendo el segundo una parcela testigo. El tratamiento 1 obtuvo un rendimiento de 61,423.14 kg/ha mientras que el testigo 27,306.06 kg/ha, debido a la mortalidad de plantas que provocaron los microorganismos nocivos presentes en el suelo.

Gracias a esta investigación se comprobó que una biofumigación, utilizando como material biofumigante el repollo a una dosis de 4.5 kg/m² más aplicación de *Trichoderma harzianum* es una alternativa para el control de los fitopatógenos del suelo y por medio de este control aumentar la producción de un cultivo susceptible a estos.

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto investigativo tuvo el propósito de mejorar los rendimientos del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum*) variedad Dante F1 cultivado bajo protección de macrotúnel, a través de la implementación de la técnica de desinfección de suelos (biofumigación) y un enriquecimiento de su microbiota con microorganismos benéficos. Para el proceso mencionado se utilizó como material biofumigante el repollo (*Brassica oleracea*) y excretas de bovinos.

La práctica de biofumigación controla los microorganismos existentes en el suelo, al mismo tiempo que enriquece su fertilidad, propiciando con ello la obtención de mejores rendimientos en cualquier especie vegetal cultivada en el suelo tratado.

El diseño de esta investigación consistió en dos tratamientos, de los cuales uno fue el experimental donde se realizó una intervención del suelo con la técnica de biofumigación y el otro fue el testigo, es decir, sin manipulación alguna. Las variables evaluadas en este experimento fueron: rendimiento, calidad y poblaciones afectadas de microorganismos en el suelo bajo efectos de la desinfección. La calidad de los frutos y el rendimiento obtenido en cada tratamiento se sometieron a evaluación comparativa para comprobar por medio de análisis estadístico la existencia de alguna diferencia significativa, que finalmente manifestó los efectos de la técnica.

La investigación demostró que la restauración de suelos con una biofumigación más un biocontrol influye directamente en la productividad del cultivo de chile jalapeño y la calidad de sus frutos, ya que las diferencias presentadas fueron estadísticamente significativas: en el caso del rendimiento, el tratamiento testigo estuvo 55.54 % menos que el tratamiento experimental; y para la variable de calidad de los frutos, el tratamiento experimental obtuvo mayor porcentaje de chiles de primera, debido a los efectos directos que esta técnica produce.

II. OBJETIVOS

A. GENERAL

Evaluar el efecto de la biofumigación del suelo, utilizando repollo (*Brassica oleracea*) más aplicaciones de *Trichoderma harzianum*, en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) cultivado bajo protección.

B. ESPECÍFICOS

1. Establecer las diferencias en el rendimiento y calidad del chile jalapeño en el tratamiento con biofumigación versus un tratamiento testigo.
2. Determinar los grupos de patógenos del suelo cuya población es impactada por efectos de la biofumigación.
3. Determinar la influencia existente de la técnica de biofumigación del suelo más aplicaciones de *Trichoderma harzianum* en la calidad de los frutos cosechados.

III. JUSTIFICACIÓN

En la región sur de Guatemala se siembran un promedio anual de cuatrocientas hectáreas de chile jalapeño, distribuidas en los departamentos de Suchitepéquez, Santa Rosa y Escuintla. La Nueva Concepción, Escuintla siembra aproximadamente cincuenta hectáreas anuales, donde más de ciento cincuenta familias dependen directamente de la producción de este cultivo y unas doscientas familias de manera indirecta (Santizo, 2010).

La raíz es uno de los órganos de vital importancia de una planta ya que por medio de ella se dan el anclaje y la absorción de agua y nutrientes que la planta necesita para su desarrollo y producción. Los fitopatógenos del suelo son agentes que disminuyen la producción al dañar las raíces.

En Guatemala uno de los métodos más utilizados para el control de fitopatógenos es el químico, sin embargo acarrea consecuencias en la agroecología local y a la salud del ser humano. Por estas razones la agricultura orgánica ha ganado auge en los últimos años, sustituyendo los agroquímicos por productos y/o técnicas de origen natural.

La biorremediación es una técnica eminentemente orgánica, pues utiliza microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para retornar un medio ambiente contaminado, a su condición natural, además de aportar nutrientes al suelo.

En un medio ambiente alterado por contaminantes, las plantas cultivadas no pueden expresar su máximo potencial genético, causando mermas productivas que no convienen al productor. En estos casos la técnica de restauración de suelos se convierte en una buena alternativa para contrarrestar los efectos nocivos de los fitopatógenos del suelo y para aportarle nutrientes; al mismo tiempo que es amigable con el entorno.

Gracias a los beneficios de esta práctica, es posible elevar los rendimientos de cultivos como el chile jalapeño, dado que los microorganismos nocivos dejan de ser obstáculo para la expresión del máximo potencial genético de las especies vegetales cultivadas. Como consecuencia de los beneficios obtenidos a causa de la implementación de biofumigación en suelo, el chile jalapeño puede proporcionar mayores ingresos a los pequeños productores de la costa sur, propiciando una mejor economía que genere mejores condiciones de vida para los dependientes de este cultivo.

IV. MARCO TEÓRICO

A. DESINFESTACIÓN BIOLÓGICA DE SUELOS

Consiste en la creación de condiciones de anaerobiosis en el suelo por incremento de la respiración microbiana, mediante la incorporación de enmiendas orgánicas frescas, con alto contenido en carbono orgánico debiéndose su efecto a que se produce una fuerte reducción del potencial Redox. De nuevo la actividad biológica del suelo es fundamental, puesto que es la responsable de causar las condiciones de anaerobiosis, debido a un incremento en la respiración microbiana y ayudado por la presencia de un plástico impermeable, para evitar que se produzca una recolonización por oxígeno (Shinmura, 2004).

B. LA BIOFUMIGACIÓN

Hace referencia a los efectos supresivos asociados a la liberación de isotiocianatos generados durante la hidrólisis de los glucosinolatos, mediante la acción de la enzima mirosinasa, presente en brassicas que tienen una proporción alta de glucosinolatos con actividad biológica, que por la acción de los microorganismos se transforman en compuestos biocidas, principalmente en isotiocianatos y nitritos (Lazzeri, Leoni, D'Avino, & Malaguti, 2008).

La biofumigación es una técnica que surge como alternativa biológica a las desinfecciones de suelos con productos químicos en las plantas cultivadas. Este sistema destaca por ser limpio, fácil de aplicar, respetuoso con las exigencias medioambientales, al no tener efectos negativos para el medio ambiente y la salud de los consumidores. Esta técnica no tiene limitación en su uso en producción integrada o agricultura ecológica.

La acción de microorganismos en la materia orgánica durante su descomposición, origina gran cantidad de productos que participan en el control de patógenos del suelo: amonio, nitratos, ácido sulfhídrico, ácidos orgánicos y otras sustancias volátiles. La biofumigación es una técnica que permite utilizar la materia orgánica así como los productos de su descomposición en el control de patógenos presentes en el suelo. Es una alternativa basada en principios similares de la fumigación con productos químicos de síntesis, con la única diferencia de que en este caso los gases liberados provienen de la descomposición de la materia orgánica (enmiendas orgánicas y residuos agroindustriales, etc.), contribuyendo, además, a resolver los problemas ambientales que los productos químicos pueden producir.

Con la biofumigación se obtiene una eficacia similar a los pesticidas convencionales. Se ha demostrado mediante múltiples ensayos y trabajos, su acción en el control de nemátodos fitófagos, insectos, bacterias y malas hierbas, también virus al controlar vectores de los mismos. Al mismo tiempo, esta técnica contribuye a mejorar la estructura y la biología del suelo, así como

la nutrición de las plantas, ya que se estimula el desarrollo de microorganismos benéficos (hongos nematófagos, nematodos saprófagos, lombrices, etc.) (Samayoa, 2014).

En general cualquier materia orgánica puede actuar como biofumigante, dependiendo su eficacia principalmente, de la dosis (5-10 Kg/m², según la gravedad del problema) y del método de aplicación. La materia orgánica elegida como biofumigante debe estar en vías de descomposición y una relación Carbono/Nitrógeno (C/N) comprendida entre 8-20. El agricultor puede identificar con facilidad que la materia orgánica a utilizar cumple con la relación C/N anterior, ya que en su descomposición produce un olor característico a amoníaco.

