

Centro de Investigación en Alimentación Y Desarrollo, A.C.

CONTROL DE CENICILLA (Sphaerotheca fuliginea Schlechtend.:Fr, Pollaci) CON ACEITES VEGETALES Y COMPUESTOS INORGÁNICOS EN PEPINO DE INVERNADERO

POR:

RAYMUNDO PÉREZ ÁNGEL

**TESIS APROBADA POR LA
UNIDAD CULIACÁN DEL CIAD EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA
PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE ZONAS TROPICALES Y SUBTROPICALES**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE**

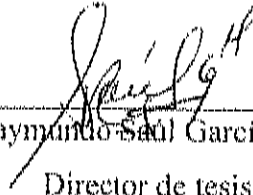
MAESTRÍA EN CIENCIAS

CULIACÁN, SINALOA

DICIEMBRE DE 2004

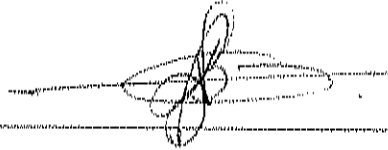
APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para revisar la tesis del C. Raymundo Pérez Ángel, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.



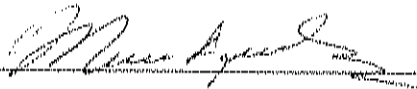
Dr. Raymundo Saúl García Estrada

Director de tesis



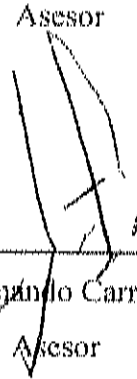
Dr. José Benigno Valdez Torres

Asesor



Dr. Miguel Ángel Angulo Escalante

Asesor



M. C. José Armando Carrillo Fasio

Asesor

DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

Se permiten y agradecen la citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial del autor, siempre y cuando se de el crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. (CIAD).

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar créditos al CIAD, previa autorización escrita del director o directora del trabajo de tesis.

Dr. Alfonso A. Gardea Béjar

Director General

Dedicatoria:

**A mis padres Antonia Ángel Chávez y Raymundo Pérez Velazco
por su ejemplo y entrega y por ser siempre una fuente infinita de
amor y sabiduría.**

**A mi amada esposa Marina Tamayo Padilla por darme siempre
su amor y apoyo más allá de lo que creo merecer.**

A mis hijos por perdonar mis errores y enseñarme tantas cosas.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por darme la vida y todo cuanto tengo.

A mi director de tesis y asesores por su valiosa orientación y apoyo: Dr. Raymundo Saúl García Estrada, Dr. José Benigno Valdez Torres, Dr. Miguel Ángel Angulo Escalante y M.C. José Armando Carrillo Fasio.

A todos los demás maestros del CIAD que me guiaron con sus conocimientos y consejos: Dra. María Dolores Muy Rangel, Dr. Jorge Humberto Siller Cepeda, Dr. Tomás Osuna Enciso y M.C. Manuel Báez Sañudo.

Al personal técnico del CIAD que me apoyó en mi trabajo de investigación: Ing. Isidro Márquez, Ing. Beatriz Ibarra, M.C. Laura Contreras, M.C. Rosabel Vélez, Ing. Rosalba Contreras, M.C. Verónica Rubio, M.C. Yadira Pantoja e Ing. Evelia Araiza.

A Juanita Sicarios y Ricardo Castro por su invaluable ayuda durante la realización de la parte experimental de la investigación.

A mis amigos y compañeros de posgrado: Guadalupe Valero, Gloria Velásquez, Marcela Soto, Javier López, María Elena Rochín, Gabriel Cázares, Lucio Hernández, Raquel Pérez y Carlos Palazuelos por su amistad y los inolvidables momentos que compartimos.

Al Ing. Fernando Cázares Pérez quien me apoyó incondicionalmente en mi centro de trabajo para que pudiera realizar mis estudios.

A CONACYT y Fundación Produce Sinaloa por el apoyo económico recibido.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	i
LISTA DE CUADROS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos Particulares.....	6
METAS.....	7
HIPÓTESIS.....	8
REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
Generalidades sobre el cultivo de pepino.....	9
Origen.....	9
Clasificación.....	9
Descripción.....	10
Cultivares.....	11
Importancia del cultivo de pepino en México.....	12
La enfermedad: cenicilla.....	13
Importancia económica y distribución.....	13
Características del patógeno.....	15
Síntomas y daños.....	17
Ciclo de la enfermedad.....	17
Manejo de la enfermedad.....	19
Resistencia a fungicidas.....	20
Riesgos de fungicidas para la salud del hombre y el ambiente.....	21

