



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico de carácter Complexivo, presentado al H.
Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la
obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

Beneficios de la biofumigación en los cultivos de tomate (*Solanum
lycopersicum* L.)

AUTOR:

Moises Isaac Alvarez Burgos

TUTOR:

Ing. Agr. Carlos Alejandro Barros Veas, MSc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador.

2022

RESUMEN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las más importantes hortalizas que se cultivan alrededor del mundo, China destaca por ser su principal productor con 860 toneladas, Estado Unidos es el país que más importa esta hortaliza, mientras que México es el país que más la exporta destinando la mayor parte al mercado de los Estados Unidos, en Ecuador hay 3 mil hectáreas de tomate, la producción es de aproximadamente 62 mil toneladas al año, en los cultivos de tomate el control de plagas se ha apoyado a métodos tradicionales como es el uso de plaguicidas de origen sintético, bajo la excusa de su versatilidad y su forma de actuar en el control de diferentes organismos que afecten al cultivo en una sola aplicación o su fácil acopio, en algunos casos, su repetido uso ha provocado que algunas plagas se hayan vuelto resistentes a estos productos de control químico, la biofumigación es un método alternativo para el control de plagas que se encuentren afectando un cultivo, su proceso acontece cuando residuos con propiedades beneficiosas para la defensa del cultivo pasan por una fase de vaporización generando un compuesto natural denominado isotiocianato el cual tiene una potente actividad antifúngica, algunas de las ventajas físicas y químicas en la aplicación de la biofumigación a continuación se exponen: aumenta las propiedades físicas del suelo al unirlo y formar enlaces con superficies reactivas de partículas minerales, lo que les permite formar agregados más estables en el suelo, soportando así la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua del suelo mediante la adición de poros de mayor diámetro, lo que requiere menos energía para retener el agua y es absorbido más fácilmente por las plantas, además, el aumento de la penetración del agua se extiende la conductividad hidráulica.

Palabras claves: Biofumigación, Plaguicidas, Isotiocianato.

SUMMARY

The tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most important vegetables grown around the world, China stands out as its main producer with 860 tons, the United States is the country that imports this vegetable the most, while Mexico is the country that imports the most exports it, allocating most of it to the United States market, in Ecuador there are 3 thousand hectares of tomato, the production is approximately 62 thousand tons per year, in tomato crops pest control has been supported by traditional methods such as the use of pesticides of synthetic origin, under the excuse of their versatility and their way of acting in the control of different organisms that affect the crop in a single application or their easy storage, in some cases, their repeated use has caused some pests have become resistant to these chemical control products, biofumigation is an alternative method for controlling pests that are affecting a crop, its process takes place When residues with beneficial properties for the defense of the crop go through a vaporization phase, generating a natural compound called isothiocyanate, which has a powerful antifungal activity, some of the physical and chemical advantages in the application of biofumigation are set out below: it increases the physical properties of the soil by binding it and forming bonds with reactive surfaces of mineral particles, which allows them to form more stable aggregates in the soil, thus supporting the soil structure, increases the water holding capacity of the soil by adding pores of larger diameter, which requires less energy to retain water and is more easily absorbed by plants, in addition, increased water penetration extends hydraulic conductivity.

Keywords: Biofumigation, Pesticides, Isothiocyanate.

INDICE

RESUMEN.....	II
SUMMARY.....	III
INDICE.....	IV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO METODOLÓGICO.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. General.....	5
1.4.2. Específicos.....	5
1.5. Fundamentación teórica.....	5
1.6. Hipótesis.....	13
1.7. Metodología de la investigación.....	13
CAPÍTULO II.....	14
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
2.1. Desarrollo del caso.....	14
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	14
2.3. Soluciones Planteadas.....	15
2.4. Conclusiones.....	16
2.5. Recomendaciones.....	16
BIBLIOGRAFIA.....	17

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una especie de hortaliza la cual tiene sus orígenes en países del Sur de América en la zonas Andinas de Perú, Chile y Ecuador es de clase herbácea, presenta un tallo semileñoso en el que su sistema radicular se compone por una raíz principal corta en su extensión con ramificaciones numerosas, desarrollan raíces adventicias en la parte superior del suelo, la raíz está formada por una parte externa o epidermis en donde está localizado los pelos absorbentes lo cuales tienen la función de absorber el agua y nutrientes, en su interior se ubica el tejido y el cilindro vascular central lo conforma el xilema el cual es un tejido importante que tiene por función el transportar nutrientes desde la raíz hacia la hojas y otras partes de la planta (López y Parrado 2017).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una de las más importantes hortalizas que se cultivan alrededor del mundo, donde el país Asiático China destaca por ser su principal productor con 52, 586 Y 860 toneladas, Estados Unidos es el país que más importa esta hortaliza, mientras que México es el país que más la exporta destinando la mayor parte al mercado de los Estados Unidos, en Ecuador hay 3 mil hectáreas de tomate, la producción es de aproximadamente 62 mil toneladas al año, la mayoría de las plantas de tomate están ubicadas en diferentes provincias del Ecuador en la Costa en la provincia de Santa Elena y en la Sierra en las provincias de Carchi, Imbabura y Azuay (Midagri 2021).