La biofumigación es una técnica fácil de aplicar por agricultores o técnicos. Una vez elegido el biofumigante, el método de aplicación debe tener en cuenta la necesidad de retener al menos durante dos semanas los gases fumigantes producidos en la biodegradación de la materia orgánica (normalmente cubriendo la superficie a tratar con plástico transparente de poco grosor), siendo este el tiempo de acción necesario para el control de los patógenos (Samayoa, 2014).

La utilización como biofumigante de restos de crucíferas (coles, coliflores, rábanos, nabos, brócoli, mostaza, etc.) es especialmente interesante, dado que en su descomposición se producen de forma natural compuestos de isotiocianatos (materia activa del metan sodio) de marcado efecto fumigante contra hongos patógenos e insectos nocivos para las plantas cultivadas (Bello, López-Pérez, & Viruliche, 2013). En la Ilustración 1 se muestra la reacción de la formación de Isotiocianatos, glucosa, iones sulfato y nitrilos a partir de los glucosinolatos, encargado de realizar el efecto fumigante.

Ilustración 1 Reacción de la formación de Isotiocianatos



C. BIORREMEDIACIÓN

Proceso para la limpieza de suelos, agua o aire contaminado, empleando, microorganismos (bacterias, hongos, actinomicetos, levaduras), plantas y/o lombrices.

La biorremediación tiene como finalidad restaurar el factor contaminado, en el caso de esta investigación tiene como finalidad eliminar los patógenos que contaminan el suelo, ya que estos afectan severamente a las plantas cultivadas en tal sustrato.

Este proceso conlleva una desinfección del suelo a través de una biofumigación, luego la aplicación de microorganismos benéficos que controlaran a los agentes fitopatógenos (Ramírez, 2009).

D. APORTE NUTRICIONAL DE LAS EXCRETAS DE BOVINO

La bovinasa es proveedora de nutrientes asociados a la producción, tales como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, que son en mayor o menor grado retenidos por esta, y posterior ser liberados al medio.

La bovinasa según Mendoza presenta la cantidad siguiente en kg/ton de los siguientes elementos: 7.0 de N, 2 de P, 4.5 de K, 1.2 de Ca y 1 de Mg (Mendoza, 2005).

E. ORIGEN DEL CHILE JALAPEÑO

El chile es un cultivo originario de la zona tropical de América y actualmente su consumo está difundido por todo el mundo.

Se le da el nombre de chile jalapeño porque se dice que antiguamente se cultivaba en Jalapa, Veracruz, México, desde donde se comercializaba a otras partes. También se le llama chile cuaresmeño porque antiguamente sólo se encontraba durante la época de cuaresma. Cuando llega a su estado de maduración toma un color rojo intenso y ahumado se convierte en el chile Chipotle que en sus versiones secas es de los chiles más importantes. Dentro del chile jalapeño, existen gran cantidad de variedades con leves diferencias de forma y grado de picor (A.C, 2012).

Existen cinco especies cultivadas: *Capsicum annum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* y *C. pubescens*.

F. TAXONOMÍA

Tabla 1 Taxonomía del chile jalapeño

Taxonomía	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophytas
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Género:	<i>Capsicum</i>
Especie:	<i>Capsicum annum</i> L.,

G. BOTÁNICA DE LA PLANTA DE CHILE JALAPEÑO

La planta es un semiarbusto de forma variable y alcanza entre 0.60 m a 1.50 m de altura, dependiendo principalmente de la variedad, de las condiciones climáticas y del manejo. La planta de Chile es monoica, tiene los dos sexos incorporados en una misma planta, y es autógama, es decir que se auto fecunda; aunque puede experimentar hasta un 45% de polinización cruzada, es decir, ser fecundada con el polen de una planta vecina. Por esta misma razón se recomienda sembrar semilla híbrida certificada cada año.

La semilla se encuentra adherida a la planta en el centro del fruto. Es de color blanco crema, de forma aplanada, lisa, reniforme, cuyo diámetro alcanza entre 2.5 y 3.5 mm.

El porcentaje de germinación generalmente es alta y puede mantenerse por 4 a 5 años bajo buenas condiciones de conservación.

El Chile jalapeño tiene una raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m, en los primeros 0.60 m de profundidad del suelo.

El tallo puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable, según la variedad. Esta planta posee ramas dicotómicas o pseudo dicotómicas, siempre una más gruesa que la otra (la zona de unión de las ramificaciones provoca que éstas se rompan con facilidad). Este tipo de ramificación hace que la planta tenga forma umbelífera (de sombrilla).

El fruto es una baya, con dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo la parte aprovechable de la planta. Tiene forma globosa, rectangular, cónica o redonda. Existe una diversidad de formas y tamaños en los frutos, pero generalmente se agrupan en alargados y redondeados y tamaño variable, su color es verde al principio y luego cambia con la madurez a amarillo o rojo púrpura en algunas variedades. La constitución anatómica del fruto está representada básicamente por el pericarpio y la semilla. En casos de polinización insuficiente se obtienen frutos deformes (García, 2013).

H. CLIMA Y SUELOS

Es un cultivo que se adapta a un rango muy amplio de altitudes y latitudes, desde el nivel del mar hasta 3000 msnm, de acuerdo con la especie cultivada. El rango de temperatura en que se cultiva este fruto también es variable; se cultiva en zonas con temperaturas entre 18 y 30°C.

El cultivo requiere precipitaciones pluviales de 600 a 1200 mm bien distribuidos durante el ciclo vegetativo. Lluvias intensas, durante la floración, ocasionan la caída de flor por el golpe del agua y mal desarrollo de frutos, y durante el período de maduración ocasionan daños físicos que inducen a la pudrición de éstos.

Para el cultivo del Chile se recomiendan suelos livianos, de textura areno-arcillosos, un buen drenaje y moderado contenido de materia orgánica. En el caso de suelos arcillosos deben tener

buen drenaje y estar bien preparados antes de la siembra para evitar cúmulos de agua que favorecen la incidencia de enfermedades en la raíz. El pH puede oscilar entre 5,5 y 6,5, ya que este cultivo es moderadamente tolerante a la acidez (Rica, 2010).

I. ETAPAS FENOLÓGICAS Y DESARROLLO

Según la guía técnica del Cultivo de Chiles del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, la planta presenta las siguientes etapas fenológicas y de desarrollo (García, 2013).

1. **Germinación y emergencia.** El período de preemergencia varía entre 8 y 12 días, y es más rápido cuando la temperatura es mayor. Casi cualquier daño que ocurra durante este período tiene consecuencias letales y ésta es la etapa en la que se presenta la mortalidad máxima.

2. **Crecimiento de la plántula.** Luego del desarrollo de las hojas cotiledonales, inicia el crecimiento de las hojas verdaderas, que son alternas y más pequeñas que las hojas de una planta adulta. De aquí en adelante, se detecta un crecimiento lento de la parte aérea, mientras la planta sigue desarrollando el sistema radicular, es decir, alargando y profundizando la raíz pivotante y empezando a producir algunas raíces secundarias laterales. La tolerancia de la planta a los daños empieza a aumentarse, pero todavía se considera que es muy susceptible.

3. **Crecimiento vegetativo.** A partir de la producción de la sexta a la octava hoja, la tasa de crecimiento del sistema radicular se reduce gradualmente; en cambio la del follaje y de los tallos se incrementa, las hojas alcanzan el máximo tamaño, el tallo principal se bifurca y a medida que la planta crece, ambos tallos se ramifican.

Generalmente la fenología de la planta se resume en: germinación y emergencia, crecimiento de la plántula, crecimiento vegetativo rápido, floración y fructificación.

Si se va a sembrar por trasplante, éste debe realizarse cuando la plántula está iniciando la etapa de crecimiento rápido. La tasa máxima de crecimiento se alcanza durante tal período y luego disminuye gradualmente a medida que la planta entra en etapa de floración y fructificación, y los frutos en desarrollo empiezan a acumular los productos de la fotosíntesis.

4. **Floración y fructificación.** Al iniciar la etapa de floración, el chile produce abundantes flores terminales en la mayoría de las ramas, aunque debido al tipo de ramificación de la planta, parece que fueran producidas en pares en las axilas de las hojas superiores. El período de floración se prolonga hasta que la carga de frutos cuajados corresponda a la capacidad de madurarlos que tenga la planta. Bajo condiciones óptimas, la mayoría de las primeras flores produce fruto, luego ocurre un período durante el cual la mayoría de las flores aborta.