Alternativas biocompatibles para el control de cenicienta.....	22
Compuestos inorgánicos.....	24
Aceites vegetales.....	29
Fitotoxicidad.....	32
MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
Experimento 1. Selección de las mejores alternativas de control entre aceites vegetales y compuestos inorgánicos contra cenicienta en pepino de invernadero.....	35
Etapas del experimento.....	36
Material vegetal y métodos de cultivo.....	36
Infección e identificación del hongo.....	36
Tratamientos.....	38
Aplicación de tratamientos.....	40
Evaluación de severidad de daño.....	40
Diseño y análisis experimental.....	42
Experimento 2. Efecto de combinaciones de compuestos inorgánicos y aceites vegetales en el control de cenicienta en pepino de invernadero.....	43
Material vegetal y métodos de cultivo.....	44
Infección e identificación del hongo.....	44
Tratamientos.....	42
Aplicación de tratamientos.....	45
Evaluación de severidad de daño.....	46
Diseño y análisis experimental.....	46
Experimento 3. Comparación de la eficacia, fitotoxicidad y rendimiento en peso de fruto de los mejores tratamientos en tres híbridos comerciales de pepino.....	47
Material vegetal y métodos de cultivo.....	47
Infección e identificación del hongo.....	48

Tratamientos.....	48
Aplicación de tratamientos.....	49
Evaluación de severidad de daño.....	50
Fitotoxicidad.....	50
Rendimiento en peso de fruto.....	52
Diseño y análisis experimental.....	52
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
Experimento 1. Selección de las mejores alternativas de control entre aceites vegetales y compuestos inorgánicos contra cenicilla en pepino de invernadero.....	55
Condiciones ambientales.....	55
Identificación del hongo.....	56
Evaluación de severidad	58
Selección de las mejores alternativas.....	69
Experimento 2. Efecto de combinaciones de compuestos inorgánicos y aceites vegetales en el control de cenicilla en pepino de invernadero.....	80
Condiciones ambientales.....	80
Identificación del hongo.....	80
Evaluación de la severidad de daño.....	80
Selección de las mejores alternativas.....	87
Experimento 3. Comparación de la eficacia, fitotoxicidad y rendimiento en peso de fruto de los mejores tratamientos en tres híbridos comerciales de pepino.....	93
Condiciones ambientales.....	93
Identificación del hongo.....	93
Efecto sobre la severidad de daño.....	93
Fitotoxicidad mediante análisis con colorímetro.....	107
Fitotoxicidad por análisis de imágenes.....	117

Rendimiento en peso de fruto.....	120
CONCLUSIONES.....	124
LITERATURA CITADA.....	125
ANEXOS.....	139

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Principales especies de cenicilla en hortalizas y frutales.....	14
Cuadro 2. Límites de tolerancia en Estados Unidos para fungicidas sintéticos en pepino y otras cucurbitáceas de exportación.....	20
Cuadro 3. Alternativas biocompatibles más estudiadas o prometedoras para el control de cenicilla.....	23
Cuadro 4. Tratamientos contra cenicilla con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas utilizadas contra cenicilla en pepino de invernadero.....	39
Cuadro 5. Compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas utilizadas en el segundo experimento.....	45
Cuadro 6. Formulaciones de los productos químicos utilizados contra cenicilla en tres híbridos de pepino.....	49
Cuadro 7. Resumen de condiciones de temperatura y humedad relativa prevalcientes durante las dos fases del experimento.....	56
Cuadro 8. Análisis de varianza para severidad de daño por cenicilla de tratamientos con aceites vegetales y compuestos inorgánicos.....	58
Cuadro 9. Promedios de la evaluación de severidad de daño por cenicilla y de efectividad biológica de productos químicos con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en hojas de pepino cv. Borja.....	60
Cuadro 10. Medias en el tiempo de la severidad de daño por cenicilla en pepino tratado con compuestos inorgánicos y aceites vegetales.....	65

