

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Pruebas de Efectividad de Subproductos de Col para Control de *Fusarium*
en Tomate

Por:

YAIZA DE GUADALUPE CUVAS LIMÓN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Pruebas de Efectividad de Subproductos de Col para Control de *Fusarium* en
Tomate

Por:

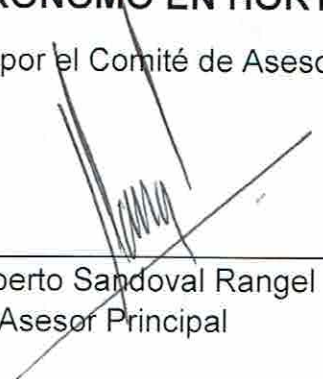
YAIZA DE GUADALUPE CUVAS LIMÓN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA


Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Asesor Principal



M.C. Berta Felisa Civieta Bermejo
Coasesora Externa



Dra. Susana González Morales
Coasesora



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2018



AGRADECIMIENTOS

A lo largo de mi vida y de mi carrera he tenido la bendición de conocer gente que no solo me ayudaron a crecer profesionalmente si no que me mostraron su amistad, su cariño y principalmente confiaron en que, si podía, esas personas que son especiales para mí y se han vuelto familia. Siempre estaré muy agradecida por todo lo que me han brindado, porque sin su ayuda y apoyo me hubiera sido aún más difícil llegar donde estoy ahora. Quisiera sintetizar en breves y muy sinceras palabras mi sentida gratitud.

A ti Señor por haberme permitido llegar a este punto de vida, por acompañarme en el camino, por darme la dicha de ser ingeniera y por hacerme la persona más rica del mundo, gracias Señor porque sin ti no sería nada.

Al Doctor Alberto Sandoval Rangel por su apoyo en la realización de este trabajo, su atención, su confianza, amistad, por su disponibilidad y por creer en mí, porque me ha transmitido el conocimiento para realizarme como profesionalista.

A la M.C Bertha Civieta Bermejo, por su apoyo incondicional, por ser la mejor asesora, porque gracias a ella he aprendido muchas cosas, por la amistad y las palabras de motivación, la paciencia y dedicación, por siempre mostrar interés en mi crecimiento profesional.

A mis papás: gracias a mi papá Manuel Cuvas por el apoyo y el ejemplo que me ha dado para ser una mejor persona cada día y a mi mamá Juana Limón la persona más importante en mi vida, gracias por el esfuerzo que cada día realizas para darme lo mejor, gracias por estar siempre a mi lado. Por su amor, por sus palabras, gracias por seguir siendo su bebe tomarme de la mano y ayudarme a llegar en donde estoy ahora, los amo con todo mi corazón.

A mis hermanos: a Jesús Cuvas por ser mi cómplice en todo momento, mi mejor amigo, mi consentido te amo demasiado, y Betsabé porque me has apoyado siempre, por tus consejos, por estar al pendiente, por enseñarme a crecer. Gracias por vivir conmigo tantos hermosos momentos, los amo demasiado hermanitos son mi todo.

A Jesús Carrera López, por brindarme tu apoyo incondicional, por creer en mí, y compartirme tus fuerzas para seguir adelante, por el amor y la compañía que me das en todo momento, por hacerme inmensamente feliz, te amo demasiado chiquito y lo eres todo para mí.

A mis amigos por acompañarme en esta aventura, por estar en las buenas y en las malas, por ser mi familia y disfrutar conmigo de la vida: Adi Castro, Ale

Esquivel, Karen Ramos, Thelma Sánchez, Elizabeth Hdz, Seli Hdz. Berenice Cavanzo, Román García.

A mis maestros por transmitirme sus conocimientos para ser mejor en el mañana, por su amistad, motivación, paciencia a la Dra. Fabiola Aureoles, Ing. Gerardo Rodríguez, Dr. Valentín Robledo, Dr. Víctor Reyes, Teacher Yanira, Mtra. Evangelina Rdz y Lupita Ovalle

DEDICATORIAS

Quisiera dedicar este logro que ha sido con mucha dedicación, esfuerzo trabajo y cariño a esas personas que me motivaron a ser mejor persona cada día, mejor profesionista, y que especialmente son mi ejemplo a seguir, esas personas que me dijeron “si puedes”

A ti Señor, te dedico todo mi esfuerzo, todo mi trabajo, toda mi dedicación y lo que soy, en pocas palabras mi vida, no hubiera llegado a este logro si no es por ti. Gracias por llenarme de bendiciones y amarme en todo momento, te amo con todo mí ser.

A mi mamá Juana Limón, este logro también es tuyo, siempre serás lo más importante que tengo en la vida, y a mi papá Manuel Cuvas por ser parte de cada episodio en mi vida. Gracias por creer y depositar su confianza en mí, por ser el pilar de mi vida, los amo con todo lo que soy, muchas gracias por todo lo que han dado por mí, es por eso que con humildad les ofrezco este pequeño pero muy significativo logro.

A mi abuelo José Cubas por ser mi inspiración, por ser un claro ejemplo de amor, humildad y de esfuerzo, porque me has heredado el amor al campo, te extraño viejito.

A mi hermana Betsabé por enseñarme a nunca darme por vencida, a luchar y hacer realidad los sueños y a Jesús por ayudarme a pintar mi vida de colores. ¡Por estar conmigo en todo momento los amo con todo mi corazón, soy sumamente afortunada de que formen parte de mi vida...Siempre juntos!

A Jesús Carrera por ser mi ejemplo a seguir, por nunca abandonarme, ayudarme a ser mejor cada día y a superarme, por todo lo que das para hacerme feliz, te amo inmensamente.

A mis amigos, familiares, mi familia en la fe y todos aquellos que durante este tiempo llegaron a mi vida, me aprecian, me apoyan, me brindan su apoyo y me motivan a seguir adelante, gracias por hacerme feliz.

Con toda la humildad y sencillez me permito dedicarme este logro a mí misma, porque jamás creí llegar a este punto de mi vida, es realmente un sueño el poder vivir este momento, me siento muy bendecida y agradecida por tener a mi alrededor a gente que me poya, por tener una familia que me ama, un novio que me aprecia, trabajo, salud, porque soy feliz, simplemente por tener la vida más bonita.

INDICE

| | |
|--|--------------|
| RESUMEN | |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivo..... | 3 |
| Hipótesis..... | 3 |
| REVISIÓN DE LITERATURA..... | 4 |
| Generalidades del cultivo del tomate y su relación con <i>Fusarium sp.</i> | 4 |
| Control tradicional de <i>Fusarium</i> | 5 |
| Biofumigación..... | 6 |
| Glucosinolatos..... | 8 |
| MATERIALES Y MÉTODOS..... | 11 |
| Descripción del sitio experimental | 11 |
| Material vegetal | 11 |
| Descripción de los tratamientos | 11 |
| Actividades para el establecimiento del estudio | 12 |
| Variables evaluadas | 20 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 23 |
| Incidencia | 23 |
| Severidad | 24 |
| Variables de Crecimiento | 25 |
| Variables de Productividad..... | 28 |
| Variables de Calidad | 34 |
| CONCLUSIONES | 38 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 39 |

RESUMEN

Uno de los problemas fitosanitarios limitantes de la producción del cultivo de tomate y que además causa grandes pérdidas tanto económicas como de calidad a nivel mundial y nacional es el marchitamiento vascular ocasionado por *Fusarium oxysporum*. En esta investigación se evaluó el efecto de la incorporación de col (*Brassica oleracea var. capitata L.*), que debido a la presencia de tiocianatos e isotiocianatos presenta capacidad biofumigante. Se aplicó de tres formas diferentes en fresco, extracto, deshidratado y sobre el suelo del cultivo. Se compararon los tratamientos midiendo incidencia y severidad de la enfermedad, además de diferencias en variables vegetativas y de producción. El análisis se realizó con la prueba de Tukey al 95% de probabilidad, utilizando un diseño experimental completamente al azar. El subproducto de col o repollo en polvo deshidratado fue mejor que el picado y el extracto, con este tratamiento se observó menor incidencia de *Fusarium* y plantas con mejor desarrollo y peso de los frutos.

Palabras clave: biofumigación, tomate, tiocianatos, glucosinolatos.

INTRODUCCIÓN

Para la producción de tomate (*Solanum lycopersicon* Mill), donde se usa como medio de cultivo el suelo, uno de los problemas fitosanitarios más frecuentes es la marchitez o fusariosis causada por *Fusarium sp* (Ma *et al.*, 2013). Este problema se agudiza en los sistemas de producción bajo cubierta; por el monocultivo y la intensidad de la explotación. Para el control de esta enfermedad, lo más común es la fumigación química con fumigantes; como metil isotiocianato, comercializado como; Metam, Busan, Busatec, Butrol, Formutan, Fumisol Plus, Guardian, Laisol, Mercenario, Nemasol, Prometan, Raisan, Sectagon, Trimaton, Vapam.

Estos productos representan un importante costo económico y ambiental; el costo económico oscila entre los \$7000 a \$25,000 por ha, dado que las recomendaciones inician con 125 L/ha y van aumentando hasta llegar a los 500 L/ha., además del incremento de fungicidas para contener las reinfestaciones una vez establecido el cultivo. Este aumento progresivo se debe a la bioacumulación, que es una ventaja para las enfermedades al hacerlas resistentes a estos productos, y hace necesaria cada vez una dosis mayor de producto para mismo el control (Medina, 2014). El costo ecológico está relacionado a la disminución drástica de la microflora del suelo, que se manifiesta en reinfestaciones masivas de patógenos en el suelo, las cuales inician con daños locales a las plantas, que posteriormente se diseminan, hasta cubrir lotes y regiones completas.

Por otro lado, los consumidores exigen, alimentos más sanos o inocuos, es decir libres de pesticidas

Estas situaciones han llevado a la búsqueda de alternativas de manejo de enfermedades mediante un control más amigable con el medio ambiente (Zavaleta, 1994).