A medida que los frutos crecen, se inhibe el crecimiento vegetativo y la producción de nuevas flores. Cuando los primeros frutos empiezan a madurar, se inicia una nueva fase de crecimiento vegetativo y de producción de flores. De esta manera, el cultivo de chile tiene ciclos de producción de frutos que se traslapan con los siguientes ciclos de floración y crecimiento vegetativo. Este patrón de fructificación da origen a frutos con distintos grados de madurez en las plantas, lo que usualmente permite cosechas semanales o bisemanales durante un período que oscila entre 6 y 15 semanas, dependiendo del manejo que se dé al cultivo.

El mayor número de frutos y los frutos de mayor tamaño se producen durante el primer ciclo de fructificación, aproximadamente entre los 90 y 100 días. Los ciclos posteriores tienden a producir progresivamente menos frutos o frutos de menor tamaño, como resultado del deterioro y agotamiento de la planta.

J. HÍBRIDOS

Existen varios híbridos de chile jalapeño que los pequeños productores de la región sur de Guatemala cultivan, dentro de estos se puede mencionar: El Rey, Reina, Campeón, Dante F1, entre otras (Salazar, 2017).

1. **Dante F1.** El Híbrido Dante F1, se caracteriza por presentar frutos extra grandes y resultados de producción espectaculares. Este híbrido desarrolla una buena carga de frutos a lo largo de toda la planta, los cuales son extra grande en su mayoría y de color verde intenso. Se recomienda para regiones cálidas. La planta es vigorosa y sus rendimientos son muy altos. Este híbrido tiene resistencia a bacterias como *Xanthomonas* 1,2 y 3.

K. MANEJO DE LA PLANTACIÓN

Según la guía técnica del Cultivo de Chiles del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal, la planta necesita del siguiente manejo en todo su desarrollo (García, 2013).

1. **Tutoreo.** Las labores de tutoreo se realizan para proveer a la planta un soporte o punto de apoyo a medida avanza en su crecimiento. Esto es especialmente importante en variedades o híbridos cuya altura supera los 1.2 m de altura, ya que la carga que producen es capaz de agobiar a la planta misma. Esta práctica suele realizarse con tutores generalmente de bambú (preferiblemente de la variedad guádua, ya que es más duradera) enterrados a 0.5 m en el suelo y erguidos entre 1.8 y 2.5 m de altura con un distanciamiento de 3 m entre uno y otro dentro de cada surco.

2. **Amarre.** Esta actividad se realiza con el objetivo de sostener el peso de la planta. Se puede utilizar, alambre, pita plástica, yute u otro material. En cada hilera de tutores, se sostienen dos hilos paralelos, a manera de fijar la planta verticalmente. Los puntos de sostén de las plantas, dependerán de la altura de las mismas y varían de dos a cuatro.

3. **Aporque.** Consiste en depositar suelo alrededor del cuello de la planta, en forma mecánica o manual. El objetivo es proporcionar aireación y mayor anclaje al sistema radicular. Esta labor se recomienda hacerla en terrenos de poca pendiente, ya que involucra la remoción de una importante cantidad de suelo. El momento aconsejable para hacerlo es después de la fertilización al suelo, pues ayuda a incorporar el fertilizante al mismo.

4. **Poda.** La poda es poco frecuente, se realiza cuando se presenta el tizón tardío en las hojas inferiores. La poda que ocasionalmente se realiza es la recepa, la cual se hace cuando la fructificación ha pasado y es necesario obtener nuevos rebrotes.

L. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Según *Manual de Producción de chile jalapeño*, elaborado por Fintrac Inc. Centro de Desarrollo de Agronegocios, presenta las siguientes plagas y enfermedades (Lardizábal, 2012).

1. **Picudo del chile (*Anthonomus eugenii*).** En el fruto dañado se observa un orificio, por el cual sale el adulto, pudiendo servir este agujero de puerta de entrada a patógenos secundarios (hongos y bacterias) que invaden el tejido del fruto. El daño por este insecto puede iniciar desde el comienzo de la primera floración hasta la fructificación, prevaleciendo en la época húmeda del año. Puede destruir hasta un 75% de frutos de una plantación.

2. **Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*).** Los adultos de la mosca blanca poseen hábitos diurnos y su mayor actividad, durante el día, la desarrollan de ocho a nueve de la mañana, lo que es muy importante para decidir la hora óptima para su control. Estos permanecen alimentándose en el envés de las hojas terminales de la planta, preferentemente. Tanto las ninfas como los adultos causan daño al alimentarse, ya que al succionar la savia de la planta, la debilitan. Producto de su alimentación, caen líquidos melosos a las hojas más bajas, desarrollándose *Fumagina* sobre ellas, que afecta la fotosíntesis y el desarrollo normal de la planta. Este daño puede presentarse cuando la mosca blanca posee condiciones favorables para su desarrollo, que es en la época seca; sin

embargo el daño más importante es de transmitir enfermedades (virus y geminivirus). Ninfas y adultos de mosca blanca (*Bemisia tabaci*). La transmisión de las enfermedades virales puede ocurrir desde la germinación, lo cual, además de limitar la producción, afecta también, la calidad de los frutos.

3. Pulgones o Áfidos (*Myzus persicae* y *Aphis gossypii*). Tanto los adultos como las ninfas viven en colonias, en el envés de las hojas terminales y en los brotes, y en altas infestaciones, invaden las hojas más maduras. Al alimentarse succionan savia e inyectan una saliva tóxica que provoca encarrujamiento de las hojas, disminuyendo el vigor de la planta. También al alimentarse secretan sustancias azucaradas, en las cuales crece un hongo (Fumagina) que causa un ennegrecimiento de las hojas, que afecta la fotosíntesis.

4. Gallina Ciega (*Phyllophaga spp*). Las larvas se alimentan de las raíces de las plantas del chile, quedando éstas con aspecto clorótico o muerto, dependiendo del grado de daño; dentro del campo cultivado se observan áreas en surco o en parches, con la sintomatología del daño. Es una plaga polífaga.

5. Cercosporiosis, Mancha cercospora (*Cercospora capsici*). La cercosporiosis es más frecuente durante la época lluviosa. El hongo, en forma de micelio, puede sobrevivir en la semilla y en hojas que han sido infestadas. Se desarrolla mejor en condiciones de alta humedad y temperaturas cálidas. Los primeros síntomas se manifiestan en la etapa de formación de flores. Una vez establecido, la dispersión ocurre a través del viento, para volver a establecerse en otras plantas. El micelio de este hongo produce muchas conidias, con período de incubación del hongo de 7 a 10 días en condiciones favorables

6. Mal del talluelo o Pata negra. Provocado por los patógenos: *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora infestans*, *Pythium sp.*, *Fusarium spp*.

El mal del talluelo puede desarrollarse antes o después de la emergencia de la plántula. En el primer caso, la plántula no alcanza a brotar del suelo por el ataque del hongo; en el segundo, los tallos a nivel del suelo presentan estrangulamiento y necrosis de los tejidos, tomando un color café a negro, y al final se doblan debido a su propio peso.

Los hongos se desarrollan con mayor facilidad en suelos húmedos y mal drenados o compactos con temperaturas altas; sin embargo, las plántulas sanas que superan las dos o tres hojas sin ser afectadas, no presentan susceptibilidad posteriormente. Cuando la enfermedad está presente en el semillero, se puede observar grupos de plántulas inclinadas, dobladas o mal desarrolladas con el cuello negro, necrótico o estrangulado.

7. **Mancha bacteriana.** Provocado por la bacteria *Xanthomona vesicatoria*. Los síntomas pueden presentarse en todas las partes de la planta (hojas, frutos y tallos). Los primeros síntomas son manchas acuosas circulares que se presentan en las hojas, éstas se necrosan, con centros de color café y bordes cloróticos delgados, generalmente las lesiones están ligeramente hundidas en el envés de la hoja y ligeramente levantadas en el haz de la misma.

La bacteria puede sobrevivir en restos de cultivos, en plantas voluntarias, en semillas y en malezas. Esta enfermedad se propaga fácilmente en las almacigueras abiertas a la intemperie, en los campos regados por aspersión y por lluvias con vientos. La infección generalmente se produce a través de lesiones mecánicas, como las causadas especialmente por herramientas, insectos, vientos y pulverización a alta presión.

