



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS

MANEJO INTEGRADO DE LA PUDRICION BLANCA (*Sclerotinia sclerotiorum*) EN LECHUGA, EN TENANGO DEL VALLE, ESTADO DE MÉXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO OFICIAL PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A

JOSE DE JESUS ROMERO CORTES

MODALIDAD: TRABAJO ESCRITO

ASESORES

DR. JESUS RICARDO SANCHEZ PALE

DRA. MARTHA LIDYA SALGADO SICLAN



MARZO DEL 2015.

**CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO”, EL CERRILLO
PIEDRAS BLANCAS MUNICIPIO DE TOLUCA, MÉX.**

INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	II
INDICE DE CUADROS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. REVISION DE LITERATURA.....	4
3.1 Generalidades del cultivo de lechuga.....	4
3.2 Importancia del cultivo de la lechuga en México.....	4
3.3 Importancia del cultivo de la lechuga en el municipio de Tenango del Valle.....	4
3.4 Variedades de lechuga cultivadas en Tenango del Valle.....	5
3.5 Principales problemas fitopatológicos en el cultivo de lechuga.....	5
3.5.1 Mildiu de la lechuga (<i>Bremia lactucae</i>).....	6
3.5.2 Pudrición blanca (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>).....	10
3.6 Alternativas de control de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en el cultivo de lechuga.....	14
3.6.1 Métodos culturales.....	14
3.6.2 Control químico.....	15
3.6.3 Control biológico.....	16
3.7 <i>Trichoderma</i> spp.....	17
3.8 <i>Bacillus</i> spp.....	18
3.9 Programas de aspersión.....	19
3.10 Descripción de los fungicidas sintéticos.....	20
3.10.1 Ficha técnica Mertect 340F.....	20
3.10.2 Ficha técnica Elevat.....	22

3.10.3	Ficha técnica Pireos 70.....	24
3.11	Descripción de los productos biológicos.....	25
3.11.1	Ficha técnica Tricon.....	25
3.11.2	Ficha técnica <i>Bacillus subtilis</i> Gaia.....	27
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	29
4.1.	Prueba de efectividad de los productos Fenhexamid (Elevat®) Thiabendazol (Mertec®) y Tiofanato metílico (Pireos 70®) en la germinación de esclerocios en condiciones <i>in vitro</i>	29
4.1.1	Ubicación del experimento en laboratorio.....	29
4.1.2	Obtención del material experimental.....	29
4.1.3	Estructura de tratamientos y diseño experimental en laboratorio.....	30
4.1.4	Dosificación de los fungicidas sintéticos.....	31
4.1.5	Método de diluciones.....	32
4.1.6	Evaluación y toma de datos.....	33
4.1.7	Variables de estudio en laboratorio.....	34
4.2.	Experimento en campo del manejo de la pudrición blanca <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en lechuga, mediante programas de aspersión.....	35
4.2.1	Ubicación del experimento en campo.....	35
4.2.2	Estructura de tratamientos y diseño experimental en campo.....	35
4.2.3	Desarrollo del trabajo experimental	36
4.2.4	Evaluación y toma de datos.....	39
4.2.5	Variables de estudio en campo.....	39
V.	RESULTADOS.....	42
5.1	Prueba de efectividad de los productos Fenhexamid (Elevat®), Thiabendazol (Mertec®) y Tiofanato metílico (Pireos 70®) en la germinación de esclerocios en condiciones <i>in vitro</i>	42
5.1.1	Crecimiento del hongo.....	42
5.1.2	Porcentaje de germinación de los esclerocios.....	50
5.1.3	Número de esclerocios formados al final del ensayo.....	51
5.1.4	Vigor de los esclerocios.....	52
5.2	Experimento en campo: manejo de la pudrición blanca <i>Sclerotinia</i>	

	<i>sclerotiorum</i> en lechuga, mediante programas de aspersión.....	54
5.2.1	Incidencia del patógeno.....	54
5.2.2	Índice de severidad de la enfermedad.....	55
5.2.3	Rendimiento.....	61
VI.	DISCUSIÓN.....	63
VII.	CONCLUSIONES.....	66
VIII.	RECOMENDACIONES.....	67
IX.	BIBLIOGRAFIA.....	68

INDICE DE CUADROS

		Pág.
Cuadro 1.	Usos autorizados de Mertect* 340 F.....	21
Cuadro 2.	Usos autorizados de Elevat.....	23
Cuadro 3.	Usos autorizados de Pireos 70 WP.....	25
Cuadro 4.	Ficha técnica de Tricon.....	25
Cuadro 5.	Relación de los tratamientos de fungicidas evaluados en condiciones de laboratorio	31
Cuadro 6.	Dosificaciones y diluciones de Fenhexamid empleadas en laboratorio.....	32
Cuadro 7.	Dosificaciones y diluciones de Thiabendazol empleadas en laboratorio.....	32
Cuadro 8.	Dosificaciones y diluciones de Tiofanato de metilo empleadas en laboratorio.....	32
Cuadro 9.	Productos utilizados en los programas de aspersión.....	35
Cuadro 10.	Programa de aspersión de productos químicos y biológicos en el cultivo de lechuga en Tenango del Valle 2014.....	36
Cuadro 11.	Dosis de los productos utilizados en los programas de aspersión.....	38
Cuadro 12.	Escala visual de severidad causada por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en lechuga.....	39
Cuadro 13.	Pruebas <i>in vitro</i> de crecimiento de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (cm) con el producto Fenhexamid.....	43
Cuadro 14.	Pruebas <i>in vitro</i> de crecimiento de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (cm) con el producto Thiabendazol.....	45
Cuadro 15.	Pruebas <i>in vitro</i> de crecimiento de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (cm) con el producto Tiofanato metílico.....	47
Cuadro 16.	Pruebas <i>in vitro</i> del (%) Germinación de esclerocios de <i>Sclerotinia</i> con fungicidas sintéticos.....	50
Cuadro 17.	Pruebas <i>in vitro</i> número de esclerocios formados de <i>Sclerotinia</i> con	

	fungicidas sintéticos.....	51
Cuadro 18.	Número de plantas afectadas e incidencia (%) determinada en los diferentes programas.	54
Cuadro 19.	Resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la variable severidad ocasionada por <i>S. sclerotiorum</i> en lechuga.....	56
Cuadro 20.	Incidencia y severidad de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en lechuga presentada en los programas de aspersión.....	57
Cuadro 21.	Número y diámetro de esclerocios formados.....	57
Cuadro 22.	ANOVA para un diseño en bloques aleatorizados en el caso de rendimiento en lechuga.....	61
Cuadro 23.	Prueba de Tukey HSD para un diseño en bloques aleatorizados en el caso de rendimiento en lechuga.....	61

INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Síntoma de “subida” de la lechuga.....	6
Figura 2.	<i>Bremia lactucae</i>	7
Figura 3.	Manchas angulosas y amarillas causadas por <i>Bremia lactucae</i> en lechuga.....	7
Figura 4.	Signos de esporulación y micelio de <i>Bremia lactucae</i> en hoja de lechuga.....	8
Figura 5.	Apariencia de signos y síntomas de necrosis en hojas de lechuga causadas por <i>Bremia lactucae</i>	9
Figura 6.	Esporulación blanquecina de <i>Bremia lactucae</i> en hojas de lechuga...	9
Figura 7.	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	10
Figura 8.	Vista de micelio y esclerocios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> al estereoscopio.....	11
Figura 9.	Apariencia de micelio de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> al microscópio compuesto.....	11
Figura 10.	Síntoma de caída de la lechuga causada por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	12
Figura 11.	Panorámica del cultivo de la lechuga dañada por <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	12
Figura 12.	Ciclo biológico de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	13
Figura 13.	Secado de esclerocios (desinfestación).....	30
Figura 14.	Siembra de esclerocios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en PDA.....	30
Figura 15.	Preparación de medio de cultivo PDA para las pruebas <i>in vitro</i>	33
Figura 16.	Preparación de dosificaciones de los productos.....	33
Figura 17.	Establecimiento del trabajo experimental en campo.....	37
Figura 18.	Aplicación en “drench” de fungicidas sintéticos.....	38
Figura 19.	Daños provocados por granizada en lechuga.....	38
Figura 20.	Crecimiento de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en Fenhexamid A) Solución Stock, B) Solución 10 ⁻¹ , C) Solución 10 ⁻² y D) Testigo...	43
Figura 21.	Crecimiento del hongo <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (cm) tratada con	

	Fenhexamid a diferentes concentraciones.....	44
Figura 22.	Crecimiento de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en Thiabendazol A) Solución Stock, B) Solución 10 ⁻¹ , C) Solución 10 ⁻² y D) Testigo...	45
Figura 23.	Crecimiento del hongo <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (cm) tratada con Thiabendazol a diferentes concentraciones.....	46
Figura 24.	Crecimiento de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en Tiofanato metílico A) Solución Stock, B) Solución 10 ⁻¹ , C) Solución 10 ⁻² y D) Testigo...	47
Figura 25.	Crecimiento del hongo <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (cm) tratada con Tiofanato metílico a diferentes concentraciones.....	48
Figura 26.	Comparación de medias de crecimiento micelial (cm) de <i>Sclerotinia</i> de los fungicidas evaluados.....	49
Figura 27.	Comparación de medias de crecimiento micelial (cm) de <i>Sclerotinia</i> de las dosis de los fungicidas evaluados.....	49
Figura 28.	Nivel de vigor de <i>Sclerotinia</i> en Fenhexamid, mediante la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994).....	52
Figura 29.	Nivel de vigor de <i>Sclerotinia</i> en Thiabendazol, mediante la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994).....	53
Figura 30.	Nivel de vigor de <i>Sclerotinia</i> en Tiofanato metílico, mediante la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994).....	53
Figura 31.	Desarrollo de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> a través del tiempo en lechuga.....	55
Figura 32.	Nivel de Daño de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en plantas de lechuga en los programas de aspersión.....	56
Figura 33.	Extracción de esclerocios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en plantas de lechuga.....	58
Figura 34.	Esclerocios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> obtenidos en lechuga tratada con los productos fungicidas.....	58
Figura 35.	Apariencia de esclerocios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> con mayor tamaño y consistencia firme.....	59
Figura 36.	Apariencia de esclerocios de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> con menor tamaño y consistencia débil.....	59
Figura 37.	Número de esclerocios formados en tres plantas de lechuga tratadas	

	en cada programa de aspersión.....	60
Figura 38.	Diámetro promedio de 30 esclerocios por cada programa de aspersión.....	60
Figura 39.	Efecto de los programas de aspersión de fungicidas en el rendimiento de lechuga.....	62

RESUMEN

MANEJO INTEGRADO DE LA PUDRICION BLANCA (*Sclerotinia sclerotiorum*) EN LECHUGA, EN TENANGO DEL VALLE, ESTADO DE MÉXICO

José de Jesús Romero Cortes. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesores: ¹Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale ²Dra. Martha Lidya Salgado Siclan

¹. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31 jrsanchezp@uaemex.mx

². Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31 mlsalgados@uaemex.mx

El municipio de Tenango del Valle se caracteriza por su actividad hortícola, la principal hortaliza que se cultiva es la lechuga ocupando el primer lugar de producción en el Estado de México. Dentro de la problemática fitosanitaria a la que se enfrenta el cultivo de lechuga, se encuentra la pudrición blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*) causante de severos daños y pérdidas de producción en los cultivos. La cual ha demandado métodos eficientes para su control. El presente trabajo tuvo por objetivo implementar un programa de manejo integrado de *Sclerotinia sclerotiorum* con base a un programa de aspersión de fungicidas y productos biológicos. El trabajo se realizó en dos partes, la primera fue una prueba de efectividad de los productos Fenhexamid (Elevat®), Thiabendazol (Mertec®) y Tiofanato metílico (Pireos 70®) sobre la germinación de esclerocios y crecimiento del hongo bajo condiciones *in vitro*, y la segunda, fue el experimento en condiciones campo que consistió en el manejo de la pudrición blanca *Sclerotinia sclerotiorum* mediante programas de aspersión de los fungicidas de origen químico combinado con los de origen biológico: Tricon® (*Trichoderma harzianum* + *Trichoderma viridae*) y Bacillus subtilis®. Los resultados indicaron que el mejor tratamiento en condiciones *in vitro* fue thiabendazol en dosis la solución stock (500mL/ha) tanto en crecimiento como en la germinación de esclerocios de *Sclerotinia*. En condiciones de campo, no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes programas de aspersión, aunque en el programa 5 (Fenhexamid+ Fenhexamid+ Tiofanato+ *Trichoderma*-*Bacillus*+ *Trichoderma*-*Bacillus*) no se registró presencia de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Palabras clave: *Lactuca sativa*, programas de aspersión, *Sclerotinia sclerotiorum*

ABSTRACT

INTEGRATED MANAGEMENT OF LETTUCE DROP (*Sclerotinia sclerotiorum*) IN TENANGO DEL VALLE, STATE OF MÉXICO

José de Jesús Romero Cortes. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.

Asesores: ¹Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale ²Dra. Martha Lidya Salgado Siclan

¹. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31 jrsanchezp@uaemex.mx

². Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo, El Cerrillo Piedras Blancas. Mpio. de Toluca, México. Código Postal 50200. Tel. (fax) 2-96-55-29 y 2-96-55-31 mlsalgados@uaemex.mx

The municipality of Tenango del Valle is known for its horticulture, the main vegetable is grown lettuce ranking first production in the State of Mexico. Within the phytosanitary problems to which the lettuce crop faces, is lettuce drop (*Sclerotinia sclerotiorum*) causing severe damage and loss of production in crops. Which has required efficient methods for their control. This study aimed to implement an integrated management program for *Sclerotinia sclerotiorum* based on a fungicide spray programs and biological products. The work was conducted in two parts, the first was a test of effectiveness of Fenhexamid (Elevat®) Thiabendazol (Mertec®) and methyl Thiophanate (Pireos 70®) on the germination of sclerotia and fungal growth in vitro, and the second was the experiment in field conditions the management of lettuce drop *Sclerotinia sclerotiorum* by fungicide spray programs combined with biological products Tricon® (*Trichoderma harzianum* + *Trichoderma viridae*) and *Bacillus subtilis*®. The results indicated that the best treatment *in vitro* was thiabendazol in rate stock solution (500mL / ha) in both growth and germination of sclerotia of *Sclerotinia*. Under field conditions, no significant differences among spray programs were presented, although program 5(Fenhexamid+Fenhexamid+Tiofananto+*Trichoderma*-*Bacillus*+*Trichoderma*-*Bacillus*) did not register *Sclerotinia sclerotiorum*.

Keywords: *Lactuca sativa*, spray programs, *Sclerotinia sclerotiorum*

I. INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas más consumidas a nivel nacional debido a su versatilidad de preparación y consumo en fresco, sirviendo como base de ensaladas que acompañan a carnes y mariscos. Así como complemento de antojitos mexicanos que se consumen en toda la república, aunque es variable la preparación de los platillos mexicanos, la presencia de esta hortaliza no falta como complemento de los mismos (García, 2010).

El municipio de Tenango del Valle se caracteriza por su fuerte actividad hortícola, la principal hortaliza que se cultiva en este municipio es la lechuga, cultivada en los ciclos agrícolas primavera-verano y otoño con una superficie de 530 ha y un rendimiento promedio de 11.00 t/ha⁻¹, siendo el principal municipio productor de esta hortaliza en el Estado de México (SIAP, 2014). Su producción es de gran importancia económica ya que es una fuente generadora de empleo, aunque su rendimiento es muy inferior al de otras regiones de México, ocasionado por la diversa problemática fitosanitaria que se presenta durante su cultivo. Más aún, su cultivo conlleva a una fuerte carga de plaguicidas, realizándose hasta más de 6 aplicaciones durante el ciclo de su cultivo, esto con fines de obtener un producto de buena calidad con aceptación en el mercado nacional (Villa, 2002).

La aplicación constante de los mismos ingredientes activos, el modo de acción y la selectividad de cultivos, tiende a generar resistencia de ciertos patógenos, lo cual hace poco efectivos a los fungicidas sintéticos empleados en el control de los diversos problemas fitosanitarios (FRAC, 2014).

El cultivo de lechuga presenta varios problemas fitosanitarios y al parecer uno de los más importantes es el ataque de *Sclerotinia sclerotiorum* y de *S. minor*, causantes de la enfermedad conocida como “pudrición blanda”, “pudrición blanca” o “dormilona”, presente en varios países del mundo (McAvoy, 2002 citado por Osorio-Nila *et al.*, 2005).

En la zona hortícola de Tenango del Valle, se han presentado fuertes daños ecológicos y económicos, hasta el momento se reportan pérdidas de entre el 30 y 40% de producción

por la presencia del hongo *Sclerotinia sclerotiorum*. La permanencia de esclerocios en el suelo (8-10 años) ha hecho difícil su erradicación y control (Hao, Subbarao y Duniway, 2003).

Los trabajos desarrollados para generar diversas alternativas de manejo por diversos investigadores, se ha dirigido hacia la búsqueda de nuevas formas de control de esta enfermedad, de ahí que se hayan evaluado alternativas de control cultural, destacando el manejo del cultivo, prácticas culturales como la solarización e inundación del terreno o la incorporación de residuos y enmiendas orgánicas, en cuanto al control biológico es poco lo que se ha realizado teniendo como evidencias el empleo de hongos antagonistas como: *Coniothyrium minitans* y *Trichoderma harzianum* con resultados eficaces (Chitrampalam *et al.*, 2010; Jones, 2011; Isnaini y Keane, 2007).

A la fecha, se carece de variedades resistentes y de métodos culturales eficientes en la región, más aun, las opciones de control biológico utilizadas en el municipio son nulas debido a la falta de interés, información y capacitación de los productores hacia estas tecnologías. Sin embargo, la enfermedad avanza ciclo tras ciclo y las alternativas de control que se disponen son de tipo químico, y poco es lo que se conoce sobre la integración con otras medidas de tipo biológico y sustentable.

Debido a esta problemática que surgió por consecuencia del uso irracional de plaguicidas y la resistencia generada de los patógenos, se ha propuesto el uso de fungicidas a través de programas de aspersión que consiste en la aplicación seriada y programada de diferentes ingredientes activos considerando el modo de acción que ejerce sobre el patógeno que conlleva a su manejo y control.

II. OBJETIVOS

General:

Implementar un programa de manejo integrado de *Sclerotinia sclerotiorum* con base a un programa de aplicación de fungicidas y productos biológicos, que integre diferentes opciones de manejo y que en conjunto represente una alternativa eficaz en el control de esta enfermedad en la región de estudio.

Específicos:

- Conocer el efecto de Thiabendazol (Mertec®), Fenhexamid (Elevat®) y Tiofanato metílico (Pireos 70®) en la germinación de esclerocios y crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum*. en condiciones *in vitro*.
- Conocer el efecto de *Trichoderma harzianum*-*Trichoderma viridae* y *Bacillus subtilis* contra la “pudrición blanca” (*Sclerotinia sclerotiorum*.) en lechuga variedad Olmeca en condiciones de campo.
- Determinar el efecto de la integración de los fungicidas sintéticos y los productos biológicos en el control de la “pudrición blanca” (*Sclerotinia sclerotiorum*.) en lechuga variedad Olmeca en condiciones de campo.
- Determinar el efecto de los diferentes programas de aspersión de fungicidas empleados como alternativas de control contra la “pudrición blanca” (*Sclerotinia sclerotiorum*.) en lechuga variedad Olmeca.