Una alternativa puede ser el uso de plantas con propiedades antagonistas a los patógenos, las crucíferas son un claro ejemplo de esta práctica ya que poseen propiedades biodesinfectantes, relacionadas al contenido en sus tejidos de una elevada cantidad de compuestos azufrados denominados

glucosinolatos (Rodríguez *et al.*, 2013; Brown & Morra, 1997) y una enzima glucohidrolasa tioglucosido, también conocida como mirosinasa, que hidroliza a estos compuestos y los transforma en aglicona inestable, que posteriormente sufren modificaciones y darán lugar a compuestos volátiles tóxicos como isotiocianatos, nitrilos, tiocianatos etc.. Cada especie de crucífera tiene diferentes clases y concentraciones de glucosinolatos (Brown & Morra, 1997; Rosa *et al.*, 1997, Campas-Baypoli *et al.*, 2009, Rodríguez *et al.*, 2013) y estos compuestos se mantienen aún en residuos deshidratados (Hoitink y Boehm, 1999; Lazzeri *et al.*, 2004).

En pruebas de campo se ha comprobado la eficacia de los residuos o esquilmos de col o repollo (*Brassica oleracea* var. capitata) incorporados al suelo, sobre el control de *Fusarium*, sin embargo, resulta necesario, evaluar otras opciones, como el deshidratado o el extracto líquido, con el fin de ofrecer opciones a productores, que su sistema de producción no les permite cultivar repollo u otra Brassicacea como cultivo de rotación.

OBJETIVO

Por lo anterior, el propósito de este trabajo fue: Evaluar la capacidad biofumigante de subproductos a base de esquilmos de col sobre *Fusarium oxysporum* var. *solani* en plantas de tomate.

HIPÓTESIS

La aplicación de deshidratado y extracto de esquilmos de col, reducirá la incidencia y severidad de *Fusarium oxysporum f. var. solani* en plantas de tomate.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del cultivo del tomate y su relación con *Fusarium sp.*

El tomate es una de las hortalizas más importante en todo el mundo. Perteneciente a la familia de las *Solanáceas*, originarias de América del Sur, pero su domesticación se llevó a cabo en México (SAGARPA, 2010). En México es de las hortalizas que más se producen además de que genera divisas y gran fuente de empleo, la superficie sembrada de tomate rojo para abril del 2017 fue de 29.2 miles de hectáreas lo cual generó 905 mil toneladas (SIAP, 2017). Los principales estados productores de tomate son Sinaloa (551 mil toneladas, 21.6%), San Luis Potosí (258.9 mil toneladas, 10.1%), Baja California (225.5 mil toneladas, 8.8%), Michoacán (141.6 mil toneladas, 4.76%) y Jalisco (121.3 mil toneladas 4.76%) los cuales representan un volumen de 1.3 millones de toneladas (SAGARPA, 2010).

El tomate, como todos los cultivos, se ve afectado por diferentes factores que limitan su producción y el rendimiento, uno de estos factores son las plagas y enfermedades. La marchitez causada por *Fusarium oxysporum f. sp. var. solani*, es una de las principales enfermedades que afecta a este cultivo. El marchitamiento vascular del tomate fue descubierto por primera vez en 1885 por Masse, en las islas de Wight y Guernsey (Smith, 1899). En 1940 la enfermedad ya se encontraba propagada por todo el mundo y aún no se tenía conocimiento de la variabilidad patogénica en este hongo. (Bohn y Tucker, 1940).

Esta enfermedad genera una pérdida económica de hasta un 60%, así como también afecta a la calidad del producto (González *et al.*, 2012). Se conocen tres razas de *Fusarium oxysporum*, las cuales se caracterizan por su virulencia.

Se caracteriza por ser una enfermedad severa en climas cálidos. Los síntomas se presentan en las hojas viejas con un amarillamiento para, posteriormente, extenderse a toda la planta y acabar produciendo una clorosis que en ocasiones se presenta en la mitad o de un solo lado de la hoja

(Cárdenas, 2000). Las hojas afectadas pueden seguir adheridas al tallo aun estando marchitas o incluso muertas. Si se realiza un corte transversal del tallo se puede observar una necrosis vascular de color café en forma de anillo la cual se extenderá hacia la parte apical de la planta de acuerdo a la severidad de la enfermedad marchitando o matando a las plantas adultas (Sánchez, 1998).

Control tradicional de Fusarium

El uso de pesticidas es la actividad más utilizada para evitar organismos no deseados que ocasionan daños a los cultivos agrícolas afectando así la producción de estos, por otra parte, resulta ser una de las actividades más riesgosas e inadecuadas para el ser humano debido a las propiedades tóxicas que estos poseen (Ortiz *et al.*, 2014).

A lo largo de los años el uso de plaguicidas ha aumentado de manera significativa, alcanzando 5 millones de toneladas a nivel mundial, sin embargo, en la actualidad solo los países desarrollados muestran una disminución del uso, y estos se siguen aplicando de manera indiscriminada en países tropicales. Aproximadamente el 0.1% de los plaguicidas llegan a la planta mientras que los residuos circulan en el medio ambiente, contaminando al suelo, el agua y ecosistema (Carvalho *et al.*, 1998).

Como respuesta al problema generado por la utilización de productos químicos, surge el biocontrol. El control biológico es una alternativa eficiente fuera de riesgos indiscriminados por el uso excesivo de agroquímicos, y de problemas económicos (Agrarios, 2002). Se basa en el uso de organismos o en sus metabolitos o subproductos que de manera natural actúan como adversarios a patógenos y plagas, con el objetivo de reducir el daño que estos provocan a la planta (Serrano *et al.*, 2007). El control biológico también busca lograr seguridad en la producción de alimentos, para que estos estén libres de tóxicos y llevar una vida sana. Así como de analizar e identificar la función que poseen para regular las poblaciones dañinas y reducir el uso de plaguicidas (Nelson, 1991).

Biofumigación

Los fitopatógenos presentes en suelo ocasionan enfermedades en cultivos de importancia económica que generan pérdidas en la productividad de los cultivos, para ello se ha innovado en estrategias de control para estos microorganismos, como lo son el control biológico y la creación de suelos con características biológicas, químicas y físicas adversas a los patógenos causantes de dichos daños. Esto se ha realizado mediante la incorporación de residuos orgánicos (Cook y Baker, 1983).

El género *Fusarium* consiste en ascomicetos filamentosos y cosmopolitas, poseen un micelio bien desarrollado, septado, conidióforos y un talo unicelular (Sumalan *et al.*, 2013). Los daños que este provoca en el hospedante son en su mayoría irreversibles las cuales ocasiona grandes pérdidas económicas (García *et al.*, 2017).

A lo largo de los años este hongo se ha convertido en un serio problema ya que produce metabolitos tóxicos que generan un daño a la salud del ser humano y de los animales. El hongo puede estar presente en el suelo de forma de micelio o como esporas, si existe una planta hospedadora cercana esta favorece a la reproducción del hongo en raíces, en diferentes partes de la planta, en la superficie del suelo y a través del aire o agua (Ma *et al.*, 2013).

El hongo *Fusarium oxysporum*, causa daño a la planta, primero ingresa por la raíz sin presentar síntomas, después coloniza tejido vascular y provoca un marchitamiento masivo, clorosis y necrosis de las partes aéreas de la planta (Ma *et al.*, 2013).

La biofumigación se basa en la acción fumigante de sustancias volátiles, como son los isotiocianatos o los tiocianatos, a partir de la descomposición de materia orgánica, para control de organismos patógenos del suelo. Tiene efectos directos e indirectos, efecto directo sería la acción de estos volátiles sobre los patógenos, mientras que los efectos indirectos, son el resultado de la aplicación de materia orgánica y su posterior descomposición, de esta manera aumentan las poblaciones de microorganismos benéficos que

competirán por el espacio con los patógenos, además de mejorar la salud de la planta al tener una mejor nutrición (Bello *et al.*, 2010).

Para la biofumigación pueden utilizarse tanto extractos orgánicos, estiércol, como residuos. Los extractos orgánicos normalmente utilizados son: ajo (*Allium sativum*), ají (*Capsicum frutescens*), higuera (*Ricinus communis*), nim (*Azadirachta indica*) y paraíso (*Melia azedarach*) (Rodríguez y Nieto, 1997). De igual importancia son el estiércol de cabra, oveja y vaca, o residuos de arroz, champiñón, y aceituna. De todos ellos se ha obtenido una gran eficacia, siendo en algunos casos similar a los biofumigantes convencionales, además de mejorar las características del suelo y la nutrición de la planta. Una de las plantas más utilizadas para el control biológico son las crucíferas. Se ha demostrado que los restos de Brassicas tienen la misma eficacia que los pesticidas convencionales en el control de nematodos, hongos, insectos, bacterias. Esto es gracias a las propiedades biodesinfectantes que tienen, lo que se debe a que los tejidos de estas plantas contienen una elevada cantidad de compuestos azufrados denominados glucosinolatos (Kriegergaard y Sarwar, 1998; Bello *et al.*, 2010).

Además de glucosinolatos, estas plantas producen una gran diversidad de metabolitos secundarios, una parte de ellos siendo metabolitos secundarios tóxicos con conocida acción biocida o biostática, como lo son: amoníaco, nitratos, ácido nítrico, ácido sulfhídrico y ácidos orgánicos, también gracias a la adición de materia orgánica los organismos generan enzimas proteolíticas y quitinolíticas, lo que a su vez, ayudará a aumentar la población de microorganismos antagónicos a los fitopatógenos de suelo. Todos estos metabolitos secundarios tóxicos junto con los microorganismos no patógenos, ayudan a mantener las poblaciones de patógenos y plagas habitantes del suelo en niveles muy bajos, incluso residuales (Montes *et al.*, 1992; Lazarovits *et al.*, 2005). Como Hoitink y Boehm concluyeron en 1999, y posteriormente fue confirmado por Lazzeri *et al.*, en 2004, los residuos deshidratados de col conservan sus características y propiedades desinfectantes y pueden eliminar hongos patógenos como *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae*, *Aphanomyces eutiches*, *Thielaviopsis basicola*, *Pythium ultimum*, *Sclerotium rolfsii* y *Rhizoctonia solani*, entre otros.

