UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE 1-3 DICLOROPROPENO-CLOROPICRINA (STRIKE 97.6 GE), COMO ALTERNATIVA AL USO DEL BROMURO DE METILO, PARA EL CONTROL DE (*Monosporascus cannonballus*, Pollack & Uecker) EN EL CULTIVO DE MELON (*Cucumis melo,* L.) TIPO CANTALOUPE, MATERIAL CARIBBEAN GOLD RZ, EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA.

OSCAR ALBERTO CABRERA ALDANA

CHIQUIMULA, GUATEMALA, FEBRERO DE 2014.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE 1-3 DICLOROPROPENO-CLOROPICRINA (STRIKE 97.6 GE), COMO ALTERNATIVA AL USO DEL BROMURO DE METILO, PARA EL CONTROL DE (*Monosporascus cannonballus,* Pollack & Uecker*)* EN EL CULTIVO DE MELON (*Cucumis melo,* L.) TIPO CANTALOUPE, MATERIAL CARIBBEAN GOLD RZ, EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

OSCAR ALBERTO CABRERA ALDANA

Al conferírsele el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

En el grado académico de LICENCIADO

CHIQUIMULA, GUATEMALA, FEBRERO DE 2014.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
AGRONOMIA

RECTOR
LIC. CARLOS ESTUARDO GALVEZ BARRIOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	M.Sc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Representante de Profesores:	M.Sc. Edgar Arnoldo Casasola Chinchilla
Representante de Profesores:	Ph.D. Felipe Nery Agustín Hernández
Representante de Graduados:	Lic. Zoot. Alberto Genesio Orellana Roldán
Representante de Estudiantes:	Br. Heidy Jeanneth Martínez Cuestas
Representante de Estudiantes:	Br. Otoniel Sagastume Escobar
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Coordinador de Carrera:	M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

M.Sc. Marlon Leonel Bueso Campos
M.Sc. José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc. Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda

TERNA EVALUADORA

M.Sc José Leonidas Ortega Alvarado
M.Sc Hugo Ronaldo Villafuerte Villeda
Ing. Agr. José Angel Urzúa Duarte

Chiquimula, febrero de 2014.

Señores:
Miembros de Consejo Directivo
Centro Universitario de Oriente
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ciudad de Chiquimula

Honorables Miembros:

De Conformidad con las normas establecidas, por la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE 1-3 DICLOROPROPENO-CLOROPICRINA (STRIKE 97.6 GE), COMO ALTERNATIVA AL USO DEL BROMURO DE METILO, PARA EL CONTROL DE (*Monosporascus cannonballus,* Pollack&Uecker*)* EN EL CULTIVO DE MELON (*Cucumis melo,* L.) TIPO CANTALOUPE, MATERIAL CARIBBEAN GOLD RZ, EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA.

El cual presento como requisito previo a optar el titulo de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de ProduccionAgricola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

OSCAR ALBERTO CABRERA ALDANA
Carné: 200340343

REF-PTG- EBK-02-2014
Chiquimula, febrero de 2014

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
Director CUNORI
Chiquimula, Ciudad

Respetable Licenciado Galdámez:

En atención a la designación efectuada por el Programa de Trabajos de Graduación -PTG-, para asesorar al estudiante, Oscar Alberto Cabrera Aldana, en el trabajo de investigación denominado **"EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE 1-3 DICLOROPROPENO-CLOROPICRINA (STRIKE 97.6 GE) COMO ALTERNTIVA AL USO DEL BROMURO DE METILO PARA EL CONTROL DE (Monosporascus cannonballus, Pollack & Uecker) EN EL CULTIVO DE MELON (Cucumis melo, L.) TIPO CANTALOUPE, MATERIAL CARIBBEAN GOLD RZ, EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA"**, tengo el agrado de dirigirme a usted, para informarle que he procedido a asesorar y orientar al sustentante, sobre el contenido de dicho trabajo.

En mi opinión, el trabajo presentado reúne los requisitos exigidos por las normas pertinentes; razón por la cual, recomiendo la aprobación del informe final para su discusión en el Examen General Público, previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción, en el Grado Académico de Licenciado.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Agr. Elmer Barillas Klee
Asesor Principal

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CHIQUIMULA
AGRONOMIA

cc. Archivo

CUNORI
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

D-TG-A-008/2014

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó el estudiante **OSCAR ALBERTO CABRERA ALDANA** titulado **"EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE 1-3 DICLOROPROPENO-CLOROPICRINA (STRIKE 97.6 GE), COMO ALTERNATIVA AL USO DEL BROMURO DE METILO, PARA EL CONTROL DE *(Monosporascus cannonballus, Pollack & Uecker)* EN EL CULTIVO DE MELÓN (Cucumis melo, L.) TIPO CANTALOUPE, MATERIAL CARIBBEAN GOLD RZ, EN EL VALLE DE LA FRAGUA, ZACAPA",** trabajo que cuenta con el aval de su Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniero Agrónomo. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como **Trabajo de Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **Ingeniero Agrónomo.**

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, a veinticinco de febrero de dos mil catorce

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Oriente
Chiquimula
Dirección

MSc. Nery Waldemar Galdámez Cabrera
DIRECTOR
CUNORI - USAC

c.c. Archivo
NWGC/ars

AGRADECIMIENTOS

Son muchos los recuerdos que vienen a mi mente, después de haber logrado cumplir una de las metas propuestas en mi vida, y son muchas las personas a las que debo agradecer por haber apoyado de alguna manera este logro.

A DIOS
Por brindarme la oportunidad de vivir, ofrecerme la sabiduría de caminar en el bien, abrirme puertas cuando más las necesité, por poner en mi camino a las personas indicadas, en el momento justo y por ser la luz que ilumina mi andar.

A MIS PADRES
Oscar Emilio Cabrera Salazar y Silvia Eugenia Aldana Aldana, por sus esfuerzos y sacrificios para sacarme adelante y hacer de mí, un hombre de bien, que los honrará y amará toda la vida.

A MI ESPOSA
Astrid Eunice Aldana Paiz, por todo el apoyo y soporte brindado, desde que te conocí, marcaste un parte aguas en mi vida, gracias realmente por la comprensión y amor brindado, además de los hijos que me has dado y los que vendrán.

A MI HERMANO
Marco Vinicio, gracias, por haberme soportado, y a pesar de todo, siempre estar ahí, sos parte de todo lo que he vivido, y sé que a pesar de cualquier diferencia que tengamos, nunca nos vamos a dejar de querer como hasta hoy.

A MIS ABUELOS
Papa Beto (†), Papa Minche (†), Mama Mary y Mama Chica, gracias por el amor brindado, los consejos y regaños, siempre han querido el bien para todos, perdón por no ser el nieto más amoroso, pero aunque no lo crean los adoro.

A MIS TIOS Y TIAS
Jorge Mario (†), Arturo (†), Alis, Elvira, Amada, Yolanda, Xiomara, Alicia, Berta, María, Argelia y Matilde, por haber sido un soporte para mis padres, en los momentos que lo necesitaron, gracias por el apoyo, porque también son parte de esto.

A MIS PRIMOS Y PRIMAS
Por ser parte de ese lazo familiar que en algún momento estuvo más unido que ahora, pues las circunstancias de la vida nos llevan por caminos diferentes, pero sé que al igual que yo, siempre nos recordamos unos de otros.

A MI FAMILIA POLITICA

Familia Aldana Paiz, gracias por haberme cobijado como uno más de ustedes, por el apoyo, los consejos, y el siempre estar ahí.

A MIS AMIGOS Y AMIGAS

Siempre he mantenido relaciones de amistad con muchas personas que de una u otra manera han marcado mi vida, en el estudio, en el trabajo, en el pueblo y un poco más allá, y que a cada lugar que voy, siempre he tenido la dicha de volverlos a encontrar, pero hoy después de muchos años, son pocos con los que mantengo una relación de amistad tan cercana que los puedo considerar ya, parte de mi familia, a todos ustedes gracias.

Especialmente Alejandro y Tito por ser mis mejores amigos.

A MIS COMPADRES

Gracias por aceptar a mis hijos en su familia, por amarlos y por ser una guía en sus vidas, sé que no me equivoque al elegirlos.

A MI ASESOR

Ing. Elmer Barillas Klee, por haber sido el eje principal en el desarrollo de este trabajo, además de haber aportado consejos de sabiduría para mi vida.

A MIS FORMADORES ACADEMICOS

A la ENCA (mi alma mater), al CUNORI por haber sido las casas de estudio donde me formé, y por ser las cartas de presentación de mi curriculum profesional, en especial al M.SC Hugo Villafuerte por su apoyo en todo momento.

A MIS FORMADORES PROFESIONALES

Ing. Edvin Cordón, Ing. Henry Estrada, Ing. Anibal Vargas, los tres influyeron mucho en el profesional que soy, al departamento de investigación: Ing. Ismar Cabrera, Ing. Arturo Villatoro, Ing. Luis Felipe Guzmán, a los colaboradores, Jorge, Edward, Yuri, a todos mil gracias por haber permitido realizar este trabajo bajo su coordinación y apoyo, el aporte que han hecho para el desarrollo del melón en Zacapa en invaluable,a mis compañeros;Ing. Raúl Lopez, Roderico Chacón, Nery Franco, Noé Escobar, Eduardo Cabrera, Paulo Trujillo, y a todo el departamento de mecanización, además Joel Franco, Cliver Cordón, Marvin Marín, Hector Sosa, a todos gracias por haber apoyado este trabajo de investigación, además de sus valiosos consejos y aportes en el aprendizaje y conocimiento del cultivo del melón.

A UN AMIGO INCONDICIONAL DE MI PADRE

Luis Alfonso Pinto, por estar siempre ahí, en los momentos más difíciles, has sido un soporte muy importante, realmente mil gracias güicho.

DEDICATORIA

ACTO QUE DEDICO:

A DIOS
Porque sin TU voluntad nada es posible, y porque cada acto en mi vida, va dedicado a TI

A MI PAPA, MI MAMA Y VINICIO
Porque espero que cada uno de mis logros, sea motivo de orgullo para ustedes.

A MI ESPOSA E HIJOS
Astrid, lo mínimo que podría hacer es agradecerte, pero para honrar los sacrificios hechos a mi lado, los desvelos acompañados, los ánimos brindados, te dedico los méritos necesarios en este trabajo; además, por ser el amor de mi vida y el soporte perfecto de nuestro hogar; Alberto José trajiste luz a mi vida el primogénito que tanto anhelé; Pilar completaste el cuadro perfecto de esta familia, espero poder ser un día, el ejemplo que necesitan, y los que vendrán ya están honrados en este acto.

A LOS QUE SE FUERON MUY TEMPRANO (†)
María Eugenia, Luis Alberto, German y Mario Aldana Cabrera, Jorge Mario Aldana y Aldana, Arturo Cabrera Salazar y Jose Francisco Stefani Cabrera, todos en la familia quisiéramos tenerlos presentes, han dejado un vacío que nadie puede sustituir, pero sé que desde donde estén nos resguardan de buena voluntad.

A DOS PERSONAS QUE MARCARON MI VIDA
Luis Alberto Aldana Cabrera (†), fuiste el formador en gran parte, junto a mis padres, del hombre que soy, gracias por los consejos y las enseñanzas de vida que me diste.

José Francisco Stefani Cabrera (†), primo del alma, hermano adorado, nunca pensé dedicarte este acto de esta manera, cuanto me hubiera gustado, estuvieras presente cargando a uno de mis hijos, disfrutando junto a mí este logro, tu alegría, humildad y sinceridad dejaron una huella muy marcada en mi vida, y sé que siempre has estado a mi lado. NUNCA TE OLVIDARÉ.