HIPOTESIS

El establecimiento de un paquete tecnológico de control programado, eficiente y efectivo permitirá el adecuado control de patógenos como *Sclerotinia sclerotiorum* en el cultivo de lechuga, que conlleve a reducir o retardar la aparición de resistencia del patógeno a productos químicos, así como un sistema de producción que minimice un impacto negativo al ambiente y una fuente de ingreso al producto.

III. REVISION DE LITERATURA

3.1 Generalidades del cultivo de lechuga

La lechuga es una planta nativa del Mediterráneo, perteneciente a la familia Asteraceae o anteriormente denominada Compositae, lleva por nombre científico *Lactuca sativa* L. y es una planta anual y autógama (Davids *et al.*, 2002).

Se distinguen actualmente cinco tipos distintos de lechuga, los cuales son: lechuga de hoja (hojas sueltas), lechuga para cortar o romana, de cabeza dura o repollo, cabeza de mantequilla y de tallo (lechuga esparrago). Su ciclo vegetativo es de 66 a 70 días aproximadamente para variedades de cabeza y de 45 a 50 días de madurez para cultivares de hoja suelta. La lechuga romana es la más comercial, gracias a que su forma redonda y compacta permite un aprovechamiento total de la misma (García, 2010).

3.2 Importancia del cultivo de la lechuga en México

La lechuga se caracteriza por ser una hortaliza de ciclo vegetativo corto que florece en el primer año, las diferentes variedades existentes y la interacción de las mismas con la diversidad de climas presentes en el país permiten la producción todo el año de esta hortaliza.

La lechuga se consume en su mayoría como producto fresco, la demanda de esta hortaliza en México está cubierta por los estados de Guanajuato (4,197.84 ha), Puebla (2,847.00 ha), Baja California Norte (1,422.00 ha), Aguascalientes (1,219.00 ha), Querétaro (1,131 ha) y el Estado de México (914.80); presentando un rendimiento promedio de 20.71 t/ha⁻¹ (SIAP, 2014).

3.3 Importancia del cultivo de la lechuga en el municipio de Tenango del Valle

El cultivo de lechuga es la principal hortaliza que ocupa la mayor superficie sembrada del municipio de Tenango del Valle, desde el año 2003 ocupa el primer lugar de producción de lechuga en el Estado de México y su superficie sembrada se ha incrementado aceleradamente, de 88.5 ha, cultivadas con esta especie en 2003 a 530 ha

en 2012, teniendo un rendimiento de 11.00t/ha^{-1} . El Estado de México registra un rendimiento promedio de 10.48 t/ha^{-1} (SIAP, 2014).

3.4 Variedades de lechuga cultivadas en Tenango del Valle

En el municipio se cultivan variedades de ciclo vegetativo que van de los 75 a 90 días de desarrollo, estos cultivares son en mayor parte de tipo romana, adaptadas a climas de frío a templado, presentan alto vigor con potencial para hacer tamaños muy grandes, uniformidad a cosecha y toleran fríos extremos (SEMINIS, 2013).

Las principales variedades producidas en la región son: Coolguard, Bubba, Coolbrezze, Coyote, Costelo, Thunder y Ternura (Becerril, 2011); en fechas recientes se utilizan variedades como la Olmeca.

3.5 Principales problemas fitopatológicos en el cultivo de lechuga

La problemática causante de bajos rendimientos del cultivo de lechuga en el municipio de Tenango del Valle es variable. Destacan los problemas fisiológicos como son la denominada “subida de la lechuga” también llamada inducción del tallo floral o normalmente conocida en el municipio como “saltar” (Fig. 1), este problema consiste en el alargamiento prematuro del tallo de la lechuga, es la primera parte del proceso reproductivo, que es seguido por la floración y la formación de semillas. La presencia de este problema reduce la calidad y precio, ya que desarrolla un gusto amargo como resultado de la formación de látex coincidente con el proceso reproductivo (Ryder, 2002).



Figura 1. Síntoma de “subida” de la lechuga.

Aunque en forma general, los productores consideran que las mayores pérdidas son debidas a problemas fitopatológicos. Las enfermedades son un importante factor que limita la producción de lechuga cuando no se dispone de cultivares resistentes. Las casi 75 diferentes enfermedades de la lechuga conocidas tienen diversas causas y etiologías. Son el resultado de la interacción entre la planta, el patógeno y las condiciones ambientales (Subbarao, 2002).

La producción de lechuga en el municipio presenta varios problemas fitosanitarios y al parecer los más importantes, en términos económicos, son el Mildiú de la lechuga (*Bremia lactucae*) y la Pudrición blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*), ésta última es considerada la más importante debido a su persistencia en el suelo y su difícil combate (Hao, Subbarao y Duniway, 2003).

3.5.1 Mildiú de la lechuga (*Bremia lactucae*) Esta enfermedad pertenece a las cenicillas vellosas o “falsas cenicillas”. El hongo causante del mildiú pertenece al género: *Bremia* (Fig. 2), el cual con su micelio forma capas afelpadas de color blanco sobre la hoja (García, 1975).

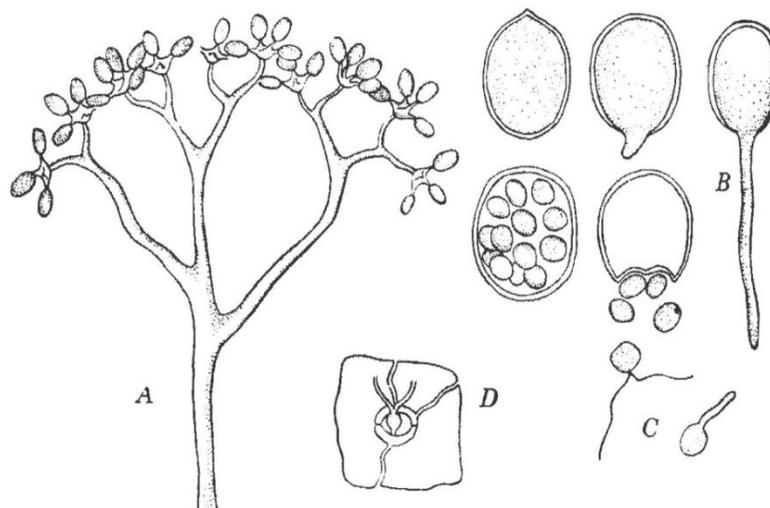


Figura 2. *Bremia lactucae*. A, conidióforo y conidios; B, germinación directa e indirecta de los conidios; C, zoospora y germinación de zoospora enquistada; D, penetración estomática de esta última (Tomada de: Patología Vegetal. Walker, 1975).

El mildiu provoca manchas angulosas y amarillas en la cara superior de las hojas (Fig. 3), y una débil inflorescencia blanca en la inferior (Fig.4), dichas manchas son numerosas en las hojas que tocan el suelo y en menor cantidad en el centro de la planta (Bovey, 1989), estas manchas se aprecian ligeramente verdosas o amarillentas, que posteriormente se oscurecen u ocasiona la muerte de la hoja (García, 1975). Los daños se presentan en plantas jóvenes y semilleros o almácigos, donde el mildiu puede destruir totalmente a su huésped (Bovey, 1989).



Figura 3. Manchas angulosas y amarillas causadas por *Bremia lactucae* en lechuga.



Figura 4. Signos de esporulación y micelio de *Bremia lactucae* en hoja de lechuga.

Ciclo de la enfermedad: Como la lechuga es cultivada de manera intensiva, el medio principal de supervivencia, tanto en invierno como verano se debe a la fase de oospora (Walker, 1975).

Los conidios se originan principalmente durante la noche, la alternancia de horas de luz y oscuridad, así como el grado de humedad provoca la esporulación, los conidios germinan en un intervalo entre 1° y 19°C, siendo la temperatura óptima de 15° C para la fructificación, germinación e invasión (Walker, 1975).

Como las temperaturas óptimas de desarrollo del patógeno son relativamente bajas, esta enfermedad es típica de zonas de clima frío, con presencia de nieblas y rocíos. Por otra parte la lechuga prefiere un clima relativamente frío, los óptimos de temperatura, tanto para la planta huésped como para el patógeno, apenas difieren (Walker, 1975).

Control: Las formas de combatir esta enfermedad son: el buen control de humedad del suelo, eliminación de plantas enfermas, residuos de cosechas anteriores y malezas huéspedes del mildiu (García, 1975), el control químico está dirigido a inhibir el desarrollo del micelio, este método ha tenido una gran evolución ya que se ha intentado controlar con aspersiones de zineb (Walker, 1975; García, 1975; Bovey, 1989), maneb o propineb (Bovey, 1989). Debido a la resistencia generada de ciertas razas de *Bremia* a estos productos; se han empleado opciones nuevas como el metalaxil y el etil fostito de aluminio, teniendo una buena eficacia (Bovey, 1989). En años más recientes se han utilizado y registrado para este cultivo fungicidas sintéticos a base de ingredientes

activos como: oxiclورو de cobre, folpet, fosetil aluminio, dimetomorf y triadimefon (DEAQ-PLM, 2013), aunque las empresas comercializadoras de estos productos a través de sus diversas investigaciones han generado fungicidas de nueva generación con distintos modos de acción y en combinaciones para el control del mildiu algunos casos son: boscalid + pyraclostrobin, propamocarb+ fosetyl y fenamidona+ propamocarb clorhidrato (DEAQ-PLM,2013), así mismo es conveniente emplear variedades resistentes a ciertas razas de *Bremia*, que en la actualidad las casas comercializadoras de semillas ofrecen.



Figura 5. Apariencia de signos y síntomas de necrosis en hojas de lechuga causadas por *Bremia lactucae*.



Figura 6. Esporulaci3n blanquecina de *Bremia lactucae* en hojas de lechuga.

3.5.2 Pudrición blanca (*Sclerotinia sclerotiorum*) Es un hongo omnívoro perteneciente a los ascomicetos, causante de una de las enfermedades más extendidas y peligrosas de las distintas plantas cultivadas, fue descubierta por primera vez en 1837 por Libert (Walker, 1975).

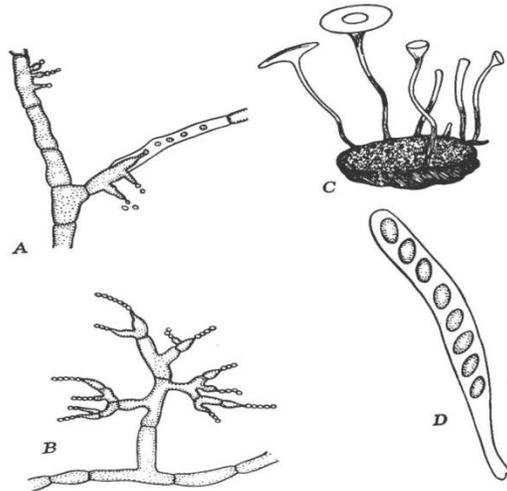


Figura 7. *Sclerotinia sclerotiorum*. A, B, Microconidios; C, apotecios sobre un esclerocio; D, asca. (Tomada de: Patología vegetal. Walker, 1975).

Esta enfermedad también es conocida como pudrición blanda o caída de la lechuga, es causada por dos especies, *S. minor* y *S. sclerotiorum*, (Subbarao, 2002), este género de hongos producen enfermedades devastadoras en hortalizas y ornamentales, *Sclerotinia* se encuentran ampliamente distribuida por todo el mundo además de que afectan a los cultivos en cualquiera de las etapas de su desarrollo, incluyendo plántulas, plantas maduras y órganos cosechados durante su transporte y almacenamiento (Agrios, 2004).

Ambas especies sobreviven como esclerocios hasta 8-10 años, ocasionalmente las dos especies pueden sobrevivir como micelio activo en plantas vivas o muertas, así como también difieren en su modo de infección (Subbarao, 2002).

En México, el patógeno se encuentra en los estados de Morelos, Puebla, Estado de México, Tlaxcala, Guanajuato y Guerrero (Anaya y Romero, 2000).

Síntomas: El hongo inicia su invasión por el tallo principal, más o menos a nivel del suelo, invade los tejidos corticales rápidamente, sin efectos aparentes, hasta que se produce un colapso repentino de la planta (Fig. 10) (Walker, 1975), aparece sobre la planta infectada un micelio veloso y blanco en el que en poco tiempo se desarrollan grandes estructuras compactas de resistencia denominadas esclerocios. Estos esclerocios son blancos al principio, pero más tarde se ennegrecen y endurecen superficialmente (Fig.8), su diámetro puede ser 0.5 a 1 mm, en *S. minor* y de 2 a 10 mm, en *S. sclerotiorum* (Agrios, 2004). Estos corpúsculos invernán en el suelo para ocasionar las primeras infecciones en la primavera siguiente (García, 1975). En algunos casos el hongo invade la medula de las plantas en crecimiento, y sin necesidad de producir el abundante micelio extramatricial, se desarrolla profusamente en la cavidad medular, en la que suelen aparecer incluso los esclerocios (Walker, 1975).



Figura 8. Vista de micelio y esclerocios de *Sclerotinia* spp. al estereoscopio.*

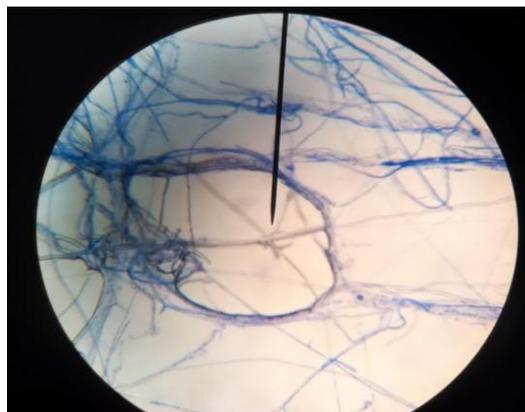


Figura 9. Apariencia de micelio de *Sclerotinia* spp al microscópio compuesto.*

*Fotografías tomadas en el laboratorio de fitopatología del CIEAF, F.C.Agrí. UAEMex.



Figura 10. Síntoma de caída de la lechuga causada por *Sclerotinia sclerotiorum* en Tenango del Valle, 2014.



Figura 11. Panorámica del cultivo de la lechuga dañada por *Sclerotinia sclerotiorum* en Tenango del Valle, 2014.

Ciclo biológico: El ciclo biológico de *Sclerotinia* comienza en el suelo cuando sus estructuras de reposo, denominadas “esclerocios” (Figura 12), comienzan el proceso de germinación que se puede presentar en dos modalidades:

- a) Carpogénica, que produce apotecios los cuales forman ascosporas que se transportan a través del viento hacia plantas susceptibles.
- b) Miceliogénica, en la cual el esclerocio produce un micelio que ataca las partes de la planta que están en contacto con la superficie del suelo (Berlín, 1998 citado por Arias *et al.*, 2007).

Esta enfermedad tiene una dispersión variable ya que las ascosporas e incluso algunos restos de esclerocios pequeños y ligeros se diseminan a través del viento, por otro lado los esclerocios pueden transportarse a través del riego rodado estos a su vez en forma de

micelio se diseminan por el movimiento de suelo contaminado, de un lugar a otro; también mediante las herramientas y maquinaria, el calzado, plántulas infectadas, la fertilización con estiércol de animales alimentados con residuos de cosechas infectados y las semillas (Abawi y Grogan,1979; Ferreira y Boyle, 1992, citado por Arias *et al.*, 2007).

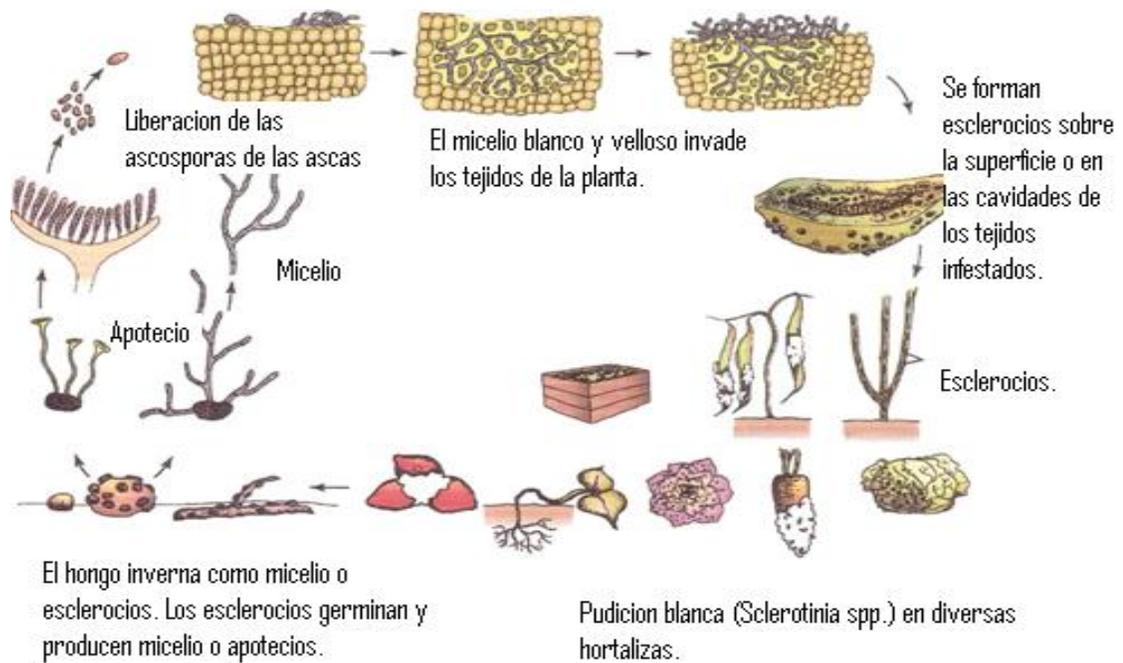


Figura 12. Ciclo biológico de *Sclerotinia sclerotiorum* (Tomada de: Plant Pathology Agrios, 2004).

Además de los ya mencionados problemas fitopatológicos; en el cultivo de lechuga se presentan enfermedades como: Antracnosis (*Microdochium panattonianum*), Podredumbre del pie (*Rhizoctonia solani*), Podredumbre gris (*Botrytis cinerea*) y Podredumbre de las plántulas (*Phytophthora ultimum*), esta enfermedad es también conocida como damping-off y es expresada como pudrición de las semillas (Subbarao, 2002).

En cuanto a las enfermedades bacterianas se reportan la Mancha foliar y pudrición de la cabeza (*Xanthomonas campestris* pv. *vitians*), Tizón foliar de la lechuga (*Pseudomonas marginalis* pv. *marginalis*), Pudrición blanda (*Pectobacterium carotovorum*, *P. atrosepticum*, *P. marginalis* y *P. viridiflava*), Pudrición o raíz corchosa de la lechuga (*Sphingomonas suberifaciens*) y la Mancha barniz (*Pseudomonas cichorii*) (Rodríguez, 2011).