8. **Pudrición suave bacteriana.** Causado por *Erwinia carotovora*. La pudrición suave comienza frecuentemente en los tejidos del pedúnculo y en el cáliz de la fruta. Externamente la lesión se arruga, mientras que en el interior la podredumbre avanza, transformando los tejidos en una masa blanca, acuosa, incolora. Mientras la epidermis permanece intacta, el fruto podrido cuelga como una bolsita llena de agua, hasta que finalmente se rompe, vaciándose el contenido.

9. **Marchitez bacteriana.** Su agente causal *Pseudomonas solanacearum*. El daño se puede presentar entre el estado inicial de 5 a 8 hojas, hasta la época de inicio de la fructificación, con síntomas de marchitamiento abrupto: en plantas jóvenes la muerte es muy rápida. La marchitez se inicia en las hojas inferiores, a menudo de un solo lado de la planta; en pocos días la cubre por completo, sin dar tiempo a que se produzca clorosis. Ciertas cepas de las bacterias inducen una proliferación de raíces adventicias en el tallo.

V. METODOLOGÍA

A. UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento se realizó en un macrotúnel del campo experimental del Campus Sur de la Universidad del Valle de Guatemala, se localiza en el kilómetro 92.5 carretera a Mazatenango, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, a una altura de 356 metros sobre el nivel del mar.

Ilustración 2 Ubicación del área experimental



1. **Clima.** Santa Lucía Cotzumalguapa presenta un clima tropical con temperatura promedio anual de 26°C y una precipitación pluvial anual de 3,156 mm.

2. **Suelo.** Los resultados de análisis de suelos, de muestras procedentes del campo experimental de UVG campus sur, indican que los suelos son franco arenosos (ANEXO 4). El sustrato por antecedentes de cultivos anteriores se sabe que tiene poblaciones de microorganismos fitopatógenos. Para conocer con exactitud los agentes patógenos que se hospedaban en el suelo del área experimental, se realizaron análisis bacteriológicos, nematológico y fitopatológicos en el laboratorio de Sanidad Vegetal del MAGA (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Guatemala) (ANEXO 1).

B. PLAN EXPERIMENTAL

El diseño estadístico utilizado para el estudio fue de parcelas apareadas.

1. **Área del experimento.** La evaluación estuvo conformada por dos tratamientos, con tres repeticiones cada uno, el área a utilizada bajo un macrotúnel se conformó de $97.65 m^2$, cada tratamiento tuvo un área total (incluyendo área de repeticiones) de evaluación de $48.82 m^2$.

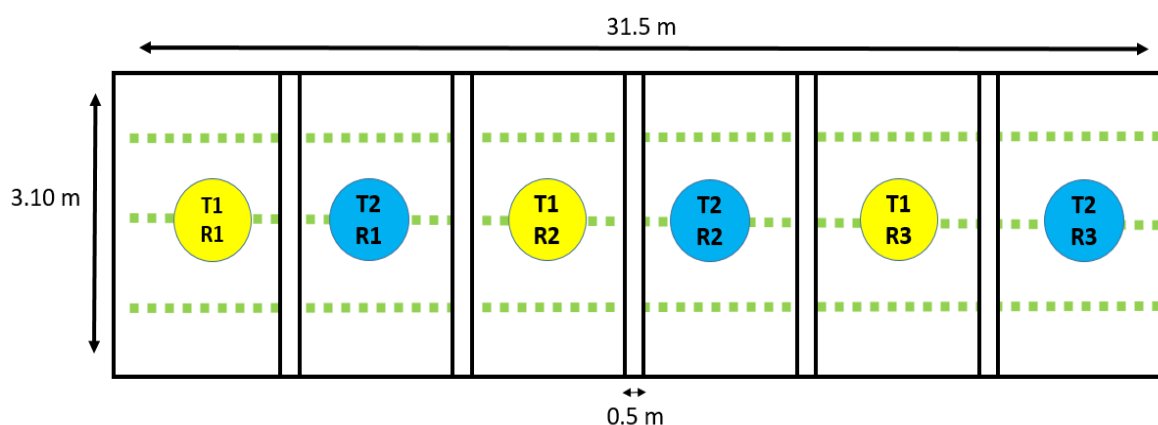
2. **Unidad Experimental.** En cada tratamiento se sembraron 126 plantas distribuidas en tres hileras con un distanciamiento entre planta de $0.35 m$ y entre hilera de $0.9 m$ y cada tratamiento se replicó tres veces.

Tabla 2 Tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Cultivo de Chile Jalapeño Dante F1 en un suelo Biofumigado.
T2	Cultivo de Chile Jalapeño Dante F1 en un suelo sin tratamiento.

El híbrido utilizado para esta investigación fue Dante F1 porque es una variedad recomendada para climas cálidos y los frutos son de mayor calidad ya que son extra largos, lo que contribuye a mayores ingresos. Cada tratamiento lo conformaron tres repeticiones distribuidas de manera aleatoria como se representa en la Ilustración 3.

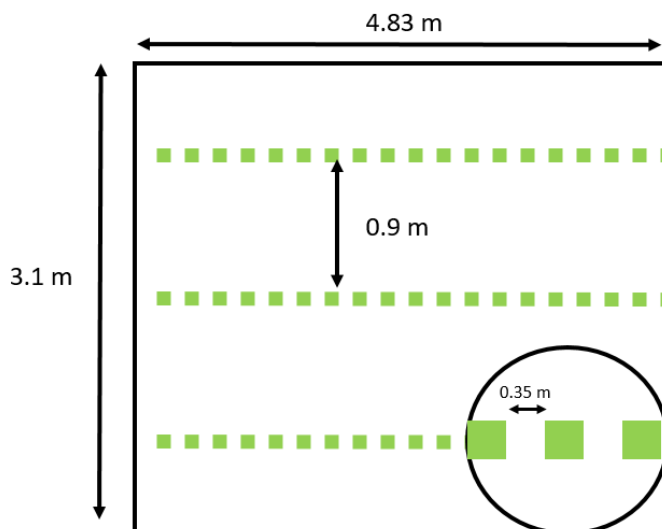
Ilustración 3 Croquis del ensayo



a. Descripción del tratamiento 1. En este tratamiento se hizo una desinfección en el suelo con un procedimiento orgánico llamado biofumigación (Ver sección de MANEJO DEL EXPERIMENTO).

El área utilizada en cada repetición de este tratamiento fue de 14.98 m^2 , la cual albergó 42 plantas de chile jalapeño variedad Dante F1.

Ilustración 4 Unidad Experimental



b. Descripción del tratamiento 2 (Testigo). A diferencia del tratamiento 1 (con biofumigación), este no manejó ningún procedimiento de control de plagas y enfermedades en el suelo.

3. Recolección de datos y variables de Estudio. Esta fase se efectuó en el periodo de cosecha ya que las variables de estudio fueron: Rendimiento en Kg/ha y Calidad de frutos (categorías 1, 2, 3), para ello se utilizó una boleta prediseñada (Ilustración 4) para facilitar la recolección de datos. Para la variable de poblaciones de fitopatógenos afectadas por la biofumigación, se tomaron muestras de suelo, posterior al proceso de desinfección natural.

Los datos de cada variable de estudio se recolectaron de la siguiente manera:

a. Rendimiento. Para obtener el rendimiento (3 cortes) se pesó todo el fruto cosechado en cada corte, de cada tratamiento, posterior a la cosecha se realizó la equivalencia al rendimiento en Kg/ha.

b. Calidad. La cosecha de cada tratamiento fue clasificada acorde a preferencia local (primera, segunda, tercera; según clasificación utilizada en Central de Mayoreo –CENMA-) y cada categoría fue pesada para determinar qué porcentaje del rendimiento total representa.

1) Primera. Chiles frescos con coloración uniforme y sin fisiopatías, con un largo entre 9 – 12 cm, diámetro entre 3 – 4 cm y un peso entre 43-50 gramos cada uno.

Ilustración 5 Escala en la clasificación primera



2) Segunda. Chiles frescos, uniformidad en el color, con un largo entre 7 – 8 cm, diámetro entre 2-3 cm y peso entre 30 - 40 gramos cada uno.

Ilustración 6 Escala de clasificación segunda



3) Tercera. Chiles frescos, con carencia de uniformidad en el color y se permitidas algunas deformidades. Presentan un largo menor de los 6 cm, un diámetro menor de 2 cm y un peso menor de 30 gramos por unidad.