Cuadro 11. Medias de severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino tratadas con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la tercera semana de tratamiento.....	67
Cuadro 12. Análisis de varianza para severidad de daño por cenicilla de tratamientos con mezclas de aceites vegetales y compuestos inorgánicos.....	81
Cuadro 13. Efecto de los tratamientos de mezclas de compuestos inorgánicos y aceites vegetales sobre la severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino.....	82
Cuadro 14. Análisis de varianza para severidad de daño en hoja de pepino de tres híbridos tratados con productos inorgánicos y aceites vegetales.....	94
Cuadro 15. Efecto de aplicaciones foliares repetidas de mezclas de productos inorgánicos y aceites vegetales sobre la severidad de daño de cenicilla en pepino de tres híbridos diferentes.....	97
Cuadro 16. Análisis de varianza para a* como variable de respuesta del color hojas de pepino de dos híbridos sometidos a tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.....	107
Cuadro 17. Análisis de varianza para b* como variable de respuesta del color hojas de pepino de dos híbridos sometidos a tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.....	107
Cuadro 18. Análisis de varianza para °Hue como variable de respuesta del color hojas de pepino de dos híbridos sometidos a tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.....	108
Cuadro 19. Promedios de a* , b* y ángulo de matiz (°Hue) obtenidos en hojas de pepino de los híbridos Borja y Saber tratados con productos inorgánicos y aceites vegetales.....	109
Cuadro 20. Análisis de varianza para el porcentaje del área clorótica de hojas de pepino sometidos a tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.....	117

Cuadro 21. Medias de porcentaje de área clorótica en hojas de tres híbridos de pepino sometidas a tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.....	119
Cuadro 22. Análisis de varianza del peso acumulado en tres híbridos de pepino tratados con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.....	120
Cuadro 23. Peso promedio de fruto por planta acumulado en treinta días de tres híbridos tratados con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas (gramos).....	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo patológico de cenicilla en cucurbitáceas.....	19
Figura 2. Escala subjetiva utilizada para la evaluación de la enfermedad.....	41
Figura 3. Conidios de <i>Sphaerotheca fuliginea</i>	57
Figura 4. Interacción de Químico y Tiempo para la severidad de daño de cenicilla en hoja de pepino de invernadero.....	59
Figura 5. Efectos principales de los factores Etapa, Químico y Tiempo sobre la severidad de daño de cenicilla en hoja de pepino.....	63
Figura 6. Medias de severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino tratados con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la tercera semana, primera etapa.....	68
Figura 7. Medias de severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino tratados con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la tercera semana de la segunda etapa.....	68
Figura 8. Porcentaje de control de cenicilla con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la primera etapa.....	69
Figura 9. Porcentaje de control de cenicilla con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la segunda etapa.....	70
Figura 10. Síntomas de fitotoxicidad ocasionados por bicarbonato de potasio en hojas del híbrido Borja.....	72

Figura 11. Síntomas de fitotoxicidad ocasionados por silicato de potasio al 1.5 % en hojas del híbrido de pepino Borja.....	74
Figura 12. Síntomas de fitotoxicidad ocasionada por aceites vegetales a la concentración 1 %.....	77
Figura 13. Interacción de Químico y Tiempo para la severidad de daño de cenicilla en hoja de pepino de invernadero en tratamientos con aplicaciones repetidas de combinaciones de productos inorgánicos y aceites vegetales.....	83
Figura 14. Efectos principales sobre la variable Severidad para los factores Químico y Tiempo.....	85
Figura 15. Promedios de severidad de daño por cenicilla de tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas de ellos.....	87
Figura 16. Severidad de daño después de las tercera semana de tratamiento con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y sus mezclas.....	88
Figura 17. Porcentaje de control de cenicilla con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas en la tercera semana.....	90
Figura 18. Interacción Híbrido*Químico*Tiempo de la severidad de daño.....	95
Figura 19. Interacción Químico*Tiempo para la severidad de daño.....	98
Figura 20. Interacción Híbrido*Químico para la severidad de daño.....	99
Figura 21. Interacción Híbrido*Tiempo para la severidad de daño.....	100
Figura 22. Efectos principales sobre la severidad de daño para los factores Híbrido, Químico y Tiempo.....	101
Figura 23. Porcentaje de control o efectividad biológica de los productos biocompatibles del tercer experimento.....	105
Figura 24. Interacción Híbrido*Químico para la variable a*.....	109
Figura 25. Interacción Híbrido*Químico para la variable b*.....	110
Figura 26. Diagrama del sistema de notación de color L, a, b, cromaticidad y ángulo de matiz de tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas en híbrido de pepino Borja.....	111

Figura 27. Diagrama del sistema de notación de color L, a, b, cromaticidad y ángulo de matiz de tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas en híbrido de pepino Saber.....	112
Figura 28. Interacción Híbrido*Químico para la variable ángulo de matiz (°Hue).....	113
Figura 29. Efectos principales de Químico e Híbrido sobre a*.....	114
Figura 30. Efectos principales de Químico e Híbrido sobre b*.....	115
Figura 31. Efectos principales de tratamiento e híbrido sobre °Hue.....	116
Figura 32. Interacción Híbrido*Químico para el porcentaje de área clorótica de hojas de pepino sometidas a aplicaciones de compuestos biocompatibles..	118
Figura 33. Efectos principales para el porcentaje de área clorótica.....	120
Figura 34. Interacción Híbrido*Químico para el peso acumulado de pepino en plantas sometidas a distintos tratamientos de compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.....	122
Figura 35. Efectos principales de Híbrido y Químico para el promedio de peso.....	123