Dentro de las principales plagas que atacan al cultivo de la lechuga se encuentran los gusanos medidores (*Anagrapha falcifera*), el gusano telarañero (*Loxostege similalis*), pulgón (*Aphis gossypii*) (Metcalf, 1991), insectos saltadores (*Macrostelus* spp.) (Blua, 2002), trips (*Frankliniella occidentalis*) (Castle, 2002) y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*, *Bemisia argentifolii*) (Castle, 2002).

3.6 Alternativas de control de *Sclerotinia* spp. en el cultivo de lechuga

3.6.1 Métodos culturales Se han hecho varios estudios para controlar a *Sclerotinia* a través de métodos culturales, debido a que es una enfermedad difícil de controlar en campo: como alternativas se ha empleado la eliminación de plantas afectadas y su destrucción por medio del fuego (García, 1975; Domínguez, 1998), la rotación de cultivos como maíz y trigo, que al parecer no son afectados por el patógeno (Agrios, 2004) o la inclusión de arroz (Walker, 1975) y el manejo de la humedad del suelo a través de la inundación periódica de los terrenos, provocando la descomposición de los esclerocios (Walker, 1975). Estos métodos son poco eficaces especialmente en las zonas de producción intensiva de hortalizas y en caso de la inundación nada redituable.

Por otro lado se ha empleado la incorporación de esquilmos agrícolas y labranza profunda, el empleo de un barbecho profundo del suelo, hasta el enterramiento de los esclerocios del hongo con los restos vegetales (Agrios, 2004). Bovey (1989) recomienda evitar los abonos nitrogenados excesivos, mientras que Agrios (2004) recomienda la aplicación de fertilizantes que contengan amonio y la aplicación de compuestos de calcio.

Arias (2007) evaluó el empleo de medios físicos como la solarización, este proceso consta en la colocación de una lámina de plástico (polietileno) transparente de 0,25 mm de espesor y tiene una duración de 25 a 30 días aunque este método no es muy eficaz.

Otras estrategias utilizadas para controlar *Sclerotinia* son: la aplicación de enmiendas orgánicas como la pollinaza o alfalfa, aunque estas técnicas no reducen la presencia del patógeno (Osorio-Nila *et al.*, 2005). Zavaleta (2000) señala que con la incorporación de residuos de brócoli o col se redujo la incidencia y severidad de *Sclerotinia cepivorum* en cebolla. Nakasone *et al.*, (1999), observó inhibición en el crecimiento del micelio de

hongos como *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Corticium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*, utilizando extractos acuosos de vermicompost, Sahni *et al.*, (2007) observó menor incidencia de *Sclerotium rolfsii* al emplear vermicompost. Hao y Subbarao (2003) encontraron que la rotación de brócoli y lechuga disminuyó la incidencia de *S. minor* y se observó una reducción en la densidad de esclerocios en California, mientras que García (2006) evaluó el efecto de la asociación lechuga-brócoli bajo un manejo orgánico empleando pollinaza, estadísticamente la asociación mostro tener un efecto positivo sobre el control de *Sclerotinia*, aunque los esclerocios mostraron una buena viabilidad lo que indica que ni la asociación ni el manejo de enmiendas orgánicas afectan la viabilidad.

3.6.2 Control químico El uso de fungicidas sintéticos para el control de esta enfermedad ha sido dirigido para inhibir el desarrollo del micelio y evitar la formación de esclerocios. Para el control de *Sclerotinia* se ha empleado ziram y fungicidas a base de cobre y zinc como tratamiento a la semilla que resultó eficaz en Oregón (Walker, 1975), aplicaciones de P.C.N.B. (pentacloronitrobenzeno) (García, 1975; Domínguez, 1998; Agrios, 2004), captan y diclorán (Agrios, 2004; Mendoza, 1996) captan (García, 1975) o quintoceno (Bovey, 1998) antes de realizar la siembra o bien en los surcos durante la siembra. Domínguez (1998) menciona el uso de benzimidazoles como el benomilo y el carbendazim, estos normalmente están dirigidos a inhibir el desarrollo y proteger las plantas de la infección por las ascosporas; también se ha intentado con: vinclozin, cianamida, iprodiona (López, 1984; Maroto, 1995 citado por García, 2006) difolatan, ronilan o rovril (Anaya y Romero, 2000) y tiofanato metílico (Domínguez, 1998). Además se han empleado los desinfectantes del suelo tales como el bromuro de metilo o el uso del metam sodio como sustituto del mismo (Osorio-Nila *et al.*, 2005; García, 2010). En estudios recientes se han evaluado la actividad como fungicidas a: fenhexamida, vinclozolin, boscalid y fludioxonil, que han sido efectivos en la reducción de *Sclerotinia* (Matheron y Porchas, 2004) o el efecto que ejerce thiabendazol y fludioxonil en combinación con captan y P.C.N.B., que redujeron el 90% de esclerocios de *S. sclerotiorum* en soya (Mueller, 1999). Sin embargo Bradley *et al.*, (2006) observaron que al realizar aplicaciones de iprodion, boscalid y tiofanato metílico no fueron efectivas en el control de *Sclerotinia sclerotiorum* en el sistema radical de canola.

Por otra parte Johnson y Atallah, (2006) demostraron que la incidencia de *Sclerotinia* spp. en papa fue significativamente baja al realizar aplicaciones de tiofanato metílico, fluazinam y boscalid.

Cabe mencionar que la eficiencia de los fungicidas para el control de *Sclerotinia sclerotiorum*, se comporta diferente en cada cultivo, algunos de los productos son inespecíficos para *Sclerotinia* spp., presentan problemas de persistencia así como daños a los cultivos por sus efectos fitotóxicos, además eliminan organismos benéficos y repercuten en la salud del personal que realiza las aplicaciones de los productos (García, 2010). Por lo tanto es necesario hacer uso de fungicidas eficaces que a dosis bajas y mínimas aplicaciones permitan un menor impacto en el ambiente y minimicen los efectos adversos en la salud de los usuarios y consumidores.

3.6.3 Control biológico En la agricultura moderna se ha incrementado el uso de agroquímicos lo que ha permitido obtener incrementos en la producción; no obstante sus efectos adversos están impactando de manera significativa en la sostenibilidad de la agricultura. Esto y los problemas de seguridad y salud pública por el uso indiscriminado de agroquímicos han conducido a la búsqueda de alternativas de manejo de plagas y enfermedades, tal es el caso del control biológico. Zavaleta (2010) define a el control biológico como: “cualquier forma de control que reduce la incidencia o severidad de la enfermedad, o incrementa la producción del cultivo, aun cuando no hay aparentemente un efecto significativo en la reducción de la enfermedad o inoculo, y su impacto nocivo en el ambiente sea mínimo o nulo”.

Dentro del control biológico se han realizado diversos estudios en los que se han identificado más de 30 especies de hongos y bacterias como antagonistas y micoparásitos de *Sclerotinia*. Algunos hongos antagonistas que han reducido los daños son: *Coniothyrium minitans* y *Trichoderma hamatum* (Chitrampalam, 2010; Jones, 2011; Isnaini, 2007). Pérez *et al.* (2004) demostraron que *Coniothyrium minitans* y *Trichoderma harzianum* tienen una acción activa contra hifas y esclerocios en *Sclerotinium cepivorum*. Rabeendran *et al.* (2006) demostraron la eficacia de *Trichoderma hamatum* en comparación con *T. rossicum*, *Clonostachys rosea*, y *T. virens*. Por otro lado Osorio-Nila *et al.* (2005) menciona la eficacia de *T. lignorum* y *T.*

harzianum para reducir los daños del patógeno. Mientras que Zavaleta (2000) menciona que al micorrizar plántulas de cebolla con *Glomus* spp, lograron retardar el ataque de *Sclerotium cepivorum*.

3.7 *Trichoderma* spp.

El género *Trichoderma* pertenece al Reino: Fungi, Phylum: Ascomycota, Subphylum: Pezizomycotina, Clase: Sordariomycetes, Subclase: Hypocreomycetidae, Orden: Hypocreales y Familia: Hypocreaceae (NCBI, 2015).

Se caracteriza por presentar hifas hialinas y tabicadas que a medida que crecen se entrelazan para formar una red. Las identificaciones de este género se hacen por la morfología y disposición de los conidióforos que generalmente son cortos y ramificados de manera piramidal, terminan en fialides, en donde se forman los conidios que poseen de 1.0 μ a 2.0 μ m de diámetro, son esféricos a elípticos y forman cúmulos compactos, unidos por una secreción musinosa. Son haploides y su pared está compuesta por quitina y glucanos, la mayoría de las especies presentan clamidosporas (Bailey y Scott, 2004).

Es uno de los microorganismos más importantes para el control de patógenos del suelo. El micelio de *Trichoderma* tiende a crecer de forma radial cubriendo por completo la superficie dando la apariencia de un césped difuso y granular con pigmentación de verde oscuro a verde amarillo debido a la presencia de conidias, también se puede observar un manto blanco en la periferia con micelio activo. (Bailey y Scott, 2004). Las especies del género *Trichoderma* se caracterizan por ser saprofitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica y son capaces de descomponerla (García, 2010).

El efecto principal de *Trichoderma* spp. es por hiperparasitismo y ocurre mediante la penetración, engrosamiento de las hifas, producción de haustorios y desorganización del contenido celular (Elad, 2003).

3.8 *Bacillus* spp.

El género *Bacillus* se encuentra ubicado en el Reino: Monera o Dominio Bacteria, Phylum: Firmicutes, Clase: Bacilli, Orden: Bacillales y Familia: Bacillaceae (NCBI, 2015).

El género *Bacillus* es heterogéneo y puede ser ubicado en varios grupos con base a características bioquímicas, metabólicas, y en homología fenotípica y genotípica de secuencias de rDNA 16S (Guillén-Cruz *et al.*, 2006).

Es una bacteria gram positiva, de metabolismo aerobio, con presencia de flagelos. Es negativa a prueba de oxidasa, mientras que a catalasa, oxidación y fermentación es positiva (Guillén-Cruz *et al.*, 2006).

Como una nueva alternativa del manejo integrado de enfermedades en los cultivos, se han desarrollado estrategias de control con microorganismos benéficos, como el caso de bacterias del género *Bacillus* (Carreras, 2011). Las especies de *Bacillus* han mostrado eficacia para controlar a fitopatógenos, debido a la competencia por espacio y parasitismo, además de que tienen la capacidad de producir compuestos antibióticos como icturina y enzimas hidrolíticas como quitinasas y β -glucanasas, con capacidad antibacteriana y antifúngica (Aktuganov *et al.*, 2007 citado por Peña-Yam *et al.*, 2013; Shoda, 2000).

El género *Bacillus* se ha utilizado ampliamente para controlar hongos fitopatógenos principalmente del suelo, se han realizado pruebas *in vitro* en la cual se han encontrado inhibición del crecimiento y efecto antagónico a los hongos *Fusarium* spp., *Botrytis fabae*, *Penicillium expansum*, *Alternaria* spp., *Pythium* spp. (Caro-Cisneros *et al.*, 2013). *Colletotrichum* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Helminthosporium* spp. (Peña-Yam *et al.*, 2013). *Rhizoctonia* spp., *Phytophthora* spp., *Botrytis* spp., *Penicillium* spp. entre otros (Ezziyyani *et al.*, 2004).

La cepa más utilizada comercialmente proviene de la especie *B. subtilis*, esta cepa tiene efecto sobre el crecimiento de los hongos casi en un 50% (Rojas, 2014), ya que cuenta con la acción de detener la germinación de las esporas de los fitopatógenos. Lo hace destruyendo el tubo germinativo y micelio, e inhibe el establecimiento del patógeno en la superficie de la planta (DIPO-PLM, 2011). La cepa produce metabolitos como la subtilina y enzimas que activan los mecanismos de defensa de las plantas inhibiendo la

germinación y el crecimiento de los hongos fitopatógenos que atacan la raíz como: *Fusarium* spp., *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia* spp., *Sclerotinia* spp., *Phytophthora capsici* y *Pythium* spp. (DIPO-PLM 2011).

3.9 Programas de aspersión de fungicidas

El empleo de fungicidas sintéticos ha consistido en forma tradicional con la aplicación unitaria y constante de ingredientes activos con diferente grupo químico e incluso usando el mismo grupo. En fechas recientes se ha estado desarrollando propuestas de control basadas en la aplicación de ingredientes activos que reduzcan la aparición de resistencia en los hongos, y que conlleve a la producción eficiente de alimentos además de prolongar la efectividad de los fungicidas.

El FRAC CODELIST es una iniciativa mundial que se ha desarrollado con la finalidad de retardar la aparición de resistencia basada en la aplicación de diferentes fungicidas rotándolos en función de su modo de acción en los procesos celulares del hongo (FRAC, 2014).

El empleo de más de tres ocasiones de fungicidas sintéticos con un modo de acción similar, especialmente sistémico, tiende a generar resistencia en el combate de patógenos (FRAC, 2014), algunos casos son los fungicidas pertenecientes al grupo de los benzimidazoles y thiophanatos que actúan con el mismo modo de acción (ensamble de la β -tubulina durante la mitosis).

Debido a lo anterior se ha propuesto el uso de fungicidas a través de un programa de aspersión de fungicidas que consiste en la aplicación seriada y programada de diferentes ingredientes activos considerando el modo de acción que ejerce sobre el patógeno que conlleva a su manejo y control.

En los años 2007 y 2008 se evaluó una serie de programas de aspersión de fungicidas para el control del mildiu (*Peronospora sparsa*) en berries con resultados satisfactorios al utilizar en forma seriada los fungicidas: Mancozeb, Sulfato de cobre y Azoxystrobin así como la combinación de Fosfito de potasio y *Bacillus subtilis* (Rebollar-Alviter *et al.*, 2012).

3.10 Descripción de los fungicidas sintéticos

3.10.1 Ficha técnica Mertect®340F

Tipo de agroinsumo: Fungicida sistémico y de contacto.

Nombre comercial registrado: Mertect* 340 F.

Sinónimo: Thiabendazol.

Familia química: Benzimidazoles.

Fórmula química: C₁₀H₇N₃S.

Formulación: Suspensión acuosa

COMPOSICION PORCENTUAL:	Porcentaje en peso
Ingrediente activo: Tiabendazol: 2-(4-Tiazolil)-1 H-benzimidazol	
No menos de:	42.75%
(Equivalente a 465.3 g de I.A./L)	
Ingredientes inertes:	
Aceite risilla 917, Teric N5, Oleina keltrol, Teric N13 y agua.	
No más de:	57.25%
Total:	100%

Modo de acción: Mertect* 340 F es sistémico con actividad fungicida preventiva y curativa por contacto y absorción radical y foliar, de amplio campo de acción, presentado en forma de suspensión acuosa para aplicar en aspersión al follaje, inhibe la división celular.

Fungicida con acción preventiva y curativa para control de enfermedades foliares, del suelo, del fruto y excelente acción preventiva en postcosecha.

Este producto cuenta con registros y tolerancias EPA (Environmental Protection Agency) que facilitan la exportación de las cosechas.

Muy versátil en su aplicación, ya sea vía foliar, en el sistema de riego, asperjado directo al suelo, en drench, en inmersión o aspersión en el proceso de empaque.

Es considerado un fungicida de amplio espectro para el control de enfermedades foliares, de suelo y semillas.

Compatible con otros fungicidas y con registro en frutales, hortalizas y granos.

Cuadro 1. Usos autorizados de Mertect* 340 F.

Cultivo	I.S.	Enfermedades		Dosis (ml/100 L de agua)
		Nombre común	Nombre científico	
Plátano	Sin limite	Pudrición de la corona Antracnosis Pudrición del fruto	<i>Thielaviopsis paradoxa</i> <i>Fusarium roseum</i> <i>Colletotrichum musae</i> <i>Deightoniella torulosa</i>	50-100
Cítricos	Sin limite	Moho azul Moho verde	<i>Penicillium italicum</i> <i>Penicillium digitatum</i>	100-1,000
Tratamiento De bulbos de ornamentales	Sin limite	Pudrición basal Pudrición de los pétalos de la flor Moho azul del bulbo	(<i>Fusarium sp</i>)p <i>Botrytis spp</i> <i>Penicillium spp</i>	200
Manzano	7	Sarna o roña Cenicilla Moho azul Moho gris Pudrición del fruto	<i>Venturia inaequalis</i> <i>Podosphaera leucotricha</i> <i>Penicillium spp</i> <i>Botrytis spp</i> <i>Gloeosporium spp</i>	1.5-3.0 L/ha
Peral	7	Sarna o roña Cenicilla Moho azul Moho gris Pudrición del fruto	<i>Venturia pirina</i> <i>Podosphaera leucotricha</i> <i>Penicillium spp</i> <i>Botrytis spp</i> <i>Gloeosporium spp</i>	1.5-3.0 L/ha 100-200
Soya (foliar)	Sin limite	Mancha foliar Antracnosis Tizón de la vaina y tallo	<i>Cercospora sp</i> <i>Colletotrichum sp</i> <i>Diaporthe sp</i>	200-750 ml/ha(1)
Arroz	10	Tizón Mancha foliar	<i>Piricularia oryzae</i> <i>Cercospora oryzae</i>	500-1,000 ml/ha (2)

(*) I.S.: Intervalo de seguridad en días entre la última aplicación y la cosecha. (DEAQ-PLM, 2011).

3.10.2 Ficha técnica Elevat®

Tipo de agroinsumo: Fungicida sistémico y de contacto.

Nombre comercial registrado: Elevat®

Sinónimo: Fenhexamid.

Familia química: Hidroxyanilidas.

Formula química: C₁₄H₁₇Cl₂NO₂.

Formulación: Gránulos dispersables.

COMPOSICION PORCENTUAL:

Ingrediente activo:

Porcentaje en peso Fenhexamid: N-(2,3, dicloro-4 hidroxifenil
1 -metil-ciclohexano carboxamida)

No menos de:..... 50%

(Equivalente a 500 g de I.A./kg)

Ingredientes inertes:

Diluyente, humectante, dispersante

y compuestos relacionados

No más de:..... 50%

Total:..... 100%

Modo de acción: Elevat* es el primer fungicida representativo del nuevo grupo químico de las hidroxianilidas, con acción sistémica localizada, de gran eficacia en el control preventivo de Botrytis en diversos cultivos. Elevat* previene enfermedades en postcosecha, aumentando la vida de anaquel de uvas, fresas y flores. El ingrediente activo de Elevat* (Fenhexamid), interfiere en el metabolismo del hongo, a dosis muy bajas, inhibiendo 4 diferentes estados de la enfermedad: germinación de las esporas, elongación del tubo germinativo, formación del apresorio y crecimiento del micelio.

Botriticida especializado con registros y tolerancias EPA (Environmental Protection Agency) que permite la exportación de sus cosechas.

Cuadro 2. Usos autorizados de Elevat.