INDICE

I.	RESUMEN	1
II.	INTRODUCCIÓN	3
III.	MARCO CONCEPTUAL	5
3.1.	Antecedentes relacionados a la investigación	5
3.2.	Justificación de la investigación	6
3.3.	Definición del problema	7
IV.	MARCO TEÓRICO	9
4.1.	Clasificación taxonómica y morfología del melón	9
4.1.1.	Clasificación taxonomía	9
4.1.2.	Morfología del melón	9
4.2.	**Tipos de melón utilizados con fines de investigación**	10
4.2.1.	Melón tipo cantaloupe	10
4.2.2.	Material Caribbean Gold RZ	10
4.2.3.	Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de melón	11
4.3.	Desinfección del suelo	12
4.4.	Épocas de siembra	12
4.5.	Importancia del cultivo de melón	13
4.6.	Efecto del bromuro de metilo sobre la capa de ozono	13
4.7.	Taxonomía y morfología del hongo *Monosporascus cannonballus*	14
4.7.1.	Clasificación taxonómica	14
4.7.2.	Hospederos del hongo *Monosporascus cannonballus*	14
4.7.3.	Sintomatología de las plantas afectadas por el hongo	15
4.7.4.	Biología del hongo	15
4.7.5.	Ciclo biológico del *Monosporascus cannonballus* en melón	15
4.7.6	Métodos de control para el hongo	16

V. MARCO REFERENCIAL 18

5.1. Ubicación geográfica del área de estudio 18
5.2. Clima y zona de vida de la aldea La Palmilla 18
5.3. Características de los tratamientos utilizados 18
5.3.1. Descripción del producto Strike 97.6 GE 18
5.3.2. Descripción del bromuro de metilo 21
5.3.3. Descripción del InLine 94.1 EC 21

VI. MARCO METODOLÓGICO 23

6.1. Objetivos 23
6.1.1. General 23
6.1.2. Específicos 23
6.2. Hipótesis 23
6.3. Diseño experimental 24
6.3.1. Modelo estadístico 25
6.4. Descripción de los tratamientos 25
6.4.1. Primera época 25
6.4.2. Segunda época 26
6.5. Croquis de campo 27
6.5.1. Primera época 27
6.5.2. Segunda época 27
6.6. Variables respuesta 28
6.6.1. Fitotoxicidad 28
6.6.2. Rendimiento de fruta exportable (cajas/ha) 28
6.6.3. Porcentaje de daño radicular 29
6.7. Análisis de la información 30
6.7.1. Análisis estadístico 30
6.7.2. Análisis económico 30

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 31

7.1. Rendimiento de frutos exportables (cajas/ha) en la primera época de siembra 31

7.2. Rendimiento de frutos exportables (cajas/ha) en la segunda época de siembra 33

7.3. Porcentaje de daño radicular en la primera época de siembra 36

7.4. Porcentaje de daño radicular en la segunda época de siembra 38

7.5. Análisis económico 42

VIII. CONSLUSIONES 44

IX. RECOMENDACIONES 46

X. BIBLIOGRAFÍA 47

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Contenido	Página
1.	Tratamientos aplicados en la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	25
2.	Tratamientos aplicados en la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	26
3.	Rendimiento de frutos exportables (cajas/ha) de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	31
4.	Análisis de varianza de rendimiento de fruta exportable de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	31
5.	Prueba de tukey sobre el rendimiento de fruta exportable por hectárea de la primer época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	32
6.	Rendimiento de frutos exportables (cajas/ha) de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	33
7.	Análisis de varianza de rendimiento de fruta exportable de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	34
8.	Prueba de tukey sobre el rendimiento de fruta exportable por hectárea de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	35
9.	Porcentajes de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	36
10.	Análisis de varianza sobre el porcentaje de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	36

11.	Prueba de tukey sobre el porcentaje de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	37
12.	Porcentaje de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	38
13.	Análisis de varianza sobre el porcentaje de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	38
14.	Prueba de tukey sobre el porcentaje de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	40
15.	Costos de producción por hectárea de los tratamientos, en dos ciclos para el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	41
16.	Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	42
17.	Cálculo de la tasa marginal de retorno de los tratamientos evaluados, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	43

INDICE DE FIGURAS

Figura	Contenido	Página
1.	Ciclo biológico del *Monosporascus cannonballus*	16
2.	Rendimiento de fruta exportable por hectárea de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	32
3.	Rendimiento de fruta exportable por hectárea de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	34
4.	Porcentaje de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	37
5.	Porcentaje de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.	39

I. RESUMEN

El melón es el cultivo de mayor importancia en el valle de la Fragua, Zacapa, debido a la generación de empleos y divisas para Guatemala. Una de las principales enfermedades a los que se enfrentan los productores de melón es el *Monosporascus cannonballus*, utilizando para el control de éste, el Bromuro de Metilo como desinfectante del suelo. Este producto ya no podrá ser utilizado a partir del 2015 en ninguna parte del mundo según el Protocolo de Montreal.

El presente trabajo fue realizado en aldea La Palmilla, Usumatlán, Zacapa, basados en la necesidad de evaluar alternativas al uso del bromuro de metilo en la desinfección de suelos, en el cultivo de melón tipo cantaloupe, para el control de *Monosporascus cannonballus*. El ensayo fue montado para evaluar el ciclo completo del cultivo de melón en un año, es decir, que influenciados por las ventanas de mercado que se tienen para EE.UU. y Europa, Guatemala tiene 2 épocas de siembra en las cuales se optimiza al máximo el tiempo y los recursos.

Teniendo como objetivo determinar el efecto de 4 dosis de Strike 97.6 GE (Cloropicrina 56.95% - 1-3 dicloropropeno 37.97%), como alternativa al uso del bromuro de metilo, en dos etapas de cultivo, realizando una aplicación base en la primer etapa y para la segunda dividiendo el área de influencia de cada tratamiento, con y sin aplicación, es decir qué; para la primer etapa, cada tratamiento tuvo un área de influencia de 8 camas y para la segunda se dividieron en 4 camas, con la aplicación base realizada en la primer etapa (sin aplicación) y 4 camas, con aplicación en la segunda con el mismo producto y dosis (doble aplicación), a excepción del testigo absoluto, que tuvo aplicación solamente en la segunda, el cual fue tratado con una dosis del producto comercial In Line 94.1 EC (1-3 dicloropropeno 60.8% - Cloropicrina 33.3%).

La mezcla de productos utilizada actualmente para desinfección de suelos en el cultivo del melón en 2 ciclos de siembra, son Bromuro de metilo + In Line ya que para la segunda etapa, para poder aplicar Bromuro de Metilo nuevamente, sería

necesario volver a realizar el proceso de preparación de suelos y emplasticado del mismo, lo cual no es técnica, ni económicamente viable.

Las variables respuesta evaluadas fueron: a) Fitotoxicidad (la cual no fue sometida a ANDEVA porque en ninguno de los muestreos realizados se determinó daño alguno), b) Porcentaje de daño radicular y c) Rendimiento de fruta exportable, las cuales fueron sometidas a ANDEVA, además del respectivo análisis económico de los tratamientos, para determinar la viabilidad de los tratamientos desde el punto de vista estadístico y económico. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con 7 tratamientos y 3 repeticiones para la primera etapa y 14 tratamientos y 3 repeticiones para la segunda, utilizando como parámetro de medición 2 camas de 10 metros de largo para la variable rendimiento y 5 raíces de 5 plantas continuas para la variable porcentaje de daño radicular.

Por los resultados mostrados por el testigo absoluto en la segunda época de cultivo, se determinó que, la variable porcentaje de daño radicular, presenta una diferencia de 22% entre el testigo absoluto y el promedio de los tratamientos que tuvieron 2 aplicaciones. Además en cuanto a la variable rendimiento de fruta exportable la diferencia fue de 998 cajas/ha, por lo cual se determinó que la desinfección de suelo en ambas etapas de cultivo es necesaria.

Basados en los análisis estadísticos de las variables: rendimiento de fruta exportable y porcentaje de daño radicular, además del análisis de la relación beneficio/costo, se pueden considerar a los tratamientos Strike 97.6 GE (170 l/ha) e In Line 94.1 EC (150 l/ha) con aplicación en ambas etapas de siembra, como alternativas agronómica y económicamente viables para la sustitución del uso del Bromuro de Metilo.

Además se recomienda seguir evaluando alternativas, que sean amigables con el ambiente, técnicamente aplicables al cultivo y sobre todo económicamente viables, que permitan la subsistencia del cultivo en el valle de La Fragua, Zacapa.

II. INTRODUCCION

El cultivo del melón (*Cucumis melo L*.), se ha convertido en un producto de importancia en Guatemala. Esto se debe principalmente por la generación de divisas en su comercialización; además es una fuente de trabajo, porque requiere de aproximadamente 80 jornales/ha para las actividades de manejo en campo.

En el departamento de Zacapa se cultivan aproximadamente 5000 hectáreas, realizando 2 ciclos al año. El melón se cultiva bajo el sistema de monocultivo, utilizando cubierta plástica, riego por goteo y desinfección de suelos; con producciones de más de 1500 cajas/ha de fruta exportable. La alta productividad del cultivo, requiere buscar el mejor aprovechamiento de la inversión realizada, lo que beneficia a los inversionistas de las empresas en el área. Además el valle de La Fragua, es una zona que reúne las condiciones climáticas óptimas y apropiadas para la producción de melón. En los últimos años, el área de cultivo se ha incrementado considerablemente. Debido a ello, las empresas meloneras utilizan cantidades considerables de agroquímicos para el manejo del acondicionamiento del cultivo, desde la preparación del terreno hasta la cosecha.

El bromuro de metilo ha sido indispensable en la desinfección del suelo, porque ofrece un control efectivo sobre patógenos del suelo y malas hierbas, pero actualmente ya no puede ser considerado un producto viable para el control químico para la desinfección de suelos, dado a que, en el Protocolo de Montreal se le definió como destructor de la capa de ozono, estableciendo una reducción gradual y prohibición a su uso en la agricultura en cualquier parte del mundo a partir del 2015.

Considerando lo anterior, se propuso la evaluación de cuatro dosis del producto Strike 97.6 GE (Cloropicrina 56.95% - 1-3 dicloropropeno 37.97%), como alternativa al bromuro de metilo sobre el control de *Monosporascus cannonballus,* hongo que ocasiona pérdidas de hasta el 100% de la producción. El producto Strike 97.6 GE está compuesto por una mezcla física de cloropicrina y 1-3 dicloropropeno. Dichos compuestos químicos tienen la cualidad de no causar problema alguno en la destrucción de la capa de ozono.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 7 tratamientos (4 dosis de Strike 97.6 GE, y los testigos comerciales InLine 94.1 EC, bromuro de metilo y un testigo absoluto) y 3 repeticiones, en la primer temporada (transplantes de Septiembre a Diciembre, cosechas de Noviembre a Enero) y 14 tratamientos (los mismos tratamientos de la primera época, con y sin tratamiento para la segunda) y 3 repeticiones en la segunda (transplantes de Diciembre a Febrero, cosechas de Enero a Abril), siendo las variables respuesta: fitotoxicidad, rendimiento de fruta exportable (cajas/ha) y el porcentaje de daño radicular provocado por el *Monosporascus cannonballus*.

Con el objetivo de determinar la significancia entre los tratamientos. La evaluación se llevó a cabo en la aldea La Palmilla, municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa, con un período de 7 meses, en la época de septiembre a diciembre del año 2009 y de enero a marzo del 2010.

El análisis de resultados en la primera etapa mostraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, siendo bromuro de metilo a una dosis de 150 kg/ha y strike 96.7 EG a 200 l/ha, con 2077 y 2055 cajas/ha respectivamente, los que presentaron mayores rendimientos de frutos exportables. Con relación a la segunda etapa, donde los tratamientos fueron evaluados con y sin aplicación, se obtuvo mayores rendimientos a los que se les hizo aplicación, cuantificando promedios de 1608 y 1114 cajas/ha en cada caso, siendo el testigo absoluto el de menor rendimiento con 638 cajas/ha. Por lo anterior se determinó que el uso de dos aplicaciones para la desinfección de suelos, influye significativamente en el rendimiento.

Los tratamientos con bromuro de metilo alcanzaron el mayor número de cajas/ha de frutos exportables por época y mayor tasa marginal de retorno. Sin embargo, se recomienda considerar el uso de strike 96.7 EG a dosis de 170 l/ha ó InLine 94.1 EC a una dosis de 150 l/ha con aplicación en ambas etapas, debido a ofrecer beneficios económicos rentables y adicionalmente representar una alternativa viable al uso de bromuro de metilo.

III. MARCO CONCEPTUAL

3.1. Antecedentes relacionados a la investigación

Los patógenos del suelo, son una limitante para la producción agrícola; causando muchas pérdidas en las cosecha de los cultivos, principalmente en los que se producen en monocultivo. Tal es el caso del cultivo del melón (*Cucumis melo L.) que* se ha convertido en uno de los principales productos no tradicionales de exportación en el valle de La Fragua, Zacapa. Utiliza tecnología de cobertura plástica, riego por goteo y bromuro de metilo para la desinfección de suelos (Ramírez 2006).

Con menor densidad de población de organismos causales de problemas, mayor probabilidad tiene el cultivo de producir eficientemente. Para reducir la presencia de patógenos en el suelo, se ha utilizado la desinfección pre-siembra, por medio de la aplicación de fumigantes poco selectivos o denominados biocidas como el bromuro de metilo (Bruton y Fish 2009).

El protocolo de Montreal para la protección de la capa de ozono fue creado en 1987 donde están adheridos cerca de 200 países. Este protocolo contiene un exhaustivo catálogo para el control de la fabricación, exportación, importación y consumo de productos químicos que deterioran la capa de ozono.

El congreso de la República de Guatemala según el decreto 39-87, aprueba el convenio de Viena para la protección de la capa de ozono y por medio del decreto 34-89, se acepta y aprueba el protocolo de Montreal relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, instrumentos que a su vez sirven de base para la promulgación del decreto Legislativo número 110-97, en el cual se establece la eliminación gradual del uso en Guatemala de todo tipo de sustancias tendientes a afectar la capa de ozono (García 1999).

Guatemala ha planificado la reducción del uso de bromuro de metilo en un 20% cada año, a partir del 2005; considerando como base las importaciones hechas en los años de 1996-1998, siendo alrededor de 600 toneladas (Bruton y Fish 2009).

García en el año de 1999, realizó una evaluación de productos alternativos al bromuro de metilo en el cultivo de melón (*Cucumis melo L.)*, en Estanzuela, Zacapa, concluyendo que no se encontró desarrollo de hongos en el suelo, debido a que el terreno era nuevo para el cultivo; además los mejores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos de bromuro de metilo a una dosis de 125 kg/ha y Metam Sodio 350 l/ha. Recomendando que se puede utilizar bromuro de metilo a una dosis de 125 kg/ha como una medida de reducción del producto y metam sodio 350 l/ha como una medida de sustitución al bromuro de metilo para la desinfección de suelos en el cultivo del melón en el valle de La Fragua, Zacapa.