RESUMEN

Se realizaron tres experimentos para probar el efecto de compuestos inorgánicos y aceites vegetales en el control de cenicilla en plantas de pepino en invernadero bajo sistema de riego por goteo en el Valle de Culiacán. En el primer experimento, realizado en dos repeticiones en diferentes condiciones de temperatura, se trataron semanalmente plantas de pepino del híbrido "Borja" con distintas concentraciones de aceites de girasol, oliva y nim, y de los compuestos inorgánicos, bicarbonato de potasio, silicato de potasio y fosfato monobásico de potasio, comparándose contra el fungicida comercial Azoxystrobin y un testigo absoluto. Se evaluó visualmente la severidad de daño por cenicilla en las hojas. Se identificó el hongo responsable de la infección como *Sphaerotheca fuliginea*. Para todos los productos probados se encontró mejor control de la enfermedad a temperaturas bajas que a temperaturas altas. Los mejores tratamientos fueron silicato de potasio al 1.5 %, aceite de oliva al 1 %, bicarbonato de potasio al 1 % fosfato de potasio ni 1 %, y aceite de nim al 1 %. El bicarbonato de potasio al 1 % presentó fitotoxicidad y no fue seleccionado individualmente como una alternativa adecuada de control. El silicato de potasio al 1.5 % y los aceites vegetales mostraron ligera fitotoxicidad.

Con el fin de encontrar formulaciones con efectos acumulados o sinérgicos, en el segundo experimento se probaron tratamientos con productos hechos de combinaciones a concentraciones bajas de los compuestos seleccionados del primer experimento y se evaluó la severidad de daño por cenicilla en pepino del híbrido "Borja", comparándose contra concentraciones altas de los productos individuales, incluidos dos aceites de nim, un fungicida comercial y un testigo.

tin fungicida comercial y un testigo. Los tratamientos fueron: la mezcla de fosfato (k potasio al 0.5 % con aceite de oliva al 0,25 %, el silicato de potasio al 1.5 %, el aceite de nim CIAD al 1 %, el bicarbonato de potasio al 1 %, el aceite de oliva al 1 % y el silicato de potasio al 0.375 % con aceite de nim al 0.5 %, seguidos en efectividad por las mezclas de silicato de potasio al 0.375 % con aceite de oliva al 0,25 % y fosfato de potasio al 0.5 % con aceite de nim al 0.5 %. El grado de control obtenido en todos estos tratamientos fue similar al del azoxystrobin.

En el tercer experimento se probó en los híbridos de pepino de invencaduro "1301ja", "Saber" y "Alicia". En cada una de tres combinaciones seleccionadas del segundo experimento y se comparó contra concentraciones mayores de los tres productos individuales sus efectos evaluándose severidad de daño, El color de las hojas y porcentaje de área clorótica se midieron como parámetros para estimar la litotoxicidad. Se determinaron los rendimientos de fruto en 30 días. Todos los tratamientos, excepto el testigo tuvieron el mejor control de la enfermedad que el fungicida comercial azoxystrobin. De acuerdo a la colonización de la hoja y el porcentaje de área clorótica, las mezclas presentaron menor litotoxicidad que los de productos individuales. Los rendimientos agronómicos más altos se obtuvieron con azoxystrobin, fosfato de potasio con aceite de oliva y silicato de potasio con aceite de oliva y los más bajos con el testigo, el aceite de oliva al 1 % y el silicato (k potasio al 1.5 %).

INTRODUCCIÓN

En México, las hortalizas representan una parte importante de la producción agrícola. De todos los cultivos hortícolas producidos en el país en el 2003, del volumen cosechado del grupo de las cucurbitáceas, sobresalen sandía (948,724 ton), melón (459,482 ton), pepino (432,470 ton) y calabacita (457,278 ton); sumando en conjunto más producción (2,297,954 ton) que la de tomate (SIAP, 2004). Los cultivos de cucurbitáceas son atacados por diversas enfermedades fungosas destacando la cenicilla, la cual provoca una disminución de los rendimientos desde 20 a 40 % (Agrios, 2001), así como mala calidad de los frutos (Abood y Lösel, 2003).

En México, y en especial en el estado de Sinaloa, el agente causal reportado de la cenicilla en cucurbitáceas es *Erysiphe cichoracearum* D.C. (León, 1988; Reyes y Mendoza, 1988) y no *Sphaerotheca fuliginea* (Schlechtend.:Fr.) Pollaci, como en la mayoría de los países de Europa y América, en donde se considera el hongo más común (Sitterly, 1979).