Cultivo	Enfermedad	Dosis	Observaciones
Fresa	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	1.7-2.2 kg/ha	Hágase la primera aplicación al inicio de la floración, repítase cada 7-10 días o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Después de la segunda aplicación alterne con otro fungicida recomendado contra moho gris. La última aplicación puede hacerse el día de la cosecha.
Rosal	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	1.7 kg/ha	Hágase la primera aplicación al inicio de la floración, repítase cada 7-10 días o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Después de la tercera aplicación alterne con otro fungicida recomendado contra moho gris. La última aplicación puede hacerse el día de la cosecha.
Vid	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	1.150-1.700 kg/ha	Hágase la primera aplicación al inicio de la maduración de los frutos o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Después de la tercera aplicación alterne con otro fungicida recomendado contra moho gris. La última aplicación puede hacerse el día de la cosecha.
Durazno	Pudrición morena (<i>Monilia fruticola</i>)	1.5-2.5 kg/ha	Hágase la primera aplicación al inicio de la floración, repítase cada 7-10 días o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Después de la segunda aplicación alterne con otro fungicida recomendado contra moho gris. La última aplicación puede hacerse el día de la cosecha.
Zarzamora, Frambuesa	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	1.0-1.5 kg/ha	Hágase la primera aplicación al inicio de la floración, de forma preventiva, repítase cada 7 días o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Intervalo de seguridad: 0 días.
Lechuga	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	0.75- 1.0 kg/ha	Hágase la primera aplicación cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad de forma preventiva, repítase cada 7 días. Intervalo de seguridad: 3 días.
Pepino	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	1.25-1.5 kg/ha	Hágase la primera aplicación al inicio de la floración, de forma preventiva, repítase cada 7 días o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Intervalo de seguridad: 7 días.
Jitomate	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	0.2-0.3 kg/100 L de agua	Hágase la primera aplicación al inicio de la floración, de forma preventiva, repítase cada 7 días o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Utilice la dosis mas baja cuando las condiciones son de prevención, y la más alta bajo condiciones de infección. Intervalo de seguridad: 0 días.
Chile (pimiento)	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	1.5-2.0 kg/ha	Hágase la primera aplicación al inicio de floración, de forma preventiva, repítase cada 7 días o cuando las condiciones ambientales favorecen el desarrollo de la enfermedad. Intervalo de seguridad: 0 días

Tiempo de reentrada: 24 horas después de la aplicación. (DEAQ-PLM, 2011).

3.10.3 Ficha técnica Pireos®70

Tipo de agroinsumo: Fungicida sistémico agrícola.

Nombre comercial registrado: Pireos* 70 WP®

Sinónimo: Tiofanato metílico.

Familia química: Tiocarbamato.

Formula química: C₁₂H₁₄N₄O₄S₂

Formulación: Polvo humectable.

COMPOSICION PORCENTUAL:

Ingrediente activo:	Porcentaje en peso
Tiofanato metílico: Dimetil-4,4'- (p-fenilen)bis (3-tiofanato).....	70%
(Equivalente a 700 g de I.A./kg)	
Ingredientes inertes:	
Diluyente, surfactantes, estabilizante y compuestos relacionados	
No más de:.....	30%
Total:.....	100%

Pireos* 70 WP es un fungicida sistémico elaborado a base de Tiofanato metílico, ingrediente activo que se metaboliza dentro de la planta formando una estructura de bencimidazol, compuesto con intensa acción fungicida sistémica (curativa). El efecto de Pireos* 70 se debe a la inducción de anomalías en la germinación de las esporas y en la multiplicación y crecimiento celular, por interferencia en la mitosis y la síntesis de los ácidos desoxirribonucleicos (DNA) de las células fúngicas. Pireos*70 se trasloca rápidamente por el xilema de las plantas.

Fungicida de amplio espectro para el control de enfermedades foliares, de suelo y semillas.

Compatible con otros fungicidas y con registro en frutales, hortalizas y granos.

Cuadro 3. Usos autorizados de Pireos 70 WP.

Cultivo	Plaga (nombre científico)	Dosis (kg/ha)	LMR (ppm)
Pepino	Pudrición radical (<i>Fusarium oxysporum</i>)	0.7-1.0	1.0

(Arysta LifeScience, 2013).

3.11 Descripción de los productos biológicos

3.11.1 Ficha técnica: Tricon®

Datos generales.

Cuadro 4. Ficha técnica de Tricon*

Nombre:	Tricon®
Descripción	Hongo antagonista para prevención y manejo de hongos fitopatógenos.
Nombre del fabricante	NOCON, S.A. DE C.V.
Ingrediente activo	<i>Trichoderma harziamun</i> y <i>Trichoderma viridae</i> .
Composición	1×10^8 conidios de <i>Trichoderma</i> spp por mililitro. (1×10^{11} en un litro de producto).

Características físico-químicas.

Composición.	1×10^8 conidios de <i>Trichoderma</i> spp por mililitro. (1×10^{11} en un litro de producto).
Inertes	Extracto de cactáceas.
Estado físico	Líquido
pH solución 1:10	6
Carácter químico	No iónico
Color	Verde oscuro
Olor	Característico

Punto de ebullición	No aplica
Solubilidad en agua	Totalmente soluble
Densidad a 20°C	1.12
Punto de fusión	No aplica
Presión a vapor	No aplica
Polimerización	No ocurre
Reactividad en agua	No ocurre
Compatibilidad	Con productos orgánicos y/o biológicos.
Estabilidad	100%
Productos peligrosos por descomposición	Ninguno

Recomendaciones de uso.

Dosis	5-10 mililitros de Tricon por litro de agua.
Uso	Hongo antagonista para prevención y manejo de hongos fitopatógenos.
Forma de aplicación	Tricon puede aplicarse al suelo diluyendo 1 litro en 200 lts de agua y asperjando con gota fina para prevenir enfermedades del suelo (15 días antes de la siembra) aplicar al fondo del surco junto con composta. Aspersiones foliares diluir 1-2 litros de Tricon por 200 litros de agua, aplicando en banda al cuello de la planta. Aplicar cada 30 días.
Frecuencia	Se recomiendan 3 aplicaciones.
Manejo del producto	No exponer a los rayos del sol, almacenar en un lugar fresco y seco.

* Trueba, 2011.

3.11.2 Ficha técnica: BACILLUS SUBTILIS® Gaia

Datos generales.

CONTENIDO:

3.5×10^{10} esporas por mililitro.

Producto libre de organismos genéticamente modificados

Producto apto para la agricultura orgánica

Producto para el control de fungosis y bacteriosis: pertenece al grupo de bacterias denominadas PSB (Phosphate Solubilizing Bacteria), es decir, que es capaz de solubilizar el fósforo mineral haciéndolo accesible a la planta.

Distintos autores la han descrito como agente de biocontrol capaz de ejercer un papel protector frente a determinados patógenos vegetales.

Promotor de microbiología benéfica y auxiliar en el combate de plagas en el suelo.

Beneficios de *Bacillus subtilis*:

Bacillus subtilis tiene la capacidad de formar metabolitos antibióticos.

Permite “escapar de las enfermedades” debido a que promueve el crecimiento rápido lo que permite a las plantas superar a las plantas los estadios más sensibles a las enfermedades.

Induce resistencia al activar los genes de defensa de las plantas.

Compite al colonizar en forma temporal la rizósfera.

Mejora la extracción de agua y nutrientes.

Promueve el crecimiento radicular y de la planta. (Agro orgánicos Gaia, 2014).

Modo de aplicación:

Aplicar 1 litro por hectárea como preventivo y 2 litros como curativo a suelos compactados.

Se puede mezclar con *Trichoderma*, aceites vegetales, *Bacillus thuringensis* y *Bacillus megatherium* para incrementar la microbiología del suelo.

Datos de interés:

Es conveniente que el suelo tenga materia orgánica, ácidos fúlvicos, restos vegetales para proporcionarle mejores condiciones a la bacteria.

No aplicar bactericidas sistémicos y evitar la luz solar directa.

Es compatible con otros productos orgánicos como inorgánicos.

Manténgase a temperaturas de 8 – 12 °C. (Agro orgánicos Gaia, 2014).

No. REGISTRO. REG. CE. 834/889

CERTIFICADO METROCERT.



IV. MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en dos etapas:

- I. Prueba de efectividad de los productos Fenhexamid (Elevat®), Thiabendazol (Mertec®) y Tiofanato metílico (Pireos 70®) en la germinación de esclerocios y crecimiento micelial en condiciones *in vitro*.
- II. Experimento en campo manejo de la pudrición blanca *Sclerotinia sclerotioru*. en lechuga, mediante programas de aspersión de fungicidas.

4.1. Prueba de efectividad de los productos Fenhexamid (Elevat®), Thiabendazol (Mertec®) y Tiofanato metílico (Pireos 70®) en la germinación de esclerocios y crecimiento micelial en condiciones *in vitro*

4.1.1 Ubicación del experimento en laboratorio

El presente experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del CIEAF de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

4.1.2 Obtención del material experimental

Se colectaron esclerocios de una muestra tomada en Tenango del Valle, de un suelo infestado naturalmente, se colocaron en un recipiente plástico y posteriormente se pasaron por tamices de 0.5 y 0.18 mm de abertura, lavándose con agua corriente hasta separar los esclerocios visibles de mayor tamaño. Dichas estructuras se colocaron en un vaso de precipitado con hipoclorito de sodio al 3% durante 2 minutos para desinfectar, posteriormente se enjuagaron con agua destilada estéril de cuatro a cinco veces y se dejaron secar (Fig. 13) para su posterior siembra en el medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA). A los 14 días se contó con esclerocios aptos para realizar los ensayos.



Figura 13. Secado de esclerocios (desinfestación).



Figura 14. Siembra de esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* en PDA.

4.1.3 Estructura de tratamientos y diseño experimental *in vitro* en laboratorio

Se realizó un diseño completamente aleatorio con doce tratamientos y cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por una caja de Petri en donde se colocó un esclerocio. Se realizaron pruebas de inhibición *in vitro* de 3 fungicidas cada uno a diferentes concentraciones y su respectivo testigo (sin fungicida), como se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Relación de los tratamientos de fungicidas evaluados en condiciones de laboratorio.

Tratamiento	Producto/ dosis
1	Fungicida sintético (Fenhexamid): 1 kg/ha (solución stock)
2	Fungicida sintético (Fenhexamid): dilución 1:10 (10^{-1})
3	Fungicida sintético (Fenhexamid): dilución 1:100 (10^{-2})
4	Testigo (sin fungicida Fenhexamid)
5	Fungicida sintético (Thiabendazol): 500 ml/ha (solución stock)
6	Fungicida sintético (Thiabendazol): dilución 1:10 (10^{-1})
7	Fungicida sintético (Thiabendazol): dilución 1:100 (10^{-2})
8	Testigo (sin fungicida Thiabendazol)
9	Fungicida sintético (Tiofanato metílico): 1 kg/ha (solución stock)
10	Fungicida sintético (Tiofanato metílico): dilución 1:10 (10^{-1})
11	Fungicida sintético (Tiofanato metílico): dilución 1:100 (10^{-2})
12	Testigo (sin fungicida Tiofanato metílico)

Manejo del trabajo experimental en laboratorio

4.1.4 Dosificación de los fungicidas sintéticos

Ya obtenido el material biológico necesario para los ensayos *in vitro* se realizaron las evaluaciones utilizando tres dosis por fungicida más un testigo sin fungicida (Cuadro 5) en cajas de petri con PDA.

La dosificación se empleó de acuerdo a las recomendaciones generales que proporcionan las fichas técnicas, para crear la solución Stock cada fungicida se diluyó en agua destilada estéril en un matraz Erlenmeyer con capacidad de 250 ml, las dosificaciones y diluciones se muestran en los cuadros 6, 7 y 8.

Cuadro 6. Dosificaciones y diluciones de Fenhexamid empleadas en laboratorio.

Producto	Dosis Producto	Cantidad de agua.	Concentración del producto
Fenhexamid	1 kg/ha	250 ml	1.25 g
Fenhexamid	1ml solución Stock	9 ml	0.5 mg
Fenhexamid	1ml solución 10^{-1}	9 ml	0.05 mg

Cuadro 7. Dosificaciones y diluciones de Thiabendazol empleadas en laboratorio.

Producto	Dosis Producto	Cantidad de agua.	Concentración del producto
Thiabendazol	500 ml/ha	250 ml	0.31 ml
Thiabendazol	1ml solución Stock	9 ml	0.00012 μ l
Thiabendazol	1ml solución 10^{-1}	9 ml	0.000012 μ l

Cuadro 8. Dosificaciones y diluciones de Tiofanato metílico empleadas en laboratorio.

Producto	Dosis Producto	Cantidad de agua.	Concentración del producto
Tiofanato metílico	1 kg/ha	250 ml	1.25 g
Tiofanato metílico	1ml solución Stock	9 ml	0.5 mg
Tiofanato metílico	1ml solución 10^{-1}	9 ml	0.05 mg

4.1.5 Método de diluciones

Esta técnica in vitro se realizó preparando la solución stock en 250 ml de agua destilada estéril, de la cual se llenó un tubo de 10 ml con la solución stock del producto y 3 tubos de ensayo con 9 ml de agua destilada estéril. De la solución stock preparada se tomó 1 ml con una pipeta estéril y se colocó en 9 ml de agua estéril contenida en un tubo de ensayo para generar una dilución 1:10 (10^{-1}) (Cuadro 7); estos pasos se repitieron en el siguiente tubo llegando a la dilución 1:100 (10^{-2}) (Cuadro 8). De cada dilución se tomó 1

ml, se vertió y se extendió sobre la caja Petri. Una vez solidificado el medio PDA con fungicida se procedió a la siembra de un esclerocio colocado al centro de la caja de la misma forma se procedió con los testigos. Las cajas se colocaron en bolsas de plástico y se incubaron a 25°C por dos días.



Figura 15. Preparación de medio de cultivo PDA para las pruebas *in vitro*.



Figura 16. Preparación de dosificaciones de los productos.

4.1.6 Evaluación y toma de datos

Ya establecidos los esclerocios en la caja con el tratamiento respectivo, se monitoreó la germinación y crecimiento (en centímetros) midiendo el diámetro alcanzado cada tercer día hasta que el testigo cubrió toda la caja Petri, o hasta la formación de esclerocios en el interior de la caja.

4.1.7 Variables de estudio en laboratorio

Las variables que se evaluaron fueron:

- 1) Diámetro de crecimiento micelial formado en la caja de petri (cm).
- 2) Porcentaje de germinación de esclerocios por tratamiento.
- 3) Número de esclerocios formados al final del ensayo.
- 4) Vigor de los esclerocios evaluada de acuerdo a Entwistle y Smith, 1994.

El vigor del crecimiento del hongo se determinó mediante la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994) (citado por Moreno *et al.*, 2004) donde:

0= Esclerocio sin crecimiento.

1= Esclerocio con primeras hifas

2= Esclerocio con hifas en el 25% del circulo*

3= Esclerocio con hifas en el 50% del circulo*

4= Esclerocio con hifas en el 100% del circulo*

5= Aparición de esclerocios blancos

6= Aparición de esclerocios negros.

*Diámetro de la caja de petri (9 cm)

Los datos se analizaron por medio de un análisis de varianza donde se obtuvo una significancia estadística. Para las variables donde existió significancia estadística se realizó una separación de medias mediante la prueba de Tukey 0.05 con el programa SAS para Windows 9.0.

4.2. Experimento en campo Manejo de la pudrición blanca *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga, mediante programas de aspersión de fungicidas

4.2.1 Ubicación del experimento en campo

El experimento se realizó en el ciclo verano del 2014 en la localidad de Santiaguito Cuaxustenco, Municipio de Tenango del Valle, Estado de México (ubicada a 19° 07' 40.38" de Latitud Norte; 99° 34' 52.61" de longitud Este; a 2602 msnm) sobre un suelo franco-arenoso sometido a cultivos continuos de hortalizas, infestado naturalmente con esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum*, Se utilizó el cultivar de lechuga denominado Olmecca.

4.2.2 Estructura de tratamientos y diseño experimental en campo

Se empleó un diseño experimental de bloques completamente aleatorios, con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo formada por cuatro surcos de 4.0 m de longitud espaciados a 0.80 m. En cada bloque se aplicaron 8 programas en los cuales se realizaron combinaciones de fungicidas sintéticos junto con productos biológicos que derivaron en diferentes programas de aspersión de fungicidas.

En el cuadro 9 se muestran los productos utilizados en los programas de aspersión diseñados para el control de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Cuadro 9. Productos utilizados en los programas de aspersión.

Ingrediente Activo	Dosis /ha	Nombre comercial
Fenhexamid (Fh)	1 kg	Elevat®
Thiabendazol (Th)	0.5 L	Mertec®
Tiofanato metílico (Tf)	1 Kg	Pireos 70®
<i>T. harzianum</i> y <i>T. viridae</i> (Thz-Tv)	2 L	Tricon ®
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	2L	<i>Bacillus s. gaia</i> ®

En el Cuadro 10 se muestra la conformación de los programas de aspersión de fungicidas de origen químico y productos biológicos, así como las fechas de aplicación en Tenango del Valle Edo. de México. Los tratamientos como las fechas de aplicación se integraron en base al periodo de cobertura o protección del producto y a la rotación del modo de acción que presentan los mismos.

Cuadro 10. Programas de aspersión de productos químicos y biológicos en el cultivo de lechuga en Tenango del Valle 2014.

Programa	12/ 07/14	26/07/14	09/08/14	23/08/14	06/09/14*
1	Fh	Fh	Th	Th	Tf
2	Fh	Fh	Th	Th	Thz-Tv+Bs
3	Fh	Fh	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs
4	Th	Th	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs
5	Fh	Fh	Tf	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs
6	Th	Th	Tf	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs
7	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs	Thz-Tv+Bs
8 (Testigo)	-	-	-	-	-

Fh= Fenhexamid (1 kg/ha); Th= Thiabendazol (0.5 L/ha); Tf= Tiofanato metílico (1 kg/ha); (Thz-Tv+Bs)= *Trichoderma harzianum* y *T. viridae*. (2 L/ha)+ *Bacillus subtilis* (2 L/ha). *Días de aplicación de los fungicidas. Primera aplicación se realizó 5 días después del transplante.

4.2.3 Desarrollo del trabajo experimental

Se realizó un rastreo sobre el terreno e incorporó humus de lombriz a razón de 2 t/ha⁻¹ cuatro días antes del transplante.

Posteriormente se trasplantó el cv. de lechuga Olmeca del tipo romana, que fue puesta a germinar el día 7 de junio del 2014 en condiciones de invernadero en charolas de Poliestireno de 333 cavidades. Esta variedad es de reciente introducción en la zona, que ha cobrado importancia por el grado de tolerancia que ha expresado en la región.

El trasplante se realizó el 8 de julio del 2014, cuando las plántulas tenían 32 días de edad, se colocaron 19 plantas en forma de zigzag por surco de cada unidad experimental a una distancia de 0.15cm entre plantas, haciendo un total de 76 plantas por repetición (Fig. 17).



Figura 17. Establecimiento del trabajo experimental en campo.

La primera aplicación de los programas de aspersion se inició a los cinco días posteriores al trasplante; las aplicaciones posteriores se realizaron con una frecuencia de cada quince días hasta completar las cinco aplicaciones que se contemplaron en cada uno de los programas.

Para cada aplicación se usaron aspersoras de mochila con capacidad de 20 L y boquillas de cono hueco ligeramente abierto, independientes para cada uno de los productos a utilizar fungicidas y productos biológicos. Las aspersiones se realizaron de forma dirigida al cuello de la planta, mediante la técnica de “drench” (Fig. 18).