La biofumigación es un método alternativo para el control de plagas que se encuentran afectando un cultivo, su proceso acontece cuando residuos con propiedades beneficiosas para la defensa del cultivo, pasan por una fase de vaporización generando un compuesto natural denominado isotiocianato el cual tiene una potente actividad antifúngica (Garrido Flores 2017).

La biofumigación hace referencia a la descarga de compuestos volátiles en descomposición de especies vegetativas o de animales y que cumple la función de pesticida, entre las especies vegetales que más se utilizan son el género de las Brassicas debido a sus elevados contenidos de glucosinolatos capaces de

liberar sustancias beneficiosas para el cuidado de los cultivos hortícolas esto mientras cumple su proceso de degradación (Curay et al. 2021).

Algunas de las ventajas en la aplicación de la biofumigación son las siguientes: Aumenta las propiedades físicas del suelo al unirlo y formar enlaces con superficies reactivas de partículas minerales lo que les permite formar agregados más estables en el suelo, soportando así la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua del suelo mediante la adición de poros de mayor diámetro, lo que requiere menos energía para retener el agua y es absorbido más fácilmente por las plantas, además del aumento de la penetración del agua se extiende la conductividad hidráulica (K)(Martínez 2018).

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente trabajo investigativo tuvo como finalidad la recolección de información bibliográfica sobre los beneficios de la biofumigación en los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en este trabajo se buscó determinar la importancia que conlleva la biofumigación como una práctica sustentable con el medio ambiente en cultivos de tomate.

1.2. Planteamiento del problema

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el Ecuador es de suma importancia, debido a que es un producto de la canasta básica familiar y es de gran valor para la agricultura, sin embargo, en el proceso de siembra y producción de este cultivo, los agricultores optan por el uso excesivo de productos de compuestos químicos, los cuales resultan ser nocivos para los polinizadores en los ecosistemas como las abejas, para los microorganismos beneficiosos del suelo y representan un peligro a la salud de los agricultores y los consumidores finales.

Un factor que influye en el agricultor para seguir optando por la práctica de fumigación a base de agroquímicos convencionales, es el desconocimiento y poca información sobre mejores alternativas que resulten ser más efectivas en el control de plagas y enfermedades, más beneficiosas en la calidad del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y sustentable con el medio ambiente que las prácticas convencionales.

El uso de productos agroquímicos en la fumigación en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ha causado por años daños en el suelo como la pérdida de su fertilidad, la muerte de microorganismos beneficiosos y daños irreversibles en el medio ambiente, la producción final del fruto en estas condiciones también afecta a los consumidores, en ellos se presenta una acumulación de sustancias químicas que con el tiempo puede causar

enfermedades relacionadas con el metabolismo, daño a los pulmones, al hígado, hepatitis tóxica, perjudica el sistema nervioso e inmunológico, también puede ocasionar enfermedades severas en el cutis.

1.3. Justificación

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es de gran importancia económica en el país, cada habitante ecuatoriano consume en promedio 5 kilos de tomate al año, esto explica la popularidad de este fruto nativo, debido a lo antes ya mencionado, la producción de su cultivo demanda de nuevas técnicas en la prevención de plagas y enfermedades, la biofumigación es un método alternativo ecológico efectivo el cual tiene numerosos beneficios para el cultivo y su desarrollo.

Debido a que el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo susceptible a la presencia de múltiples plagas en su etapa de desarrollo y al no contar con un sistema fijo para poder predecir sus síntomas y cuando ya están se presentan a simple vista en las plantaciones, el uso de productos químicos en forma de prevención resulta ser la opción convencional de manejo (Grinfeld y Mendiz 2007).

El presente trabajo se realiza en respuesta a las necesidades de conocimiento de los productores de tomate en el Ecuador sobre encontrar mejores alternativas de igual o mejor eficacia que el de las técnicas convencionales en el control de plagas del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), sin la utilización de químicos nocivos que sean perjudiciales para la salud humana y microorganismos del suelo.

La realización de este trabajo investigativo es posible, en virtud de la disposición de información con fuentes bibliográficas que aborda el tema de la biofumigación y sus beneficios en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), los más beneficiados son los agricultores, en vista de que el estudio de este trabajo se relaciona con las prácticas agrícolas brindando información sobre la fumigación biológica como método alternativo para prevenir y combatir plagas, respetando el medio ambiente y las propiedades del suelo.