Se ha observado también que el uso continuo de fungicidas sintéticos es cada vez menos efectivo debido a la aparición de cepas resistentes de hongos (Georgopoulos, 1986; McGrath, 2001). Esta situación, sumada al hecho de que en los cultivos intensivos, en particular en invernadero, las condiciones microclimáticas son altamente favorables para la presencia y diseminación de enfermedades fungosas, obliga a realizar aplicaciones frecuentes de agroquímicos, lo cual resulta en un incremento de los costos de producción (Pasini *et al.*, 1997).

En los últimos años ha cobrado interés el uso de productos naturales o biocompatibles en el control de enfermedades fungosas en plantas, como una alternativa al uso de fungicidas sintéticos, pues estos últimos representan un riesgo para el ambiente y la salud del hombre. Algunos agroquímicos de síntesis pueden provocar la muerte tanto de especies de hongos para las cuales están diseñados, como de organismos benéficos (NAC, 2000).

Dentro de las opciones que se han estudiado se encuentran compuestos inorgánicos como los bicarbonatos de sodio y de potasio, utilizados en el control de cenicienta de calabaza y rosal (Ziv y Zitter, 1992; Horst *et al.*, 1992). El silicato de potasio se ha aplicado con éxito en pepino europeo (Menzies *et al.*, 1991a ; Menzies *et al.*, 1991b; Bélanger *et al.*, 1995), y el fosfato monopotásico se ha utilizado en el control de cenicienta de calabacita (Reuveni *et al.*, 1996).

También se han encontrado referencias de la utilización de algunos aceites vegetales como oliva, jojoba, soya, girasol y nim (*Azadirachta indica*) en el control de estos hongos. Cheah y Cox (1995) reportaron el uso de aceite de oliva, jojoba y soya para controlar el crecimiento de cenicienta en calabacita. El aceite de nim se ha aplicado para el control de cenicienta en rosal (Pasini *et al.*, 1997) y el de girasol sobre cenicienta de tomate (Ko *et al.*, 2003). Sin embargo, en México existe poca información sobre la utilidad práctica de éstos productos en el control de cenicienta de pepino.

A pesar de los buenos resultados que se han observado con algunos de estos productos también se han presentado algunos inconvenientes. Para el silicato de potasio, se han reportado comportamientos diferentes en distintas condiciones de temperatura.

Por ejemplo, en los climas fríos de Canadá este producto resultó muy eficaz cuando se aplicó como nutriente en el control de cenicienta de pepino de invernadero (Bélanger *et al.*, 1995), mientras que en clima templado a cálido del estado de Florida de los Estados Unidos, no tuvo el mismo efecto (Schuergger y Hammer, 2003). Debido a que el clima de Sinaloa es relativamente cálido en la temporada en que se producen hortalizas (otoño-invierno), es importante realizar estudios que ayuden a determinar cuales opciones de productos biocompatibles son las más efectivas para controlar el hongo de la cenicienta en pepino.

Por otro lado, desde hace muchos años, una de las estrategias empleadas para evitar la aparición de cepas resistentes de hongos y para potenciar el efecto de un fungicida ha sido la combinación de varios productos activos (Decker, 1986; Knight *et al.*, 1997). Este tipo de estudios se han realizado principalmente con agroquímicos sintéticos, y son pocas las investigaciones realizadas con productos naturales.

Una razón adicional que hace atractivas la mezclas de dos o más productos, es que éstas permiten la dosificación de cada uno de los compuestos de la fórmula a una menor concentración que la que se utilizaría normalmente, lo que puede disminuir el riesgo de daños por fitotoxicidad. En efecto, se ha encontrado que algunos productos biocompatibles, como el bicarbonato de potasio y los aceites vegetales aplicados a una concentración mayor de 1 %, pueden provocar síntomas de toxicidad en las plantas, en especial en climas cálidos (Horst *et al.*, 1992). Cuando se han utilizado mezclas, se han obtenido buenos resultados. Tal es el caso de la combinación de bicarbonatos de sodio y

de potasio con aceites minerales en el control de la cenicilla *S. fuliginea* de calabaza y pepino (Ziv y Zitter, 1992).

En México, se ha estudiado muy poco la posible aplicación de este tipo de productos en la agricultura, aún cuando su utilidad práctica representaría una ventaja competitiva sobre los productos tratados con agroquímicos convencionales.

Por lo anteriormente expuesto, sería de gran interés encontrar nuevas combinaciones de productos biocompatibles, que por un lado tengan la capacidad de controlar la enfermedad de la cenicilla y por otro no provoquen fitotoxicidad o disminución de los rendimientos de fruto.