Ilustración 7 Escala de clasificación tercera



c. Población de patógenos en el suelo. A través de análisis fitopatológico, bacteriológico y nematológico en suelos, se determinaron las variaciones que hubo con los microorganismos que se encontraban antes de realizar el proceso de biofumigación (Ver sección de resultados). Los análisis mencionados se realizaron en el laboratorio de Sanidad Vegetal del MAGA.

4. Análisis estadístico. Para la comparación de resultados se utilizó estadística descriptiva en la variable de respuesta calidad, mientras que para analizar la variable de rendimiento se realizó una Prueba de t Student, en el software Excel 2016 para determinar la diferencia significativa.

C. MANEJO DEL EXPERIMENTO

El experimento realizado tuvo el siguiente manejo en el tratamiento con biofumigación y el tratamiento testigo, a excepción de los incisos 2 y 3 que únicamente formaron parte del tratamiento 1.

1. Preparación del área. Las malezas se eliminaron de manera manual con un azadón, luego se procedió a remover el suelo a una profundidad de 60 cm.

2. **Biofumigación.** Este procedimiento únicamente se realizó en el tratamiento 1 y sus repeticiones.

Se utilizó el repollo (*Brassica oleracea*) como material vegetativo para la biofumigación en el suelo con una dosis de 4.5 kg de materia verde por metro cuadrado. El repollo fue picado, posterior a este proceso fue incorporado al suelo, luego se saturó el suelo con 7 litros de liser/m² (mezcla de excretas frescas de bovino con agua) con una relación 1:4 (1 lt de excretas de bovino + 4 litros de agua). Luego de realizar dicho proceso se procedió a cubrir el suelo y su contenido con un nylon negro.

Se realizaron dos lecturas de temperatura en el suelo, la primera se tomó a los diez días y marcó una temperatura de 52°C y la segunda se realizó a los quince días marcando 39°C. Luego de haber pasado 22 días se procedió a retirar el nylon y el material biofumigante no degradado, luego se procedió a remover el suelo para la ventilación del mismo.

3. **Biocontrol.** Cinco días después de la biofumigación se realizó el aporte de *Trichoderma harzianum* para fortalecer la microbiota del suelo. Este es un hongo benéfico que controla las poblaciones de los agentes patógenos de *Fusarium sp.* *Rhizoctonia solani*, entre otras. Además fortalece el sistema de defensa de la planta realizando asociaciones simbióticas en su sistema radicular. Este microorganismo se estuvo aplicando en el suelo cada 20 días después del trasplante a una dosis de 20 gr/16 lts, únicamente en el tratamiento 1.

4. **Siembra.** El distanciamiento utilizado fue de 0.35 m * 0.9 m dando un total de 126 plantas por tratamiento. Una semana antes de trasplantar todas las plántulas se realizó una prueba para corroborar que el suelo estaba listo para la siembra total, en la cual se plantó de manera al azar cinco plántulas. Esta etapa se realizó cinco días después de la aplicación del biocontrol en el tratamiento 1.

5. **Fertilización.** El plan de fertilización incluyó las siguientes dosis de macronutrientes: 238 kg/ha de Nitrógeno, 281 kg/ha de P₂O₅ y 521 kg/ha de K₂O. Los fertilizantes sólidos utilizados fueron: Hydrocomplex, Triple 15 y Cloruro de Potasio.

Además de lo anterior se aplicaron dosis oportunas de los siguientes fertilizantes foliares: Bayfolan 125 cc/16 lt y Calcio Boro 125 cc/16lts.

6. **Control de plagas y enfermedades en follaje.** Se utilizó el control etológico para el control de plagas en la parte aérea del cultivo. Para el control de enfermedades de la parte aérea de la planta se realizaron aplicaciones de una solución con leche de vaca y agua pura de manera asperjada a una relación 1:1.

7. **Riego.** El suelo tuvo una lámina de agua total entre 900 y 1,200 mm para el ciclo del cultivo desde el trasplante hasta el último corte comercial (García, 2013).

VI. RESULTADOS

A. POBLACIONES AFECTADAS POR LA BIOFUMIGACIÓN

La Tabla 3 muestra los resultados de los análisis bacteriológicos, nematológicos y fitopatológicos en el suelo, realizados en el laboratorio de Sanidad Vegetal del Ministerio de Agricultura y Ganadería de Guatemala. Las muestras procedieron de un macrotúnel – área experimental – ubicado en el campo experimental de la Universidad del Valle de Guatemala Campus Sur. La tabla presenta el nombre de los microorganismos encontrados antes de realizar el proceso de biofumigación y los encontrados después del proceso. Las boletas de cada análisis se adjuntan en el ANEXO 1 y ANEXO 2.

Tabla 3 Resultados de análisis bacteriológicos, nematológicos y fitopatológicos en suelo

	Pre Biofumigación	Post Biofumigación
Bacteriológico	✓ Sin presencia de bacterias fitopatógenas	✓ Sin presencia de bacterias fitopatógenas
Nematológico	✓ Nematodos del genero <i>Pratylenchus sp.</i> (20/100g)	✓ Sin presencia de nematodos fitopatógenos
Fitopatológico	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Rhizoctonia solani</i> ✓ <i>Penicillium sp.</i> ✓ <i>Trichoderma sp.</i> ✓ <i>Rhizopus sp.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Rhizoctonia solani</i> ✓ <i>Rhizopus sp.</i>

B. RENDIMIENTOS

Los resultados presentados constituyen la sumatoria de los rendimientos obtenidos en las primeras tres cosechas, dejando un periodo de 13 días entre cada una.

Tabla 4 Rendimientos por repeticiones

	Tratamiento 1	Tratamiento 2
R1	58,303.78 kg/ha	7,846.2 kg/ha
R2	62,959.24 kg/ha	28,216 kg/ha
R3	63,006.4 kg/ha	45,856 kg/ha
Prom	61,423.14 kg/ha	27,306.07 kg/ha

1. **Tratamiento 1.** La población de plantas que albergó este tratamiento fue de 126, divididas en sus tres repeticiones. Este tratamiento no presentó mortalidad de plantas. Los rendimientos obtenidos por cada repetición de este tratamiento se muestran en la Tabla 4.

2. **Tratamiento 2.** La población de plantas que albergó este tratamiento fue de 126, divididas en sus tres repeticiones. Este tratamiento presentó una mortalidad del 31.75 % -40 plantas-. Los rendimientos obtenidos por cada repetición de este tratamiento se muestran en la Tabla 4.

C. CALIDAD

Tabla 5 Resultados de calidad expresados en porcentajes

Repetición	Clasificación	Tratamiento 1	Tratamiento 2
R1	Primera	49.46%	9.70%
	Segunda	39.28%	58.40%
	Tercera	11.26%	31.90%
R2	Primera	54.85%	28.40%
	Segunda	36.30%	47.40%
	Tercera	8.85%	24.20%
R3	Primera	68.00%	49.20%
	Segunda	29.58%	38.40%
	Tercera	2.42%	12.40%

La Tabla 5 presenta las tres categorías de calidad del chile jalapeño. Están expresadas en porcentajes tomando como referencia la producción total obtenida en cada una de las repeticiones por tratamiento.

Tabla 6 Resultado final para la variable de calidad

Clasificación	Tratamiento 1	Tratamiento 2
Primera	57.43%	29.10%
Segunda	35.05%	48.06%
Tercera	7.51%	22.83%

Los promedios de los porcentajes para cada clasificación de calidad están mostrados en la Tabla 6.

VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A. POBLACIONES AFECTADAS POR LA BIOFUMIGACIÓN

Antes de realizarse la biofumigación no se encontró presencia de bacteria por lo que el proceso no alteró la presencia de estos microorganismos. Para el caso de los nemátodos, antes de la intervención se contaba con la presencia del genero *Pratylenchus* mismo que, según los análisis fue eliminado del área experimental. Referente al grupo de hongos, los análisis posteriores al método de desinfección, revelan un eficiente control, sobre todo, de los géneros *Penicillium* y *Trichoderma*, aunque este último es considerado benéfico. La importancia de controlar el género *Penicillium* radica en disminuir la incidencia de podredumbre de frutos.

La reducción de las poblaciones de agentes fitopatógenos se da gracias a que las plantas de Repollo (*Brassica oleracea*) contienen glucosinolatos, que al entrar en contacto con agua, compuestos nitrogenados y ayudados por la acción de microorganismos saprófagos producen de forma natural compuestos de isotiocianatos (materia activa del metan sodio) de destacado efecto biosida contra nematodos, bacterias, hongos patógenos e insectos nocivos para las plantas cultivadas (Bello, López-Pérez, & Viruliche, 2013).