La incorporación de residuos orgánicos es importante debido a que genera y/o mejora la estructura del suelo, mediante la unión con partículas de arcilla del suelo y a su vez, activa a los microorganismos antagonistas de los patógenos, favoreciendo así su control. El aumento de aplicación de materia orgánica, en cualquiera de sus diversas formas (fresca, deshidratada, humus, etc.) tiene efecto positivo al aumentar su fertilidad general (física, química y biológica) y debido a esto le permite al suelo la recuperación de sanidad y equilibrio (Bello *et al.*, 2010)

El uso de cultivos de Brassicas tiene una ventaja con respecto al uso de otro tipo de fumigantes en gasto económico, gasto de recursos y fertilidad de suelo. Es decir, la utilización de plantas o restos de planta de esta familia supone un menor gasto económico tanto a corto como a largo plazo (Bello *et al.*, 2010). Gracias a su acción no indiscriminada, evita que se produzcan desajustes en la fertilidad del suelo, además de mantener las dosis de aplicación estables, por no causar. Otro de los beneficios del uso de Brassicas es su gran versatilidad, pudiendo ser utilizadas de muchas maneras, ya sea en rotación de cultivo, al asociarlas con otros cultivos, o ser aprovechados sus residuos al incorporarlos al suelo, incluso al realizar una preparación de extractos o infusiones a partir de estos (Montes *et al.*, 1992).

Glucosinolatos

El término glucosinato fue propuesto en 1961 por GP Dateo (Ettlinger y Kjaer 1968), la palabra glucosinato (glucosinate en inglés) se refiere a la fracción de glucosilo (gluco), la presencia de un grupo sulfato (ate) y la propiedad de ser un precursor de un aceite de mostaza (sinol).

Existen tres diferentes tipos de glucosinolatos; de origen alifático derivado de metionina, glucosinolatos indol o indólico de fuente de triptófano y aromáticos compuestos de fenilalanina. Estos glucosinolatos resultan ser benéficos para la planta, debido a que ayuda a defenderse de los organismos que se alimentan de los productos del floema al igual que ayudan a adquirir capacidad para coordinar la síntesis y el uso de recursos de protección entre los distintos órganos, todos ellos se transportan a través del floema (Sixue *et al.*, 2001).

Los glucosinolatos son un grupo importante de fotoquímicos que se originan de los metabolitos secundarios en las plantas (Fahey *et al.*, 2001; Halkier *et al.*, 2006). Presentes principalmente en la familia de las crucíferas en las que destacan: col de Bruselas, repollo, brócoli y coliflor. La concentración de estos varía dependiendo de la especie e influye de manera directa el tipo de tejido de la planta (Inis *et al.*, 2011). Las rutas de biosíntesis de los glucosinolatos comprenden los procesos de elongación de la cadena de aminoácidos de proteínas, así mismo en el proceso biosintético de los glucosinolatos comprende tres etapas, el alargamiento de aminoácido de cadena, formación de la estructura del núcleo, y la modificación secundaria del glucosinolato inicial (Sonderby *et al.*, 2010).

Cuando la enzima endógena tioglucosidasa, o mirosinasa, hidroliza los glucosinolatos libera moléculas de glucosa, bisulfato, y de la misma manera se forman enlaces de un azúcar reductor y de un azufre que no posee carácter de hidrato de carbono, más comúnmente llamado aglicona (Campas-Baypoli *et al.*, 2009). A partir de esta aglicona, que resulta muy inestable, se obtienen compuestos biológicamente activos como los que destacan isotiocianatos sulfúranos, nitrilos, y tiocianatos. Dichos procesos dependen de las condiciones de reacción y presencia de proteínas asociadas (Inis *et al.*, 2011).

Los glucosinolatos no poseen la característica de ser bioactivos hasta que no han sido hidrolizados enzimáticamente por la enzima mirosinasa que ocurre cuando el tejido del vegetal se rompe como consecuencia de la recolección, procesamiento, o la masticación, es decir por un daño mecánico. Esto genera una pérdida de estructura celular y la mezcla de los glucosinolatos y la mirosinasa para formar isotiocianatos. (Rosa *et al.*, 1997). En algunos tejidos intactos la enzima mirosinasa se encuentra relacionada con la membrana de la célula y separada de los glucosinolatos (que se encuentran almacenadas en las vacuolas) y únicamente actúa cuando los tejidos sufren una autólisis o cuando se fermentan. Cuando se produce esta rotura tisular, los glucosinolatos cianogénicos reaccionan con la enzima glucosidasa liberando el hidrogeno tóxico cianhídrico. Se ha mencionado que la mirosinasa actúa como mecanismo de defensa química que activa al daño en los tejidos de las

plantas y actúa primeramente como barrera química para disuadir a una gran cantidad de patógenos. (Koroleva *et al.*, 2000; Lazarovits *et al.*, 2005).

Los residuos de col pueden ser incorporados frescos o secos evitando el daño e hidrolisis endógena por la mirosinasa antes de su aplicación (Lazarovits *et al.*, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en un invernadero del departamento de horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo, Coahuila, México., con una latitud 25° 21' 20.68" N longitud 101° 2' 7.01" O (Google earth, 2018) y a una altitud de 1581 metros sobre el nivel del mar. Durante el periodo enero a junio 2018.

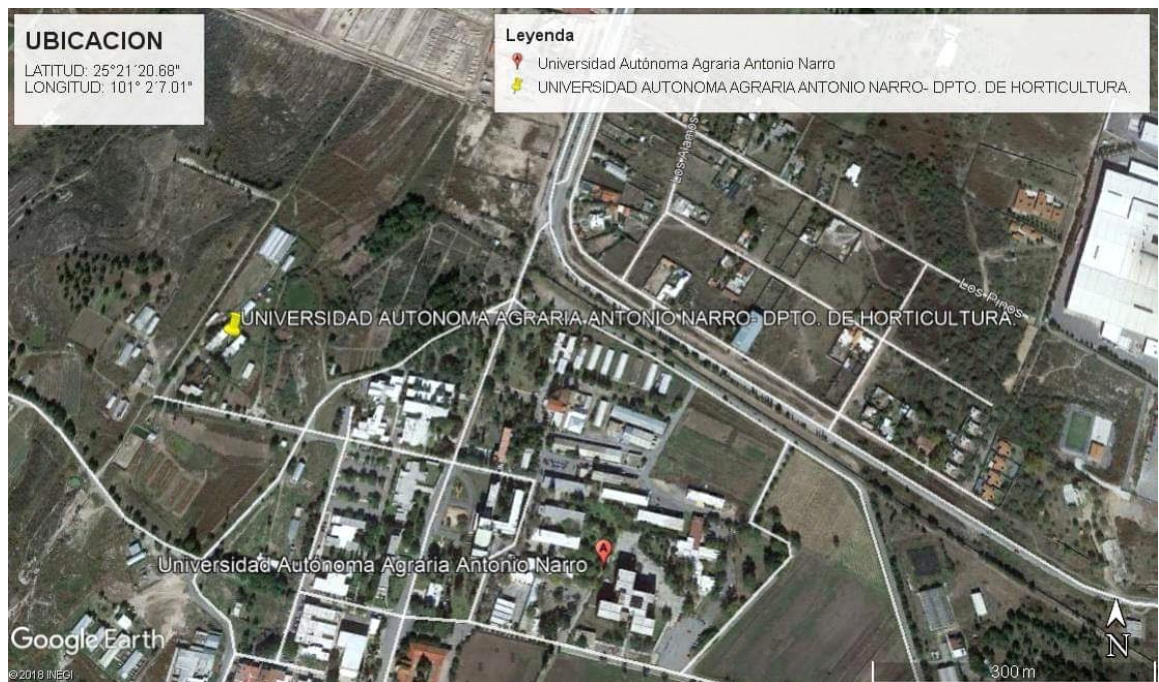


Imagen 1: ubicación geográfica del estudio realizado.

Material vegetal

Para este trabajo se utilizaron plantas de tomate tipo saladette (*Solanum Lycopersicon*). De ámbito determinado, y la planta se produjo en charolas de poliestireno de 200 cavidades y como sustrato peat moss.

Descripción de los tratamientos

Se evaluaron tres subproductos de esquilmos de col o repollo, para ello se establecieron 10 tratamientos con 16 repeticiones cada uno, como se muestra en la tabla 1. Cada repetición constó de una maceta de 8 L y una planta por maceta.

Tabla 1. descripción de los tratamientos y dosis.

| TRATO | DESCRIPCIÓN |
|-------|---|
| 1 | Testigo absoluto (suelo esterilizado) |
| 2 | Suelo + busan (1cm ³ /1 Lt de agua) + inocular (15gr Inocular) |
| 3 | Suelo + inocular |
| 4 | Suelo + Azufre (8gr) + inocular |
| 5 | Suelo + repollo en fresco y picado (150gr) + inocular |
| 6 | Suelo + extracto de repollo (210ml) + inocular |
| 7 | Suelo + deshidratado (15gr) + inocular |
| 8 | Suelo + repollo en fresco y picado (150gr) |
| 9 | Suelo + extracto |
| 10 | Suelo + deshidratado |

Actividades para el Establecimiento del Estudio

Obtención del inocular e inoculación

El inocular se obtuvo del suelo de una parcela comercial en el rancho Poca Luz 1, en el municipio de Catorce en SLP. El suelo se analizó e identificó previamente la cepa de *Fusarium* (Laboratorio CISEF, 2016). De la muestra, se aplicaron 15 g, de suelo por maceta a los tratamientos 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Los subproductos se aplicaron la semana previa al trasplante de las plántulas de tomate. En el caso de deshidratado, este se aplicó 15g por maceta a los tratamientos 7 y 10 (Imagen 2A). Para su aplicación se retiró una capa de 5 cm de sustrato, se añadió la cantidad de subproducto y se cubrió con el sustrato que había sido extraído. Para el extracto se aplicó 210 ml por maceta

a los tratamientos 6 y 9 y este se colocó sobre la superficie del sustrato, se realizó con un vaso de poliestireno de esta capacidad (Imagen 2B). En cuanto



al subproducto en fresco este se aplicó a los tratamientos 5 y 8 con 150 gr a cada maceta, para ello de igual manera se retiraba aproximadamente 5 cm de sustrato, se colocaba y nuevamente se cubría con el sustrato retirado (Imagen 2C).

Imagen 2. A. aplicación del subproducto deshidratado a los tratamientos 7 y 10, con 15 gr por maceta. B. aplicación del subproducto extracto 210 ml a cada una de las macetas de los tratamientos 6 y 9. C. aplicación del subproducto en fresco a los tratamientos 5 y 8 con 150 gr a cada maceta.