Según Ramírez (2006), sobre la evaluación de alternativas al bromuro de metilo, determinó por medio de observación directa, que la incidencia de *Monosporascus* se comportó igual en todos los tratamientos. Al inicio del muestreo (8 ddt) la incidencia fue de 0% y en el antepenúltimo muestreo (46 ddt) existió una incidencia de 60 % y al final del ciclo (72 ddt) la incidencia fue de un 90% donde todas las raíces estaban infectadas.

Según Stanghellini *et al*. (2003), la utilización de una mezcla física de dos fumigantes de suelo presiembra (1-3 dicloropropeno y cloropicrina) ha demostrado ser efectiva en la reducción de la incidencia y severidad de la pudrición radicular causada por *Monosporascus cannonballus.*

3.2. Justificación de la investigación

El cultivo del melón en la región oriental de Guatemala, principalmente en el valle de La Fragua, Zacapa, es relevante para la economía local y nacional. Actualmente se establecen aproximadamente 5000 hectáreas de melón y sandía para exportación, produciéndose dos ciclos al año en el mismo campo. Las condiciones de aridez y temperatura que presenta dicho departamento son óptimas para este tipo de cultivo. Sin embargo, estos factores ambientales también favorecen al desarrollo del hongo *Monosporascus cannonballus*.

En Guatemala se reportó el hongo *Monosporascus cannonballus*, en el año de 1997, afectando al cultivo de melón por medio de una pudrición radicular, expresada como una marchitez foliar que reduce la calidad y productividad de las plantaciones; generando pérdidas de hasta el 100% de la producción, por su severidad (Bruton y Fish 2009).

La práctica más utilizada para el control de este hongo, es la desinfección del suelo con bromuro de metilo en pre siembra. Este producto fue catalogado en el protocolo de Montreal como nocivo al ambiente y se prohíbe su uso en la agricultura en cualquier parte del mundo a partir del año 2015 (García 1999).

Por lo anterior, es importante evaluar nuevas alternativas como sustituto al uso de bromuro de metilo, debido a que es casi imposible producir sin la desinfección del suelo; por las poblaciones de patógenos especialmente *M. cannonballus* (P&U), que siguen afectando al cultivo de melón y aumentando su severidad año con año.

3.3. Definición del problema

La producción de melón en monocultivo crea las condiciones adecuadas para el crecimiento y desarrollo de poblaciones de patógenos, tanto del follaje como del suelo. Por antecedentes se ha identificado que las plagas y enfermedades de mayor relevancia han sido la mosca blanca, los pulgones, los mildius, las bacterias y hongos como el *Monosporascus*, este último presenta síntomas, cuando el cultivo está próximo a la cosecha, provocando marchitez foliar por la pudrición radicular, lo cual influye en la calidad y productividad del cultivo (Cabrera 2003).

En años anteriores, los muestreos en plantas de melón del departamento de Zacapa, se ha encontrado que el hongo *Monosporascus cannonballus* era frecuente. Por lo que con estos resultados y conversaciones de agricultores y consultores, *Monosporascus cannonballus* es el principal patógeno implicado en la disminución de la vid en melones en Zacapa (Bruton y Fish 2009).

Es necesario contar con un control sobre el *Monosporascus cannonballus*, mediante desinfecciones del suelo en pre siembra, siendo la práctica que mejor resultados ofrece para su control y obtener producciones con utilidades aceptables, para las empresas agro exportadoras del valle de La Fragua, Zacapa; lo que permite continuar generando empleos y divisas en Guatemala.

La utilización del bromuro de metilo para la desinfección del suelo en el valle de La Fragua, Zacapa, ha sido la práctica que mejor resultado ha producido, brindando un amplio control sobre bacterias, hongos, malezas e insectos del suelo, la cual ya no puede ser considerada por la prohibición en el uso del producto (García 1999).

Por lo que en la presente investigación, se propuso evaluar 4 dosis de 1-3 Dicloropropeno 37.97% + Cloropicrina 56.95% (Strike 97.6 GE), como alternativa al uso del Bromuro de Metilo, para el control de *Monosporascus cannonballus,* Pollack & Uecker. Además como referencia se consideró dentro de los testigos comerciales ya utilizados para la desinfección de suelos, el producto In Line 94.1 EC (1-3 dicloropropeno 60.8% + cloropicrina 33.3%), a una dosis de 150 l/ha, que hasta el momento ha sido considerado, para la desinfección de suelos, en la segunda etapa, sobre la aplicación de bromuro de metilo.

IV. MARCO TEORICO

4.1. Clasificación taxonómica y morfología del melón

4.1.1. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Subclase: Dilleniidae
Orden: Cucurbitales
Familia: Cucurbitaceae
Subfamilia: Cucurbitoideae
Tribu: Benincaseae
Género: Cucumis
Especie: *Cucumis melo L*.

4.1.2. Morfología del melón

Es una planta anual, que pertenece a la familia de las cucurbitáceas. Su sistema radicular es abundante, muy ramificado y de rápido desarrollo. Sus tallos son herbáceos, rastreros, suelen ser vellosos y presentan nudos donde se desarrollan hojas, zarcillos y flores, brotando nuevos tallos de las axilas de las hojas.

Las hojas, se desarrollan en cada nudo de los tallos junto a un zarcillo; también son vellosas por el envés. Las flores son solitarias, de color amarillo y pueden ser masculinas, femeninas o hermafroditas; estas últimas son las más perfectas y las que interesan en el cultivo. Las masculinas suelen aparecer en primer lugar sobre los entrenudos más bajos, mientras que las femeninas y hermafroditas aparecen más tarde en las ramificaciones de segunda y tercera generación, aunque siempre junto a las masculinas.

Los frutos, son de forma variable (esférica, elíptica, aovada); la corteza de color verde, amarillo, anaranjado, blanco, etc., puede ser lisa, reticulada o estriada. La pulpa puede ser blanca, amarilla, cremosa, anaranjada, asalmonada o verdosa (INFOAGRO 2009).

4.2. Tipos de melón utilizados con fines de investigación

4.2.1. Melón tipo cantaloupe

De origen americano, es el melón que más tonelaje se produce en el mundo. Tienen forma esférica y su característica principal es que presentan un reticulado grueso en toda su superficie. La pulpa es de color salmón y aromático. La distinción entre grados de calidad se basa principalmente en la apariencia externa y en el contenido de sólidos solubles.

Con un mínimo de 11° Brix se considera de "muy buena calidad" y 9° Brix de "buena calidad interna". Se puede almacenar hasta por 21 días a $2.2^{o}C$, pero la calidad puede reducirse. Generalmente, se puede esperar de 12 a 15 días como vida postcosecha normal dentro del intervalo óptimo de temperatura $2.2^{o}C$ y $5^{o}C$ (INFOAGRO 2009).

4.2.2. Material Caribbean Gold RZ

Es un material de nueva generación de melones, denominado tipo Harper o melones de larga vida. El término larga vida, es un concepto genético que consiste en la inhibición de etileno en el fruto, al final lo que se logra es mayor periodo de anaquel, ofreciendo alta resistencia a la vitriscencia, menor demanda en la cadena de frío y menores pérdidas en la cadena de comercialización.

El Caribbean Gold RZ, es un material que ha desplazado significativamente en los sistemas de producción de América y Europa a los cantaloupes tradicionales. Produce una planta fuerte de buen vigor y cobertura foliar, muy buen cuaje de frutos, expresado en altas producciones.

Su fruto es de tamaño medio-grande, forma ovalada, piel de color crema, escriturado (red) muy uniforme y dura, su pulpa es de color naranja muy consistente y larga vida, cavidad pequeña, ofreciendo muy buena calidad interna, presentando niveles por encima de los 15^{0} Brix. Además el Caribbean ofrece alta resistencia a las razas de Fusarium 0,1 y 2.

Su recolección o cosecha es fácil comparada con los cantaloupes tradicionales, ya que para estos es necesario realizar 2 cortes al día hasta por 21 días que puede durar un campo en cosecha, a diferencia del Caribbean Gold Rz que puede necesitar hasta 3-4 cortes como máximo, durante todo el ciclo (Rijk Zwaan 2007).

4.2.3. Requerimientos climáticos y edáficos del cultivo de melón

Los factores climáticos son fundamentales sobre el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación de uno de estos incide sobre el resto.

a. Clima: requiere climas cálidos y no excesivamente húmedos, de forma que en regiones húmedas y con escasa insolación su desarrollo se ve afectado negativamente, apareciendo alteraciones en la maduración y calidad de los frutos.

b. Temperatura: oscila entre 32°C y 10°C, con una óptima entre los 18 ^{o}C y 32°C. A medida que la temperatura es más baja, las plantas se encuentran más expuestas a enfermedades fungosas.

c. Humedad: la humedad relativa puede ser semi-seca (65 – 75%). La sequía es favorable para la maduración, mejorando la calidad de los frutos (aroma, sabor y contenido de sólidos solubles).

d. Luminosidad: la duración de la luminosidad en relación con la temperatura, influye tanto en el crecimiento de la planta como en la inducción floral, fecundación de las flores y ritmo de absorción de elementos nutritivos.

El desarrollo de los tejidos del ovario de la flor está estrechamente influenciado por la temperatura y las horas de iluminación, de forma que días largos y temperaturas elevadas favorecen la formación de flores masculinas, mientras que días cortos con temperaturas bajas inducen el desarrollo de flores con ovarios.

e. Suelo: la planta de melón no es muy exigente en suelo, pero da mejores resultados en suelos ricos en materia orgánica, profundos, mullidos, bien drenados, con buena

aireación y pH comprendido entre 6 y 7. Si es exigente en cuanto a drenaje, ya que los encharcamientos son causantes de asfixia radicular y podredumbres en frutos (INFOAGRO 2009).

4.3. Desinfección del suelo: la mayoría de las enfermedades de la raíz y de las partes bajas del tallo son causada por organismos que provienen del suelo, incluyendo hongos, nematodos y bacterias. Desde hace mucho tiempo se han evaluado las más diversas sustancias, en busca de tratamientos que erradiquen estos patógenos sin causar daño a las plantas ni alterar adversamente el equilibrio físico-químico-biológico de los suelos.

La fumigación, es un método para esterilización del suelo para controlar insectos, nematodos, semillas de malas hierbas y hongos. Para su aplicación en el suelo, la superficie deberá ser cubierta con cualquier envoltura plástica con el objetivo de reducir la pérdida del producto a aplicar. La fumigación del suelo se realiza generalmente antes de la siembra, por lo que una completa esterilización es más efectiva y requiere de poca selectividad (García 1999).

Los productos utilizados actualmente para desinfectar las camas de siembra del cultivo del melón en la región de El Valle de La Fragua, Zacapa son: el bromuro de metilo (150 kg/ha) para la primera etapa, mas In Line 94.1 EC (150 l/ha) para la segunda etapa.

4.4. Épocas de siembra

En Guatemala existen dos temporadas de siembra muy marcadas, influenciadas principalmente por la ventana de mercado hacia los Estados Unidos de Norte América y Europa:

- *Primera época:* finales de septiembre a principios de noviembre.
- *Segunda época:* finales de diciembre a principios de febrero.

Es decir, que aproximadamente un mes después de obtener la cosecha de la primera época, ya se está sembrando la segunda.

4.5. Importancia del cultivo de melón

En el valle de La Fragua, departamento de Zacapa (municipios de Usumatlán, Teculután, Cabañas, Huité, Estanzuela y Zacapa), el cultivo de melón ha alcanzado gran importancia. Las exportaciones se iniciaron en 1972 y 73, hacia los Estados Unidos de Norte América por intermedio de un pequeño grupo de agricultores asesorados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. En 1995 el Banco de Guatemala reportó 40 millones de dólares en divisas por concepto de exportación del melón (García 1999).

De acuerdo con las estimaciones realizadas para la temporada de 1998-1999 se pronosticó un incremento en las divisas que oscila entre el 15 y 20%; derivado de la ampliación de las áreas dedicadas al cultivo y mejoramiento de su productividad (Bruton y Fish 2009).

El melón, es de gran importancia porque además ha incorporado a la actividad agrícola nacional más de 1500 hectáreas que anteriormente eran bosques de monte espinoso subutilizado. Actualmente se cultivan alrededor de 5000 hectáreas por época solamente en el Valle de La Fragua.

4.6. Efecto del bromuro de metilo sobre la capa de ozono

Cuando el bromuro de metilo llega a la estratosfera, la radiación solar de alta energía libera un átomo de bromo que rompe el enlace entre el bromo y el grupo metilo. El átomo de bromo se halla en estado muy reactivo, destruye el ozono molecular, y también reacciona con moléculas estables que contienen cloro, liberándolo, y el cloro a su vez destruye a otras moléculas de ozono. Por esta reacción en cadena, el bromo que se origina de bromuro de metilo es 50 veces más efectivo como destructor del ozono que los átomos de cloro que proceden de los clorofluorcarbonados (CFCs).