Esta investigación se realizó mediante tres experimentos. El objetivo del primer experimento fué seleccionar entre varios productos biocompatibles los que presentaron mejor control sobre cenicilla de pepino en las condiciones climáticas prevalecientes en el estado de Sinaloa durante la temporada otoño-invierno 2003-2004. Los productos probados fueron tres aceites vegetales (girasol, oliva y nim) y tres compuestos inorgánicos (bicarbonato de potasio, silicato de potasio y fosfato monopotásico).

Un segundo experimento tuvo como propósito seleccionar alternativas aplicables de control para la cenicilla en pepino de invernadero, utilizando mezclas de productos. Para ello, se planteó comparar la eficacia de mezclas de aceites vegetales y de compuestos inorgánicos, seleccionados del primer experimento, las cuales fueron aplicadas a concentraciones menores que las utilizadas para los compuestos individuales.

El tercer experimento tuvo como objetivo determinar de las mejores opciones del segundo experimento, las de mayor aplicación práctica desde el punto de vista del

control de la enfermedad, fitotoxicidad y rendimiento en peso de fruto probándose en tres diferentes híbridos de pepino cultivados en invernadero.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar y comparar la efectividad biológica de algunos aceites vegetales, compuestos inorgánicos y mezclas de ellos, en el control de cenicilla de pepino en condiciones climáticas de invernadero en el Valle de Culiacán.

Objetivos Particulares

Experimento 1

1. Seleccionar compuestos inorgánicos y aceites vegetales con capacidad de control sobre cenicilla en condiciones climáticas de invernadero del Valle de Culiacán.

Experimento 2

1. Seleccionar mezclas de aceites vegetales y compuestos inorgánicos con capacidad de control sobre cenicilla polvorienta.

Experimento 3

1. Determinar la eficacia sobre el control de cenicilla polvorienta de compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas de ellos en tres cultivares de pepino.
2. Determinar el efecto fitotóxico de combinaciones de aceites vegetales y compuestos inorgánicos sobre hojas de dos híbridos de pepino.
3. Evaluar el rendimiento en peso de fruto de tres cultivares de pepino sometidos a tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales o mezclas de ellos.

METAS

1. Encontrar una o más mezclas de aceites vegetales y productos inorgánicos que reduzcan los daños provocados por cenicilla en pepino en al menos un 85 %.
2. Lograr rendimientos en peso de fruto equivalentes a los obtenidos con un fungicida químico selectivo, con al menos uno de los productos biocompatibles probados.
3. Generar información relacionada con alternativas naturales para el control de enfermedades fúngicas en plantas.

HIPÓTESIS

Experimento 1

1. Los aceites vegetales y compuestos inorgánicos tienen efecto fungicida contra cenicilla en planta de pepino en las condiciones climáticas del Valle de Culiacán.

Experimento 2

1. Las mezclas de aceites vegetales y compuestos inorgánicos aplicados a baja concentración tienen al menos el mismo grado de control contra cenicilla que los productos individuales a más alta concentración.

Experimento 3

1. Las mezclas de aceites vegetales y compuestos inorgánicos son capaces de controlar la cenicilla en distintos cultivares de pepino con al menos la misma eficacia que un fungicida selectivo.
2. Las combinaciones de compuestos inorgánicos y aceites vegetales tienen menor efecto fitotóxico que los productos simples a más alta concentración.
3. Las plantas de pepino tratadas con mezclas de compuestos inorgánicos y aceites vegetales producen al menos el mismo rendimiento en fruto que las tratadas con un fungicida sintético.

REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades sobre el cultivo de pepino

Origen

El pepino es originario de las regiones tropicales del sur de Asia y norte de África, siendo utilizado para la alimentación humana desde hace más de 3000 años. Fue introducido a China en el año 100 a. de C., posteriormente a Inglaterra en el siglo XIV y a Francia en el siglo XIX. En Norteamérica se encuentran registros de este cultivo a mediados del siglo XVI (Valadez, 1989).

Clasificación

Se presenta la siguiente clasificación taxonómica para el pepino (Kartesz, 1999):

Reino:	Plantae
Subreino:	Traqueobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Violales
Familia:	Cucurbitaceae
Género:	<i>Cucumis</i> L.
Especie:	<i>Cucumis sativus</i> L.

Descripción

El pepino es una planta herbácea, anual y rastrera, su sistema radicular es muy eficiente ya que es una planta de gran productividad, consta de una raíz principal que se ramifica rápidamente para producir raíces secundarias muy finas, alargadas y de color blanco. La raíz principal puede llegar a medir hasta 1.10 m de profundidad y hasta 65 cm, lateralmente. El tallo principal de la planta de pepino es anguloso y espinoso rastrero y trepador. De cada nudo parte una hoja y un zarcillo y de cada hoja se emite un brote lateral y una o varias flores (Valadez, 1989).