En el Cuadro 11 se muestra la cantidad de producto utilizado en dilución por litro de agua en cada aspersion realizada.

Cuadro 11. Dosis de los productos utilizados en los programas de aspersión.

Ingrediente Activo	Dosis /lt	Nombre comercial
Fenhexamid (Fh)	5 g	Elevat®
Thiabendazol (Th)	1.25 ml	Mertec®
Tiofanato metílico (Tf)	5 g	Pireos 70®
<i>T. harzianum</i> y <i>T. viridae</i> (Thz-Tv)	10 ml	Tricon ®
+		
<i>Bacillus subtilis</i> (Bs)	10 ml	<i>Bacillus s.</i> Gaia®

Durante el desarrollo del experimento se presentó una granizada, el día 19 de julio, que provocó ligeros daños, pero que no repercutió gravemente en el desarrollo del cultivo (Fig. 19).



Figura 18. Aplicación en “drench” de fungicidas sintéticos.



Figura 19. Daños provocados por granizada en lechuga.

4.2.4 Evaluación y toma de datos

Una vez establecido el experimento se procedió a tomar los datos de la incidencia y severidad de la enfermedad que se presentó en cada programa de aspersión en forma semanal, hasta la cosecha del producto.

4.2.5 Variables de estudio en campo

- 1) Incidencia del patógeno: Se cuantificó el % de plantas enfermas del total de 120 plantas por programa empleado (30 plantas por repetición).
- 2) Severidad: Se midió el grado o nivel de daño de la enfermedad, de acuerdo a la escala visual mostrada en el Cuadro 12 del total de 120 plantas por programa empleado (30 plantas por repetición). Al final del ensayo se determinó el índice de severidad o nivel de daño a partir de multiplicar el número de plantas contabilizadas dentro de cada nivel de la escala por el nivel en donde se ubicaron, para realizar una sumatoria final de cada valor multiplicado y finalmente ser dividido entre el número total de plantas.
- 3) Rendimiento: Se calculó el peso total de 120 cabezas de lechuga por programa empleado (30 plantas por repetición) y se promedió su peso.

El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de Kruskal-Wallis en Statgraphics.

Cuadro 12. Escala visual de severidad causada por *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga.

Clase 1= Planta Sana.	
-----------------------	--

Clase 2= <5% Síntoma inicial (caída de hojas basales)



Clase 3= 5-25% de síntomas (Marchitamiento de la planta)



Clase 4= 25-50% de síntomas (Pudrición acuosa)



Clase 5= 50-70% de síntomas
(Pudrición + micelio)



Clase 6= 70-80% de síntomas
(micelio “formación de esclerocios”)



Clase 7= >80% de síntomas (muerte
de la planta “esclerocios maduros”)



V. Resultados

5.1 Prueba de efectividad de los productos Fenhexamid (Elevat®), Thiabendazol (Mertec®) y Tiofanato metílico (Pireos 70®) en la germinación de esclerocios en condiciones *in vitro*

5.1.1 Crecimiento del hongo

Esta variable se comenzó a medir al tercer día de siembra, y posteriormente se realizaron mediciones cada tercer día hasta completar los 9 cm de diámetro que tiene la caja de petri de las cuatro repeticiones por tratamiento. Se encontraron diferencias entre tratamientos con respecto al testigo y en cada fungicida evaluado, donde se encontró que el fungicida Thiabendazol en los tratamientos 5, 6 y 7 fue el más efectivo para el control de *Sclerotinia sclerotiorum*.

Fenhexamid

Se emplearon los tratamientos 1, 2, 3 y 4. El ensayo se realizó con fecha de siembra el 26 de agosto del 2013, registrando el diámetro promedio del crecimiento micelial de cada tratamiento a los 3, 5 y 7 días después de la siembra, tiempo que tardó el testigo en desarrollarse por completo. En el Cuadro 13 se muestra el crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum*. que se presentó durante el desarrollo del ensayo. La ausencia de crecimiento en la solución Stock y dosis 10^{-1} se observan en la figura 20 A) y B) respectivamente, mientras que el crecimiento del hongo en la dosis 10^{-2} y testigo se observan en la figura 20 C) y D) respectivamente., se ilustra su crecimiento a través del tiempo en la figura 21.

Cuadro 13. Pruebas *in vitro* de crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum* (cm) con el producto Fenhexamid.

Tratamiento	Crecimiento en cm de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		
	3 dds**	5 dds**	7 dds**
Stock	0	0	0
10 ⁻¹	0	0	0
10 ⁻²	0	0.6	1.15
Testigo*	1.43	6.57	9

* Solo medio de cultivo

** Días Después de la Siembra

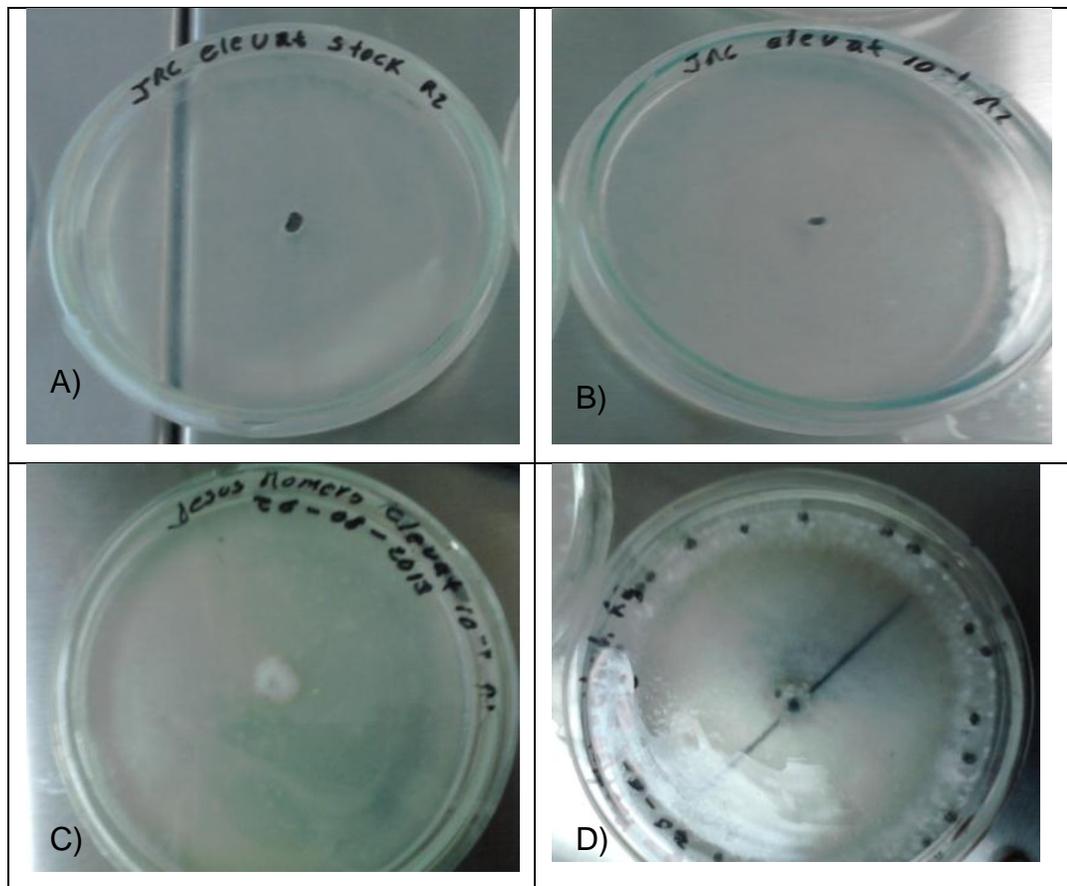


Figura 20. Crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum*. en medio PDA con Fenhexamid. A) Solución Stock, B) Solución 10⁻¹, C) Solución 10⁻² y D) Testigo.

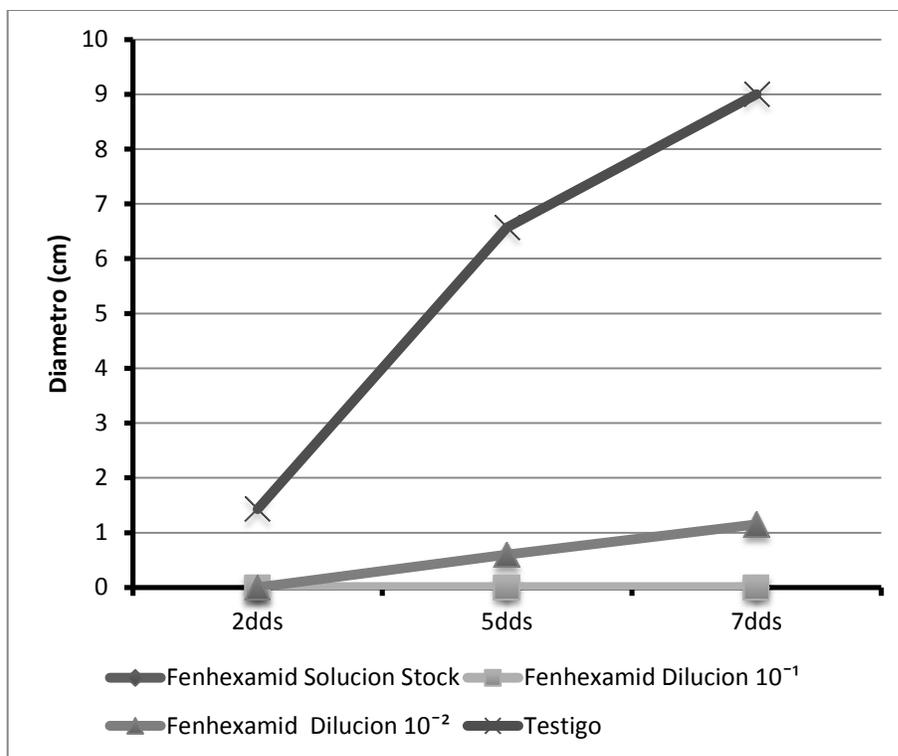


Figura 21. Crecimiento del hongo *Sclerotinia sclerotiorum* (cm) tratada con Fenhexamid a diferentes concentraciones.

Thiabendazol

Para medir el efecto del fungicida Thiabendazol se emplearon los tratamientos 5, 6, 7 y 8, realizando la siembra el día 20 de noviembre del 2013, registrando el diámetro de crecimiento micelial a los 3, 5 y 7 días después de la siembra, tiempo que tardó el testigo en desarrollarse por completo. En el Cuadro 14 se muestra el crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum*. que presentó durante el desarrollo del ensayo en las diferentes dosis de evaluación. En todas las dosis evaluadas se vio el efecto inhibitorio del fungicida en el crecimiento del hongo (Fig.22), con excepción del testigo el cual cubrió toda la caja al final del ensayo y con la presencia de esclerocios (Fig. 22-D, Fig. 23).

Cuadro 14. Pruebas in vitro decrecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum* (cm) con el producto Thiabendazol.

Tratamiento	Crecimiento en cm de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>		
	3 dds**	5 dds**	7 dds**
Stock	0	0	0
10 ⁻¹	0	0	0
10 ⁻²	0	0	0
Testigo*	1.97	8.17	9

* Solo medio de cultivo

** Días después de la siembra

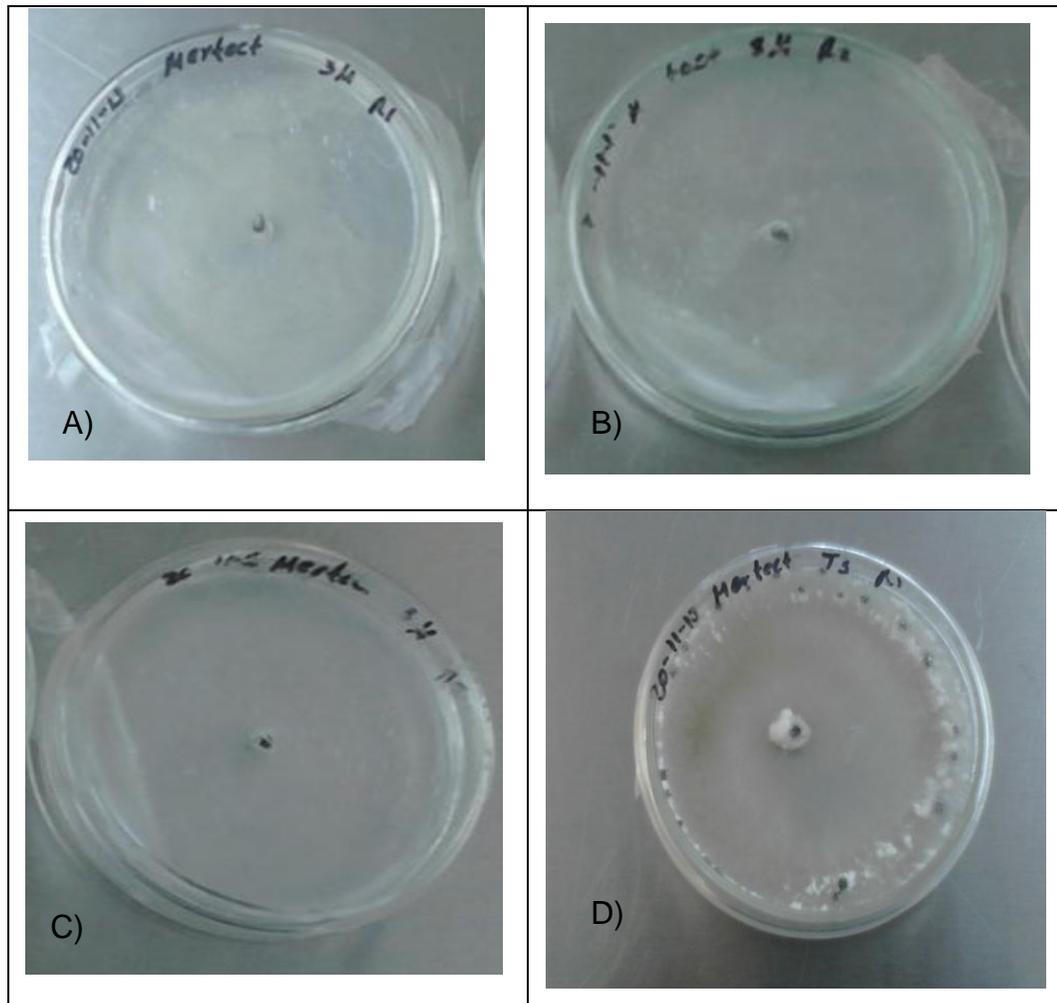


Figura 22. Efectividad de thiabendazol sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. A) Solución Stock, B) Solución 10⁻¹, C) Solución 10⁻² y D) Testigo.

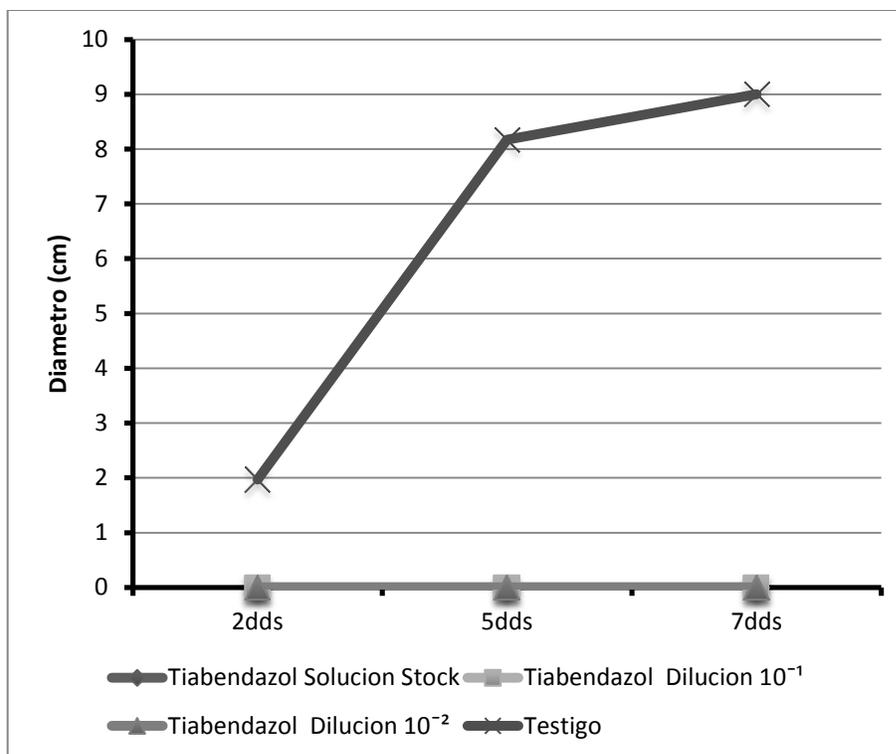


Figura 23. Crecimiento del hongo *Sclerotinia sclerotiorum* (cm) tratada con Thiabendazol a diferentes concentraciones.

Tiofanato metílico

Para el ensayo del Tiofanato de metilo se emplearon los tratamientos 9, 10, 11 y 12, con fecha de siembra el 10 de diciembre del 2014, iniciando el registro del diámetro de crecimiento micelial a los 3, 5 y 7 días después de la siembra, tiempo que tardó el testigo en desarrollarse por completo. El Cuadro 15 muestra el crecimiento de *Sclerotinia* sp. que se presentó durante el desarrollo del ensayo. En la solución Stock se observa la inhibición del producto en el crecimiento del hongo (Fig. 24- A), mientras que en las dosis 10^{-1} y 10^{-2} se observó un retardo en el crecimiento del hongo, sin embargo a los 7 dds el hongo cubrió toda la caja y se alcanzó a observar la presencia de esclerocios (Figura 24 C y D) respectivamente. En la Figura 25 se observa el crecimiento del hongo a través del tiempo con el producto Tiofanato metílico.

Cuadro 15. Pruebas in vitro de crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum* (cm) con el producto Tiofanato metílico.