Después de aplicarse la biofumigación se hizo una remediación al suelo con *Trichoderma harzianum* lo cual ayudó a combatir los hongos que la biofumigación per se no pudo controlar. Este proceso en conjunto demostró su eficiencia al permitir solamente un 1.56 % de mortalidad de plantas, lo cual es relativamente bajo. En el caso del tratamiento 2 (testigo), al no realizarle el proceso de biorremediación presentó un 31.74 % de mortalidad.

Ilustración 8 Plantas del tratamiento 1

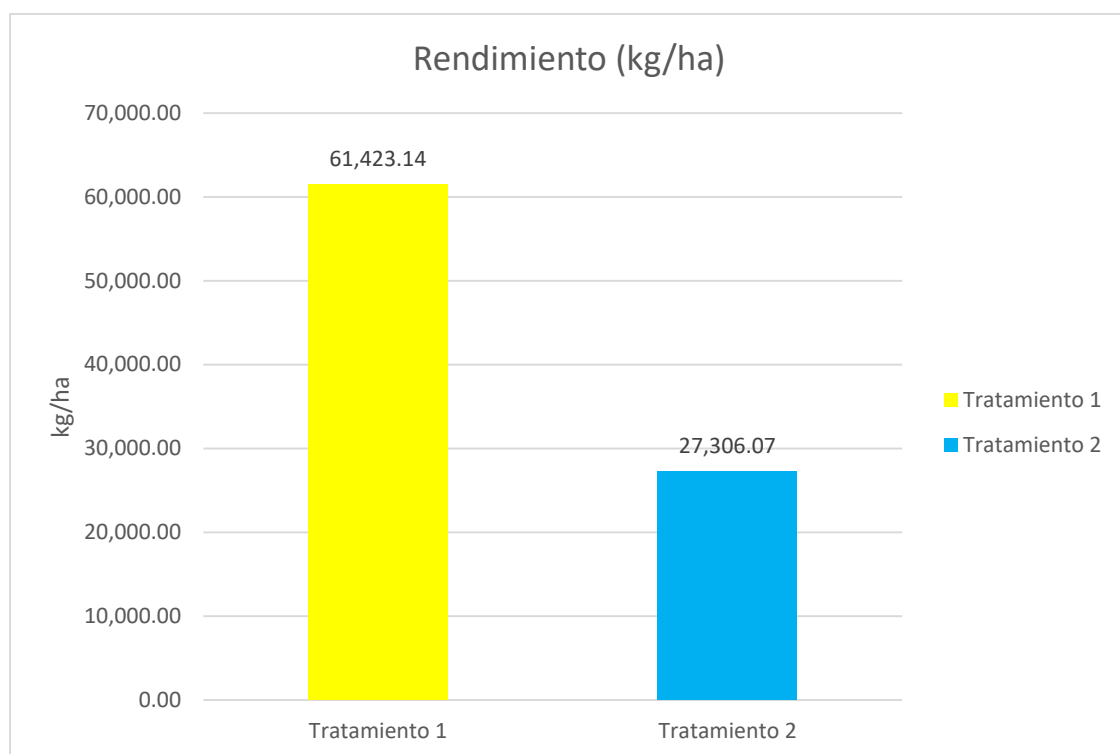


Ilustración 9 Plantas del tratamiento 2



B. RENDIMIENTO

Gráfica 1 Comparación del rendimiento (kg/ha) por tratamientos



Los resultados presentados en la Gráfica 1 presentan los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos. El contraste entre las cifras es el resultado de la eficiencia de la práctica de biofumigación más el uso de un biocontrol, ya que esta permitió el desarrollo de una mayor cantidad de plantas, lo cual incrementó notablemente el rendimiento del tratamiento 1.

En el proceso de biofumigación, como fuente nitrogenada se utilizó excretas de bovino, lo cual sirvió, no solamente para contribuir al proceso de formación de isotiocianatos, sino también al enriquecimiento nutricional del suelo, generando un mayor desarrollo de las plantas y de sus frutos, la altura alcanzada promedio de las plantas del tratamiento 1 fue de 1.75 m y una fronda promedio de 0.9 m.

El análisis anterior se basa solamente en estadística descriptiva ya que solamente las medias fueron evaluadas. En la Tabla 7 se ve el análisis estadístico por medio de una prueba de t student donde afirma que existe diferencia estadística significativa, pues el valor estadístico de t se encuentra por debajo de su valor crítico.

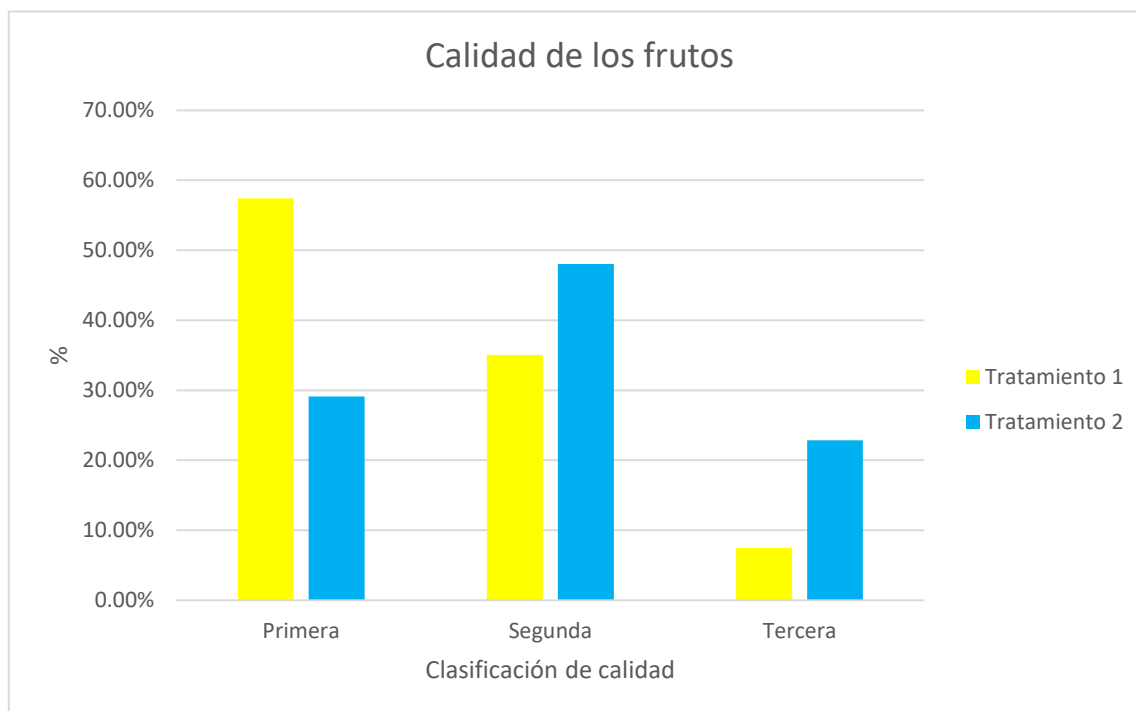
Tabla 7 Prueba t Student para la variable de rendimiento

	<i>T1</i>	<i>T2</i>
Media	61423.14	27306.06667
Varianza	7298361.124	361807208
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0.890009762	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	3.546454648	
P(T<=t) una cola	0.035564654	
Valor crítico de t (una cola)	2.91998558	
P(T<=t) dos colas	0.071129308	
Valor crítico de t (dos colas)	4.30265273	

El resultado obtenido afirma que la biorremediación es una técnica eficiente para el control de los agentes patógenos que se encuentran en el suelo, dando lugar a un buen desarrollo del cultivo de chile jalapeño bajo estructura protegida. Además dicha técnica colabora en mejorar las características físico-químico del suelo, ya que con la biodegradación de las plantas de repollo y el aporte de lisier, da lugar al incremento de materia orgánica en el suelo y perceptiblemente la fertilidad del mismo.

C. CALIDAD DE LOS FRUTOS

Gráfica 2 Comparación de la calidad de los frutos



La Gráfica 2 muestra una comparación entre la calidad de frutos obtenidos en los dos tratamientos realizados. De acuerdo a la Central de Mayoreo de Guatemala, la calidad del chile jalapeño está clasificada en tres categorías según las características morfológicas del fruto. El tratamiento 1 es quien mayor cantidad de frutos de primera calidad obtuvo, pues estas plantas estuvieron sometidas a mejores condiciones nutricionales y a menores poblaciones de fitopatógenos, gracias a los efectos de la biofumigación.