Obtención de subproductos

Deshidratado. Para la obtención de este subproducto se troceó col fresca, hasta obtener trozos de no más de 25 cm². Estos se colocaron sobre una malla a 50 cm de altura, donde fueron dejados 2 semanas completa para su total deshidratación. La malla se encontraba protegida de la lluvia y a temperatura ambiente, para conseguir un secado sin altas temperaturas. Una vez estuvo completamente deshidratado, se procedió a su completa trituration, para ello se utilizó un molino, obteniendo como resultado el subproducto polvo deshidratado de col (Imagen 3).



Imagen 3. Proceso de deshidratación de la col para obtener el subproducto.

Extracto

Este se obtuvo licuando 4800 g de repollo en fresco, para esto se utilizó una licuadora en la que se introducía 200 g de col y 100ml de agua destilada. Después se filtraba por gravedad con un filtro de gasa doble, obteniendo como resultado el subproducto extracto de col (Imagen 4).



Imagen 4. Subproducto extracto, consistente en jugo de col.

Picado

Para este subproducto se obtuvo col fresca obtenida de la central de abastos de la ciudad de Saltillo, el cual se troceó en pequeñas partes de aproximadamente 4 cm² posteriormente se pesaron 150 gr de subproducto y se añadió a las macetas correspondientes a los tratamientos indicados.

Actividades para el establecimiento del cultivo

Siembra se realizó en charolas de poliestireno el 15 de diciembre de 2017 utilizando como sustrato peat moss y perlita (Imagen 5).



Imagen 5. Siembra de semillas de tomate en charolas.

El terreno se preparó nivelando la superficie en donde se colocaría el experimento y retirando cualquier tipo de maleza, posteriormente se colocó ground cover en el suelo sellándolo con grapas de alambre (Imagen 6).



Imagen 6. Nivelación y preparación del terreno.

Se colocaron macetas con capacidad de 8 L, que fueron llenadas con una mezcla de suelo agrícola y arena de río en una proporción 3:1, posteriormente se ubicaron en 6 hileras con los tratamientos completamente al azar (Imagen 7).



Imagen 7: ubicación de las macetas en 6 hileras con los tratamientos completamente al azar.

El trasplante se realizó el 21 de febrero de 2018 colocando 3 plántulas por maceta y posteriormente aplicando riego de 3 L de agua por maceta (Imagen 8).



Imagen 8. Trasplante de 3 plántulas por maceta.

El riego utilizado fue por goteo con estaca, para ello se colocó un conducto a lo largo de la hilera y de ella dependían las mangueras individuales de cada maceta (Imagen 9). Se instaló un temporizador o timer para el control de riego. En invierno se aplicaron tres riegos al día de 5 minutos (1050 ml por maceta/día) cada uno (7:00am, 12:00pm, 5:00pm) y en primavera 4 riegos al día de 7 minutos (1400 ml por maceta/día) cada uno (8:00am, 12.00pm, 3:00pm, 5:00pm).



Imagen 9. Riego individualizado de macetas con cintilla tipo espaguetei.

Labores culturales de manejo del cultivo

Poda

Aun y cuando es un tomate determinado se manejó a un tallo, para lo cual se podaron los brotes de la axila cada semana (Imagen 10).



Imagen 10. Retiro de brote axilar de planta de tomate.

Retiro de malezas

Se hacía una limpieza del invernadero, retirando malezas que brotaban de las orillas del invernadero y de las macetas.

Destape de las mangueras

Por la humedad y por los fertilizantes que había en el contenedor de agua, las mangueras solían taparse y el riego no se realizaba adecuadamente por lo que se monitoreaba la manguera de cada maceta para evitar este suceso.

Tutoreo

A los 15 días de haber trasplantado se colocó rafia para realizar el tutoreo, se guió la planta hacia el tutor con anillos de plástico (Imagen 11).



Imagen 11. Tutoreo en plantas de tomate con anillos.

Fertirriego

En base a análisis de agua realizados previamente (tabla 2), se estableció las cantidades de fertilizante que se iban a aplicar (tabla 3) para completar una fertilización Steiner al 75%.

Tabla 2. Cantidad de distintos elementos en ppm en el agua de riego en base al análisis.

| Elementos | Ppm en agua |
|-----------------|-------------|
| Nitrógeno | 5.1 |
| Fosforo | 0 |
| Potasio | 9.3 |
| Calcio | 113 |
| Magnesio | 30.3 |
| SO ₄ | 149 |
| Fe | 0 |

Tabla 3. Cantidad de fertilizantes añadidos al contenedor de agua de 2500 L para obtener fertilización Steiner al 75%.

| Fertilizante | g | cm ³ |
|---|--------|-----------------------|
| Ácido Fosfórico (H ₂ PO ₄) | | 187.5 cm ³ |
| Ácido Sulfúrico(H ₂ SO ₄) | | 262.5cm ₃ |
| Nitrato de Potasio(KNO ₃) | 1343.5 | |
| Nitrato de Calcio Ca(NO ₃) ₂ | 289.5 | |
| Nitrato de Magnesio(Mg(NO ₃) ₂) | 148.42 | |
| Micros | 37.5 | |
| Urea (CH ₄ N ₂ O) | 195.6 | |

Tratamiento fitosanitario

De manera ocasional se aplicó extracto de ajo, para prevenir la presencia de plagas en el cultivo. Debido a una plaga de mosquita blanca (*Bemisia Tabaci*) se realizó la aplicación de Furadan aplicando a la plántula pequeña 0.5 cm³ y en plántula más grande 1.5 a 3 cm³.

Posteriormente se aplicó Metamidofos 3 cm³/1L de agua hasta 5cm³/1L de agua en plantas pequeñas.

Variables evaluadas

Diámetro del tallo

Se realizó semanalmente con ayuda de un vernier digital en la base del tallo, aproximadamente a 2 cm del suelo (Imagen 12).

Altura de la planta

Se realizó mediante un flexómetro semanalmente, a partir del suelo hasta el nacimiento del último brote.

Número de hojas

Se cuantificó el número de hojas semanalmente de acuerdo al desarrollo progresivo de la planta.



Imagen 12. Medida de tallo con vernier digital.

Número de flores

Se cuantificaba el número de flores abiertas por planta (Imagen 13).



Imagen 13. Flores en planta de tomate.

Número de frutos

Se determinó el número de frutos en la planta y el número de frutos por racimo.

Número de racimos

Se cuantificó el número de racimos por planta.

Peso de frutos

Se pesó cada fruto cosechado maduro con ayuda de la balanza electrónica

Número de frutos cosechados por planta

Por cada planta se cuantificaba el número de frutos cosechados y estos se clasificaron por grado de madurez, para el cual se establecieron 4 niveles: 1, 2, 3 y 4 (Imagen 14).



Imagen 14. Grado de madurez en frutos.

Peso de frutos cosechados por planta

Cada fruto cosechado por planta se enumeraba y pesaba con ayuda de una báscula electrónica (Imagen 15).



Imagen 15: peso de frutos maduros en báscula electrónica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Incidencia de *Fusarium*

En el tratamiento 2 (testigo comercial: suelo + Busan + inóculo) no se tuvo presencia del hongo ya que probablemente la aplicación del fungicida haya resultado favorable para la planta (Mueller *et al.*, 1993; Beckman, 1990).

En el tratamiento 3 (suelo + inóculo) se obtuvo el 25% de incidencia, es decir, que una de las 4 plantas analizadas presentó infestación del hongo. En este análisis se esperaba el 100% de incidencia, al ser el tratamiento con inóculo de *Fusarium* y no se añadió agroquímico ni biofumigante para hacer frente a este hongo, pero no fue así. Esto puede deberse a que el suelo utilizado en este tratamiento no fue previamente esterilizado, es decir, contenía la microflora con las poblaciones equilibradas, y por lo tanto pudo competir espacialmente contra el hongo patógeno, disminuyendo en este tratamiento la incidencia.

En el tratamiento 4 (suelo + azufre + inóculo) no se mostró incidencia en ninguna de las muestras analizadas, esto se debe al efecto del azufre como fungicida (Rodríguez y Montilla, 2002).

El tratamiento 5 (suelo + picado + inóculo) presenta una incidencia de 25%. Este resultado significa un cierto control sobre la infestación del hongo, aunque no completa. Esto puede deberse a que la dosis añadida por maceta no sea la adecuada para el control del patógeno, o quizá se debió haber tomado un número mayor de réplicas para poder hacer un mejor análisis del control del hongo con este subproducto biofumigante.

En el análisis realizado al tratamiento 6 (suelo + extracto + inóculo), se obtuvo el 50% de incidencia, es decir, 2 plantas presentaron infestación de las 4 que se analizaron. Esto podría deberse al método de obtención del subproducto utilizado, al ser la primera vez que se realizaba y no existir una metodología para cuantificar tiocianatos, es posible que no fuera la más óptima y no se

produjeran todos los requisitos para la formación de la molécula biofumigante, o que se produjeran, pero en menor medida de lo esperado.

En el tratamiento 7 (suelo + deshidratado + inóculo) al igual que el 4 y el 2 no mostraron incidencia en las muestras realizadas, es decir las plantas se mostraron sanas. Esto podría deberse a que tanto los glucosinolatos como la enzima mirosinasa se han conservado correctamente durante la obtención del subproducto de col, y luego al ser degradada la materia orgánica, se han producido los tiocianatos e isotiocianatos de manera y cantidad suficiente como para controlar la infestación de *Fusarium* a las plantas de tomate (Rodríguez y Montilla, 2002).