La cantidad de bromuro de metilo utilizado en las actividades agrícolas de todo el mundo tiene un impacto negativo sobre la capa de ozono, que desorganiza el balance

natural de la atmósfera y como consecuencia aumenta la cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la tierra.

En 1994, el comité científico para la evaluación de la reducción del ozono, redacto un documento con aportes de más de 300 científicos especializados en procesos atmosféricos, quienes valoraron el potencial destructor del bromuro de metilo sobre la capa de ozono, concluyendo que su ODP (ozono depletion potencial), es de 0.6, finalmente el informe indica que con claridad el plaguicida mencionado es un compuesto reductor del ozono.

El bromuro de metilo es un producto químico que se utiliza principalmente en la desinfección de semilleros, sustratos para pilones y en algunas plantaciones se emplea en el campo, donde se aplica a toda el área de cultivo (García 1999).

4.7. Taxonomía y morfología del hongo *Monosporascus cannonballus*

4.7.1. Clasificación taxonómica

Dominio: Eucariota
Reino: Fungí
Phyllum: Ascomycota
Clase: Ascomycetes
Subclase: Sordariomycetidae
Orden: Sordariales
Género: Monosporascus
Especie: *Monosporascus cannonballus*

4.7.2. Hospederos del hongo *Monosporascus cannonballus*

Los principales cultivos que se ven afectados por *M. cannonballus* son el melón y la sandía, también es posible encontrarlo dañando a otras cucurbitáceas como calabaza, pepino, calabacín. El hongo *M. cannonballus* puede colonizar las raíces de otras plantas cultivadas y malas hierbas no cucurbitáceas sin causar daños en ellas, lo que puede contribuir a la supervivencia del hongo en el suelo. En este sentido se han citado

las siguientes especies: trigo, maíz, sorgo, alfalfa, judía, trébol, sésamo, tomate, algodón y col (Beltrán 2008).

4.7.3. Sintomatología de las plantas afectadas por el hongo

Los primeros síntomas notables son: el amarillamiento gradual de las hojas hasta marchitar la planta, ocasionando el deterioro foliar del ciclo vegetativo de la planta provocando su muerte prematura. *M. cannonballus* también es caracterizado por el descoloramiento vascular o lesiones en las raíces y a la presencia de peritecios de color negro (aparecen como protuberancias negras pequeñas en la raíz) (Beltrán 2008).

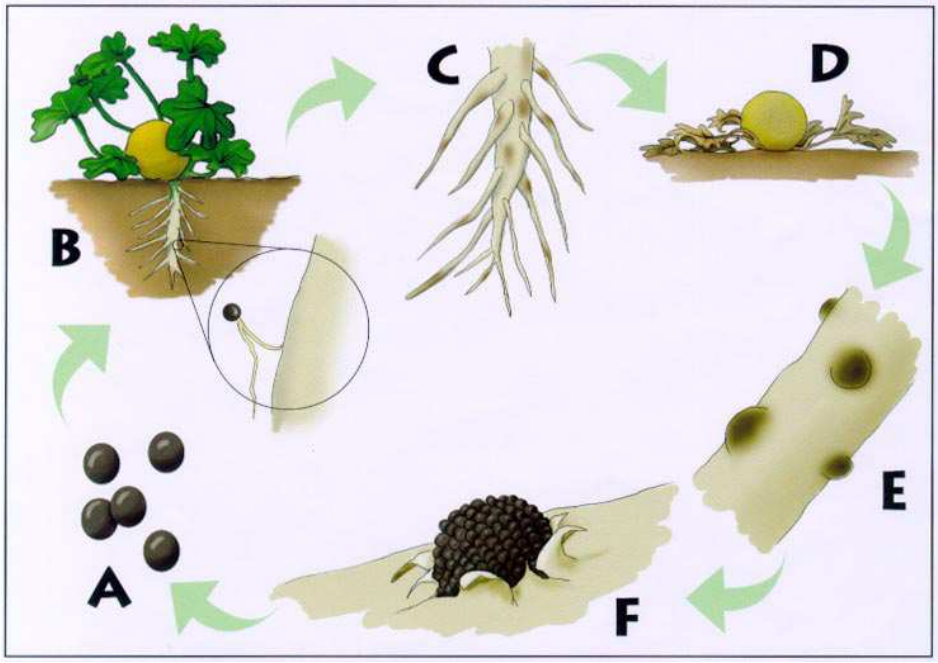
4.7.4. Biología del hongo

Monosporascus cannonballus está en la clase Ascomycetes, indicando que produce esporas sexuales llamadas ascosporas, las cuales se producen dentro de un asca que tiene una capa de hifas diferenciado alrededor de la pared del peritecio. Los peritecios de *M. cannonballus* emergen en las raíces, apareciendo como puntos necróticos de 1 a 3 mm de diámetro por lo que son visibles a simple vista.

En general, los Ascomycetes producen ocho ascosporas dentro de un asca, sin embargo, *M cannonballus* produce un ascosporas en cada asca (raramente dos). Se sueltan las ascosporas aproximadamente 7 horas después de que las ascas se sueltan del peritecio *M. cannonballus* crece rápidamente y abundantemente a 24 - 38 °C (Cohen *et al* 2000).

4.7.5. Ciclo biológico del *Monosporascus cannonballus* en melón

Las ascas presentes en el suelo inician su proceso de germinación y se adhieren a las raíces del melón, donde afectan al sistema vascular de la planta, iniciando a ocasionar daños en las raíces y un decaimiento foliar. Posteriormente, se hinchan las partes de las raíces en donde se producen los peritecios y por último las ascosporas se sueltan de los peritecios para iniciar el ciclo nuevamente (Cohen *et al* 2000).



Fuente: Cohen, R *et al*. 2000

Figura 1: Ciclo biológico del *Monosporascus cannonballus*

4.7.6. Métodos de control para el hongo

La repetición sucesiva e intensificación del cultivo de cucurbitáceas es uno de los factores que más contribuyen al incremento del nivel de inóculo de *M. cannonballus* en el suelo. La rotación de cultivos puede ser una buena medida de control, si bien no se muestra totalmente efectiva a corto plazo, debido a la alta supervivencia de las ascosporas de este hongo en el suelo, que puede llegar a ser de varios años. La solarización, tampoco se considera un método eficaz de control, principalmente, al carácter semitermófilo de este hongo.

Los trabajos sobre mejora genética han ido dirigidos principalmente a la consecución de un sistema radical mucho más potente y de mayor extensión, de tal forma que aunque las raíces se vean afectadas por *M. cannonballus* la planta todavía tenga posibilidad de cubrir la demanda de agua en la época de fructificación.

Otra técnica empleada es el uso de plantas injertadas utilizando como patrón especies del género Cucúrbita, debido a que sus sistemas radicales son mucho más vigorosos. Con esto se consigue un aumento de la capacidad de absorción de agua y nutrientes

de manera más eficiente que en las plantas no injertadas, dificultándose de este modo la muerte de la planta por desequilibrio hídrico.

Respecto al control químico, en algunos países se ha citado al kresoxim metil y al fluazinam como los fungicidas más efectivos. Algunos fumigantes como el bromuro de metilo y la cloropicrina, también se han mostrado efectivos aplicados antes de la plantación. No obstante, la prohibición del uso del bromuro de metilo impide su consideración como control químico (Cohen *et al* 2000).

Por último, en estudios sobre el cultivo de melón, se ha desaconsejado la destrucción inmediata de las plantas afectadas al final del cultivo, tanto de modo mecánico, como mediante algún herbicida. Parece que esta práctica provoca el incremento del nivel de inóculo en el suelo, pues favorece la descomposición rápida de las raíces, la formación de abundantes peritecios sobre ellas, y la posterior liberación al suelo de las ascosporas de M. cannonballus (Radewald 2004).

V. MARCO REFERENCIAL

5.1. Ubicación geográfica del área de estudio

La unidad experimental donde se realizó la evaluación, está ubicada en la aldea La Palmilla, municipio de Usumatlán, departamento de Zacapa, en la región nor-oriental de la República de Guatemala, a 115.5 km de la ciudad capital, localizada entre las coordenadas 14°58`6.5” latitud Norte y 89$^{o}$45`43.3” longitud Oeste, a 242 msnm.

5.2. Clima y zona de vida de la aldea La Palmilla

Se encuentra ubicada en la zona de vida Monte espinoso Sub-tropical (me-S), la vegetación está constituida mayormente por arbustos y plantas espinosas. Los días son soleados la mayor parte del año, con escasa precipitación pluvial anual, con un promedio de 500 mm anuales, distribuidos en los meses de mayo-octubre y de noviembre-abril. La humedad relativa media es de 59%, con una evaporación media anual a la intemperie de 6.7 mm.

Según Barillas (1983), la Evapotranspiración potencial para cultivos de tomate y melón, puede estimarse en promedio de 130%, mayor que la cantidad de lluvia anual, lo que indica que es indispensable el uso de un método de riego adecuado a esta condición.

5.3. Características de los tratamientos utilizados

5.3.1. Descripción del producto Strike 97.6 GE

El ingrediente activo es Cloropicrina (56.95%), 1.3 Dicloropropeno (37.97%), su formulación: Concentrado soluble. EL grupo químico: Organoclorado, Aspecto: Líquido color paja a incoloro. Densidad: 1.42 g/cm^{3}. Solubilidad: Soluble en agua, Compatibilidad: No mezclar con otros productos.

a. Mecanismo de acción

El Strike 97.6 GE es una mezcla física. Su componente, el 1-3 dicloropropeno presenta una movilidad muy alta en el suelo, ya que al momento de aplicarse diluido en el agua del sistema de riego se convierte en gas, movilizándose por todo el espacio poroso de suelo controlando a los patógenos del suelo con los que tienen contacto en su periodo de presencia. Por lo anterior, es necesario que exista una cobertura plástica al momento de la aplicación, debido a que se evapora rápidamente desde el agua y del suelo al aire donde es degradado por la luz solar.

Con respecto a la cloropicrina, se ha demostrado en estudios que se degrada en el suelo rápidamente en forma de dióxido de carbono, debido a que es afectada por bacterias comunes del suelo, la degradación comienza alrededor de uno o dos días después de la aplicación. La Cloropicrina contribuye con nitrógeno y cloro del suelo además de dióxido de carbono, todos los metabolitos de este fumigante son nutrientes esenciales para la planta.

La eficiencia de acción del Strike 97.6 GE está determinada al igual que cualquier fumigante del suelo, por el grado de húmedad presente, la calidad de la preparación del suelo y cobertura plástica de buena calidad.

b. Recomendaciones de Aplicación

Strike 97.6 GE no debe aplicarse en cultivos establecidos. Si existe algún cultivo o cualquier planta cerca de donde se va a fumigar, debe dejarse una distancia mínima de seguridad de diez metros, en especial si se trata de producción de pilones en almaciguera o en bandeja. Se puede aplicar en cualquier época del año, antes de la plantación o siembra, teniendo en consideración que el suelo debe estar mullido, con una temperatura de entre 10 y 25ºC y una humedad similar a la que se usa cuando se va a transplantar.

c. Dosis

Las dosis recomendadas de Strike 97.6 GE para la desinfección del suelo es de 18 a 42 cc/m^2, es decir; de 180 a 420 l/ha cuando se desinfecta área completa y de 80 a 190 l/ha en el caso del sistema que se utiliza para cultivar melón, ya que solamente se desinfectan 0.80 m de cama de los 5555.55 metros lineales que comprende una hectárea a un distanciamiento de 1.80 m en suelos efectivamente cultivados.

Si se prevén ataques débiles de hongos, nemátodos o insectos, se aplican dosis de media a baja (250 a 180 l/ha o 140 a 80 l/ha tal sea el caso), pero si se esperan ataques fuertes de patógenos y para controlar malezas, es necesario usar la dosis más alta. El nivel de ataque de patógenos se puede pronosticar de acuerdo al historial del predio o por análisis fitopatológicos de suelos.

d. Sistema de aplicación

Los desinfectantes del suelo se aplican a través del riego por goteo. Considerando la información de caudal (litros/hora/gotero), número de goteros por superficie y superficie de cobertura, es fácil calcular el tiempo necesario para incorporar la dosis de Strike 97.6 GE a la concentración deseada. Posteriormente se realiza un lavado del sistema, quitando los tapones del tope de la tubería para evitar queden residuos y pueda evitar problemas en la misma.

e. Tiempo de acción y ventilación

Para obtener un buen resultado de control, el suelo debe mantenerse sellado por un período no mínimo de 6 días con el fin de asegurar el control. Transcurrido el tiempo de acción se deben realizar los hoyos de plantación varios días antes de plantar, para ayudar a que no queden residuos en el suelo (Stanghellini *et al* 2003).

5.3.2. Descripción del bromuro de metilo

Ayuda a controlar insectos, hongos, nemátodos y malezas. Actúa por la acción de sus vapores tóxicos que se difunden dentro del suelo. Es un compuesto sencillo, que se presenta normalmente como gas, envasado en botellas a presión en su estado líquido, su aplicación exige la cobertura plástica para evitar escapes, presentando actividad de carácter general, con buena acción herbicida. Debe aplicarse a temperaturas superiores a los 5^0C y con bastante humedad ambiental, a fin de conseguir una buena difusión.