1.4. Objetivos

1.4.1. General

1. Establecer los beneficios de la biofumigación en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

1.4.2. Específicos

1. Detallar las propiedades de la biofumigación en el control de plagas de tomate.

2. Describir la importancia de la biofumigación para enfermedades en el cultivo de tomate.

1.5. Fundamentación teórica

Generalidades del tomate

En el transcurso del tiempo, el tomate (*Solanum lycopersicum* L) ha pasado por un largo trayecto hasta poder convertirse en una de las frutas más reconocidas en toda América, sus orígenes abarcan en las culturas incaicas, en donde se manifestó de manera campestre, con sus caracteres habituales, luego su cultivo se expandió en todo el continente Sudamericano hasta llegar a Centroamérica, y allí fueron mejorando su técnica en el cultivo y su producción en diferentes variedades (Brouwer y Elliott 2006).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es una planta que tuvo su origen en Ecuador hace ya mucho tiempo en donde existían diversas variedades silvestres, se introdujo en Europa en el siglo XVI, originalmente cultivado como planta ornamental, el tomate se ha extendido a todas partes del mundo como alimento humano, y es el vegetal económicamente más valioso, su demanda sigue aumentando al igual que el cultivo, la producción y el comercio, los tomates crecen en regiones cálidas y templadas, existen diferencias

significativas en los sistemas y técnicas culturales utilizados por los horticultores (Van Haeff 2012).

Morfología del tomate

Su sistema radicular va a depender del tipo de cultivo que se maneje, es así que los cultivos de tomate que sean plantados de manera directa obtienen un sistema radicular pivotante el cual crece verticalmente hacia abajo, con profundidad y una baja cantidad de ramificaciones, por otra parte si es plantada por medio de trasplante se obtiene excesivas raíces superficiales con abundantes ramificaciones, generalmente en los primeros 20 y 30 centímetros de profundidad se pueden encontrar la mayoría de raíces absorbentes, el tallo y las ramas deben estar sujetas por tutores para poder crecer de manera erguida debido a su consistencia leñosa sus hojas son compuestas, está formada por hojuelas o folíolos de forma alterna dispuestos en el mismo plano, están protegidas por una fina vellosidad, sus flores son perfectas pues sus estambres están unidos entre sí y se agrupan en inflorescencias de racimo, la cantidad fluctúa dependiendo de la variedad y de acuerdo a su fase de crecimiento, su fruto es de estructura y porte variado, depende del número de lóculos, la semilla tiene forma lenticular está constituida por el embrión, endospermo y la testa o cubierta seminal, su capacidad germinadora es de tres a cuatro años en condiciones favorables a su ambiente, no obstante pueden mantenerse en refrigeración hasta por doce años (Acosta 2016).

Requerimientos agrícolas del cultivo de tomate

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) no requiere suelos de alta calidad, no obstante su tamaño y óptimo desarrollo se obtiene en suelo con profundidad de 1 m o más con textura moderada, permeable, contenido óptimo de residuos orgánicos y sin inconvenientes físicos, en la etapa de germinación una temperatura excelente del suelo es de 28-30°C, una temperatura entre 15 y 25 grados favorece al proceso de establecimiento del cultivo de manera

inmediata, se garantiza el desarrollo completo del cultivo de tomate en suelos con valores de pH entre 5,5 y 6,8 (Müller 2021).

Principales plagas que se presentan el cultivo de tomate

Las enfermedades que se presentan en los cultivos de tomate pueden ser causadas por hongos, bacterias y virus, generalmente la presencia de estas 3 plagas se da cuando las temperaturas superan los 25°C y la humedad relativa supera el 80%, la densidad en las plantas supera el límite recomendado de 3,7 plantas por metro cuadrado, cuando hay persistencia de agua libre en los tejidos y por el uso de herramientas contaminadas (Jaramillo Andrade 2015).

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo muy delicado en lo que se refiere a la presencia de plagas y enfermedades y sus ataques, entre las plagas más importante se encuentran la mosca blanca, el tizón tardío y temprano, las moscas blancas aparecieron por primera vez en América en 1998, y se menciona que es un biotipo de (*Bemisia tabaci*) llamado biotipo "B" o "poinsettia" de origen iraní o pakistaní, su llegada al continente Americano se dio posiblemente por un transporte de frutas o verduras y luego mosca blanca se propagó de manera rápida a otras áreas agrícolas y hoy en día se extiende por casi todo el continente, las hojas y los brotes de tomate son de las partes más afectados por este insecto, el (*Phytophthora infestans*) o tizón tardío es una de las enfermedades que más afectan al cultivo de tomate y puede provocar la pérdida total en el cultivo si no se controla a tiempo, se pueden ver manchas marrones irregulares en las hojas y, con el tiempo, aparecen pequeños algodoncillos de color blanco grisáceo en la parte inferior de la hoja; varias manchas se combinan para formar manchas más grandes que cubren casi toda la hoja y luego esta se cae, en cambio, el (*Alternaria solani*) o tizón temprano en el tomate causa el tizón de la hoja y la pudrición de la fruta, esta enfermedad se presenta en cualquier etapa del desarrollo del cultivo y puede ocasionar pérdidas de hasta un 30% en condiciones que favorezcan su desarrollo (Reinoso 2015).