Tabla 4. Porcentaje de incidencia de *Fusarium* en plantas de tomate para los tratamientos con inóculo.

| Tratamiento | Plantas infectadas | incidencia |
|-------------|--------------------|------------|
| 1 | 0 | 0% |
| 2 | 0 | 0% |
| 3 | 1 | 25% |
| 4 | 0 | 0% |
| 5 | 1 | 25% |
| 6 | 2 | 50% |
| 7 | 0 | 0% |
| 8 | 0 | 0% |
| 9 | 0 | 0% |
| 10 | 0 | 0%3 |

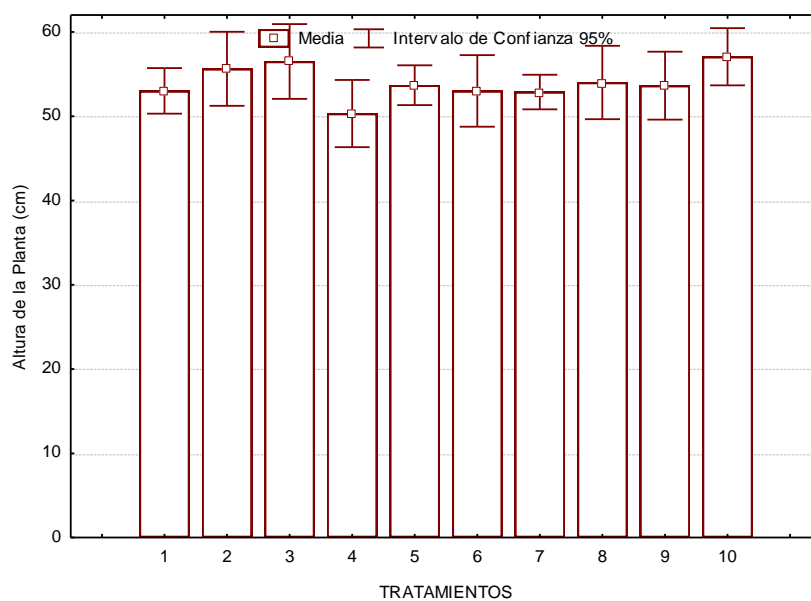
Severidad

No se reportan datos sobre severidad debido a que al principio ninguna planta mostró síntomas de estar infectada por el hongo patógeno *Fusarium*, y luego tras unos problemas con el riego, todas las plantas pasaron a mostrar síntomas de problemas radiculares, con lo cual se enmascararon los posibles daños causados por *Fusarium*. Por eso los datos de severidad no se pudieron obtener y no se pudo realizar el correspondiente análisis.

VARIABLES DE CRECIMIENTO

Altura de Planta

En cuanto a la variable altura de la planta (Gráfica 1) no se observan diferencias significativas entre los tratamientos, al analizarlos mediante el Test Tukey al 0.05 (Tabla 5), esto debido a que todos los tratamientos se comportaron de manera similar, al igual que probablemente se debió a que la planta es de ámbito determinado.



Gráfica 1. Resultado de medias para la variable Altura de planta.

Tabla 5. Análisis de varianza de acuerdo al test Tukey para la variable altura de planta.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|--------|----------------|-------|---------|
| 1 | 53.000 | 5.073 | a | 0.5929 |
| 2 | 55.625 | 8.245 | a | |
| 3 | 56.500 | 8.327 | a | |
| 4 | 50.313 | 7.472 | a | |
| 5 | 53.688 | 4.438 | a | |
| 6 | 53.000 | 7.967 | a | |
| 7 | 52.875 | 3.845 | a | |
| 8 | 54.000 | 8.165 | a | |
| 9 | 53.625 | 7.571 | a | |
| 10 | 57.063 | 6.361 | a | |

Diámetro de Tallo

De igual manera para la variable diámetro de tallo, como se ve en el Gráfico 2 y se corrobora en la Tabla 6, el p-valor es mayor a la probabilidad de 0.05, los tratamientos respondieron de manera igual y por lo tanto entre ellos no muestran diferencia significativa, ya que la planta no mostró un crecimiento considerado debido a que es de ámbito determinado. Esta variable es proporcional a la longitud y al volumen de la planta, es decir que mientras la planta muestre un crecimiento pequeño se esperan resultados menores en diámetro de tallo ya que no es necesario un soporte mayor (Krug, 1997).

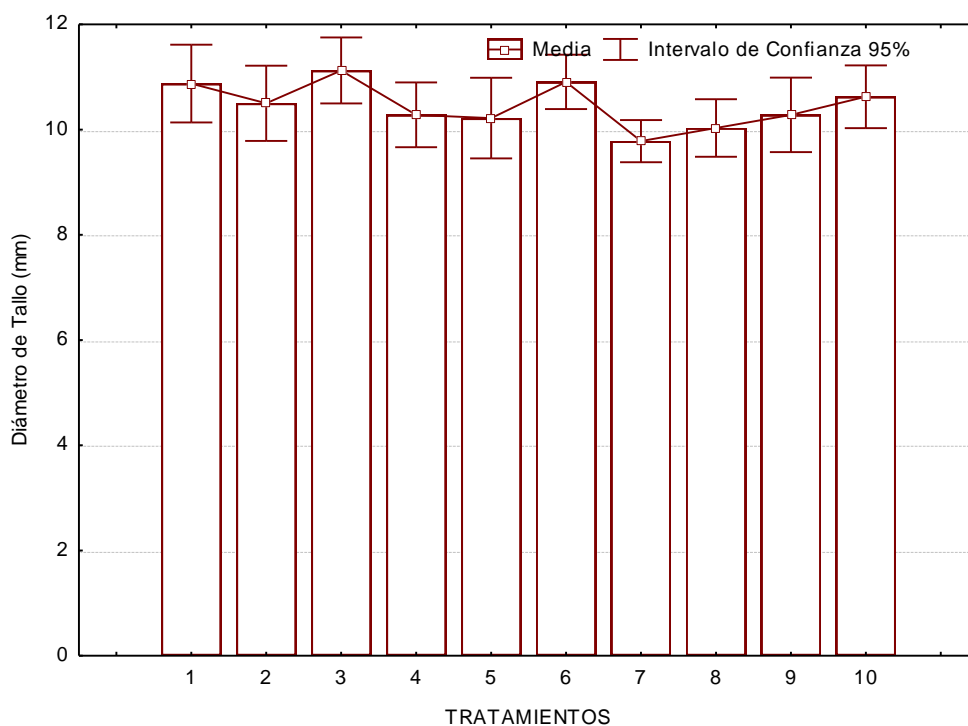


Gráfico 2. Se muestra el resultado de las medias para la variable diámetro de tallo.

Tabla 6. Resultados del análisis de varianza realizado con el test Tukey al 95%.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|--------|----------------|-------|---------|
| 1 | 10.875 | 1.384 | a | 0.0693 |
| 2 | 10.500 | 1.342 | a | |
| 3 | 11.125 | 1.176 | a | |
| 4 | 10.281 | 1.176 | a | |

| | | | |
|----|--------|-----------|---|
| 5 | 10.281 | 1.437 | a |
| 6 | 10.906 | 0.9698582 | a |
| 7 | 9.781 | 0.7520804 | a |
| 8 | 10.031 | 1.0241867 | a |
| 9 | 10.281 | 1.3287682 | a |
| 10 | 10.625 | 1.118034 | a |

Número de Flores por Planta

De acuerdo al test Tukey al 0.05 para esta variable (Tabla 7), se observa diferencia significativa entre el tratamiento 8 (suelo y picado de col) con 36.68 flores y el tratamiento 4 (suelo, azufre e inoculo) con 25.81 flores, mientras que el resto de los tratamientos se comportaron de manera similar sin mostrar diferencias significativas (Grafico 3). Con esto se puede observar que los tratamientos 8 (con suelo más picado de col), 9 (con suelo más extracto) y 10 (suelo más deshidratado) son los tratamientos que presentan mayor número de flores y a los cuales se les aplicó materia orgánica y el 4 (suelo, azufre más inoculo) es el que presenta menor número de flores debido a que se indujo aborto (Rodríguez A. et al., 2010).

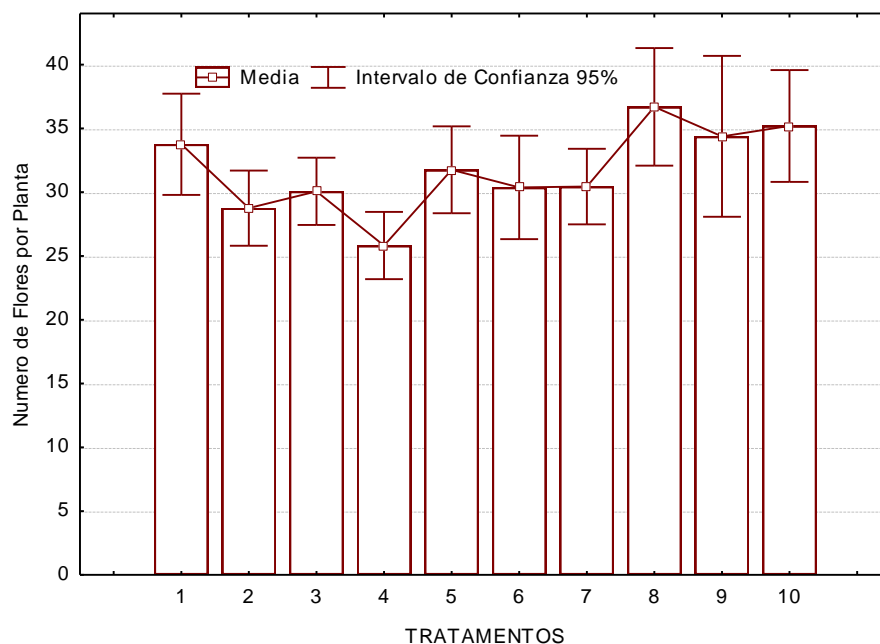


Gráfico 3. Se observa el valor total de medias para la variable número de flores.

Tabla 7. Resultados del análisis de varianza al 95% de probabilidad mediante el test Tukey.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|--------|----------------|-------|---------|
| 1 | 33.750 | 7.443118 | ab | 0.0056 |
| 2 | 28.750 | 5.531727 | ab | |
| 3 | 30.063 | 4.945958 | ab | |
| 4 | 25.813 | 4.945958 | b | |
| 5 | 31.750 | 6.392704 | ab | |
| 6 | 30.375 | 7.614679 | ab | |
| 7 | 30.438 | 5.5614 | ab | |
| 8 | 36.688 | 8.654238 | a | |
| 9 | 34.375 | 11.842719 | ab | |
| 10 | 35.188 | 8.223695 | a | |

Variables de Productividad

Número de Frutos por Planta

Para los resultados de esta variable se obtuvo de acuerdo a la prueba de test Tukey diferencia significativa con mayor número de frutos el tratamiento 2 (suelo, busan e inoculo) con una media de 21.12, por lo que se presenta el 50% de amarre de frutos (Tabla 8). El tratamiento que se presentó menor fue el 1 (testigo únicamente con suelo) con una media de 15.50 por lo que se muestra diferencia significativa, mientras que con el resto de los tratamientos se presentaron de manera similar. Esto probablemente se debe a que el número de frutos por planta depende de la cantidad de flores que son fecundadas y alcanzan el desarrollo de fruto (Wereing y Patrick, 1975) y no se mostró mucha diferencia significativa en la obtención del número de flores (Gráfico 4).