Por el contrario, el tratamiento 2 es quien mayor cantidad de frutos de segunda y tercera calidad obtuvo, pues estas plantas estuvieron más expuestas al ataque de agentes patógenos del suelo, provocándoles diversidad de fisiopatías que finalmente repercutieron en la calidad de los frutos. Además de lo anterior, se debe considerar que en este tratamiento no se aplicó ningún tipo de material orgánico (como si se hizo en el Tratamiento 1) que incrementara la fertilidad del suelo.

VIII. CONCLUSIONES

1. El rendimiento del Chile jalapeño cultivado bajo efectos de biofumigación es notablemente mejor comparado con el tratamiento en el cual no se aplicó la técnica, pues en el tratamiento 1 se obtuvo un rendimiento de 61,423.14 kg/ha mientras que en el tratamiento 2 se obtuvo un 55.54 % menos.
2. El tratamiento 1 obtuvo mayor cantidad de frutos de primera calidad pues las plantas estuvieron sometidas a mejores condiciones nutricionales y a menores poblaciones de fitopatógenos, mientras que el tratamiento 2 estuvo más expuesto al daño de microorganismos nocivos reduciendo notablemente la calidad de los frutos.
3. La técnica de biofumigación con plantas de repollo tiene la capacidad de controlar nematodos del género *Pratylenchus* y hongos del genero *Penicilium*.
4. La biofumigación más un biocontrol con *Trichoderma harzianum* influye significativamente en la calidad de los frutos ya que la técnica inhibe el efecto de los agentes patógenos en las plantas, al mismo tiempo que incrementa la fertilidad del suelo con la utilización de excretas de bovino, como fuente nitrogenada para la producción de isotiocianatos.

IX. RECOMENDACIONES

1. Para suelos con poblaciones de fitopatógenos que no permiten cultivar variedades susceptibles a hongos y nematodos, se recomienda realizar una biorremediación con una dosis de 4.5 kg/m² de repollos (*Brassica oleracea*) y un biocontrol con *Trichoderma harzianum*.
2. Determinar la dosis idónea del material biofumigante para controlar la mayor cantidad de agentes patógenos del suelo.
3. Evaluar diferentes materiales biofumigantes para conocer cual controla mayor cantidad de microorganismos nocivos para las plantas.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. A.C, C. E. (2012). Comité del sistema producto chile en el estado de chihuahua. Obtenido de <http://dev.pue.itesm.mx>.
2. Bello, A., López-Pérez, J., & Viruliche, L. D. (mayo de 2013). *biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo*.
3. García, C. M. (2013). *Guía Técnica Cultivo de Chile*. Obtenido de centro nacional de tecnología agropecuaria y forestal.
4. Lardizábal, R. (octubre de 2012). *Manual de Producción de Chile Jalapeño*. Obtenido de Fintrac Inc. Centro de Desarrollo de Agronegocios: www.hondurasag.org
5. Lazzeri, L., Leoni, O., D'Avino, L., & Malaguti, L. (Julio de 2008). *Brassicaceae plants as more than biofumigants*. Obtenido de Int. Biofumigation.
6. Mendoza, A. (2005). *Contenido de macronutrientes de la bovinasa*. Recuperado el 2017, de Engormix: <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/manejo/articulos/alternativas-ecoamigables-uso-estiercol-t560/124-p0.htm>.
7. Ramírez, D. A. (17 de noviembre de 2009). *Tratamiento Secuencial Bioestimulación/Cultivo con sustrato sólido de suelos contaminados para la remoción de plaguicidas organoclorados*. Obtenido de Biotecnología y Bioingeniería del CINVESTAV.
8. Rica, M. d. (2010). *Chile Jalapeño*. Obtenido de mag.go.cr.
9. Salazar, M. (febrero de 2017). *Híbridos cultivados de chile jalapeño*. (R. A. Flores, Entrevistador)
10. Samayoa, L. F. (octubre de 2014). *La Biofumigación*. Obtenido de icta.gob.gt: www.icta.memories.gob.gt
11. Shinmura, A. (2004). *Principle and effect of soil sterilization method by reducing redox potential of soil*. Obtenido de Soilborne Disease Workshop.

XI. ANEXOS

A. ANEXO 1: ANÁLISIS DE MICROORGANISMOS EN SUELO ANTES DE BIOFUMIGACIÓN



VICEMINISTERIO DE SANIDAD
AGROPECUARIA Y REGULACIONES (VISAR)

DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL

INFORME DE RESULTADOS

No Muestra :	LDF17-10689	No Boleta :	
Cultivo/Producto :	SUELO	Fecha Ingreso País:	
Tipo Recipiente/Embalaje :	Bolsa plastica con suelo	Fecha Toma Muestra:	
Usuario Empresa :	UVG	Fecha Recepción :	28/09/2017
Lugar Toma de Muestra :		Fecha Reporte :	16/01/201
Finca :	Muestra 2		
Procedencia Muestra :	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA		
Ubicación :			
Origen :			
Inspector :	Ing. Roberto Navarro		

RESULTADO

DETERMINACION:

en la muestra analizada se encontró: SUELO: Rhizoctonia solani, Penicillium sp, Trichoderma sp.

METODO UTILIZADO :

Medio Selectivo y Observación al Estereomicroscopio y Microscopio.



Lic. Andrés Avalos
Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario

OBSERVACIONES :

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
NGS	

El resultado es referido únicamente a la muestra analizada.

NOTA IMPORTANTE : El usuario tiene (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

Código: FTS-003-R-003



DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL

INFORME DE RESULTADOS

No Muestra :	LDF17-10667	No Boleta :	
Cultivo/Producto :	SUELO	Fecha Ingreso País:	
Tipo Recipiente/Embalaje :	Bolsa plastica con suelo	Fecha Toma Muestra:	
Usuario Empresa :	UVG	Fecha Recepción :	29/09/2011
Lugar Toma de Muestra :		Fecha Reporte :	16/10/2011
Finca :			
Procedencia Muestra :	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA		
Ubicación :	Muestra 1		
Origen :			
Inspector :	Ing. Roberto Navarro		

RESULTADO**DETERMINACION:**

en la muestra analizada se encontró: SUELO: Rhizoctonia solani, Trichoderma sp, Rhizopus sp.

METODO UTILIZADO :

Medio Selectivo y Observación al Estéreo microscopio y Microscopio.



Lic. Andrés Avalos
Laboratorio de Diagnostico Fitosanitario

OBSERVACIONES :

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
NGS	

El resultado es referido unicamente a la muestra analizada.

NOTA IMPORTANTE : El usuario tiene (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

Código: FTS-003-R-003



DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL

INFORME DE RESULTADOS

No Muestra : LDF17-11371
Cultivo/Producto : sin cultivo
Tipo Recipiente/Embalaje : Bolsa plastica con suelo
Usuario Empresa : UVG-SUR

No Boleta :
Fecha Ingreso Pais:
Fecha Toma Muestra:
Fecha Recepción : 19/10/2011
Fecha Reporte: 31/10/2011

Lugar Toma de Muestra :
Finca :
Procedencia Muestra : SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA Escuintla
Ubicación : Muestra 1
Origen :
Inspector : Ing. Roberto Navarro

RESULTADO**DETERMINACION:**

En la muestra analizada (suelo) se determinó la presencia de nemátodos fitopatógenos del género *Pratylenchus* spp (20/100g)

METODO UTILIZADO :

Observación al Estereomicroscopio y Microscopio.



[Handwritten Signature]
Lic. Andrés Ayala
Jefe del Laboratorio

OBSERVACIONES :

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
JCH	

El resultado es referido unicamente a la muestra analizada.

NOTA IMPORTANTE : El usuario tiene (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

Código: FTS-003-R-003

DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL

INFORME DE RESULTADOS

No Muestra :	LDF17-11374	No Boleta :	
Cultivo/Producto :	sin cultivo	Fecha Ingreso Pais:	
Tipo Recipiente/Embalaje :	Bolsa plastica con suelo	Fecha Toma Muestra:	
Usuario Empresa :	UVG-SUR	Fecha Recepción :	19/10/2017
Lugar Toma de Muestra :		Fecha Reporte :	27/10/2017
Finca :			
Procedencia Muestra :	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA Escuintla		
Ubicación :	Muestra 2		
Origen :			
Inspector :	Ing. Roberto Navarro		

RESULTADO**DETERMINACION:**

en la muestra analizada no hay presencia de bacterias fitopatógenas.