Biofumigación

La expresión biofumigación es un término reciente para referirse al control de plagas utilizando abonos de origen vegetal, al parecer los primeros

investigadores en utilizar la expresión biofumigación fueron los australianos Matthiessen y Kirkegaard en el año 1993 al querer cambiar un producto de compuestos químicos en el control de un insecto de la familia Scarabaeidae famoso por su nombre común en el continente Oceánico como gorgojo (*Graphognathus spp*) (Duarte Rolla 2018).

Dicho lo antes mencionado, el termino de biofumigación ha ingresado en formar parte del fragmento del léxico que se empela para referirse el control de plagas, debido a que la definición del término es amplia y se refiere a un efecto positivo en las prácticas culturales y a la intervención de factores que participan en la descomposición de residuos orgánicos en el suelo (Alonso y Jesús 2010).

La Biofumigación consiste en la inhibición de plagas por el accionar de compuestos que descomponen la materia orgánica de origen vegetal y animal, esta alternativa de fumigación se ha vuelto más relevante desde que se inició la búsqueda de alternativas para sustituir el compuesto orgánico halogenado bromuro de metilo o reducir la utilización de otros plaguicidas de origen sintéticos, esta técnica influye de manera positiva cuando los biofumigantes se distribuyen de manera uniforme, se incorporan al suelo y se riegan hasta llegar al punto de saturación, los más utilizados son estiércol de especies avícolas, caprino, ovino y vacuno, así como residuos de hongos, arroz, aceitunas y especies plantas crucíferas, la biodegradación de residuos de estas clases de grupos elaboran sustancias volátiles biotóxicas originada por los compuestos naturales con potente actividades antifúngicas denominadas isotiocianatos, la textura del suelo, la humedad, el pH y la temperatura, son los factores que afectan la degradación de la materia orgánica (Heredia et al. 2019).

Biofumigación en la agricultura

A lo largo de varios años la fumigación de suelos y sustratos con bromuro de metilo había sido una práctica común, y funcionaba bien para prevenir y controlar todo tipo de plagas y arvenses en las primeras fases de los cultivos hortícolas en especial los de la familia solanácea que se desarrollan bajo invernaderos, desde que se prohibió el compuesto químicos bromuro de metilo debido a su impacto perjudicial sobre la capa de ozono, se fue reemplazando paulatinamente por diversos plaguicidas sintéticos y por otras técnicas de control

como la exposición al sol y pulverización de vapor de agua, era fundamental seguir con la investigación de novedosas alternativas que sustituyan a las prácticas convencionales, con el fin de buscar el manejo de suelos y cultivos de calidad, que incluyan una buena eficacia y sustentable con el medio ambiente, se optó por la alternativa más viable que es la biofumigación (Perniola et al. 2019).

Los agricultores disponen de incontables medios naturales con una excelente efectividad y eficacia para lidiar con la aparición de plagas en cultivo de familia de género solanáceas, reduciendo así su incidencia, sin la obligación de necesitar insumos tradicionales, lo que contribuye a la sostenibilidad del suelo en la producción del tomate hasta su cosecha, estos medios incluyen todo tipo de hortalizas, residuos de cosecha y especies arvenses las cuales tienen propiedades beneficiosas para esta práctica (Bongiorno et al. 2009).

La biofumigación ha asombrado a muchos agricultores y técnicos debido a la inducción de la técnica de la alteración genética de diversas especies vegetales en el campo agrícola, para muchos cuesta creer que una técnica denominada como ancestral y la cual sus fundamentos solo consiste en la utilización de materia orgánica, hoy en día es una opción prospera y de futuro en el campo agrícola, son varios programas académicos en sanidad vegetal que se suman en abordar actualmente el tema de la fumigación biológica como una alternativa de control no química sustentable (Martínez 2018).

Hoy en día la agricultura modernizada y actualizada, fundamentada en la aplicación extensiva de productos químicos y el uso de variedades e híbridos con elevados potenciales de rendimientos, han ocasionado una secuencia de inconvenientes muy graves que discuten sobre la posibilidad de alimentar a las futuras generaciones, debido a la intensificación de la agricultura y los efectos de los insumos químicos y la inapropiada utilización tecnológica, todos estos factores destruyen los sistemas agrarios y sus recursos y su capacidad productiva, todo los días se incrementa la presión de los consumidores con el objetivo de poder encontrar controles alternativos que respeten el medio ambiente y que no conlleven efectos dañinos en la salud humana de ellos (Peñalba 2022).