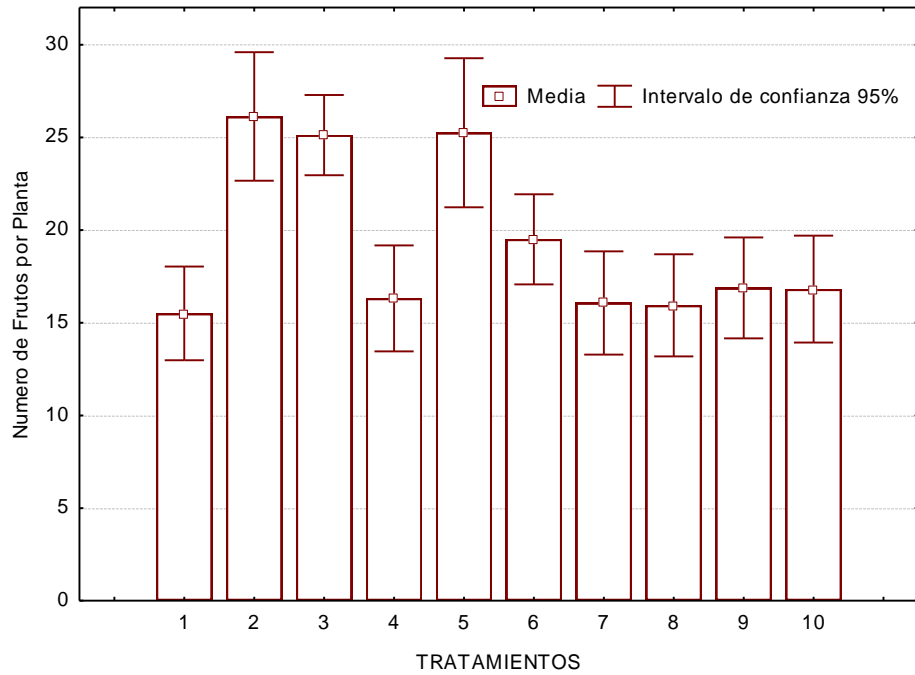


Gráfico 4. Resultado del análisis de medias para la variable Numero de Frutos por Planta

Tabla 8. Resultado de las medias obtenidas en el análisis de varianza de acuerdo a la prueba de Tukey.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|--------|----------------|-------|-----------|
| 1 | 15.500 | 4.746929 | b | 0.0004821 |
| 2 | 26.125 | 6.510248 | a | |
| 3 | 25.125 | 4.06407 | a | |
| 4 | 16.313 | 5.363068 | b | |
| 5 | 25.250 | 7.549834 | a | |
| 6 | 19.500 | 4.560702 | ab | |
| 7 | 16.063 | 5.22135 | b | |
| 8 | 15.938 | 5.170026 | b | |
| 9 | 16.875 | 5.110447 | b | |
| 10 | 16.813 | 5.418718 | b | |

Peso de Frutos por Planta

De acuerdo al análisis realizado con test de Tukey (Tabla 9), los tratamientos no muestran diferencias significativas, es decir, se comportan de manera similar. Sin embargo, se observa una diferencia entre los tratamientos 7 (suelo, col deshidratada e inoculo) y 10 (suelo y col deshidratada) los cuales muestran una media de 513.99 y 118.99 respectivamente (Grafico 5). Esto probablemente ocurrió a que se existía presencia de fusarium en las raíces y esto disminuía la absorción de nutrientes y agua (Requena *et al.*, 1994).

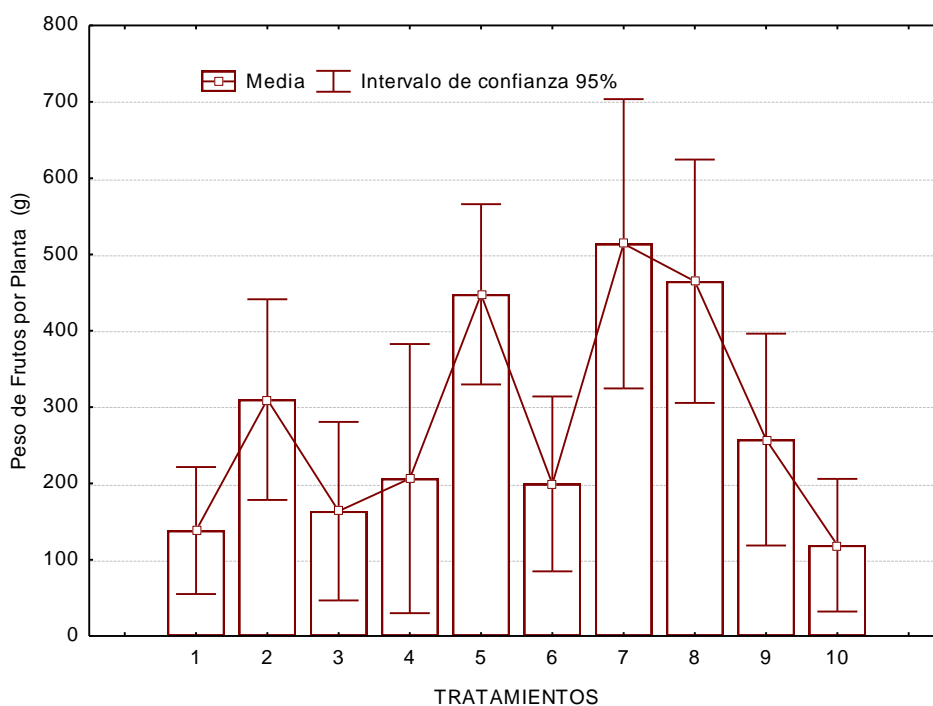


Gráfico 5. Se muestra el resultado de medias para la variable peso de frutos por planta

Tabla 9. Resultado de las medias obtenidas en el análisis de varianza de Tukey al 95%.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|----------|----------------|-------|---------|
| 1 | 138.2262 | 156.0941 | cd | 0.2033 |
| 2 | 309.8413 | 246.7319 | abcd | |
| 3 | 163.6575 | 219.3677 | bcd | |
| 4 | 206.3038 | 330.9422 | abcd | |

| | | | |
|----|----------|----------|------|
| 5 | 447.7556 | 221.5612 | abc |
| 6 | 199.3625 | 215.0343 | abcd |
| 7 | 513.9969 | 355.6197 | a |
| 8 | 464.9087 | 299.2942 | ab |
| 9 | 257.4244 | 260.5094 | abcd |
| 10 | 118.9969 | 162.9835 | d |

Número de Frutos Comerciales

De acuerdo al análisis de test Tukey (Gráfico 6) se muestra diferencia significativa en los tratamientos 3 (suelo + inoculo) con una media de 18.8125 y 7 (suelo + deshidratado + ioculo) 8 (suelo + picado) con una media 5.8125, mientras que el resto de los tratamientos se comportó de manera similar (Tabla 10), esto debido a que en los tratamientos donde se presenta menor número de frutos falsos son a los que se les aplico materia orgánica (Bramardi *et al.*, 2006).

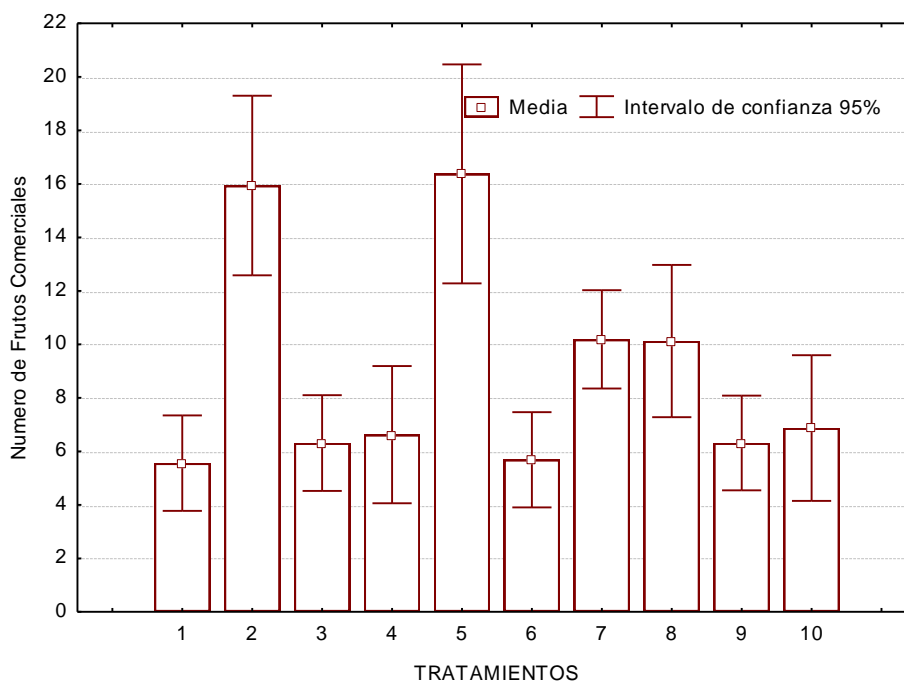


Gráfico 6. Resultado del análisis de medias para la variable de frutos comerciales.

Tabla 10. Resultado de las medias obtenidas en el análisis de varianza de Tukey al 95%.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|---------|----------------|-------|---------|
| 1 | 9.9375 | 5.22135 | bc | 0.01567 |
| 2 | 9.9375 | 6.625393 | bc | |
| 3 | 18.8125 | 5.406401 | a | |
| 4 | 9.6875 | 5.90727 | bc | |
| 5 | 8.875 | 2.986079 | bc | |
| 6 | 13.8125 | 4.92908 | ab | |
| 7 | 5.875 | 6.551081 | c | |
| 8 | 5.8125 | 4.118556 | c | |
| 9 | 10.5625 | 5.378584 | bc | |
| 10 | 9.9375 | 5.297405 | bc | |

Número de Frutos No Comerciales

Para el análisis de esta variable, se muestra en el resultado estadístico con test Tukey al 95% de probabilidad, que entre los tratamientos no se muestra diferencia significativa, únicamente se observa una ligera diferencia en el tratamiento 5 (suelo + picado + inoculo) y el tratamiento 2(suelo + Busan+ inoculo) los cuales muestran un número mayor de frutos con respecto a los demás tratamientos que se comportan de manera semejante. Esto probablemente se debió a que se presentaron condiciones altas de temperatura dentro del invernadero y con ello un estrés de hídrico en la planta (Williams *et al.* 1969).