El bromuro de metilo se deriva de la reacción del metano con un halógeno como el bromo, y el cual se puede ejemplificar la formula estructural de la siguiente manera (García 1999).

$$CH_3 + Br_2 \rightarrow CH_3\text{-}Br + H\text{-}Br$$

Metano Bromo Bromuro de Metilo

5.3.3. Descripción del InLine 94.1 EC

Los ingredientes activos de este producto son los mismos que Strike 97.6 GE, solamente cambia en la concentración de la siguiente manera 1-3 dicloropropeno 60.8% + cloropicrina 33.3%. InLine es un producto fumigante de suelo con acción por contacto directo con la plaga o con los gases que se generan en los espacios porosos del suelo, luego de la aplicación. Su acción ha sido demostrada en un amplio espectro de plagas incluyendo nematodos, hongos, artrópodos y malezas.

Se inyecta al suelo a través del sistema de riego por goteo en forma líquida y se convierte rápidamente en un gas que se difunde por los espacios porosos del suelo, si ha habido una buena preparación del suelo y el contenido de humedad es adecuado. El 1-3 dicloropropeno se transforma en el suelo en 3-cloroalil alcohol, es cual es firmemente retenido por las partículas del suelo.

Al momento de entrar en contacto con la plaga, el 3-cloroalil alcohol causa un desequilibrio enzimático en los nematodos, insectos, algunas malezas y ciertos hongos, y posteriormente su muerte.

Por otro lado, se estima que la perdida de cloro a través del metabolismo, es el modo de acción fundamental de la Cloropicrina, que actúa al entrar en contacto con hongos, insectos, bacterias y malezas en el suelo.

La dosis comercial que se ha venido utilizando de este producto para desinfección de suelos en el cultivo del melón, en el Valle de La Fragua es de 150 lt/Ha. Además se recomienda un periodo de espera entre la aplicación y siembra directa o transplante del cultivo 10 días y debe incrementarse a 21 si se mantiene un alto nivel de humedad debido a lluvias posteriores a la aplicación, que puedan provocar encapsulamiento del producto y a la vez efectos fitotóxicos en las plantas y de hasta 28 días si la aplicación es hecha bajo situaciones de invernadero que no permitan que el suelo se seque de una forma rápida posterior a la aplicación (Stanghellini *et al* 2003).

VI. MARCO METODOLÓGICO

6.1. Objetivos

6.1.1. General

Evaluar el efecto del 1-3 dicloropropeno 37.97% - Cloropicrina 56.95% (Strike 97.6 GE) en cuatro dosis de aplicación sobre el control de ***Monosporascus cannonballus*** en dos épocas de producción, como alternativa al uso del Bromuro de Metilo, en el cultivo de melón (***Cucumis melo, L.)***, para el valle de La Fragua, Zacapa.

6.1.2. Específicos

Determinar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de daño radicular en el cultivo de melón causado por el *Monosporascus cannonballus*, comparado con el bromuro de metilo.

Determinar el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de fruta exportable (cajas/ha) de melón, comparado con el bromuro de metilo.

Determinar el efecto del número de aplicaciones sobre el rendimiento de frutos exportables y el porcentaje de daño radicular en melón causado por el *Monosporascus cannonballus*.

Determinar el tratamiento con mayor beneficio económico, para proponer una alternativa para la desinfección de suelos para el cultivo de melón, en el valle de La Fragua, Zacapa.

6.2. Hipótesis

Por lo menos un tratamiento de Strike 97.6 GE mostrará diferencias significativas en comparación al bromuro de metilo sobre el porcentaje de daño radicular.

Por lo menos un tratamiento de Strike 97.6 GE mostrará diferencias significativas en comparación al bromuro de metilo sobre el rendimiento de fruta exportable.

6.3. Diseño experimental

En la primera época se utilizó el diseño de bloques completamente al azar con 7 tratamientos y 3 repeticiones. La parcela experimental fue de 14.4 m de ancho por 30 m de largo, constituida por 8 camas de siembra a un distanciamiento de 1.8 m. La parcela bruta fue 432 m^2 y una parcela neta de 36 m^2, distribuidos en las camas número 3 y 6, con un efecto de borde de 2 camas por lado, además de 10 m por lado en las camas evaluadas.

Para la obtención del rendimiento de frutas exportable se consideró una longitud de 10 m lineales por surco y en el caso del porcentaje de daño en raíces se delimitó un área de 4.50 m^2 constituidos por el espacio que ocupan 5 plantas distanciadas a 0.5 m cada una. El área total del ensayo fue de 9072 m^2.

En la segunda etapa se utilizó la misma área, con la diferencia que en lugar de 8 camas fueron 4 camas por cada tratamiento. El diseño fue el mismo de bloques completamente al azar con 14 tratamientos y 3 repeticiones.

El propósito en la segunda época fue evaluar el efecto de los tratamientos con base al número de aplicación (con y sin tratamiento), con la salvedad de bromuro de metilo y el testigo absoluto (con tratamiento) para la segunda etapa, fueron tratados con InLine 94.1 EC en su dosis comercial de 150 l/ha.

Se consideró para la toma de datos las camas 2 y 3 de cada tratamiento, con una longitud de 10 m lineales y 5 raíces de plantas continuas de la cama 3 de cada tratamiento. El orden de aplicación de los productos fue de menor a mayor dosis de Strike 97.6 GE y por último se aplicó el testigo comercial InLine 94.1 EC a uno dosis de 150 l/ha.

La aplicación de cada tratamiento tuvo un tiempo efectivo de 7 horas de riego, más 30 minutos iniciales para regular presión de mangueras, además de 30 minutos adicionales para el respectivo lavado de tubería.

6.3.1. Modelo estadístico

El modelo estadístico fue el siguiente: $Yij = U + Ti + Bj + Eij$

En donde:

Yij = variable respuesta.

U = Efecto de la media general.

Ti = Efecto del i-ésimo tratamiento.

Bj = Efecto de la j-ésima repetición.

Eij = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental

6.4. Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados fueron: 4 dosis de Strike 97.6 GE (110 a 200 l/ha, con diferencia de 30 litros entre cada uno), los testigos comerciales; In Line 94.1 EC (150 l/ha), Bromuro de Metilo (150 kg/ha) y el testigo absoluto (sin aplicación alguna).

6.4.1. Primera época

Cuadro 1. Tratamientos aplicados en la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

no.	tratamiento	ingrediente activo	Dosis (l/ha)
1	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	110
2	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	140
3	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	170
4	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	200
5	InLine 94.1 EC	1-3 dicloropropeno 60.8% + Cloropicrina 33.3%	150
6	Testigo absoluto	ninguno	
7	Bromuro de metilo	Bromuro de metilo 98% + Cloropicrina 2%	150

Fuente: Elaboración propia

Cada tratamiento tuvo un área de influencia de 8 camas de cultivo de 30 metros de largo cada una, teniendo al testigo absoluto para comparar el efecto de los demás tratamientos, con el área donde se manejó el cultivo sin ningún tratamiento adicional a las labores agrícolas tradicionales o requeridas por el cultivo.

6.4.2. Segunda época

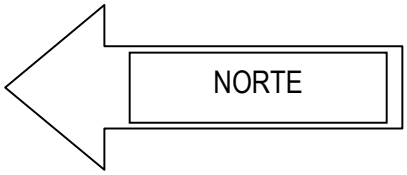
Cuadro 2. Tratamientos aplicados en la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

No.	producto	ingrediente activo	dosis 1er época	segunda época
1	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	110 l/ha	Con tratamiento
2	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	110 l/ha	Sin tratamiento
3	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	140 l/ha	Con tratamiento
4	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	140 l/ha	Sin tratamiento
5	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	170 l/ha	Con tratamiento
6	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	170 l/ha	Sin tratamiento
7	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	200 l/ha	Con tratamiento
8	Strike 97.6 GE	Cloropicrina 56.95% + 1-3 dicloropropeno 37.97%	200 l/ha	Sin tratamiento
9	InLine 94.1 EC	1-3 dicloropropeno 60.8% + Cloropicrina 33.3%	150 l/ha	Con tratamiento
10	InLine 94.1 EC	1-3 dicloropropeno 60.8% + Cloropicrina 33.3%	150 l/ha	Sin tratamiento
11	Testigo Absoluto	Ninguno		Con tratamiento
12	Testigo Absoluto	Ninguno		Sin tratamiento
13	Bromuro de metilo	Bromuro de metilo 98% + Cloropicrina 2%	150 kg/ha	Con tratamiento
14	Bromuro de metilo	Bromuro de metilo 98% + Cloropicrina 2%	150 kg/ha	Sin Tratamiento

Fuente: Elaboración propia

En la segunda época se dividieron las 8 camas de la primera época, en dos partes, teniendo como resultado 4 camas con tratamiento y 4 camas sin tratamiento, es decir, que se tuvo un área donde se pretendía medir la residualidad de control de los tratamientos con aplicación solamente en la primera época (sin tratamiento en la segunda época), y un área donde se aplicó en ambas épocas el mismo producto y la misma dosis, a excepción de los tratamientos testigo absoluto y bromuro de metilo con tratamiento en la segunda época, los cuales fueron aplicados con el producto In Line 94.1 EC a la dosis de 150 l/ha, que es la dosis comercial de dicho producto. Además siempre se tuvo al testigo absoluto para comparar el efecto de los demás tratamientos, con el área donde se manejó el cultivo sin ningún tratamiento adicional a las labores agrícolas tradicionales o requeridas por el cultivo.

6.5. Croquis de campo



6.5.1. Primera época

6	3	7	5	2	1	4
2	5	6	7	4	3	1
1	4	2	5	3	7	6

6.5.2. Segunda época

6		**3**		**7**		**5**		**2**		**1**		**4**	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
2		**5**		**6**		**7**		**4**		**3**		**1**	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1		**4**		**2**		**5**		**3**		**7**		**6**	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2

Nota: 1 (aplicación solo en primera etapa); 2 (aplicación en ambas etapas a excepción de testigo absoluto que tiene aplicación solamente en la segunda)

6.6. Variables respuesta

6.6.1. Fitotoxicidad

Se midió perforando en la cama número 4 de cada tratamiento, iniciando el conteo de norte a sur, en el primer bloque formando una “S” (ese) en los siguientes bloques, a los 7 días después de aplicado (dda). Se trasplantaron 10 pilones, iniciando la siembra de punta de mangueras a elevadores, a los 9, 11, 13, 15 y 17 (dda) en todos los tratamientos correspondientes al Strike 97.6 GE como el testigo absoluto y testigo comercial, en los 3 bloques de la estación experimental, para determinar el efecto fitotóxico del producto y determinar el tiempo en que puede ser transplantado un campo después de aplicado el producto.

Se utilizó para la medición factores de intensidad de daño, siendo estos:
Intensidad 1: de 0 a 33% de daño foliar
Intensidad 2: de 34 a 66% de daño foliar
Intensidad 3: Mayores al 66% hasta planta muerta, o solamente meristemo apical de crecimiento del pilón dañado.
La medición fue realizada a los 2, 4 y 6 días después de transplantados los pilones de cada siembra establecida a los 9, 11, 13, 15 y 17 días después de aplicado el producto.

6.6.2. Rendimiento de fruta exportable (cajas/ha)

Se clasificó y cuantificó por tamaño, el total de la fruta que estaba comprendida dentro de los 10 m lineales. Sin considerar para el conteo, las frutas que presentaron características de fruta de rechazo (red rala, fruta deforme, daños o golpes). Iniciando del centro, 5 m para cada lado de las camas número 3 y 6, en la primera época y las camas 2 y 3 para la segunda, por repeticiones y tratamiento. Obteniendo el total de la producción en un solo conteo, dado a las características de homogeneidad que ofreció el material Caribbean Gold RZ, no fue necesario más de un corte para determinar el campo como finalizado. Además se tomaron 2 frutas de cada tamaño, presentes en las camas a las cuales se les midió grados brix y firmeza para validar la calidad de la fruta.

6.6.3. Porcentaje de daño radicular

Se midió considerando el peso total en gr de 5 raíces de 5 plantas continuas y el peso de raíz dañada (peritecios presentes de *Monosporascus cannonballus* y/o necrosis de daño viejo), de las mismas 5 raíces, para determinar el porcentaje de daño, el mismo día que finalizó la cosecha, en el centro de los 10 m de la cama número 3 para la primera etapa y cama número 2 para la segunda, siendo las mismas camas en las que se tomó el dato de rendimiento de fruta exportable por cada tratamiento, para posteriormente determinar el peso de la materia seca de raíz sana y raíz dañada de cada tratamiento y cada repetición. Los datos de esta variable se midieron en una balanza de precisión mecánica.

Para obtener el peso de la materia seca de las raíces se hizo el siguiente proceso: se obtuvieron las raíces de las 5 plantas, posteriormente se lavaron para quitarles el suelo adherido, 5 minutos después de lavadas se recogieron en bolsas de papel debidamente identificadas y se llevaron al laboratorio, se les tomo el peso fresco y luego se procedió a separar las secciones de las raíces sanas de lo dañado, luego se obtuvo el peso de las secciones de las raíces dañadas, y así obtener el porcentaje de daño en peso húmedo, para posteriormente ser enviadas a un laboratorio donde fueron ingresadas a un horno de secado a 105° C durante 2 horas y así obtener el peso de la materia seca para su posterior análisis estadístico (GaViak 1994).