Crecimiento en cm de <i>Sclerotinia sp.</i>			
Tratamiento	3 dds**	5 dds**	7 dds**
Stock	0	0	0
10 ⁻¹	1.22	4.4	9
10 ⁻²	1.93	7.07	9
Testigo*	2.35	7.87	9

* Solo medio de cultivo

** Días después de la siembra

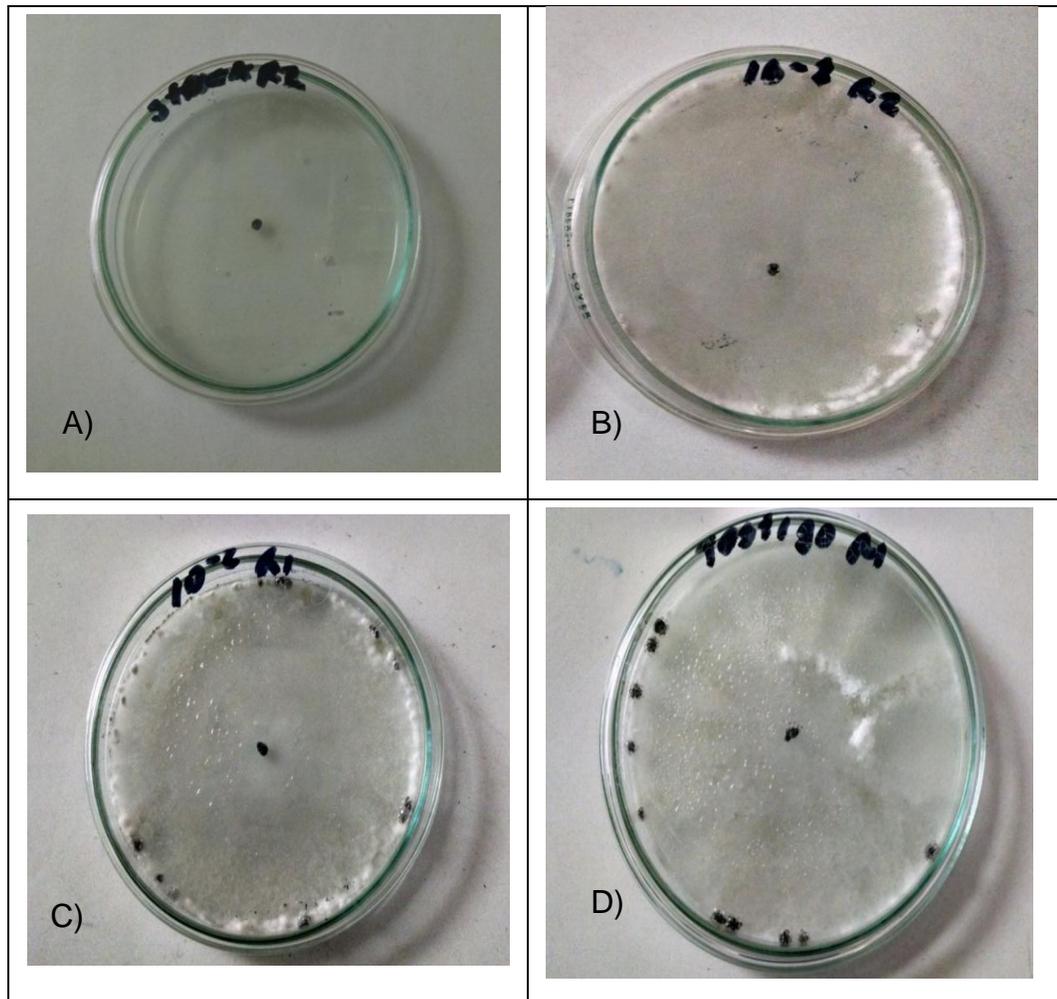


Figura 24. Crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum* en Tiofanato metílico A) Solución Stock, B) Solución 10⁻¹, C) Solución 10⁻² y D) Testigo.

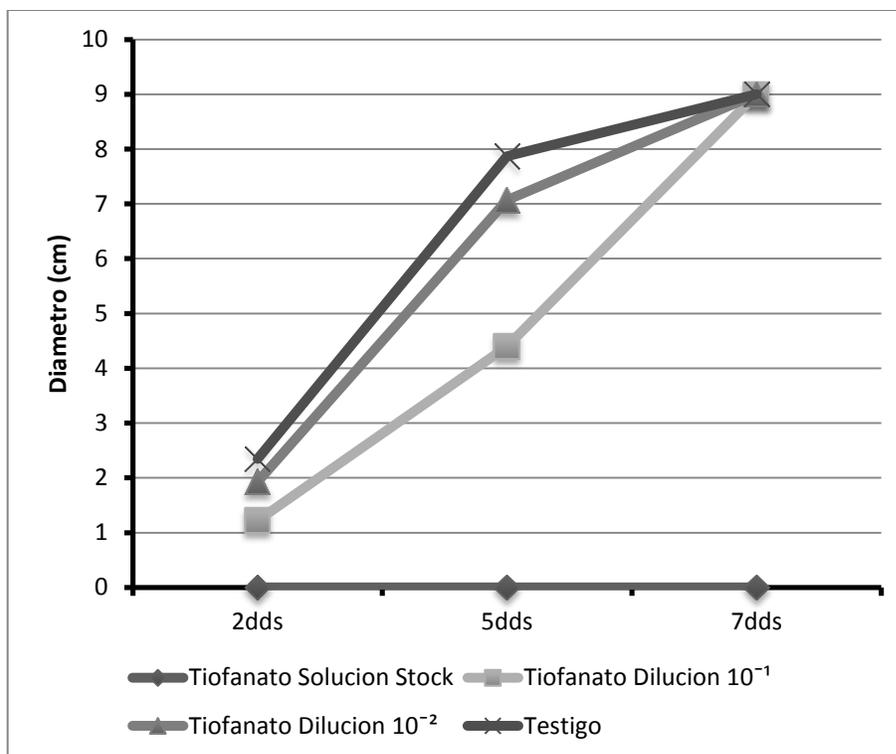


Figura 25. Crecimiento del hongo *Sclerotinia sclerotiorum* (cm) tratada con Tiofanato metílico a diferentes concentraciones.

Al analizar los datos de crecimiento micelial de *Sclerotinia* con los fungicidas evaluados en el programa SAS, los resultados mostraron diferencias significativas entre los fungicidas. El Thiabendazol y fenhexamid muestran un control en el desarrollo micelial del hongo de manera significativa, por el contrario el Tiofanato metílico permitió un mayor desarrollo del hongo como lo muestra la Figura 26.

Mientras que en la Figura 27 se muestra que la solución Stock y las diluciones (solución 10⁻¹ y 10⁻²) de todos los fungicidas mostraron mayor control que el tratamiento al que no se le aplicó producto (Testigo).

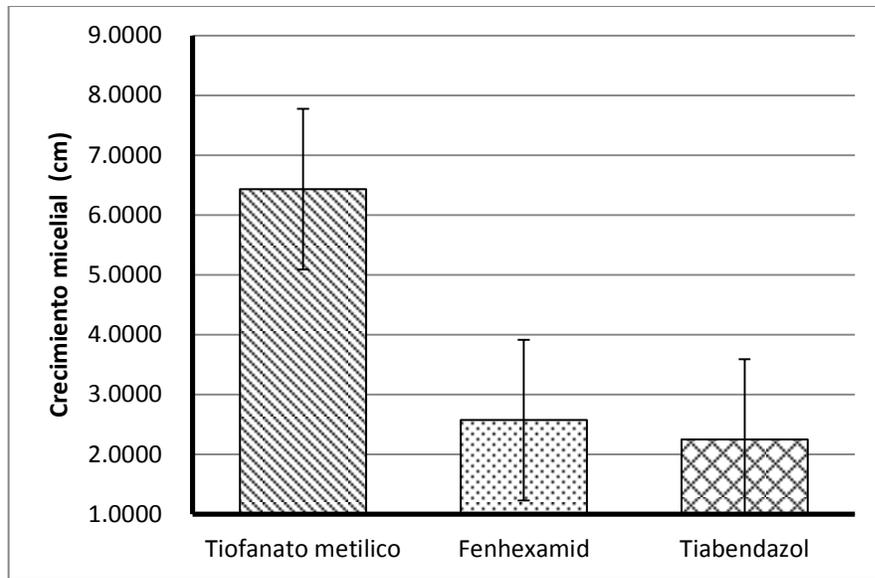


Figura 26. Comparación de medias de crecimiento micelial (cm) de *Sclerotinia* de los fungicidas evaluados.

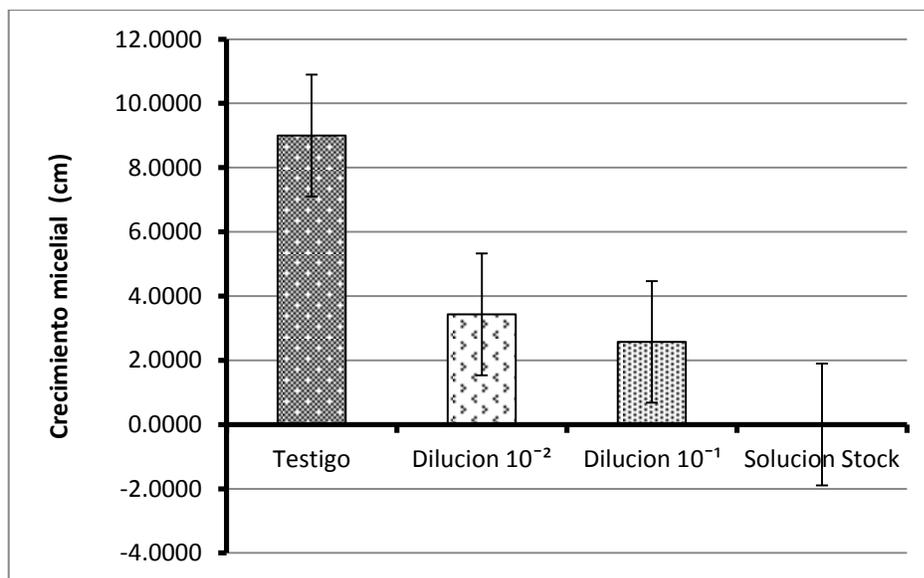


Figura 27. Comparación de medias de crecimiento micelial (cm) de *Sclerotinia* de las dosis de los fungicidas evaluados.

5.1.2 Porcentaje de germinación de los esclerocios

Esta variable se registró al tercer día de la siembra de cada tratamiento del fungicida correspondiente, se promedió el número de esclerocios germinados en las cuatro repeticiones por tratamiento. Se observó que con el producto Fenhexamid y el Thiabendazol en los tratamientos stock y dilución 10^{-1} hubo inhibición en la germinación de los esclerocios, mientras que con Tiofanato solo se inhibió en la solución stock.

Por otro lado el Fenhexamid presento el 75% de la germinación de esclerocios en la solución 10^{-2} de la misma manera que Tiofanato metílico solución 10^{-1} . En los testigos de los tres fungicidas y con el producto Tiofanato metílico solución 10^{-2} no hubo inhibición en el crecimiento micelial, ya que se registró el 100 % de germinación.

Cuadro 16. Pruebas *in vitro* del (%) Germinación de esclerocios de *Sclerotinia* con fungicidas sintéticos, evaluada a los 3 días de siembra de los esclerocios.

Tratamiento	Producto/ dosis	(%) Germinación de esclerocios*
1	Fenhexamid: 1 kg/ha (solución stock)	0
2	Fenhexamid: dilución 1:10 (10^{-1})	0
3	Fenhexamid: dilución 1:100 (10^{-2})	75
4	Testigo (sin fungicida Fenhexamid)	100
5	Thiabendazol: 500 ml/ha (solución stock)	0
6	Thiabendazol: dilución 1:10 (10^{-1})	0
7	Thiabendazol: dilución 1:100 (10^{-2})	0
8	Testigo (sin fungicida Thiabendazol)	100
9	Tiofanato metílico: 1 kg/ha (solución stock)	0
10	Tiofanato metílico: dilución 1:10 (10^{-1})	75
11	Tiofanato metílico: dilución 1:100 (10^{-2})	100
12	Testigo (sin fungicida Tiofanato metílico)	100

*Media de cuatro repeticiones.

5.1.3. Número de esclerocios

Esta variable fue registrada promediando el número total de esclerocios formados por tratamiento al final de cada ensayo, con esta variable se encontraron diferencias entre tratamientos con su respectivo testigo. Los tratamientos 1, 2, 3 (Fenhexamid Stock, 10^{-1} y 10^{-2}) 5, 6, 7 (Thiabendazol Stock, 10^{-1} y 10^{-2}) y 9 (Tiofanato metílico Stock) no hubo formación de esclerocios. No así con sus respectivos testigos que presentaron la presencia de esclerocios. Mientras que con los tratamientos 10 y 11 (Tiofanato metílico 10^{-1} y 10^{-2}) se encontró formación de esclerocios (7.5 y 11 respectivamente), como se observa en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Pruebas *in vitro* número de esclerocios formados de *Sclerotinia* con fungicidas sintéticos al final del ensayo

Tratamiento	Producto/ dosis	Esclerocios Formados*
1	Fenhexamid: 1 kg/ha (solución stock)	0
2	Fenhexamid: dilución 1:10 (10^{-1})	0
3	Fenhexamid: dilución 1:100 (10^{-2})	0
4	Testigo (sin fungicida Fenhexamid)	14.33
5	Thiabendazol: 500 ml/ha (solución stock)	0
6	Thiabendazol: dilución 1:10 (10^{-1})	0
7	Thiabendazol: dilución 1:100 (10^{-2})	0
8	Testigo (sin fungicida Thiabendazol)	19.33
9	Tiofanato metílico: 1 kg/ha (solución stock)	0
10	Tiofanato metílico: dilución 1:10 (10^{-1})	7.5
11	Tiofanato metílico: dilución 1:100 (10^{-2})	11
12	Testigo (sin fungicida Tiofanato metílico)	13.57

* Media de 4 repeticiones.

5.1.4. Vigor de los esclerocios

En cuanto a el vigor del esclerocio del hongo fue determinado por la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994) (citado por Moreno *et al.*, 2004),

Con respecto al Fenhexamid los tratamientos 1, 2, mostraron un nivel de vigor de 0, que significó mejor control del hongo, mientras que el tratamiento 3 y el testigo mostraron un nivel de vigor de 1 y 6 respectivamente (Fig. 28).

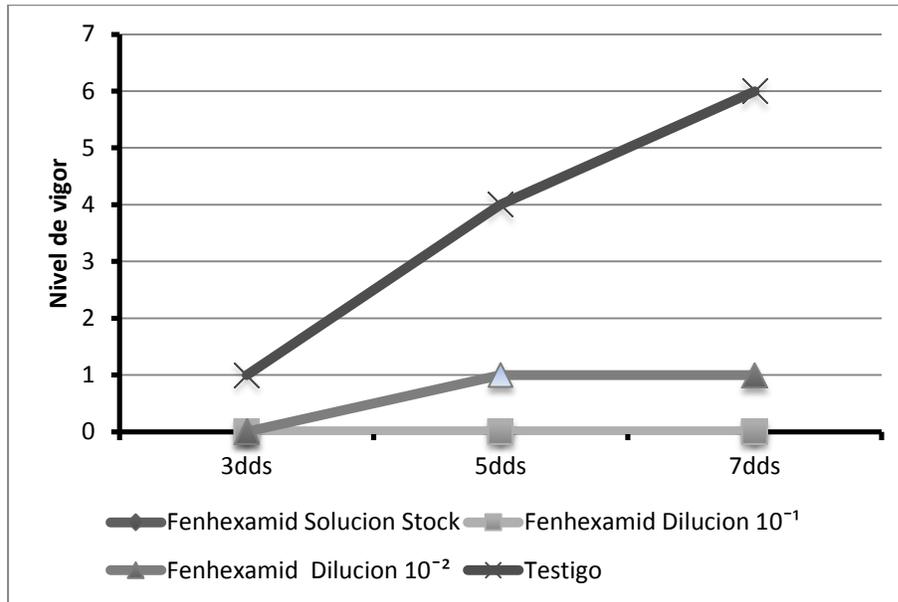


Figura 28. Nivel de vigor de *Sclerotinia* en Fenhexamid, mediante la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994).

Con el producto Thiabendazol los tratamientos 5, 6 y 7 mostraron un nivel de vigor de 0 dando como resultado un excelente control del hongo, por otra parte el testigo mostró un nivel de vigor de 6 dentro de la escala.

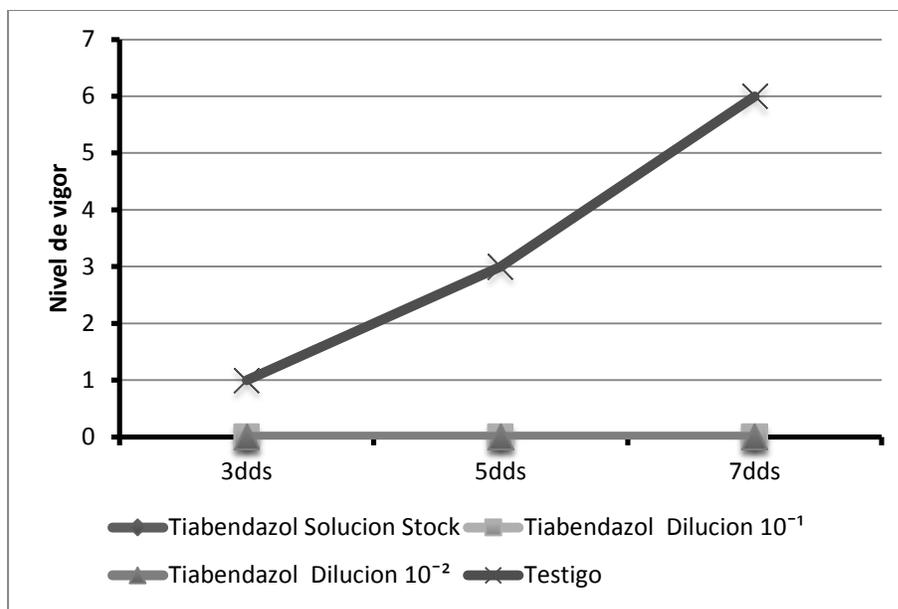


Figura 29. Nivel de vigor de *Sclerotinia* en Thiabendazol, mediante la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994).

Tiofanato metílico con este fungicida el tratamiento 9 mostro un nivel de vigor de 0, por otra parte en los tratamientos 10 y 11 alcanzó un nivel de vigor 5, mostrando un control poco eficiente, mientras que el testigo mostro un nivel 6 dentro de la escala.

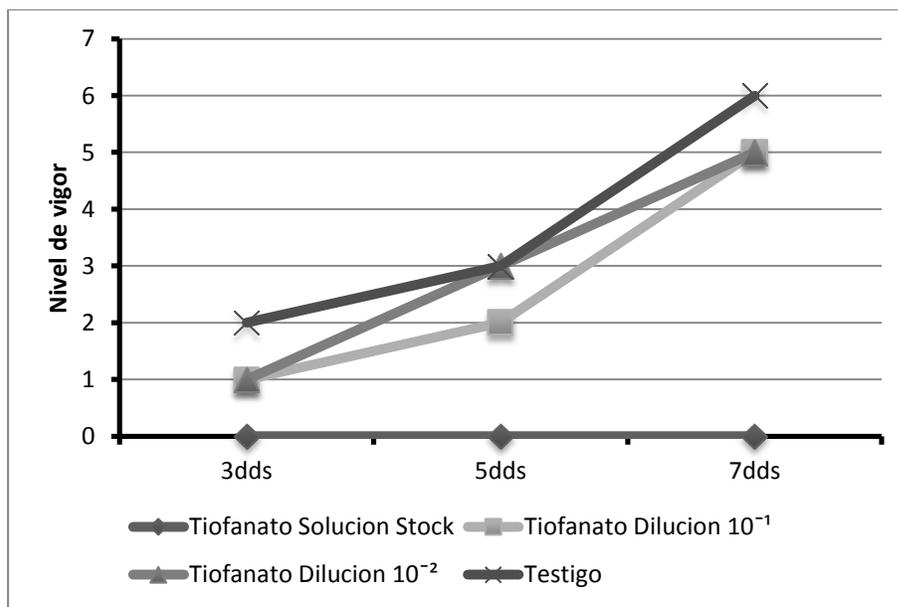


Figura 30. Nivel de vigor de *Sclerotinia* en Tiofanato metílico, mediante la escala utilizada por Entwistle y Smith (1994).