Las hojas tienen pecíolo largo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados (el central más acentuado y generalmente acabado en punta), de color verde oscuro y recubierto de un vello blanco muy fino. Los zarcillos son sencillos (no ramificados) y las flores son de pedúnculo corto y pétalos amarillos; se desarrollan en las axilas de las hojas; pueden ser hermafroditas o unisexuales. Aunque los primeros cultivares eran monoicos y solamente presentaban flores masculinas y femeninas, en la actualidad todas las variedades son plantas ginoicas, o sea que solo poseen flores femeninas que se distinguen claramente de las masculinas porque tienen un ovario ínfero (Valadez, 1989).

El fruto es de forma oblonga, pepónide, áspero o liso, dependiendo de la variedad. Su color va desde un verde claro, pasando por un verde oscuro, hasta un color amarillo cuando está totalmente maduro; la pulpa es acuosa, de color blanco, con semillas en su interior repartidas a lo largo del fruto. Estas semillas se presentan en cantidad variable y son ovales, algo aplastadas y de color blanco amarillento. La

superficie de los frutos puede ser lisa o cubierta de pequeñas espinas de color blanco o negro. El tamaño de los frutos puede variar de acuerdo al cultivar en un rango de 5 cm para pepinillos de mesa, hasta más de 50 cm para pepino europeo (Valadez, 1989).

Cultivares

Existen dos tipos básicos de pepinos, los que se consumen en fresco, denominados "pepinos clásicos" y los que se cultivan para ser procesados en encurtido. Las variedades de pepino clásico o de mesa son usualmente de tamaño medio o largo, de piel verde oscura, lustrosa y estrechamiento en las puntas. La mayoría de estas variedades se originaron en Europa. Tienden a ser largos y delgados (de 30 a 60 cm de longitud), de piel, pulpa y sabor suave y sin semilla. Otras variedades menos comunes incluyen el pepino japonés y el armenio. Una variedad muy distintiva es el pepino limón, el cual parece ser un limón largo con piel amarilla (InfoAgro, 2003).

Los principales cultivares de pepino son híbridos y se pueden clasificar de acuerdo al tamaño en los siguientes tipos:

Pepino corto y pepinillo (tipo español). Estos son cultivares de fruto pequeño (longitud máxima de 15 cm), de piel verde y rayada de color amarillo o blanco. Se utilizan para consumo en fresco o para encurtidos. Pueden ser monoicos, ginoicos con polinizador y ginoicas partenocárpicas (InfoAgro, 2003)

Pepino medio largo (tipo francés o "slicer"). Cultivares de longitud media (20 – 25 cm), monoicas y ginoicas. En ellas se encuentran aquellos de frutos con espinas y los de piel lisa, o minipepinos, cuya floración es totalmente partenocárpica (InfoAgro, 2003).

Pepino largo (tipo holandés o europeo). Cultivares cuyos frutos superan los 25 cm de longitud, ginoicos, de frutos totalmente partenocárpicos y de piel lisa más o menos asurcada. El tamaño de las hojas es mucho más grande (InfoAgro, 2003).

Importancia del cultivo de pepino en México

Para la economía agrícola del país y del mundo, el subsector de hortalizas reviste una particular importancia por su contribución en la generación de divisas y de empleos en el campo. El tomate, melón, sandía y el pepino son de las más importantes y en el caso del pepino, México es primer exportador mundial aportando el 24.3 % del total mundial (Piguillén y Guajardo, 2003).

En el ámbito mundial, el cultivo de esta hortaliza ha mantenido una estabilidad en la superficie cultivada con un aumento en la producción y en la exportación.

Desde el inicio de la década pasada, la producción mundial de pepino registró un incremento constante superando los 36 millones de toneladas en el 2002 (FAOSTAT, 2004)

Se pueden distinguir cinco países como los más importantes productores de pepino: China (63.19%), Turquía (4.82%), Irán (3.68%), EUA (22.97%) y Japón (2.05%) (Piguillén y Guajardo, 2003).

En el 2003, México ocupó el duodécimo lugar en producción mundial de pepino con 432,470 toneladas (FAOSTAT, 2004).

Las exportaciones promedio de pepino entre 1999 y 2001 fueron de 1,395,605,333 toneladas. De los principales países exportadores destacan por su

importancia México, España, Países Bajos, Jordania y Estados Unidos de América (Piguillén y Guajardo, 2003).