Proceso de elaboración

Para la elaboración de esta práctica se incluyen restos de origen animales o vegetativo, de este último generalmente de especies crucíferas como pueden ser: coliflores, verduras de hojas verdes y rúgula o arúgulas, estas al incorporarse al suelo y al ser desmembrados, liberan compuestos tóxicos nocivos como el allí isometiltiocianato una sustancia la cual es capaz de controlar toda clases de problemas fitosanitarios en el suelo provocado por los microorganismo que ataquen al cultivo, además de lo ya mencionado al incorporar materia de origen vegetativo o animal al suelo ayudar en mejor su estructura física y sus propiedades químicas, esto contribuye significativamente para el desarrollo del cultivo (Jiménez et al. 2020).

Atraviesa un proceso en donde interviene la fermentación, descomposición de residuos y compost, causando la multiplicación de microorganismos en su fase termófila, causando así reducir la viabilidad de agentes infecciosos, a su eficacia se suma las condiciones de ambiente sin oxígeno que se produce en el suelo (INTAGRI 2012).

Beneficios en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.)

Es una práctica amigable con el medio ambiente, pues no tiene ningún impacto ambiental, los materiales orgánicos que actúen en el suelo controlan todo tipo de microorganismos que sean una amenaza para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), al ser completamente orgánico no hay límites para su utilización y así con esta técnica se puede obtener una producción libre de productos de origen sintético o químicos (Jiménez et al. 2020).

Es una técnica compatible con la protección y cuidado de la naturaleza y la conservación del suelo, quizá la mayor adversidad de esta práctica, es la poca disposición de residuos orgánicos de especies vegetales como: hortalizas pertenecientes a las familias de las brasicáceas, al querer introducir esta práctica a las labores de campo, el agricultor debe tener en cuenta contar con una disposición de residuos de especies vegetales crucíferas, ya que estas suministrarán residuos en descomposición los cuales permitirán la desinfección de la tierra donde se cultivara el cultivo de tomate (Jiménez et al. 2020).

Es una alternativa de fácil uso para los agricultores y técnicos en el campo, esto debido que se aplica residuos orgánicos, los que se encuentran en el mismo sector rural y ellos ya tienen conocimiento sobre las indicaciones a seguir para su elaboración, el agricultor identifica con facilidad estos materiales debido a su olor en descomposición similar al amoníaco (Sangama 2018).

Como ya se ha indicado la biofumigación es fácil en la práctica y al momento de aplicar para los fumigadores, solo aplaza las modificaciones de los restos orgánicos a elegir, los cuales deben entrar en el proceso de descomposición, se debe tomar en cuenta la necesidad de retención de al menos 14 días de los gases que se produzcan, debido a que su efecto es casi siempre biostático y no biocida, se ha comprobado que las combinaciones de restos vegetales o aquellos con una relación C/N entre 8-20 pueden tener efectos de biofumigación, evitando efectos fitotóxicos en los cultivos sin que pierda su efecto como plaguicida, se ha evidenciado que la dosis de 50 t ha⁻¹ es la necesaria aun cuando la presencia de plagas sea severa, las dosis elevadas se pueden rebajar por medio del uso de surcos en el cultivo (Alonso y Jesús 2010).

Tanto para al agricultor como el consumidor, la biofumigación no representa un riesgo para la salud de ambos, no obstante, el agricultor debe respetar los parámetros higiénicos y de seguridad a la hora de realizar una aplicación (Mitidieri et al. 2009).

Su incorporación en forma de abono conlleva efectos beneficiosos sobre el desarrollo consecuente del cultivo, esto debido a que al estar cubierto el suelo se protege de la erosión, aumentando el porcentaje de materia orgánica y el acceso del agua será más penetrable (Mitidieri et al. 2009).

La biofumigación incentiva en el suelo la activación de microorganismos mejorándolo con la materia orgánica, cuando esta se agrega se genera alteraciones microbiológicas debido al aumento de microorganismos en el suelo, los descomponedores de materia orgánica son fuente de nutrientes y a la vez facilitan la proliferación de diversos microorganismos depredadores de plagas que afecten al cultivo de tomate, aumentando así la población de estos microorganismos benéficos y otros organismos en el suelo, además de aumentar

la actividad microbiana produce un incremento en el nivel de enzimas del suelo y con ello aumenta la velocidad de la reacción catalizada a concentraciones enzimáticas más altas (Martínez 2018).