5.2 Experimento en campo: manejo de la pudrición blanca *Sclerotinia sclerotiorum*. en lechuga, mediante programas de aspersión de fungicidas

5.2.1 Incidencia del patógeno

Para determinar esta variable se revisó semanalmente un total de 120 plantas de cada programa tomando como base solo los surcos centrales y eliminando medio metro de cada lado por cada unidad experimental o repetición. Los síntomas característicos de *Sclerotinia sclerotiorum*., en lechuga se encontraron a los 54 días después del trasplante, el día 01 de septiembre del 2014, en los programas 2, 6 y 7, donde se encontró que la mayor incidencia se presentó en el programa 2, con valores por arriba del testigo.

Con base al análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis, para esta variable no se presentaron diferencias significativas ($P > F = 0.872$) entre los diferentes programas evaluados, a pesar de que numéricamente existieron diferencias en la cantidad de plantas afectadas.

Cuadro 18. Número de plantas afectadas e incidencia (%) determinada en los diferentes programas.

Programa	Núm. De plantas con daños	Incidencia (%)*
1	2	1.66
2	10	8.33
3	1	0.83
4	1	0.83
5	0	0.00
6	6	5.00
7	7	5.83
8 (Testigo)	8	6.66

*total de plantas con daños X100 / total plantas de las cuatro repeticiones de cada programa

Por otro lado, los programas con menor incidencia de la enfermedad (0 y 0.83%) fueron el 5, 3 y 4, en virtud de que se no se presentaron síntomas de la enfermedad ni signos del

patógeno, aunque estadísticamente no hubo diferencias en ninguno de los programas evaluados (Cuadro 18).

En la Figura 31 se muestra el desarrollo de *Sclerotinia sclerotiorum* a través del tiempo en cada uno de los programas evaluados.

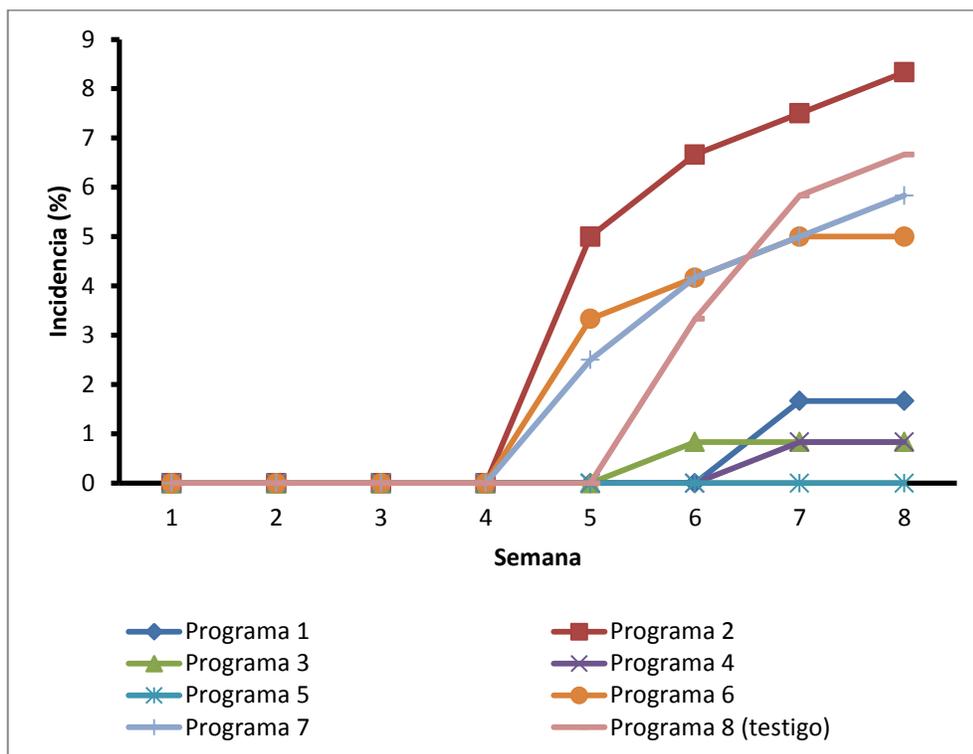


Figura 31. Desarrollo de *Sclerotinia sclerotiorum* a través del tiempo en lechuga.

5.2.2 Índice de severidad de la enfermedad

Su registro inició con la presencia de los primeros síntomas, basándose en la escala visual establecida (Cuadro 12); los análisis realizados con el estadístico de Kruskal-Wallis indicaron que no existió diferencias significativas ($P > F = 0.823$) entre los programas evaluados (Cuadro 19), dichos resultados se muestran en la Figura 32.

Cuadro 19. Resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la variable nivel de daño ocasionada por *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga.

Programa	Nivel Daños*	Des. estándar	Error estándar
1	1.11000	0.101489	0.0585947
2	1.50000	0.866025	0.5000000
3	1.05333	0.092376	0.0533333
4	1.05333	0.092376	0.0533333
5	1.00000	0.000000	0.0000000
6	1.32000	0.554256	0.3200000
7	1.36667	0.635085	0.3666670
8 (Testigo)	1.45333	0.506491	0.2924230
Total	1.23208	0.433720	0.0885327

*promedio de 120 plantas de cada programa

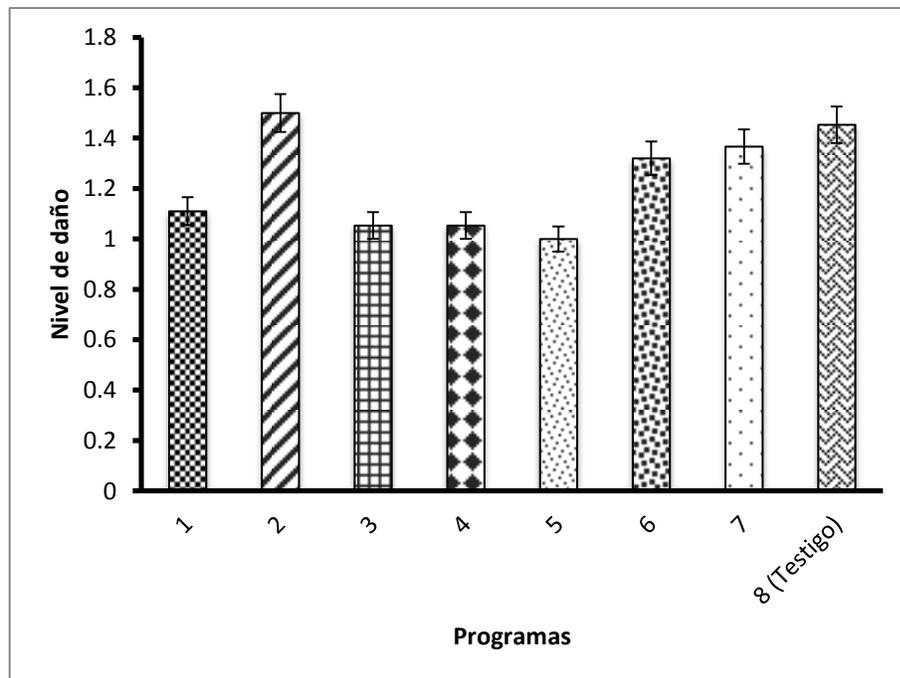


Figura 32. Nivel de Daño de *Sclerotinia sclerotiorum* en plantas de lechuga en los programas de aspersión.

Por otro lado, en el Cuadro 20 se indica la incidencia y nivel de daño de *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga, que se presentó por efecto de los diferentes programas de aspersión de fungicidas. Es preciso indicar que no existieron diferencias significativas en las variables de incidencia y nivel de daño.

Cuadro 20. Incidencia y Nivel de daño de *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga presentada en los programas de aspersión de los productos

Programas de aspersión de fungicidas	Incidencia	Nivel de Daño
1 Fh-Fh-Th-Th-Tf	1.66 a	1.11 a
2 Fh-Fh-Th-Th-T+B	8.33 a	1.50 a
3 Fh-Fh-T+B-T+B-T+B	0.83 a	1.05 a
4 Th-Th-T+B-T+B-T+B	0.83 a	1.05 a
5 Fh-Fh-Tf-T+B-T+B	0.00 a	1.00 a
6 Th-Th-Tf-T+B-T+B	5.00 a	1.32 a
7 T+B-T+B-T+B-T+B-T+B	5.83 a	1.37 a
8 Testigo	6.66 a	1.45 a

Fh= Fenhexamid (1 kg/ha); Th= Thiabendazol (0.5 L/ha); Tf= Tiofanato metílico (1 kg/ha); (T+B)= *Trichoderma harzianum* y *T. viridae*. (2 L/ha)+ *Bacillus subtilis* (2 L/ha).

Como variables complementarias se extrajeron y contabilizaron el número de esclerocios formados (Fig. 33 y 34) en tres plantas dañadas por cada repetición, así como el diámetro mayor promedio de 30 esclerocios elegidos aleatoriamente (Cuadro 21), para su registro y comparación.

Cuadro 21. Número y diámetro de esclerocios formados en plantas de lechuga.

Programa	No. total de esclerocios de 3 plantas	Diámetro mayor del esclerocio (cm)*
1	154	0.65
2	126	0.38
3	57	0.36
4	113	0.73
5	0	-
6	47	0.52
7	154	0.50
8 (Testigo)	97	0.85

*Promedio de 30 esclerocios



Figura 33. Extracción de esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* en plantas de lechuga.



Figura 34. Esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* obtenidos en lechuga tratada con los productos fungicidas.

Se determinó que la mayor cantidad de esclerocios extraídos se presentó en los programas 1 y 7, seguidos del 2 y 4, mientras que los programas 3 y 6 fueron lo que presentaron la menor cantidad de esclerocios (Fig. 37).

Respecto al diámetro de los esclerocios, se encontró que el mayor diámetro promedio se presentó con el testigo, seguido del programa 4, la consistencia de los esclerocios era rígida además de poseer un mayor tamaño y dureza (Fig. 35); mientras que el menor diámetro promedio se presentó con los programas 2 y 3 encontrando una consistencia

suave y débil de los esclerocios, ligera dureza (Fig. 36). Se observa la comparación del diámetro de los esclerocios obtenidos por programa en la Figura 38.



Figura 35. Apariencia de esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* con mayor tamaño y consistencia firme.



Figura 36. Apariencia de esclerocios de *Sclerotinia sclerotiorum* con menor tamaño y consistencia débil.

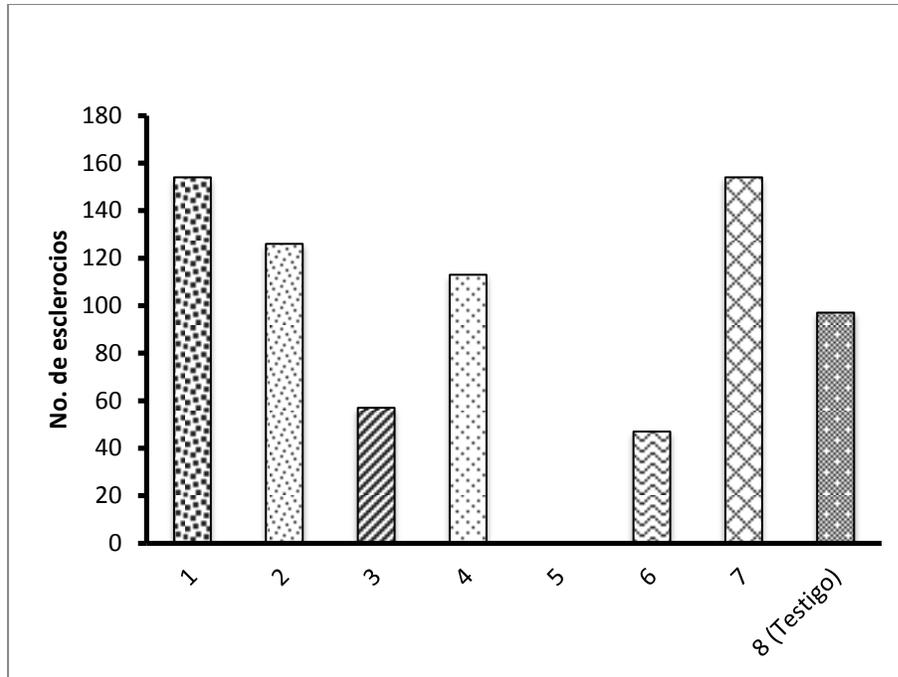


Figura 37. Número de esclerocios formados en tres plantas de lechuga tratadas en cada programa de aspersión.

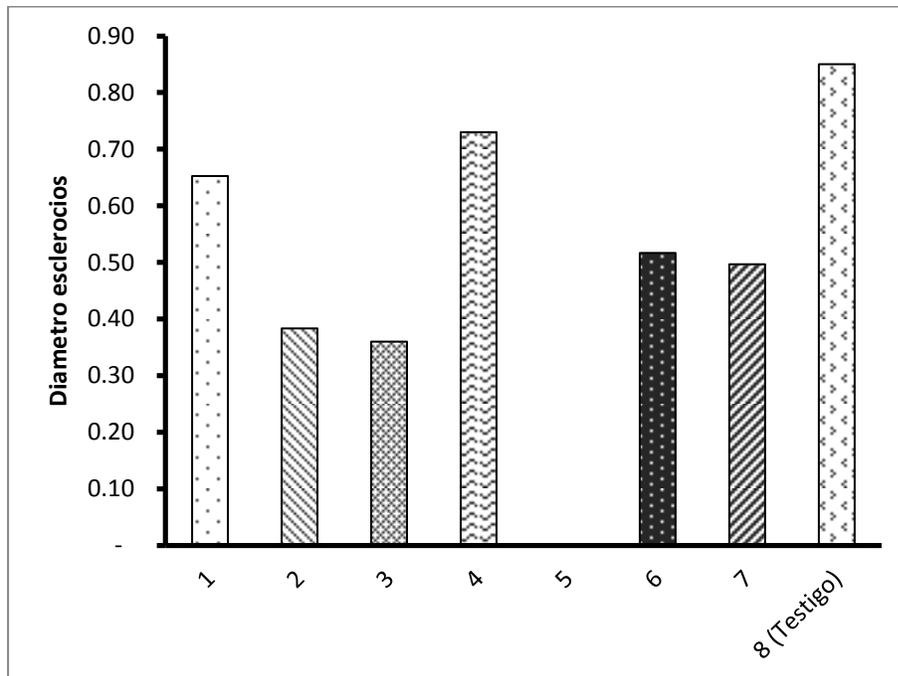


Figura 38. Diámetro promedio de 30 esclerocios por cada programa de aspersión.

5.2.3 Rendimiento

El experimento concluyo a los 74 días después de trasplante (22-24 de septiembre del 2014), por lo que se procedió a realizar el primer corte de cosecha en las cuatro repeticiones por programa.

Los rendimientos promedio calculados no mostraron diferencias estadísticas significativas de acuerdo al ANOVA realizado ($P > F = 0.1631$) para el caso de programas y ($P > F = 0.0521$) para bloques (Cuadro 22). Mientras que la comparación de medias por la prueba de Tukey ($P = 0.5$) resulto homogénea sin diferencias significativas (Cuadro 23).

Cuadro 22. ANOVA para un diseño en bloques aleatorizados en el caso de rendimiento en lechuga.

F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	F	P
Programas	7	48.4197	6.9171	1.70	0.1631
Bloque	3	36.9504	12.3168	3.03	0.0521
Error	21	85.3984	4.06659		
Total	31	170.769			

Cuadro 23. Prueba de Tukey HSD para un diseño en bloques aleatorizados en el caso de rendimiento en lechuga.

Bloque	Promedio (Kg)	Des. Estándar	Error Estándar	G. homogéneos*
1	26.2225	0.302916	0.151458	A
2	26.4700	0.347851	0.173925	A
3	26.1975	0.839936	0.419968	A
4	25.9477	1.113720	0.556862	A
5	25.4775	2.732150	1.366070	A
6	22.4950	4.472480	2.236240	A
7	24.9275	3.317220	1.658610	A
8	26.2725	0.390672	0.195336	A
Total	25.5013	2.347050	0.414904	

*Tukey 0.05 Medias con la misma letra no son diferentes significativamente.

Los resultados sugieren que ningún programa de aspersion tuvo un efecto significativo en el rendimiento de la lechuga (Fig. 39).

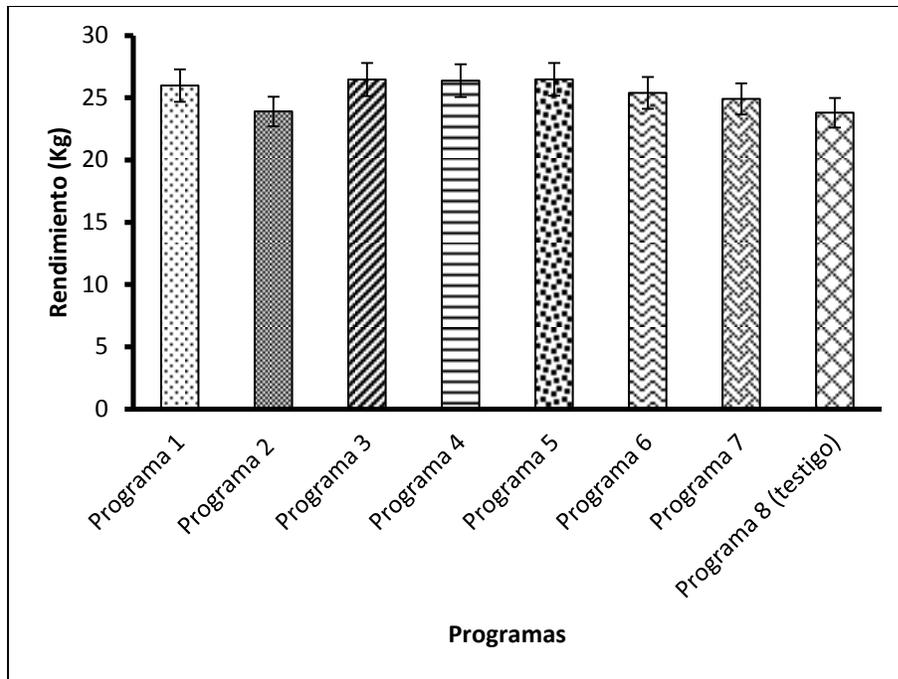


Figura 39. Efecto de los programas de aspersión de fungicidas en el rendimiento de lechuga.

VI. DISCUSIÓN

El mejor tratamiento en la inhibición del hongo en condiciones *in vitro* en este trabajo fue el thiabendazol, ya que en los tratamientos stock, 10^{-1} y 10^{-2} no hubo inhibición en el crecimiento del hongo, por otra parte fenhexamid resultó ser eficiente solo en stock y en dilución 10^{-1} , mientras que tiofanato metílico logró ser eficiente en la solución stock, aunque logro un retardo en el crecimiento de *Sclerotinia sclerotiorum* en las demás diluciones. A pesar de esto se determinó que la mejor dosis para el combate de *Sclerotinia* es la solución stock recomendada en todos los fungicidas empleados, es evidente que los fungicidas son eficaces para reducir los daños causados por *Sclerotinia sclerotiorum* y pueden emplearse en un manejo integrado de enfermedades en el cultivo de lechuga.