Para su análisis estadístico, los datos fueron transformados mediante la siguiente formula: $\text{Sen}^{-1} \sqrt{\%}$ (seno inverso de la raíz cuadrada del porcentaje), debido a que los valores fueron calculados en porcentajes, lo cual limita el desarrollo del andeva, siendo necesario transformar los resultados de porcentajes a valores absolutos.

6.7. Análisis de la información

6.7.1. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza al 95% de confiabilidad para cada variable respuesta (rendimiento de fruta exportable y porcentaje de daño radicular). En caso de encontrar significancia se realizó una prueba múltiple de medias de Tukey.

6.7.2. Análisis económico

Se realizó mediante la elaboración del presupuesto parcial de los tratamientos para calcular la tasa de retorno marginal, comparando los resultados con el bromuro de metilo.

Como primer paso se determinó el costo de producción de cada tratamiento, clasificando los costos en fijos y variables, además de los ingresos netos. Lo cual permitió calcular la relación beneficio/costo de cada tratamiento. Después se procedió a ordenar los tratamientos por su costos variables, iniciando de menor a mayor con su respectivo ingreso neto. Luego se realizó el análisis de dominancia, utilizando como base los beneficios netos de los tratamientos, siendo el primero no dominado (ND) y para que el siguiente sea no dominado era necesario que fuera mayor al anterior, de lo contrario será dominado (D).

Seguido al análisis de dominancia, se procedió al cálculo de la tasa marginal de retorno, para lo cual se tomaron los tratamientos no dominados; para determinar su diferencial de ingresos netos y costos variables, se dividió el diferencial de ingreso neto entre el diferencial del costo variable (Reyes 2001).

VII. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

7.1. Rendimiento de frutos exportables (cajas/ha) en la primera época de siembra

A continuación se presenta el análisis de varianza de los tratamientos evaluados como alternativas para sustituir el uso del bromuro de metilo en la producción de melón. La variable analizada fue el rendimiento de frutos exportables, los resultados fueron expresados en cajas/ha. El período de evaluación correspondió a la primer época de siembra (septiembre - diciembre, 2009). Los resultados se muestran de la manera siguiente:

Cuadro 3. Rendimiento de frutos exportables (cajas/ha) de la primera época de siembra en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

no.	Producto	l/ha	Repetición I	Repetición II	Repetición III	Promedio
1	Strike 97.6 GE	110	1716	1745	1721	1727
2	Strike 97.6 GE	140	1874	1748	1786	1803
3	Strike 97.6 GE	170	1960	2123	1935	2006
4	Strike 97.6 GE	200	2205	1988	1972	2055
5	InLine 94.1 EC	150	1828	2035	1862	1908
6	Testigo absoluto	0	1134	1098	1157	1130
7	Bromuro de metilo	150 kg	2025	2145	2060	2077

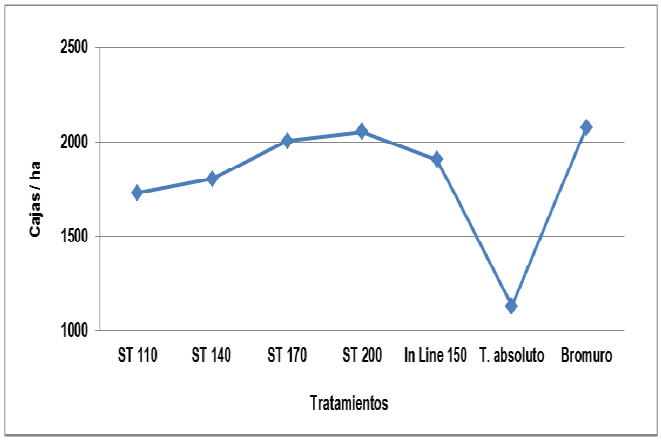
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4. Análisis de varianza de rendimiento de fruta exportable de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

F. de variación	G.L.	S.C.	C.M.	F_c	F_{05}	F_{01}	Significancia
Repeticiones	2	11091.52	5545.76	0.77	3.88	6.93	NS
Tratamientos	6	1946342.48	324390.41	45.00	2.99	4.82	**
Error	12	86497.81	7208.15				
Total	20	2043931.81					
% C.V.	4.68						

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del cuadro 4 indicó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Los cuales fueron: strike 97.6 GE en cuatro diferentes dosis, InLine 94.1 EC, bromuro de metilo y un testigo absoluto. Observando en la figura 1 que bromuro de metilo obtuvo el mayor rendimiento con un promedio de 2077 cajas/ha. En el caso del producto strike la dosis de 200 l/ha registro un promedio de 2055 cajas/ha siendo el mayor entre las aplicaciones evaluadas de ese producto. El testigo absoluto obtuvo el menor rendimiento con promedio de 1130 cajas/ha.



Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Rendimiento de fruta exportable por Hectárea de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

Cuadro 5. Prueba de tukey sobre el rendimiento de frutos exportables por hectárea de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

No.	Tratamiento	Rendimiento cajas/ha	Agrupación por tukey
7	Bromuro	2077	a
4	ST 200	2055	ab
3	ST 170	2006	b
5	In Line 150	1908	b
2	ST 140	1803	c
1	ST 110	1727	c
6	T. absoluto	1130	c

Fuente: Elaboración propia

Después de determinar que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de tukey con un nivel de confianza del 95%. Observando en el cuadro 5 que los tratamientos Bromuro de Metilo y Strike 97.6 GE a 200 l/ha, son similares estadísticamente, además los tratamientos Strike 97.6 GE a 170 l/ha e In Line 94.1 EC a 150 l/ha son similares a Strike 97.6 EG a 200 l/Ha, pero estadísticamente inferiores a Bromuro de Metilo. Considerando este caso y basados en las evidencias estadísticas que nos demuestran que Bromuro de Metilo y Strike 97.6 GE a 200 l/ha son superiores a todos los demás tratamientos en rendimiento de fruta exportable en la primer etapa de cultivo.

7.2. Rendimiento frutos exportables (cajas/ha) de la segunda época de siembra

A continuación se presenta el análisis de varianza los tratamientos evaluados como alternativas para sustituir el uso del bromuro de metilo para la producción de melón, la variable analizada fue el rendimiento de frutos exportables en caja/ha. El período de evaluación correspondió a la segunda época de siembra (enero – marzo, 2010). Los resultados se muestran de la manera siguiente:

Cuadro 6. Rendimiento de frutos exportables (cajas/ha) de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

No.	Productos	lt o kg/ha	Aplicación/ha	R1	R2	R3	Promedio
1	Strike 97.6 GE	110	2	1442	1403	1459	1435
2	Strike 97.6 GE	110	1	1025	945	1052	1007
3	Strike 97.6 GE	140	2	1537	1535	1532	1535
4	Strike 97.6 GE	140	1	1066	1153	1195	1138
5	Strike 97.6 GE	170	2	1768	1697	1930	1798
6	Strike 97.6 GE	170	1	1344	1105	1378	1276
7	Strike 97.6 GE	200	2	1922	1790	1270	1661
8	Strike 97.6 GE	200	1	1263	1150	890	1101
9	InLine 94.1 EC	150	2	1731	1825	1697	1751
10	InLine 94.1 EC	150	1	1344	1105	1378	1276
11	T. absoluto + InLine 94.1 EC	0	2	1122	1248	1279	1216
12	Testigo absoluto	0	0	550	679	685	638
13	Bromuro + InLine 94.1 EC	150	2	1768	1890	1930	1863
14	Bromuro de metilo	150	1	1272	1525	1285	1361

Fuente: Elaboración propia

Nota: 1 (aplicación solo en primera etapa); 2 (aplicación en ambas etapas a excepción de testigo absoluto que tiene aplicación solamente en la segunda)

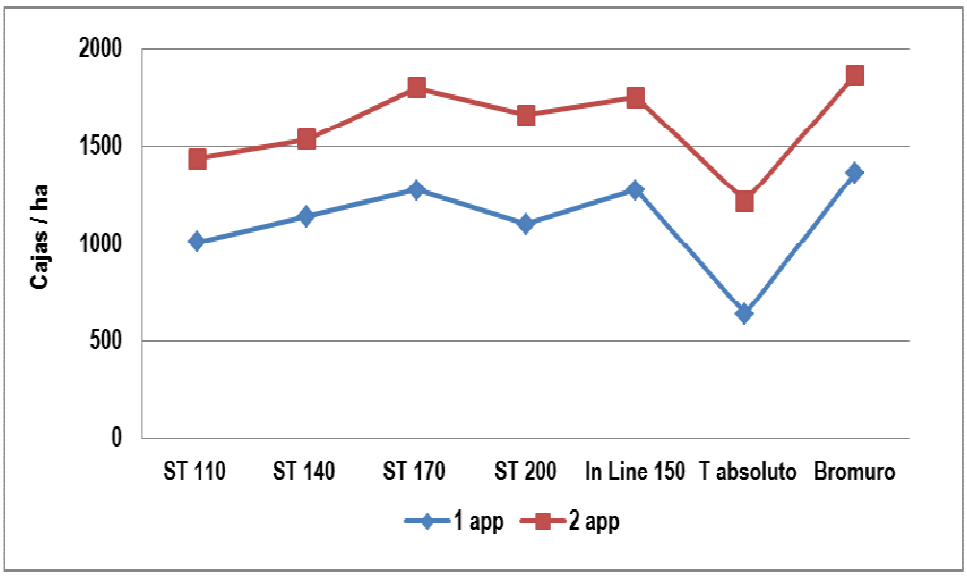
En el cuadro 6 se pueden observar los resultados obtenidos en las tres repeticiones de cada tratamiento por cada dosis y aplicación.

Cuadro 7. Análisis de varianza de rendimiento de fruta exportable de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

F. de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F_{05}	F_{01}	Significancia
Repeticiones	2	1340,63	670,31	0,03	3.88	6.93	NS
Tratamientos	13	4563964,35	351074,18	17,16	2.99	4.82	**
Error	26	532041,39	20463,13				
Total	41	5097346,37					
% C.V.	10.5						

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del cuadro 7 indicó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Mostrando una diferencia considerable entre los tratamientos a los que se les realizó aplicación en la segunda etapa, con un promedio de 1608 cajas/ha, a diferencia de los que no tuvieron tratamiento, los cuales presentaron un promedio de 1114 cajas/ha de frutos exportables, lo cual se puede observar en la figura 2. Siendo los tratamientos con mayor rendimiento: Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC a 150 l/ha (1863 cajas/ha), Strike 97.6 GE a 170 l/ha (1798 cajas/ha) e In Line 94.1 EC a 150 l/ha (1751 cajas/ha) con aplicación en ambas etapas y el tratamiento con menor rendimiento fue el testigo absoluto con un promedio de 638 cajas/ha.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Rendimiento de fruta exportable por hectárea de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua Zacapa, 2010.

Cuadro 8. Prueba de tukey sobre el rendimiento de fruta exportable por hectárea de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

Productos	l/ha	Aplicación/ha	Rendimiento	Agrupación por tukey
Bromuro + IL 150	150 kg	2	1863	a
ST 170 2app	170	2	1798	b
IL 150 2app	150	2	1751	b
ST 200 2app	200	2	1661	c
ST 140 2app	140	2	1535	c
ST 110 2app	110	2	1435	c
Bromuro	150 kg	0	1361	d
ST 170 1app	170	1	1276	d
IL 150 1app	150	1	1276	d
T abs + IL 150	0	2	1216	d
ST 140 1app	140	1	1138	d
ST 200 1app	200	1	1101	d
ST 110 1app	110	1	1007	d
T abs solo	0	0	638	d

Fuente: Elaboración propia

Nota: 1 (aplicación solo en primera etapa); 2 (aplicación en ambas etapas a excepción de testigo absoluto que tiene aplicación solamente en la segunda)

Después de determinar que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de tukey con un nivel de confianza del 95%. Observando el cuadro 8 se puede determinar que el tratamiento Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC (150 l/ha) es superior estadísticamente a todos los tratamientos evaluados y que Strike 97.6 GE (170 l/ha) e In Line 94.1 EC (150 l/ha) con aplicación en ambas etapas son estadísticamente similares y levemente inferiores a Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC (150 l/ha) en rendimiento de fruta exportable para la segunda etapa de cultivo.

7.3. Porcentaje de daño radicular en la primera época de siembra

A continuación se presentan los resultados obtenidos sobre el porcentaje de daño en raíces en la primera época de siembra del cultivo de melón, en el cuadro 7 se pudo observar la información ordenada por producto dosis y repetición.