Al realizar la biofumigación con la incorporación de especies crucíferas el efecto de estas disminuye de una manera significativa la incidencia de plagas que afecten el cultivo, sin alterar o eliminar la presencia de microorganismos beneficiosos para el cultivo (*Solanum lycopersicum* L.), en estos últimos mencionados la biofumigación tienen un efecto positivo para estos microorganismo lo que significa que esta práctica ayuda en el proceso de transferencias de sustancias por medio de diferente tipos de microorganismos y con esto la biodiversidad aumenta su funcionalidad, en contexto esta práctica ayuda en la restitución del hábitat de los suelos (Bongiorno et al. 2009).

Otro beneficio importante es la incorporación de materia orgánica al suelo, mejora la estructura del suelo, la permeabilidad al agua y cambia las propiedades físicas y químicas del suelo, haciendo así el ambiente propicio para el crecimiento de los cultivos ya que es un suministro de nutrientes, posiblemente disponible a las plantas (Duarte Rolla 2018).

La implementación de la biofumigación en el cultivo de tomate puede convertirse en una inversión de costo cero, debido a las pocas necesidades del cultivo y amplia variedad de residuos orgánicos, su efectividad estará sujeta a las circunstancias que se encuentren, su uso no es dañino al medio ambiente y por consecuente su manipulación es segura al momento de elaborarlo, mejora la productividad y su calidad (Aroche-Alarcón et al. 2019).

Biofungicidas

El uso de *Bacillus subtilis* no solamente reduce daños por agentes patógenos, sino aumenta el rendimiento de cultivos, proporcionándoles propiedades para el desarrollo de frutos, la dosis más alta del fungicida biológico presentó 12 000 kg/ha (Peralta 2021).

El efecto de los agentes biológicos utilizados como antagonistas (hongos endófitos) en el control biológico de *Colletotrichum* participan en la promoción del crecimiento de las plantas y el uso de hongos endófitos antagonistas del género

Nigrospora, no afecta el desarrollo normal de la planta, en las condiciones que se llevó a cabo la investigación (temperatura y HR). Además, que la infección por Colletotrichum influye en el metabolismo vegetal y producción de biomasa, según se evidencia en el análisis estadístico de biomasa (Rios 2012).

1.6. Hipótesis

Ha= La aplicación de la biofumigación tiene beneficios positivos sobre el cultivo de tomate. (*Solanum lycopersicum* L.).

Ho= La aplicación de la biofumigación no tiene beneficios positivos sobre el cultivo de tomate. (*Solanum lycopersicum* L.).

1.7. Metodología de la investigación

La presente investigación se realizó con la información extraída de libros, artículos científicos, bibliotecas virtuales y páginas web, relacionados con el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la biofumigación y sus beneficios en el cultivo.

Mediante el método bibliográfico se verificó e identificó todo documento recolectado que mantenga relación de acuerdo al tema de investigación; utilizando archivos publicados con la temática de estudio de herramientas digitales implementadas en el ámbito de la biofumigación y el cultivo de tomate.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1. Desarrollo del caso

Para iniciar con el desarrollo y recolección de información, se investigó sobre información que tenga relación con el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), la biofumigación, sus antecedentes como método alternativo y sus beneficios para agricultores y consumidores, para la elaboración de este componente práctico se consultó páginas de internet de manera meticulosa, con el fin de garantizar una información clara y precisa.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Una vez analizados los beneficios que conlleva esta práctica en las labores de fumigación en los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se hallaron las siguientes situaciones:

El cultivo de tomate es muy importante en el Ecuador debido a su historia en el país y a su importancia nutricional, es parte de la canasta básica de familias ecuatorianas, sin embargo, la mala prácticas al momento de querer prevenir plagas y enfermedades, el excesivo uso de productos a base de químicos como el bromuro de metilo en la fumigación, ocasionan daños como: la contaminación ambiental, baja fertilidad en el suelo, crean resistencia a las plagas que afectan al cultivo y la calidad del fruto, siendo esto nocivo en la salud de los agricultores al momento de fumigar y de los consumidores al momento de ingerir esta hortaliza.

Los agricultores en el Ecuador no tienen conocimiento sobre los daños que esta práctica convencional a base de agroquímicos ocasiona en la salud de ellos, en la de los consumidores y el daño ambiental y ecológico que ocasiona esta práctica, esto debido a que desconocen métodos alternativos como la biofumigación la cual es una técnica más efectiva para el control de plagas y enfermedades que la fumigación convencional, la biofumigación resulta ser más

beneficiosa en los cultivos de tomate siendo más sustentable con el medio ambiente.

El cultivo de tomate resulta ser de gran importancia económica en el país, cada habitante ecuatoriano consume en promedio 5 kilos de tomate al año, es una hortaliza muy popular en el país, es por eso necesario la implementación de nuevas técnicas en la prevención de plagas y enfermedades.