Los resultados encontrados en la presente investigación intentan utilizar e integrar los programas de aspersion en el manejo de enfermedades de cultivos de importancia económica en el Estado de México como lo es la lechuga. La pudrición blanca de la lechuga ocasionada por *Sclerotinia sclerotiorum*, presentó incidencias del 6.66% más bajas que lo reportado por Osorio-Nila (2005) quien determinó valores del 25% de severidad para esta misma región.

A pesar de que no se presentaron diferencias significativas entre los diferentes programas de aspersion, es evidente que el tratamiento 5 a base fenhexamid, tiofanato metílico y *Trichoderma-Bacillus* fue el que presentó ausencia de la enfermedad y sobre todo, careció de la formación de esclerocios que representa el inóculo primario de la enfermedad para los siguientes ciclos de producción, que en terminos de epidemiología representa un logro en el desarrollo de epidemias, específicamente al reducir la cantidad de nuevos esclerocios y sobre todo en su posible impacto sobre el periodo de 8 a 10 años en que logran permanecer en el suelo (Subbarao, 2002).

Es importante destacar, que cuando se utilizó Fenhexamid con un benzimidazol su resultado no fue tan satisfactorio como el que se presentó cuando se rotó con el grupo de los tiofanatos, a pesar de que tienen el mismo modo de acción con base a lo indicado en el FRAC (2014).

El posible efecto del Fenhexamid en la menor cantidad de esclerocios producidos, en los programas 5 y 3 puede ser explicado por su modo de acción al inhibir la formación de membranas celulares a nivel de la síntesis del esterol (FRAC, 2014) que originó menor formación de células del hongo y por ende menor cantidad de esclerocios, aunada al efecto que ejerció *Bacillus-Trichoderma* que destruyen las membranas celulares formadas, es decir posiblemente, *Sclerotinia* estuvo expuesta tanto a la menor formación de células como a la destrucción de las células que lograron formarse.

Por otro lado, la menor cantidad de esclerocios que se produjeron en el programa 6, puede explicarse por el modo de acción de Thiabendazol y Tiofanato metílico que actúan inhibiendo la β -tubulina durante el proceso de mitosis (FRAC, 2014), y por ende en la formación de nuevas células del hongo, que repercute directamente en la formación de esclerocios.

En términos de modo de acción de los fungicidas utilizados, la combinación de Fenhexamid-Tiofanato y *Trichoderma-Bacillus* representan una alternativa viable para ser implementada en el cultivo de la lechuga en Tenango del Valle con un efecto adicional de poder retardar la aparición de resistencias al rotar modos de acción diferentes (FRAC, 2014). Esta propuesta está fundamentada en los resultados de esta investigación.

Rebollar-Albiter *et al.*, (2012) quienes indican que el uso de programas de manejo de aspersiones de productos químicos y biológicos resultan adecuados para el control de *Peronospora sparsa* en frutillas.

Aportando a estos resultados Matheron y Porchas, (2004) demostraron la efectividad de Fenhexamid en el control de *Sclerotinia* sp en el cultivo de lechuga. Así mismo Mueller, 1999, demostró que la combinación de los fungicidas thiabendazol, fludioxonil, captan y P.C.N.B., redujeron el número de esclerocios de *S. sclerotiorum* en soya.

En los programas evaluados no se encontró diferencia significativa debido a un factor desconocido el cual pudo ser el ambiente, el hospedante, el tipo de suelo en que se realizó el experimento o la cantidad de inóculo o presencia del patógeno, siendo este último el factor más evidente ya que *Sclerotinia* se manifestó en pequeños manchones

donde se observaron las plantas dañadas. Pese a la baja incidencia presente debido a que el inóculo no se encontró homogéneo en el experimento se logró demostrar la eficiencia de los productos tanto químicos como biológicos y su interacción mediante programas de aspersión para el manejo de la pudrición blanca en lechuga.

VII. CONCLUSIONES

- 1.- Los productos Fenhexamid y Thiabendazol presentaron actividad inhibitoria sobre *Sclerotinia sclerotiorum* en dosis menores a las recomendadas en condiciones *in vitro*.
- 2.- Los productos Fenhexamid, Thiabendazol y Tiofanato metílico presentaron actividad inhibitoria sobre *Sclerotinia sclerotiorum* en la solución stock siendo esta la mejor dosis empleada en condiciones *in vitro*.
- 3.- Los diferentes programas de aspersión no presentaron diferencias estadísticas en las variables incidencia, nivel de daño de *Sclerotinia sclerotiorum* en el cultivo de lechuga.
- 4.- El rendimiento agronómico de la lechuga no fue afectado por los diferentes programas de aspersión.
- 5.- Los mejores programas de aspersión en el tratamiento de *Sclerotinia sclerotiorum* fueron el programa 5 (Fh-Fh-Tf-TB-TB) ya que fue el único que no tuvo presencia de la enfermedad, seguido del programa 3 (Fh-Fh-TB-TB-TB) y 4 (Th-Th-TB-TB-TB).

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas *in vitro* utilizando productos biológicos mediante confrontaciones con *Sclerotinia sclerotiorum*.
- Se recomienda emplear programas de aspersión de productos aplicando los fungicidas Fenhexamid- Tiofanato y Thiabendazol, para combatir *Sclerotinia* sp.
- Utilizar Tricon (*Trichoderma harzianum*- *Trichoderma viridae*) y *Bacillus subtilis* como una alternativa para combatir *Sclerotinia* sp en agricultura orgánica y convencional.
- Hacer uso de fungicidas sintéticos con tolerancias EPA (Fenhexamid, Thiabendazol) en combinación con productos biológicos que favorezcan la posible exportación de lechuga que se produce en Tenango del Valle.

IX. BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G. N. 2001. Fitopatología. sexta reimpresión de la segunda edición. Editorial Limusa. México D.F. 448-452.
- Agrios, G. N. 2004. Plant Pathology. Ed. Academic Press. New York. 548.
- Agro orgánicos Gaia, 2014. Ficha técnica: BACILLUS SUBTILIS® gaia. Uruapan México. www.gaiaorganicos.com, consultado enero 2015.
- Alatorre-Rosas, R. 2000. Control microbiano alternativa para sistemas agrícolas sustentables. in: Martínez C. C. y Ramírez F.L. 2000. Lombricultura y Agricultura sustentable. Primera edición, Editorial Futura. Texcoco México. 201-220.
- Anaya R., S., Romero N.J. 2000. Hortalizas plagas y enfermedades. Editorial Trillas, México. 47-48.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, R. Dick, L. Dick. 2007a. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle*. 48: 51-52.
- Arias L. A., L. A. Tautiva, W. Piedrahíta, B. Chaves. 2007. Evaluación de tres métodos de control del Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary) en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agronomía Colombiana*. 25: 131-141.
- Arysta LifeScience. 2013. Catálogo de productos. Arysta LifeScience México, Trabajando por el futuro del agro. Saltillo, Coahuila. 5-6.
- Bailey y Scott. 2004. Diagnóstico microbiológico. 11 ed. Médica Panamericana. Madrid, España. 688-691.
- Bayer CropScience. 2009. Información técnica Previcur® Energy. Bayer de México, S.A. de C.V. México, DF. 2-11.
- Becerril D., D. 2011. Proyecto de inversión producción de plántula de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones de invernadero en el municipio de Tenango del Valle Edo. de México. Tesis de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México.83.
- Blua, M. J. 2002. Insectos saltadores (leafhoppers) in: Davids, R.M., K. V. Subbarao, R.N. Raid, E.A. Curtz. (Eds) 2002. Plagas y Enfermedades de la

Lechuga. The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi-prensa. España. 54.

- Bovey, R.1989. La defensa de las plantas cultivadas. Ediciones Omega S.A. Barcelona, España. 807-809.
- Bradley, C. A., Lamey, H. A., Endres, G. J., Henson, R. A., Hanson, B. K., McKay, K. R. Halvorson, M., Le Gare, D. G., and Porter, P. M. 2006. Efficacy of fungicides for control of Sclerotinia stems rot of canola. Plant Disease 90:1129-1134.
- Caro-Cisneros J.M., Berlanga-Reyes D. I., Ríos-Velasco C., Ruiz-Cisneros M. F., Guerrero-Prieto V. M., Villalobos-Pérez E., Salas-Marina M. A., Ibarra-Rendón J.E. K. 2013. Actividad antagónica de dos aislados de *Bacillus* sp. contra hongos fitopatógenos. Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico. 7 y 8 de Noviembre de 2013 Oaxaca de Juárez, Oaxaca. 715-718.
- Carreras, S. B. 2011. Aplicaciones de la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* en el control de fitopatógenos. Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria. 12(2), 129 -133.
- Castle, S. J. 2002. Mosca blanca (whiteflies) in: Davids, R.M., K. V. Subbarao, R.N. Raid, E.A. Curtz. (Eds) 2002. Plagas y Enfermedades de la Lechuga. The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi-prensa. España. 55-56.
- Castle, S. J. 2002. Trips (Thrips) in: Davids, R.M., K. V. Subbarao, R.N. Raid, E.A. Curtz. (Eds) 2002. Plagas y Enfermedades de la Lechuga. The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi-prensa. España. 55.
- Chitrampalam P., C.A. Cox, T.A. Turini, B.M. Pryor. 2010. Efficacy of *Coniothyrium minitans* on lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* in desert agroecosystem. Biological Control 55 (2010) 92–96.
- Davids, R.M., K. V. Subbarao, R.N. Raid, E.A. Curtz. (Eds) 2002. Plagas y Enfermedades de la Lechuga. The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi-prensa. España, 79.
- De Liñán, C. 2013. Agroquímicos de México productos fitosanitarios, nutricionales, orgánicos y otros insumos. 5ª Edición. editorial TecnoAgrícola de México, S.A. de C.V. 228-236.

- Diccionario de Especialidades Agroquímicas: Fertilizantes, agroquímicos (DEAQ). 2011. Edición 21. Ed. PLM, México.
- Diccionario de Especialidades Agroquímicas: Fertilizantes, agroquímicos (DEAQ). 2013. Edición 23. Ed. PLM, México.
- Diccionario de insumos para la producción orgánica (DIPO). 2011.1ª edición. Ed. PLM, México.
- Domínguez G. F. 1998. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. Ediciones Mundi-prensa. Madrid, España. 528-530.
- Elad Y. 2003. Isolate of *Trichoderma harzianum* I-952 fungicidal compositions containing said isolate and use against *B. cinerea* and *S. sclerotiorum*. *Phytopathology*. 96: 139-145.
- Ezziyyani, M., Sánchez, C.P., Requena, M.E., Rubio, L., y Candela, M.E. (2004). Biocontrol por *Streptomyces rochei*-Ziyani-, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. *Anales de Biología*, 26:69-78.
- FRAC, 2014. FRAC Code List 2014: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). Fungicide Resistance Action Committee. 3-7.
- García Álvarez, M. 1975. Patología Vegetal Práctica. Segunda reimpresión, Editorial Limusa. México, DF. 31-36; 118-119.
- García N., H. C. 2006. Evaluación del efecto de la asociación Lechuga-Brócoli, bajo manejo orgánico e inorgánico sobre *Sclerotinia Sclerotiorum* en Tenango del Valle, Estado de México. Tesis de Biología. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 28-60.
- García N., H. C. 2010. Aislamiento y caracterización molecular de especies nativas de *Trichoderma* de suelos hortícolas del valle de Toluca con potencial de biocontrol sobre *Sclerotinia spp.* Tesis de Maestría en Ciencia Agropecuarias Y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 3-56.
- Guillén-Cruz R., Hernández-Castillo F.D., Gallegos-Morales G., Rodríguez-Herrera R., Aguilar-González C. N., Padrón-Corral E., Reyes-Valdés M. H.

2006. *Bacillus* spp. como Biocontrol en un Suelo Infestado con *Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani* Kühn y *Phytophthora capsici* Leonian y su Efecto en el Desarrollo y Rendimiento del Cultivo de Chile (*Capsicum annum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 24 (2) ,105-114.

- Hao, J. J., Subbarao, K. V., and Duniway, J. M. 2003. Germination of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum sclerotia* under various soil moisture and temperature combinations. *Phytopathology* 93:443-450.
- Hao, J. J., Subbarao, K. V., and Koike, S. T. 2003. Effects of broccoli rotation on lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* and on the population density of sclerotia in soil. *Plant Disease* 87:159-166
- Isnaini M., Keane P. J. 2007. Biocontrol and epidemiology of lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* at Bacchus Marsh, Victoria. *Australasian Plant Pathology* (36), 295–304.
- Johnson, D. A., Z. K. Atallah, 2006. Timing fungicide applications for managing *Sclerotinia* stem rot of potato. *Plant Disease* 90:755-758.
- Jones E. Eirian, Alison Stewart, John M. Whipps. 2011. Water potential affects *Coniothyrium minitans* growth, germination and parasitism of *Sclerotinia sclerotiorum sclerotia*. *Fungal Biology* 115: 871-881.
- Jones E. E., Stewart A. 2011. *Coniothyrium minitans* survival in soil and ability to infect sclerotia of *Sclerotinia sclerotiorum*. *New Zealand Plant Protection* 64: 168-174.
- Matheron, M. E., and Porchas, M. 2004. Activity of boscalid, fenhexamid, fluazinam, fludioxonil, and vinclozolin on growth of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum* and development of lettuce drop. *Plant Disease* 88: 665-668.
- Mejía-Bautista, M.A., Reyes-Ramírez A., Tun-Suárez J. M. 2013. Actividad antagónica de cepas nativas de *Bacillus* spp. contra *fusarium* sp. *Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico*. 7 y 8 de Noviembre de 2013 Oaxaca de Juárez, Oaxaca. 26-29.
- Mendoza Z. C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 85.

- Metcalf, C. L. 1991. Insectos destructivos e insectos útiles sus costumbres y su control. Vigésima reimpresión. Editorial Continental, S.A. DE C. V. México, D.F. 758-766.
- Moreno P., L., Rodríguez A., A., Sánchez P., J.R. 2004. Efecto de *Coniothyrium minitans campbell* en esclerocios de *Sclerotium cepivorum Berk.* Revista mexicana de fitopatología 22: 429-434.
- Mueller, D. S., Hartman, G. L., and Pedersen, W. L. 1999. Development of sclerotia and apothecia of *Sclerotinia sclerotiorum* from infected soybean seed and its control by fungicide seed treatment. Plant Disease. 83:1113-1115.
- Nakasone, A. K., W. Bettiol, & R. M. de Souza. 1999. The effect of water extracts of organic matter on plant pathogens. Summa Phytopathologica 25: 330-335.
- NCBI (National Center for Biotechnology Information), 2015. Taxonomy Browser. www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?mode=Root, consultado enero del 2015.
- Osorio-Nila, M. A. 2005. Efecto de la aplicación de biosólidos y aislados alóctonos de *Trichoderma lignorum*, empleados para el control de *Sclerotinia* spp en lechuga. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 88.
- Osorio-Nila. M. A., Vázquez, G. L. M., Salgado, S. M. L., González, E. C. E. 2005. Efecto de dos enmiendas orgánicas y *Trichoderma* spp. para controlar *Sclerotinia* spp. en lechuga. Revista Chapingo Serie Horticultura 11: 203-208.
- Peña-Yam, L. P., Sosa-Pech M., Ruíz-Sánchez E. y Reyes-Ramírez A. 2013. Caracterización de cepas de *Bacillus* spp. y antagonismo *in vitro* contra hongos fitopatógenos. Memorias del XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico. 7 y 8 de Noviembre de 2013 Oaxaca de Juárez, Oaxaca. 696-968.
- Rabeendran N, E.E. Jones, D.J. Moot, A. Stewart. 2006. Evaluation of selected fungal isolates for the control of *Sclerotinia sclerotiorum* using cabbage pot bioassays. *New Zealand Plant Protection* 58:251-255.

- Rabeendran, N., E.E. Jones, D.J. Moot, A. Stewart.2006. Biocontrol of *Sclerotinia lettuce drop* by *Coniothyrium minitans* and *Trichoderma hamatum*. *Biological Control* 39: 352–362.
- Rebollar- Alviter A., H.V. Silva-Rojas, I. López-Cruz, J. Boyzo-Marín, M.A. Ellis. 2012. Fungicide spray programs to manage downy mildew (dryberry) of blackberry caused by *Peronospora sparsa*. *Crop Protection* 42: 49-55.
- Rodríguez M., M.L. 2011. Enfermedades bacterianas en hortalizas. Primera reimpresión. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. 207-221.
- Rojas, F.A. 2014. Sensibilidad *in vitro* de diferentes hongos fitopatógenos a los productos: “Mezcla de aceites surfactantes, penetrantes y activadores (VELVET)”, “*Trichoderma harzianum* (BIOBEN)” Y “*Bacillus subtilis* (ENERBAC)”. Tesis de Ingeniero Agrónomo en Floricultura. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, México. 18-87.
- Ryder, E. J.2002. Daños y enfermedades abióticas y bióticas no infecciosas. in: Davids, R.M., K. B. Subbarao, R.N. Raid, E.A. Curtz. (Eds) 2002. Plagas y Enfermedades de la Lechuga. The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi-prensa. España. 62-63.
- Sahni, S., B. K. Sarma, D. P. Singh, H. B. Singh, & K. P. Singh. 2007. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicerarietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection*. 27: 369-376.
- SEMINIS. 2013. Catálogo de Lechugas 2013 Descripción de variedades. Guanajuato, México. 1-11.
- Shoda, M. 2000. Bacterial Control of Plant Diseases. *Journal Biosci. Bioeng.* 89 (6): 515-521.
- SIAP, 2014. Bases de datos. Estadísticas de la producción anual de lechuga. www.siap.gob.mx, consultado 11 de marzo del 2014.
- Smith, R.G.A., Chaves, B., Wyckhuys, K., Forero, C., Jiménez, J. 2009. Combined efficacy assessment of soil solarization and bio-fungicides for management of *Sclerotinia* spp. in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomía Colombiana* 27: 193-201.

- Subbarao, K.V. 2002. Caída (Drop) in: Davids, R.M., K. V. Subbarao, R.N. Raid, E.A. Curtz. (Eds) 2002. Plagas y Enfermedades de la Lechuga. The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi-prensa. España.19-21.
- Trueba, C. S. 2011. Ficha técnica/Tricon®. NOCON, S.A. DE C.V. Texcoco, México. 1-2.
- Villa, M.C.L. 2002. Primer ciclo de evaluación de sustentabilidad del agroecosistema de Tenango del Valle, Estado de México: aplicación del marco Mesmis en dos sistemas de estudio. Tesis de maestría en ciencias. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México DF.
- Walker, J. C. 1975. Patología Vegetal. Tercera Edición. Ediciones Omega. Barcelona, España. 281-284; 427-433.
- Zavaleta, M.E. 2000. Alternativas ecológicas de manejo de las enfermedades de los cultivos. in: Martínez C. C. y Ramírez F.L. 2000. Lombricultura y Agricultura sustentable. Primera edición, Editorial Futura. Texcoco, México. 221-230.