Cuadro 9. Porcentajes de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

No.	Producto	l/ha	R1	R2	R3	Promedio
1	Strike 97.6 GE	110	38.00	42.0	43.5	41
2	Strike 97.6 GE	140	38.00	41.7	37.2	39
3	Strike 97.6 GE	170	33.00	37.0	27.0	32
4	Strike 97.6 GE	200	25.00	28.3	33.0	29
5	InLine 94.1 EC	150	35.93	30.0	32.8	33
6	Testigo absoluto	0	45.00	42.5	46.5	45
7	Bromuro de metilo	150 kg	16.52	33.3	21.7	24

Fuente: Elaboración propia

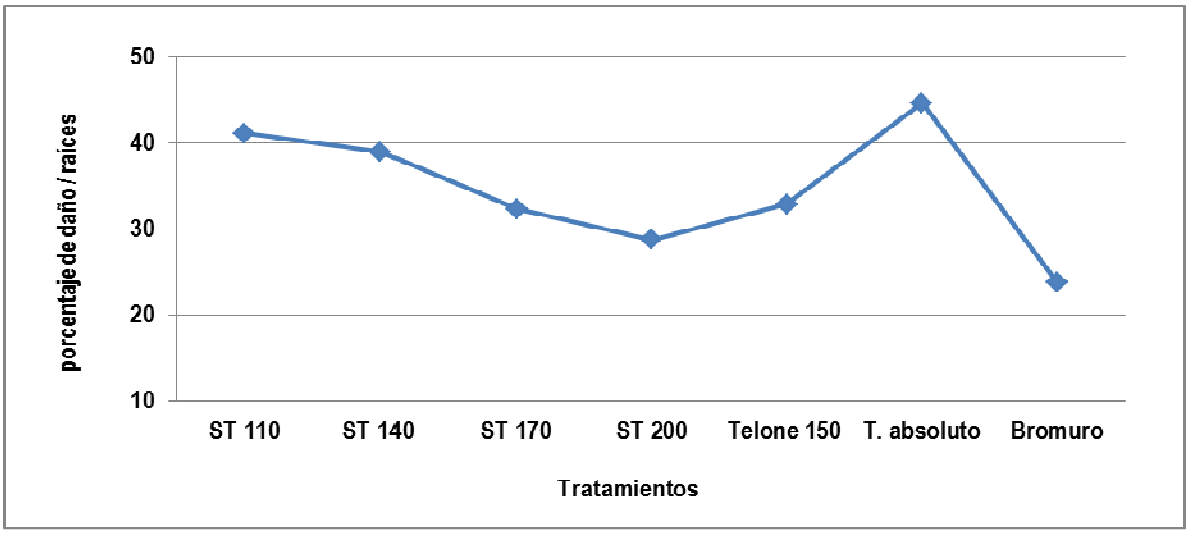
Seguidamente a la presentación de los resultados se procedió a realizar el análisis de varianza. Las fuentes de variación fueron las repeticiones y los tratamientos, los cuales fueron conformados por un producto desinfectante del suelo y una dosis.

Cuadro 10. Análisis de varianza sobre el porcentaje de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

F. de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F_{05}	F_{01}	Significancia
Repeticiones	2	39.39	19.70	0.96	3.88	6.93	NS
Tratamientos	6	963.54	160.59	7.85	2.99	4.82	**
Error	12	245.42	20.45				
Total	20	1248.35					
% C.V.	13.04						

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del cuadro 10 indicó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Observando en la figura 3 al testigo absoluto y strike 97.6 GE con una dosis de 110 l/ha con el mayor porcentaje de daño en raíces, con 45 y 41% respectivamente.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Porcentaje de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

Cuadro 11. Prueba de tukey sobre el porcentaje de daño radicular de la primera época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

Tratamiento	l/ha	% daño raíces	Agrupación por tukey
Bromuro de metilo	150 kg	24	a
Strike 96.7 EG	200	29	b
Strike 96.7 EG	170	32	b
InLine 94.1 EC	150	33	b
Strike 96.7 EG	140	39	c
Strike 96.7 EG	110	41	c
T. absoluto	0	45	c

Fuente: Elaboración propia

Después de determinar que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de tukey con un nivel de confianza del 95%. Observando el cuadro 11 se puede determinar que el tratamiento Bromuro de Metilo es superior estadísticamente a todos los tratamientos evaluados y que Strike 97.6 GE (200 l/ha), Strike 97.6 GE (170 l/ha) e In Line 94.1 EC (150 l/ha), son estadísticamente similares y levemente inferiores a Bromuro de Metilo en porcentaje de daño radicular en la primer época de siembra.

7.4. Porcentaje de daño radicular en la segunda época de siembra

A continuación se presentan en el cuadro 12 los resultados obtenidos sobre el porcentaje de daño en raíces del cultivo de melón, para la segunda época de siembre (enero-marzo, 2010). Los tratamientos fueron conformados por producto, dosis y número de aplicaciones, los datos obtenidos están ordenando por repetición y se muestran de la siguiente manera:

Cuadro 12. Porcentajes de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

No.	Productos	lt o kg/ha	Aplicación/ha	R1	R2	R3	Promedio
1	Strike 97.6 GE	110	2	29.9	30.8	26.5	29
2	Strike 97.6 GE	110	1	38.2	40.1	39.0	39
3	Strike 97.6 GE	140	2	29.0	30.0	31.0	30
4	Strike 97.6 GE	140	1	35.7	36.9	37.0	37
5	Strike 97.6 GE	170	2	26.3	23.1	27.4	26
6	Strike 97.6 GE	170	1	32.8	34.8	33.2	34
7	Strike 97.6 GE	200	2	18.3	20.0	21.7	20
8	Strike 97.6 GE	200	1	30.7	32.3	34.5	33
9	InLine 94.1 EC	150	2	22.0	25.5	23.0	24
10	InLine 94.1 EC	150	1	27.0	32.0	33.0	31
11	T. absoluto + InLine 94.1 EC	0	2	35.6	36.6	36.7	36
12	Testigo absoluto	0	0	46.1	45.4	46.7	46
13	Bromuro + InLine 94.1 EC	150	2	14.5	12.2	15.5	14
14	Bromuro	150	0	26.0	24.3	25.5	25

Fuente: Elaboración propia

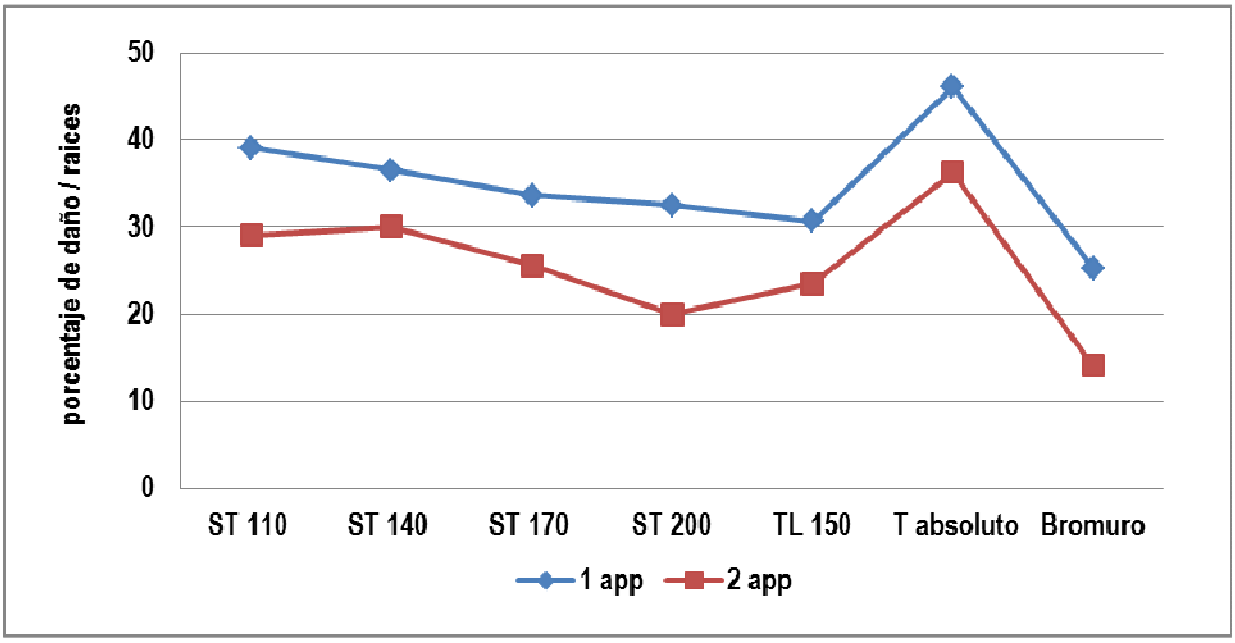
Nota: 1 (aplicación solo en primera etapa); 2 (aplicación en ambas etapas a excepción de testigo absoluto que tiene aplicación solamente en la segunda)

Cuadro 13. Análisis de varianza sobre el porcentaje de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa 2010.

F. de variación	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	F_{05}	F_{01}	Significancia
Repeticiones	2	5.28	2.64	0.64	3.88	6.93	NS
Tratamientos	13	2754.49	211.88	51.36	2.99	4.82	**
Error	26	107.27	4.13				
Total	41	2867.04					
% C.V.	6.91						

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza del cuadro 13 indicó que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos. Observando en la figura 4 los resultados obtenidos de los tratamientos con una y dos aplicaciones. Por lo que se pudo determinar que entre aplicaciones el promedio sobre el porcentaje de daño de raíces fue de 35% de daño y 30% en la primera y segunda aplicación respectivamente. Entre las alternativas evaluadas strike 96.7 GE a un dosis de 200 l/ha obtuvo menores porcentajes de daño en comparación con los demás tratamientos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Porcentaje de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

Cuadro 14. Prueba de tukey sobre el porcentaje de daño radicular de la segunda época de siembra, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

Productos	l/ha	Aplicación/ha	% daño en raíces	Agrupación por tukey
13 Bromuro + InLine 94.1 EC	150 kg	150 l	14	A
7 Strike 97.6 GE	200	2	20	Ab
9 InLine 94.1 EC	150	2	24	B
14 Bromuro	150 kg	1	25	B
5 Strike 97.6 GE	170	2	26	B
1 Strike 97.6 GE	110	2	29	C
3 Strike 97.6 GE	140	2	30	C
10 InLine 94.1 EC	150	1	31	C
8 Strike 97.6 GE	200	1	33	C
6 Strike 97.6 GE	170	1	34	D
11 T. absoluto + InLine 94.1 EC	0	150 l	36	D
4 Strike 97.6 GE	140	1	37	D
2 Strike 97.6 GE	110	1	39	D
12 Testigo absoluto	0	0	46	D

Fuente: Elaboración propia

Nota: 1 (aplicación solo en primera etapa); 2 (aplicación en ambas etapas a excepción de testigo absoluto que tiene aplicación solamente en la segunda)

Después de determinar que existieron diferencias altamente significativas entre los tratamientos se procedió a realizar la prueba múltiple de medias de tukey con un nivel de confianza del 95%. Observando en el cuadro 14 que los tratamientos Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC y Strike 97.6 GE a 200 l/ha, son similares estadísticamente, además los tratamientos In Line 94.1 EC a 150 l/ha con aplicación de ambas etapas, Bromuro de metilo sin aplicación en la segunda etapa y Strike 97.6 GE a 170 l/ha con aplicación en ambas etapas son similares a Stike 97.6 GE a 200 l/Ha con aplicación en ambas etapas, pero estadísticamente inferiores a Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC. Considerando este caso y basados en las evidencias estadísticas que nos demuestran que Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC y Strike 97.6 GE a 200 l/ha con aplicación en ambas etapas son superiores a todos los demás tratamientos en porcentaje de daño radicular en la segunda etapa de siembra.