La biofumigación demuestra ser una práctica beneficiosa en la producción del cultivo, debido a la implementación de materia orgánica al suelo mejora su fertilidad, desarrolla microambientes para la reproducción de microorganismos beneficiosos, su práctica es de fácil manejo, no altera el medio ambiente ni los ecosistemas y por último no resulta ser nocivo para la salud del agricultor ni del consumidor.

2.3. Soluciones Planteadas

De acuerdo a los hallazgos se plantean las siguientes soluciones:

Es necesaria que el agricultor implemente la biofumigación como práctica de prevención de plagas y enfermedades en los cultivos de tomate ya que con esta práctica obtendrá beneficios mejorables en el cultivo, al implementar esta técnica de fumigación se sustituye el uso de compuestos químicos como el bromuro de metilo por residuos orgánicos vegetales del género brassicas, siendo esta técnica mejorable para el suelo, el medio ambiente y la salud de los seres humanos.

Por medio de capacitaciones a los agricultores se debe concientizar sobre el daño que la fumigación con agroquímicos ocasiona en el ambiente y la salud de los seres humanos, se debe dar a conocer los beneficios que conlleva la biofumigación e incentivar a agricultores y técnicos a implementar las técnicas de biofumigación de forma correcta y no solo en cultivos de tomate si no en cualquier cultivo general, como ya se ha indicado en el presente trabajo esta práctica conlleva varios beneficios.

2.4. Conclusiones

De acuerdo a la investigación realizada se concluye en lo siguiente:

Que la biofumigación tiene beneficios importantes en el cultivo de tomate ya que no afecta en la salud de agricultores ni consumidores al momento y al incorporar materia orgánica al suelo da lugar a diversos microorganismos antagónicos, los cuales no solo actúan en el control de varias plagas provenientes del suelo, sino que incrementa su micro floración benéfica.

Que esta alternativa de fumigación biológica tiene propiedades más beneficiosas para el control de plagas que la práctica convencional a base de productos químicos, debido a que es amigable con el medio ambiente y no afecta de manera negativa al suelo.

Esta práctica es muy importante para el control de enfermedades que ataquen en los cultivos de tomate.

2.5. Recomendaciones.

De acuerdo a las conclusiones se recomienda lo siguiente:

Que los agricultores deben usar equipos de protección y mascarillas, aunque la biofumigación es una práctica amigable y de origen orgánico y no representa peligros para la salud, se sugiere tener en cuenta esta recomendación, debido a los gases volátiles que emanan los residuos orgánicos.

Los productores deberían contar con asesoría técnica de profesionales especializados en agricultura sustentable, con el fin de conocer que materiales orgánicos debe utilizar, para eliminar los elementos hostiles en la agricultura.

Se debe implementar esta práctica en las labores de fumigación para el control de enfermedades en el cultivo de tomate.

BIBLIOGRAFIA

Alonso, Z; Jesús, M. 2010. Efecto de la biofumigación y biosolarización en el control de agentes fitopatógenos (en línea). Tesis doctoral. s.l., Universitat Politècnica de València. DOI: <https://doi.org/10.4995/Thesis/10251/7322>.

Aroche-Alarcón, JA; Rizo-Mustelier, M; Vuelta-Lorenzo, DR. 2019. Empleo de alternativas para el manejo de nemátodos en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en la finca Santo Tomás. Ciencia en su PC 1(1):1-15.

Bongiorno, M; Larrosa, C; Maidana, A; Arenas, M; Cruz, Y; López, R; Giannuzzi, L; Cap, G. 2009. Biofumigación con recursos locales: el caso de la producción hortícola de los quinteros del Parque Pereyra Iraola (en línea) (En accepted: 2022-04-11t14:53:34z). . Consultado 30 ago. 2022. Disponible en <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/154900>.

Brouwer, C; Elliott, M. 2006. El Tomate, sus Datos e Historia. Texas Cooperative Extension 1:2.

Curay, S; Salinas, MPSP; Vásquez, C; Mangui, J; Telenchana, N. 2021. Biofumigación y solarización como estrategias de manejo de nematodos en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Revista Alfa 5(15):489-496. DOI: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i15.131>.

Duarte Rolla, MM. 2018. Efecto de la biofumigación con brassicáceas sobre *Nacobbus aberrans* en plantas de tomate platense (*Solanum lycopersicum* L.) (var. platense) (en línea). Tesis. s.l., Universidad Nacional de La Plata. . Consultado 31 ago. 2022. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/70808>.

Garrido Flores, E. 2017. Biofumigación como alternativa al Bromuro de Metilo en hortalizas (en línea). Thesis. s.l., Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. . Consultado 31 ago. 2022. Disponible en <http://200.9.234.120/handle/ucm/repositorio.ucm.cl/handle/ucm/2286>.