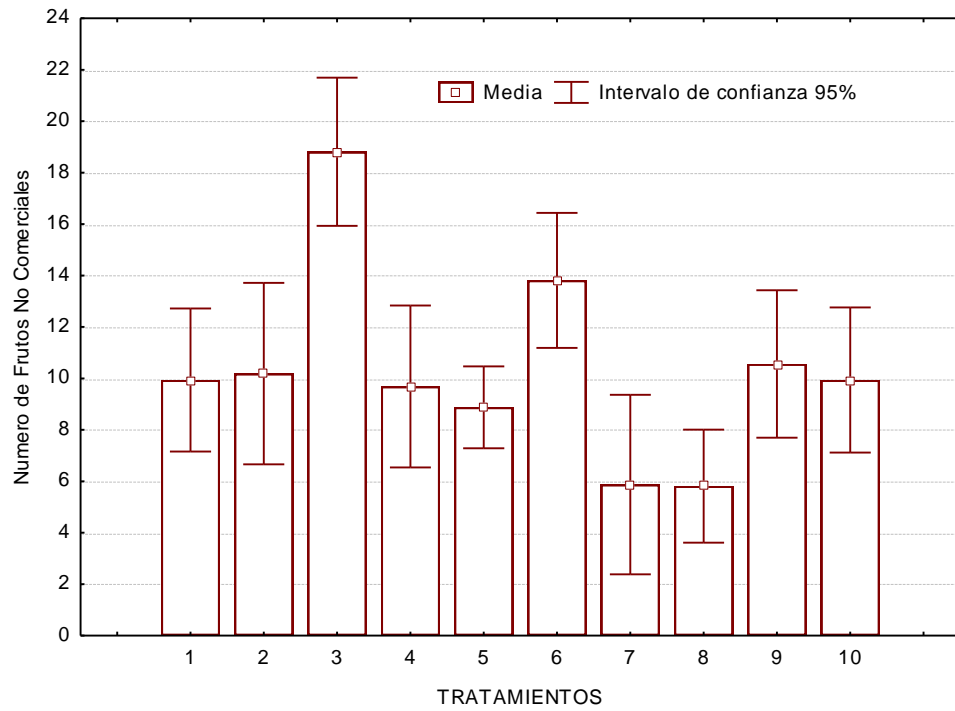


Gráfico 7. Se muestra el resultado de las medias para la variable de frutos comerciales.

Tabla 11. Se muestra el resultado de las medias del análisis de varianza de varianza de Tukey al 95%

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|---------|----------------|-------|---------|
| 1 | 5.5625 | 3.346018 | b | 0.1893 |
| 2 | 15.9375 | 6.297817 | a | |
| 3 | 6.3125 | 3.360927 | b | |
| 4 | 6.625 | 4.814907 | b | |
| 5 | 16.375 | 7.6844 | a | |
| 6 | 5.6875 | 3.341033 | b | |
| 7 | 10.1875 | 3.449034 | ab | |
| 8 | 10.125 | 5.3401 | ab | |
| 9 | 6.3125 | 3.321019 | b | |
| 10 | 6.875 | 5.110447 | b | |

Variables de Calidad

Peso Promedio del Fruto

Para esta variable se obtuvo de acuerdo al test de Tukey al 95% de probabilidad una diferencia significativa entre los tratamientos 7 (suelo + deshidratado + inoculo) con una media de 81.03 y el tratamiento 10 (suelo + deshidratado) con una media de 41.16. Esto debido a que hubo factores que intervinieron en el peso de frutos como las altas temperaturas, aumenta la transpiración de las hojas ocasionando un déficit hídrico (Williams *et al.*, 1969).

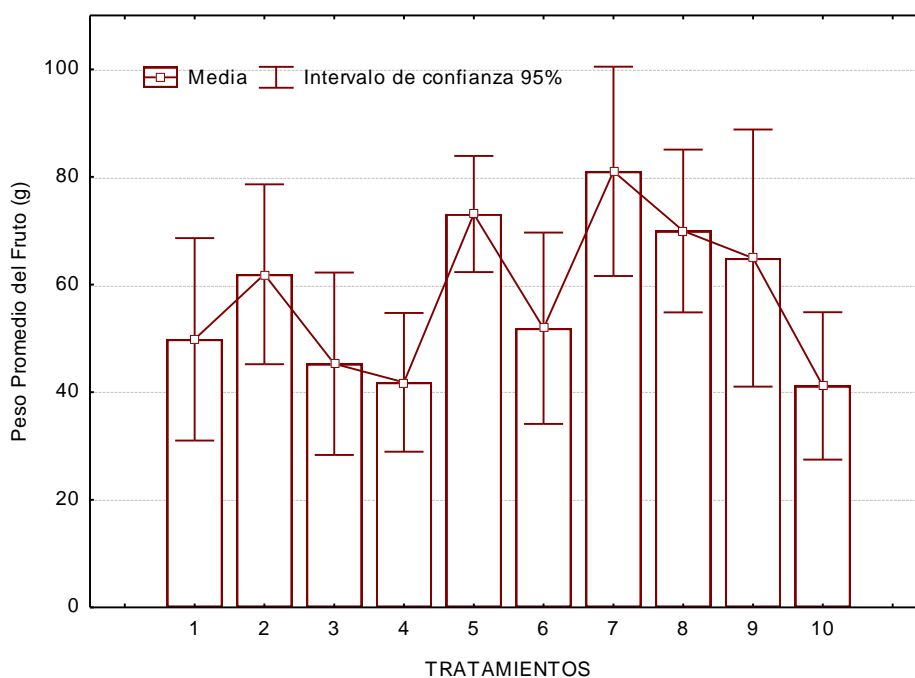


Gráfico 8. Se muestra el análisis de medias y el intervalo de confianza para la variable peso promedio del fruto.

Tabla 12. Se muestra el análisis de medias y el intervalo de confianza para la variable peso promedio del fruto.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|----------|----------------|-------|---------|
| 1 | 49.83097 | 35.306 | ab | 0.2891 |
| 2 | 61.90932 | 31.36143 | ab | |

| | | | |
|----|----------|----------|----|
| 3 | 45.29045 | 31.81062 | ab |
| 4 | 41.83324 | 24.16926 | b |
| 5 | 73.0962 | 20.25295 | ab |
| 6 | 51.89206 | 33.35602 | ab |
| 7 | 81.03907 | 36.50565 | a |
| 8 | 69.95213 | 28.38583 | ab |
| 9 | 64.91529 | 44.83107 | ab |
| 10 | 41.16906 | 25.67813 | b |

Longitud del fruto.

En cuanto a la variable de longitud de frutos entre los grupos no se muestra diferencia significativa. Esto pudo haber ocurrido debido a que el tamaño del fruto se ve afectado por factores fisiológicos como la maduración, despunte, defoliación, o probablemente por las altas temperaturas que ocasionan ablandamiento (Ascrofl *et al.*, 1993).

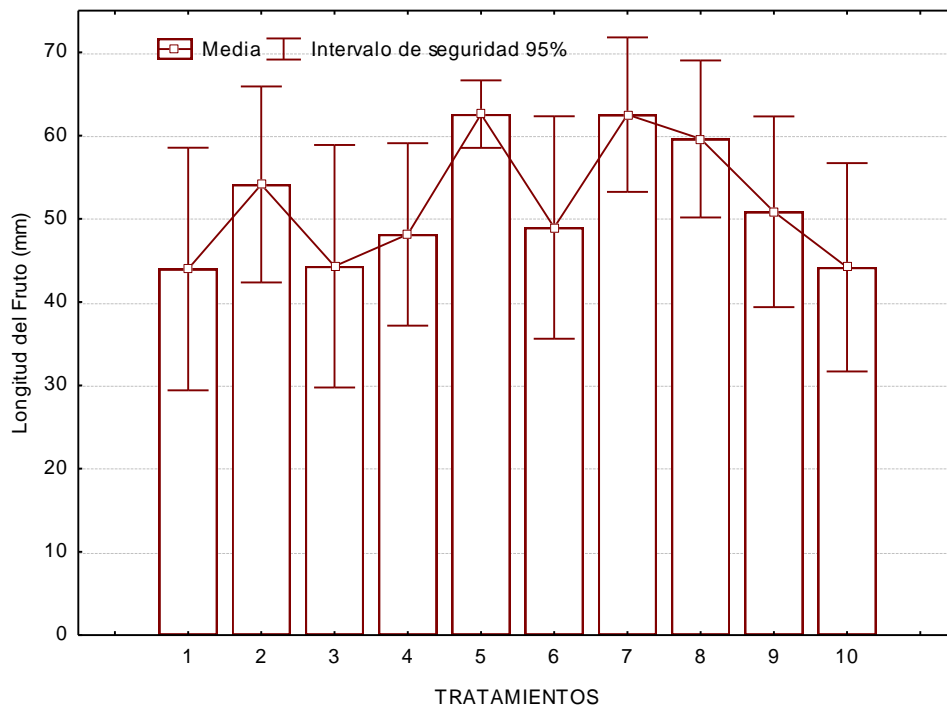


Gráfico 9. Resultado de las medias para la variable longitud del fruto.

Tabla 13. Se muestra los resultados del Test de Tukey al 95% y el intervalo de confianza para la variable peso promedio del fruto.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|----------|----------------|-------|---------|
| 1 | 43.97321 | 27.33695 | a | 0.4023 |
| 2 | 54.12083 | 22.082384 | a | |
| 3 | 44.30382 | 27.323277 | a | |
| 4 | 48.12604 | 20.54877 | a | |
| 5 | 62.57485 | 7.610793 | a | |
| 6 | 48.95885 | 25.064798 | a | |
| 7 | 62.51131 | 17.398212 | a | |
| 8 | 59.59681 | 17.689488 | a | |
| 9 | 50.85159 | 21.488132 | a | |
| 10 | 44.17448 | 23.473094 | a | |

Diámetro del Fruto

Realizando el análisis de medias en base al test Tukey al 95%, no se muestra diferencia significativa entre los tratamientos ya que responden de manera semejante.