Cuadro 15. Costos de producción por hectárea de los tratamientos, en dos ciclos para el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

Concepto	ST 110 2app	ST 110 1app	ST 140 2app	ST 140 1app	ST 170 2app	ST 170 1app	ST 200 2app	ST 200 1app	TL 150 2app	TL 150 1app	T abs + TL 150	T abs solo	Brom y TL 150	Bromuro
Arrendamiento de la tierra	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100
Materiales de cobertura	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926	5926
Semilla y semilleros	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254	19254
Labores de mecanización	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200	6200
Aspersiones	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600	5600
Fertilización al suelo	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640	14640
Riego	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500	10500
Fumigaciones bactericidas	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660	5660
Insecticidas y acaricidas	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790	8790
Foliares y hormonas	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844	1844
Herbicidas y adherentes	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950	1950
Mano de obra (manejo)	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5	13847.5
Pasivo laboral	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749	5749
Polinización por colmenas	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080
Total costos fijos	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5	105140.5
Desinfección del suelo	14229.6	7114.8	18110.4	9055.2	21991.2	10995.6	25872	12936	17556	8778	8778	0	17440.5	8662.5
Empaque y Exportacion/caja	109563.3	94744.65	115638.6	101896.9875	131808.6	113721.3	128759.4	109355.4	126795.9	110337.15	81288.9	61249.65	136509.45	119103.6
Total costos varibles	123792.9	101859.45	133749.00	110952.19	153799.80	124716.90	154631.40	122291.40	144351.90	119115.15	90066.90	61249.65	153949.95	127766.10
Total de costos	228933.4	206999.95	238889.50	216092.69	258940.30	229857.40	259771.90	227431.90	249492.40	224255.65	195207.40	166390.15	259090.45	232906.60
Rendimiento cajas/ha	3162	2734	3337	2941	3804	3282	3716	3156	3659	3184	2346	1768	3940	3437
Precio de venta	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Ingreso bruto	252960.00	218746.67	266986.67	235260.00	304320.00	262560.00	297280.00	252480.00	292746.67	254746.67	187680.00	141413.33	315173.33	274986.67
Ingreso neto	24026.60	11746.72	28097.17	19167.31	45379.70	32702.60	37508.10	25048.10	43254.27	30491.02	-7527.40	-24976.82	56082.88	42080.07
Rel Beneficio/costo	0.10	0.06	0.12	0.09	0.18	0.14	0.14	0.11	0.17	0.14	-0.04	-0.15	0.22	0.18

Fuente: Elaboración propia

7.5. Análisis económico

Para el desarrollo de la evaluación económica, se inició con el análisis de dominancia, agrupando los tratamientos en función de los costos variables, ordenándolos de menor a mayor con su respectivo ingreso neto. Se consideró el primer beneficio neto como no dominado (ND) para luego compararlo con los demás en forma descendente, siendo dominado (D) el tratamiento con menor beneficio neto en comparación al anterior y no dominado (ND) al tratamiento con mayor beneficio neto en comparación al anterior. Los resultados se puede observar en el cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de dominancia de los tratamientos evaluados, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

No.	Tratamiento	Costos variables	Ingresos netos	Dominancia
2	Strike 97.6 GE 110 l/ha (1app)	101859.45	11746.72	ND
4	Strike 97.6 GE 140 l/ha (1app)	110952.19	19167.31	ND
10	In Line 94.1 EC 150 l/ha (1app)	119115.15	30491.02	ND
8	Strike 97.6 GE 200 l/ha (1app)	122291.40	25048.10	D
1	Strike 97.6 GE 110 l/ha (2app)	123792.9	24026.60	D
6	Strike 97.6 GE 170 l/ha (1app)	124716.90	32702.60	ND
14	Bromuro de metilo 150 kg/ha (1 app)	127766.10	42080.07	ND
3	Strike 97.6 GE 140 l/ha (2app)	133749.00	28097.17	D
9	In Line 150 l/ha (2app)	144351.90	43254.27	ND
5	Strike 97.6 GE 170 l/ha (2app)	153799.80	45379.70	ND
13	Bromuro de Metilo 150 kg/ha + In Line 94.1 EC 150 l/ha (2 app)	153949.95	56082.88	ND
7	Strike 97.6 GE 200 l/ha (2app)	154631.40	37508.10	D

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se seleccionaron los tratamientos no dominados (ND) del cuadro 16 para determinar el diferencial de los ingresos neto y costos variables, finalmente se dividió el diferencial de ingresos netos entre el diferencial de costos variables y el resultado se definió como la tasa marginal de retorno. Los resultados se muestran en el cuadro 17.

Cuadro 17. Calculo de la tasa marginal de retorno de los tratamientos evaluados, en el cultivo de melón, Valle de La Fragua, Zacapa, 2010.

No.	Tratamiento	Diferencial Ingresos Netos	Diferencial Costos Variables	TMR
2	Strike 97.6 EG 110 l/ha (1app)			
4	Strike 97.6 EG 140 l/ha (1app)	7420.60	9092.74	81.61
10	In Line 94.1 EC 150 l/ha (1app)	11323.70	8162.96	138.72
6	Strike 97.6 EG 170 l/ha (1app)	2211.58	5601.75	39.48
14	Bromuro de metilo 150 kg/ha (1 app)	9377.47	3049.20	307.54
9	In Line 150 l/ha (2app)	1174.20	16585.80	7.08
5	Strike 97.6 EG 170 l/ha (2app)	2125.43	9447.90	22.50
13	Bromuro de Metilo 150 kg/ha + In Line 94.1 EC 150 l/ha (2 app)	10703.18	150.15	7128.33

Fuente: Elaboración propia

Siendo los tratamientos con mayor Tasa Marginal de Retorno los que tuvieron alguna aplicación de Bromuro de Metilo, seguidos de In line 94.1 EC 150l/ha y Strike 97.6 GE 140 l/ha con aplicación solo en la primer etapa de cultivo, pero basándonos en la situación que Bromuro de Metilo ya no puede ser considerado como una alternativa para la desinfección de suelos y basados en los resultados de la Relación Beneficio Costo, obtenida en el cuadro 15 de costos de producción, se pueden considerar a los tratamientos Strike 97.6 GE (170 l/ha) e In Line 94.1 EC (150 l/ha) con aplicación en ambas épocas de siembra, como alternativas económicamente viables para la sustitución del bromuro de metilo.

VIII. CONCLUSIONES

1. En la primera época de siembra, el daño radicular encontrado con el tratamiento Bromuro de Metilo fue de 29%, siendo el de menor daño, y el tratamiento con mayor daño fue el testigo absoluto, con un 45% y se determinó que, estadísticamente Bromuro de Metilo (150 kg/ha) es superior a todos los tratamientos evaluados y que Strike 97.6 GE (200 l/ha), Strike 97.6 GE (170 l/ha) e In Line 94.1 EC (150 l/ha), son similares entre ellos y levemente inferiores al Bromuro de Metilo.

2. En la segunda época de siembra se demostró que Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC a 150 l/ha y Strike 97.6 GE a 200 l/ha con aplicación en ambas etapas, son estadísticamente similares entre ellos y superiores a todos los demás tratamientos en porcentaje de daño radicular, presentado con un 14 y 20% respectivamente.

3. Los tratamientos Bromuro de Metilo 150 kg/ha (2077 cajas/ha) y Strike 97.6 GE 200 l/ha (2055 cajas/ha) fueron los de mayor rendimiento en la primera época de siembra y son estadísticamente similares y superiores a todos los demás tratamientos evaluados, siendo el testigo absoluto (1130 cajas/ha) el de menor rendimiento.

4. Para la segunda etapa de cultivo, el tratamiento Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC (150 l/ha) con 1863 cajas/ha es superior estadísticamente a todos los tratamientos evaluados y que Strike 97.6 GE (170 l/ha) con 1798 cajas/ha e In Line 94.1 EC (150 l/ha) con 1751 cajas/ha, con aplicación en ambas etapas, son estadísticamente similares y levemente inferiores a Bromuro de Metilo + In Line 94.1 EC (150 l/ha) en rendimiento de fruta exportable.

5. Basados en los resultados mostrados por el testigo absoluto en la segunda época de cultivo, se determinó que, en la variable porcentaje de daño radicular, hay una diferencia de un 22% entre el testigo absoluto y el promedio de los tratamientos que tuvieron 2 aplicaciones, además en cuanto a la variable rendimiento de fruta exportable la diferencia fue de 998 cajas/ha. Por lo cual se determinó que la desinfección de suelo en ambas etapas de cultivo es necesaria.

6. De acuerdo al análisis económico realizado por medio de la Tasa Marginal de Retorno, los mejores tratamientos son los que contaron con aplicación de Bromuro de Metilo, pero si consideramos que el objetivo de la investigación es encontrar una alternativa viable para sustituir el uso de dicho producto y basándonos en la Relación Beneficio/Costo de ambas etapas de siembra, los tratamientos Strike 97.6 GE (170 l/ha) e In Line 94.1 EC (150 l/ha) con aplicación en ambas etapas de siembra, pueden considerarse como alternativas para la sustitución del Bromuro de Metilo para la desinfección de suelos.

7. El análisis estadístico de las variables rendimiento de fruta exportable y porcentaje de daño radicular, además del análisis económico, se pueden considerar a los tratamientos Strike 97.6 GE (170 l/ha) e In Line 94.1 EC (150 l/ha) con aplicación en ambas etapas de siembra, como alternativas agronómica y económicamente viables para la sustitución del uso del Bromuro de Metilo

IX. RECOMENDACIONES

1. Utilizar Strike 96.7 GE (170 l/ha) ó In Line 94.1 EC (150 l/ha) con aplicación en ambas épocas de siembra, ya que son agronómica y económicamente, viables para la sustitución del Bromuro de Metilo para la desinfección de suelos.

2. Evaluar combinaciones de los productos Strike 96.7 GE e In Line 94.1 EC con dosis menores en el primer ciclo de siembra, coadyuvándolos con fungicidas al suelo, para mantener un costo similar o menor a las dosis de 170 l/ha y 150 l/ha respectivamente, para aplicar en el segundo ciclo las dosis recomendadas o las mismas combinaciones aplicadas en el primer ciclo, para encontrar alternativas económicas para el cultivo del melón.

3. Evaluar alternativas al uso del bromuro de metilo, que sean amigables con el ambiente, técnicamente aplicables al cultivo y sobre todo económicamente viables, que permitan la subsistencia del cultivo en el valle de La Fragua, Zacapa.

4. En la presente evaluación no se determinó fitotoxicidad alguna de ninguno de los tratamientos, sin embargo se debe respetar los periodos de ventilación recomendados por el fabricante (mínimo 14 días después de aplicado) para evitar riesgos de encapsulamiento por un mal manejo de humedad, o por altas precipitaciones durante y después de aplicado el producto.

X. BIBLIOGRAFIA

Barillas Klee, E. 1983. Determinación experimental de la evapotranspiración de tomate y melón en el valle de la Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 69 p.

Beltrán, R. 2008. Estudios epidemiológicos y de patogenicidad de *Monosporascus cannonballus* Pollack et Uecker (en línea). España, UPV. Consultado 18 jul. 2009. Disponible en: http://dspace.upv.es/manakin/handle/10251/1865

Bruton, B; Fish, W. 2009. Proyecto de Naciones Unidas para el control de *Monosporascus cannonballus* para la reducción de uso de bromuro de metilo en Guatemala. Guatemala, USDA. 10 p.

Cabrera Acevedo, A. 2003. Apuntes sobre pudrición de raíces y marchitamiento de guías en cucurbitáceas (*Monosporascus cannonballus)*. Guatemala, INCISA. 1 p.

Cohen, R *et al*. 2000. Toward integrated management of monosporascus wilt of melons in Israel. Plant Disease 84 (5): 496-505.

García Zeceña, EA. 1999. Evaluación de dos productos químicos y un orgánico como sustitutos al bromuro de metilo en la desinfección del suelo, en el cultivo de melón (*Cucumis melo* tipo Cantaloupe), finca Oasis, Estanzuela, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Chiquimula, GT, USAC-CUNORI. 65 p.

GaViak, RG *et al.* 1994. Determination of dry matter content of botanical materials (gravimetric moisture) from plant, soil and water reference methods for the Western Region. Estados Unidos de Norte América, WREP. 125 p.

INFOAGRO (Información Agrícola, ES). 2009. Cultivo de melón (en línea). España. Consultado 15 jul. 2009. Disponible en: www.infoagro.com/frutas/frutas/tradicionales/melon.asp.

Radewald, KC. 2004. Sanitation practices that inhibit reproduction of *Monosporascus cannonballus* in melon roots left in the field after crop termination. Plant Pathology 53: 660-668.

Ramírez Suruy, NL. 2006. Efecto de la aplicación de pencycuron y pro-selective para el control de *Rhizoctonia sp*. y *Fusarium sp*. en el cultivo de melón y calabaza en parcelas de monitoreo alternativas al bromuro de metilo, en la finca "Los Yajes", Estanzuela, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 70 p.

Reyes Hernandez, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re-enseñando el uso de este enfoque. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Centro de Información Agrosocioeconómica. 32 p. (Boletín Informativo 1-2001).

Rijk Zwaan, NL. 2007. Catálogo melones y sandías. Holanda. 4 p.

Stanghellini, ME *et al*. 2003. Application of preplant fumigants via drip irrigation systems for the management of root rot of melons caused by *Monosporascus cannonballus.* Plant Diseases 87 (10):1,176-1,178.

_____. 2004. Crop residue destruction strategies that enhance rather tah inhibit reproduction of *Monosporascus cannonballus.* Plant Pathology 53:50-53.

.

INFOAGRO (Información Agrícola, ES). 2009. Cultivo de melón (en línea). España. Consultado 15 jul. 2009. Disponible en: www.infoagro.com/frutas/frutas/tradicionales/melon.asp.

Radewald, KC. 2004. Sanitation practices that inhibit reproduction of *Monosporascus cannonballus* in melon roots left in the field after crop termination. Plant Pathology 53: 660-668.

Ramírez Suruy, NL. 2006. Efecto de la aplicación de pencycuron y pro-selective para el control de *Rhizoctonia sp.* y *Fusarium sp.* en el cultivo de melón y calabaza en parcelas de monitoreo alternativas al bromuro de metilo, en la finca "Los Yajes", Estanzuela, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 70 p.

Reyes Hernandez, M. 2001. Análisis económico de experimentos agrícolas con presupuestos parciales: re-enseñando el uso de este enfoque. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Centro de Información Agrosocioeconómica. 32 p. (Boletín Informativo 1-2001).

Rijk Zwaan, NL. 2007. Catálogo melones y sandías. Holanda. 4 p.

Stanghellini, ME *et al.* 2003. Application of preplant fumigants via drip irrigation systems for the management of root rot of melons caused by *Monosporascus cannonballus*. Plant Diseases 87 (10):1,176-1,178.

_____. 2004. Crop residue destruction strategies that enhance rather tah inhibit reproduction of *Monosporascus cannonballus*. Plant Pathology 53:50-53.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
CHIQUIMULA
BIBLIOTECA