Grinfeld, L; Mendiz, O. 2007. Agradecimiento. Salud(i)Ciencia 15(6):1038. DOI: <https://doi.org/10.5354/0719-529x.2020.60133>.

Heredia, P; Sosa, MC; Reybet, G. 2019. Biofumigación, una alternativa para la desinfección de suelos (en línea) (En accepted: 2019-12-05t13:15:06z). Boletín Electrónico de la FCA-UNCO v. 3 edición 9, junio 2011 . Consultado 29 ago. 2022. Disponible en <http://rdi.uncoma.edu.ar/handle/uncomaid/15555>.

INTAGRI. 2012. Una Técnica Para Desinfectar y Mejorar el Suelo. .

Item 1025/546 | Repositorio CIQA. 2018. (en línea, sitio web). Consultado 1 sep. 2022. Disponible en <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/546>.

Jaramillo Andrade, JF. 2015. Evaluación agronómica del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo tres diferentes coberturas plásticas (en línea) (En accepted: 2016-09-01t15:48:51z). . Consultado 31 ago. 2022. Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/5339>.

Jiménez, JC; Candia, BV; Pinto, AT. 2020. Una alternativa orgánica para la desinfección de suelos en invernaderos. :20.

López, HU; Parrado, CA. 2017. Buenas prácticas agrícolas en sistemas de producción de tomate bajo invernadero (en línea). 1 ed. s.l., Universidad Jorge Tadeo Lozano. DOI: <https://doi.org/10.2307/j.ctv23dxc51>.

MIDAGRI. 2021. TOMATE semana nacional de frutas y verduras 2021 (en línea). Lima, Peru, s.e. 8 p. Disponible en www.gob.pe/midagri.

Mitidieri, M; Brambilla, V; Saliva, V; Piris, E; Piris, M; Celié, R; Pereyra, C; Pardo, KD; Chaves, E. 2009. Efecto de distintas secuencias de tratamientos de biofumigación sobre parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo, el rendimiento y la salinidad de cultivos de tomate y lechuga bajo cubierta. :13.

Müller, R. 2021. (*Trichoderma harzianum*) como herramienta en el manejo integrado de enfermedades de tomate (en línea). Tesis. s.l., Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. DOI: <https://doi.org/10.35537/10915/129788>.

Peñalba, JN. 2022. Efecto de (*Trichoderma harzianum*) luego de una biofumigación para el biocontrol de (*Clavibacter michiganensis*) subsp. (*Michiganensis*) en tomate (en línea). Tesis. s.l., Universidad Nacional de La Plata. Consultado 1 sep. 2022. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/134048>.

Peralta, M. 2021. EFECTO DE FUNGICIDA BIOLÓGICO PARA EL CONTROL DE ENFERMEDADES FÚNGICAS EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*) EN EL CANTON MILAGRO, RECINTO LA ESPERANZA (en línea). tesis. Milagro, Ecuador, Universidad Agraria del Ecuador. Disponible en <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PERALTA%20MATUTE%20JUAN%20FERNANDO.pdf>.

Perniola, OS; Chorzempa, SE; Staltari, S; Molina, M del C. 2019. Biofumigación con *Brassica juncea*: efecto sobre la flora arvensis. Revista de la Facultad de Agronomía 118(1):25-35. DOI: <https://doi.org/10.24215/16699513e003>.

Prócel, JMA. 2016. Evaluación del comportamiento agronómico de nuevos híbridos de tomate hortícola (*lycopersicum esculentum*) bajo cubierta plástica. 2016 :89.

Reinoso, J. 2015. Diagnóstico del uso de plaguicidas en el cultivo de tomate riñón en el Cantón Paute. MASKANA 6(2):147-154. DOI: <https://doi.org/10.18537/mskn.06.02.11>.

Rios, M. 2012. CONTROL BIOLÓGICO DE LA ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) EN TOMATE DE ÁRBOL (*Solanum betaceum*), EN EL ECOTIPO: Amarillo puntón, MEDIANTE HONGOS ENDOFITOS ANTAGONISTAS (en línea). tesis. Paute, Azuay, Universidad Politecnica Salesiana. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3806/1/UPS-CT001974.pdf>.

Sangama, M. 2018. Solarización y biofumigación con aplicación de abono verde para el control de *Fusarium sp.*, en el cultivo de culantro (*Coriandrum*

sativum L.) en Lamas – San Martín – Perú (en línea) (En accepted: 2019-02-04t16:03:20z). Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto . Consultado 30 ago. 2022. Disponible en <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3103>.

Van Haeff, JNM. 2012. Tomates (en línea). 4. ed. Mexico (Mexico), Trillas. 67 p. Disponible en http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=8974.