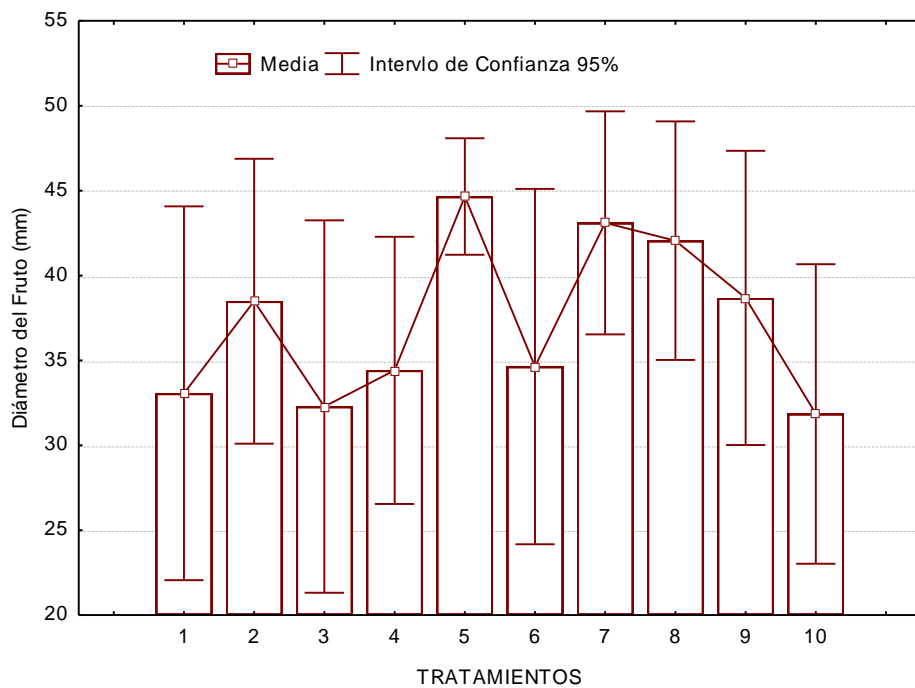


Gráfico 10. Se muestra el resultado de las medias realizadas mediante el test Tukey para la variable Diámetro del fruto.

Tabla 14. Se muestra el resultado de las medias realizadas mediante el test Tukey para la variable Diámetro del fruto.

| Tratamiento | Media | Error estándar | Grupo | p-valor |
|-------------|----------|----------------|-------|---------|
| 1 | 33.06548 | 20.658186 | a | 0.4531 |
| 2 | 38.48854 | 15.741463 | a | |
| 3 | 32.28472 | 20.585782 | a | |
| 4 | 34.41458 | 14.765796 | a | |
| 5 | 44.65375 | 6.429842 | a | |
| 6 | 34.63778 | 18.894402 | a | |
| 7 | 43.10417 | 12.323247 | a | |
| 8 | 42.05128 | 13.184195 | a | |
| 9 | 38.67842 | 16.253984 | a | |
| 10 | 31.85156 | 16.553973 | a | |

CONCLUSIONES

El subproducto de col o repollo en polvo deshidratado fue mejor que el picado y el extracto, con este tratamiento se observó menor incidencia de *Fusarium* y mejor desarrollo de plantas y peso de los frutos.

BIBLIOGRAFIA

- Aquino-Martínez, J. G., Vázquez-García, L. M., & Reyes-Reyes, B. G. (2008). BIOCONTROL IN VITRO E IN VIVO DE *Fusarium oxysporum* SCHLECHT. F. SP. DIANTHI (PRILL. Y DELACR.) SNYDER Y HANS. CON HONGOS ANTAGONISTAS NATIVOS DE LA ZONA FLORÍCOLA DE VILLA GUERRERO, ESTADO DE MÉXICO. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 127-137.
- Arellano Aguilar, O.; Rendón von Osten, J.; (2016). LA HUELLA DE LOS PLAGUICIDAS EN MÉXICO. Greenpeace.
- Bello, J.A., Díez Rojo, M.A., López-Pérez, J.A., Castro, I., Gallego, A. (2010). BIODESINFECCIÓN DE SUELOS. Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE). Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, Madrid.
- Brown, P.D., Morra, M. (1997). Control of soil-borne plant pests using glucosinolate-containing plants. *Adv. Agron.*, 61, 168-231.
- Campas-Baypoli, O. N., Bueno-Solano, C., Martínez-Ibarra, D. M., Camacho-Gil, F., Villa-Lerma, A. G., Rodríguez-Núñez, J. R., & Sánchez-Machado, D. I. (2009). CONTENIDO DE SULFORAFANO (1-ISOTIOCIANATO-4-(METILSULFINIL)-BUTANO) EN VEGETALES CRUCÍFEROS. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 59(1), 95-100.
- Carvalho, F., & Zhong, N. Tavares y Klaine S. 1998. RASTREO DE PLAGUICIDAS EN LOS TRÓPICOS. *Boletín del OEIA*, 40.
- Carrillo Fasio, J. A., Montoya Rodríguez, T. D. J., García Estrada, R. S., Cruz Ortega, J. E., Márquez Zequera, I., & Sañudo Barajas, A. J. (2003). RAZAS DE *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* SNYDER Y HANSEN, EN TOMATE (*Lycopersicon esculentum* MILL.) EN EL VALLE DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(2).
- Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2008). EXTRACTOS VEGETALES UTILIZADOS COMO

BIOCONTROLADORES CON ÉNFASIS EN LA FAMILIA PIPERACEAE.
Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97-106.

Ettlinger, M.G., Kjær, A., 1968. Sulfur compounds in plants. *Recent Adv. Phytochem.* 1, 59–144.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2012). FAOSTAT, Resources-Pesticides Use. [En línea] FAOSTAT, Resources-Pesticides Use. [Consultado 15/10/2018] Disponible en URL: <http://faostat.fao.org/site/424/default.aspx#ancor>

García González, B.I., Cervantes Hernández, P., (2017). TENDENCIA HISTÓRICA DEL USO DE PLAGUICIDAS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA DE MÉXICO. Universidad del Mar.

González, I., Infante, D., Martínez, B., Arias, Y., González, N., Miranda, I., & Peteira, B. (2012). INDUCCIÓN DE QUITINASAS Y GLUCANASAS EN CEPAS DE TRICHODERMA SPP. PROMISORAS COMO AGENTES PARA EL CONTROL BIOLÓGICO. *Biotecnología Aplicada*, 29(1), 12-16.

Kirkegaard, J. A., & Sarwar, M. (1998). BIOFUMIGATION POTENTIAL OF BRASSICAS I. VARIATION IN GLUCOSINOLATE PROFILES OF DIVERSE FIELDGROWN BRASSICAS. *Plant and soil*, 201(1), 71-89.

Medina L, (2014) PLAGUICIDAS, MEDIO AMBIENTE Y ECONOMÍA. [En línea]. Luis Carlos Medina. EDUCACIÓN AMBIENTAL, SOFTWARE, COMPUTADORES, ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN. Con Mucha Seriedad [Consultada 28/11/2018]. Disponible en URL: <https://luiscmedina.blogspot.com/2014/09/plaguicidas-medio-ambiente-y-economia.html>

Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., Solano-Pascacio, L. Y., Ariza-Flores, R., Barrios-Ayala, A., & Rebolledo-Martínez, A. (2009). BIOCONTROL IN VITRO CON *Trichoderma* spp. DE *Fusarium subglutinans* (WOLLENWEB. Y REINKING) NELSON, TOUSSOUN Y MARASAS y *F. oxysporum* Schlecht., AGENTES CAUSALES DE LA "ESCOBA DE BRUJA" DEL MANGO (*Mangifera indica* L.). *Revista mexicana de fitopatología*, 27(1), 18-26.

- Pérez, A. R. (2014). BIOSINTESIS DE LOS GLUCOSINOLATOS E IMPORTANCIA NUTRICIONAL HUMANA Y FUNCIONES DE PROTECCIÓN A LAS PLANTAS. *Alimentos Hoy*, 22(31), 64-80.
- Rodríguez, A (2014) FACTORES QUE INFLUYEN EN EL TAMAÑO DE FRUTOS DE PERA WILLIAMS. Ediciones INTA. Colección de divulgación.
- Rodríguez DA, & Montilla JO. (2002) DISMINUCIÓN DE LA MARCHITEZ CAUSADA POR FUSARIUM EN TOMATE CON EXTRACTO DE CITRUS PARADISI. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*; 63: 46-50.
- Rodríguez Millán, K. A., Monreal Vargas, C. T., Huerta Díaz, J., Soria Colunga, J. C., & Jarquín Gálvez, R. (2013). APORTE DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS POR LA INCORPORACIÓN AL SUELO DE RESIDUOS DESHIDRATADOS DE COL (*Brassica oleracea var capitata*) Y SU EFECTO EN EL PH. *Revista mexicana de fitopatología*, 31(1), 29-44.
- Rosa, E.A.S., Heaney, R.K., Fenwick, G.R., Portas, C.A.M. (1997). DAILY VARIATION IN GLUCOSINOLATE CONCENTRATIONS IN THE LEAVES AND ROOTS OF CABBAGE SEEDLINGS IN TWO CONSTANT TEMPERATURE REGIMES. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73(3), 364-368.
- Ruiz Martínez, J.; Vicente, A.A.; Montáñez Saenz, J.C.; Rodríguez Herrera, R. y Aguilar González, C.N. (2012). UN TESORO PERECEDERO EN MÉXICO: EL TOMATE, TECNOLOGÍAS PARA PROLONGAR SU VIDA DE ANAQUEL. *Investigacion y ciencia de la universidad autónoma de Aguascalientes*. Num. 54, pp.57-63.
- SAGARPA (2010). JITOMATE. Monografía de cultivos. Subsecretaria de fomento de agronegocios.
- Villa Martínez, A., Pérez Leal, R., Morales Morales, H. A., Basurto Sotelo, M., Soto Parra, J. M., & Martínez Escudero, E. (2015). SITUACIÓN ACTUAL EN EL CONTROL DE FUSARIUM SPP. Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE EXTRACTOS VEGETALES. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205.

Winde, I., & Wittstock, U. (2011). INSECT HERBIVORE COUNTERADAPTATIONS TO THE PLANT GLUCOSINOLATE-MYROSINASE SYSTEM. *Phytochemistry*, 72(13), 1566-1575.

Zavaleta Mejía, E. (1999). ALTERNATIVAS DE MANEJO DE LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS. *Terra Latinoamericana*, 17(3).