METODO UTILIZADO :

Dilución, Medio Selectivo y Observación al Estéreo microscopio y Microscopio.




 Lic. Andrés Avalos
 Laboratorio de Diagnostico Fitosanitario

OBSERVACIONES :

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
NGS	

El resultado es referido unicamente a la muestra analizada.

NOTA IMPORTANTE : El usuario tiene (15) días hábiles a partir de que recibió el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnostico Fitosanitario.

Código: FTS-003-R-003

B. ANEXO 2: ANÁLISIS DE MICROORGANISMOS EN SUELO POSTBIOFUMIGACIÓN

 <p>GOBIERNO DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA Y ALIMENTACIÓN</p>	<p>FTS-003-R-003</p>
<p>VICEMINISTERIO DE SANIDAD AGROPECUARIA Y REGULACIONES (VISAR)</p>	
<p>DIRECCIÓN DE SANIDAD VEGETAL INFORME DE RESULTADOS</p>	

No Muestra :	LDF17-11372	No Boleta :	
Cultivo/Producto :	sin cultivo	Fecha Ingreso País:	
Tipo Recipiente/Embalaje :	Bolsa plastica con suelo	Fecha Toma Muestra:	
Usuario Empresa :	UVG-SUR	Fecha Recepción :	19/10/2017
Lugar Toma de Muestra :		Fecha Reporte :	27/10/2017
Finca :			
Procedencia Muestra :	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA Escuintla		
Ubicación :	Muestra 1		
Origen :			
Inspector :	Ing. Roberto Navarro		

RESULTADO

DETERMINACION:

en la muestra analizada se encontró: SUELO: Rhizoctonia solani, Rhizopus sp, Geotrichum sp.

METODO UTILIZADO :

Medio Selectivo y Observación al Estereomicroscopio y Microscopio.




 Lic. Andrés Avalos
 Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario

OBSERVACIONES :

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
NGS	

El resultado es referido unicamente a la muestra analizada.

NOTA IMPORTANTE : El usuario tiene (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

Código: FTS-003-R-003



DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL

INFORME DE RESULTADOS

No Muestra :	LDF17-11373	No Boleta :	
Cultivo/Producto :	sin cultivo	Fecha Ingreso País:	
Tipo Recipiente/Embalaje :	Bolsa plastica con suelo	Fecha Toma Muestra:	
Usuario Empresa :	UVG-SUR	Fecha Recepción :	19/10/2017
Lugar Toma de Muestra :		Fecha Reporte :	27/10/2017
Finca :			
Procedencia Muestra :	SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA Escuintla		
Ubicación :	Muestra 1		
Origen :			
Inspector :	Ing. Roberto Navarro		

RESULTADO**DETERMINACION:**

en la muestra analizada no hay presencia de bacterias fitopatogénas.

METODO UTILIZADO :

Dilución, Medio Selectivo y Observación al Estereomicroscopio y Microscopio.




Lic. Andrés Avalos
Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario

OBSERVACIONES :

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
NGS	

El resultado es referido únicamente a la muestra analizada.

NOTA IMPORTANTE : El usuario tiene (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

Código: FTS-003-R-003



DIRECCION DE SANIDAD VEGETAL

INFORME DE RESULTADOS

No Muestra : LDF17-10688
Cultivo/Producto : SUELO
Tipo Recipiente/Embalaje : Bolsa plastica con suelo
Usuario Empresa : UVG

No Boleta :
Fecha Ingreso Pais:
Fecha Toma Muestra:
Fecha Recepción :
Fecha Reporte: 25/10/2017

Lugar Toma de Muestra :
Finca :
Procedencia Muestra : SANTA LUCIA COTZUMALGUAPA
Ubicación : Muestra 2
Origen :
Inspector : Ing. Roberto Navarro

RESULTADO**DETERMINACION:**

En la muestra analizada (suelo) no se encontraron nemátodos fitopatógenos.

METODO UTILIZADO :

Observación al Estereomicroscopio y Microscopio.



Lic. Andrés Avalos
Jefe del Laboratorio

OBSERVACIONES :

Analista/Supervisor	Código Laboratorio
JCH	

El resultado es referido unicamente a la muestra analizada.

NOTA IMPORTANTE : El usuario tiene (15) días hábiles a partir de que recibe el informe para presentar reclamos relacionados con los resultados de análisis.

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización del Laboratorio de Diagnóstico Fitosanitario.

Código: FTS-003-R-003

C. ANEXO 3: BOLETA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ilustración 10 Boleta de Recolección de datos

BOLETA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
TRATAMIENTO _____		INICIO DE COSECHA: _____				
VARIABLES DE MEDIDA	MES 4		MES 5			TOTAL
	CORTE 1	CORTE 2	CORTE 3	CORTE 4	CORTE 5	
CANTIDAD COSECHADA						
CALIDAD	PRIMERA					
	SEGUNDA					
	TERCERA					

D. ANEXO 4: PROCESO DE BIOFUMIGACIÓN

Ilustración 11 Preparación del suelo



Ilustración 12 Incorporación del material biofumigante



Ilustración 13 Incorporación del material biofumigante (repollo)



Ilustración 14 Aplicación de Lisier de bovinos



Ilustración 15 Incorporación del repollo al suelo



Ilustración 16 Colocación de cubierta al suelo con material biofumigante ya incorporado



Ilustración 17 Tratamiento 1 con el inicio de biofumigación



E. ANEXO 5: RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO



Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar
Laboratorio Agronómico

Ingenio: UVG

Fecha de Ingreso: 30-10-17

Fecha de Entrega: 04-12-17

Resultados de Análisis Químico y Físico de Suelo

Identificación	Finca	Lote	Estrato	No. Lab	Conductividad Eléctrica		pH en agua	Materia Orgánica %	Calcio	Magnesio	Potasio	Sodio
					(dS m-1)	Meq intercambiables/100 g suelo						
011-UVG Investigación	UVG - Sur	área de macrotúnel	área de muestreo 49m ²	S-3704-10-17	0.24	0.24	5.70	4.60	4.24	0.56	0.72	0.71

----- última línea -----

Sodio 100 g suelo	Capacidad de Intercambio Catiónico	Fósforo	Cobre	Cinc	Hierro	Manganeso	Boro	Arcilla	Limo	Arena	Tipo de Textura		Punto de Marchitez Permanente	Capacidad de Campo	Densidad Aparente	Humedad Gravimétrica
											%	% H				
0.71	*	1.45	0.82	3.36	6.41	23.00		8.00	21.21	70.79	Franco Arenoso	18.04	35.93	1.10	%	

Métodos de Análisis: Conductividad Eléctrica (CE): en agua relación 1:4, pH en Agua relación 1:4, Materia Orgánica: Walkley-Black; Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y Bases Intercambiables: extracción con acetato de amonio 1 normal; Micronutrientes y Fósforo: extracción con solución de Carollina del Norte, lectura por absorción atómica y espectrofotometría visible, respectivamente. Boro: extracción con agua caliente y lectura por espectrofotometría visible. Textura: método de Bouyoucos; Retención de Humedad: a 1/3 y 15 atmósferas; Densidad Aparente: método de la probeta; Humedad Gravimétrica: consultar metodología en el laboratorio

XII. GLOSARIO

1. Biofumigación: es una técnica que surge como alternativa biológica a las desinfecciones de suelos con productos químicos en las plantas cultivadas.
2. Dante F1: híbrido de chile jalapeño con frutos extra grandes.
3. Fitopatógeno: microorganismo que provoca daños en la fisiología y morfología de las plantas.
4. Glucosinolatos: compuesto que a través de una hidrólisis mediante la acción de la enzima mirosinasa produce Isotiocianatos.
5. Isotiocianatos: compuesto natural derivado de las *Brassica* con marcado efecto fumigante contra hongos patógenos e insectos nocivos para las plantas cultivadas
6. Lisier: mezcla de excretas de bovinos más agua.
7. Macrotúnel: estructura que se utiliza en la agricultura protegida para cubrir las plantas.
8. Maleza: plantas que no forman parte del cultivo.
9. Material Biofumigante: hace referencia al material que se incorpora al suelo para el proceso de desinfección del suelo.
10. Microorganismo: ser vivo que se le ve únicamente a través de un microscopio.