La producción de pepino en México tuvo un ligero descenso del año 1999 al 2000, pero luego inició con un ascenso leve en el 2001 manteniéndose así hasta el 2003. En este periodo, Sinaloa contribuyó con el 52% de la producción en promedio, aportando también el mayor valor de la producción de esta hortaliza, por lo que es considerado el primer productor del país (SIAP, 2004), ubicando su principal zona productora en el valle de Culiacán (ASERCA, 1998).

Sinaloa cuenta en la actualidad con una gran diversidad de tipos de pepinos cultivados, principalmente obtenidos de los cultivos en campo, pero también se obtienen de los cultivos en invernadero e hidropónicos. La mayor parte de esta producción se destina al mercado internacional. La época de siembra en Sinaloa es de agosto a enero y la de cosecha es de septiembre a junio (ASERCA, 1998).

La enfermedad: cenicilla

Importancia económica y distribución

Las cenicillas son quizás los hongos fitopatógenos más comunes que existen ya que son capaces de atacar a prácticamente a todos los grupos de plantas angiospermas. Infectan a cereales, hortalizas, pastos, malezas, plantas de ornato, arbustos, árboles frutales, forestales y de sombra. Debido a su facilidad para adaptarse a un gran número de hospedantes, su distribución es cosmopolita, ocasionando pérdidas a la agricultura

mundial que probablemente superan a las de cualquier otra enfermedad, oscilando entre un 20 a un 40 % (Agrios, 2001).

Aun cuando no son hongos que provoquen frecuentemente la muerte de la planta, las cenicillas producen grandes pérdidas al reducir la fotosíntesis de las hojas y al aumentar la respiración y transpiración, lo que ocasiona bajas en el rendimiento de los frutos y de su calidad, además de una disminución de la vida de la planta y de su etapa productiva (Agrios, 2001; Bushnell, 2002; Abood y Lösel, 2003).

Cuadro 1. Principales especies de cenicilla en hortalizas y frutales.

Especies de cenicilla	Plantas hospederas
<i>Erysiphe cichoracearum</i> (Sin. = <i>Golovinomyces cichoracearum</i>)	Pepino, calabaza, calabacita, melón, lechuga, endivias, papa
<i>Sphaerotheca fuliginea</i> (Sin. = <i>Podosphaera xantii</i>)	Pepino, calabaza, melón, okra y otras cucurbitáceas, frijol
<i>Leveillula taurica</i>	Tomate, tomatillo, chiles, berenjenas
<i>Erysiphe lycopersici</i>	Tomate
<i>Erysiphe pisi</i>	Chícharo
<i>Erysiphe cruciferarum</i>	brócoli, coles de Bruselas, coliflor, rábano, radicchio
<i>Erysiphe polygoni</i>	Betabel
<i>Erysiphe heraclei</i>	Zanahoria, perejil, cilantro
<i>Uncinula necator</i>	Uva
<i>Podosphaera leucotricha</i>	Manzana
<i>Sphaerotheca pannosa</i>	Rosa, durazno
<i>Oidium mangiferae</i>	Mango
<i>Oidium caricae</i>	Papaya

Fuentes: UC-ANR, 2001; García, 1985.

Las cenicillas más difundidas del pepino y otras cucurbitáceas son las inducidas por los hongos *Sphaerotheca fuliginea* y *Erysiphe cichoracearum* (Blancard *et al.*, 1991).

En México, en los estados de Morelos, México, Puebla, Michoacán, Guanajuato, Distrito Federal y Sinaloa se ha reportado la presencia de *E. cichoracearum* en pepino y otras cucurbitáceas (Zenteno y Pérez, 1977; Mendoza y Pinto, 1982; García, 1985; Reyes y Mendoza, 1988). Sin embargo, se tiene poca información sobre la distribución de *S. fuliginea*. León (1988) señala que en Sinaloa, la cenicilla de cucurbitáceas es producida por *E. cichoracearum*, sin mencionar a *S. fuliginea*.

Características del patógeno

Las cenicillas son hongos parásitos obligados que crecen sobre las células epidérmicas de los tejidos que infectan, especialmente hojas, de donde obtienen los nutrientes mediante órganos especializados llamados haustorios. El micelio produce conidióforos, y éstos a su vez conidios o conidias ovoides, rectangulares o redondos, agrupados en forma de cadena. Estos hongos pueden presentar una etapa asexual, en donde las esporas reproductivas son los conidios, y más raramente en zonas tropicales una etapa sexual, en donde las esporas son llamadas ascosporas, las cuales están contenidas en ascas, y éstas a su vez en cleistotecios característicos, lo cual depende del género (Agrios, 2001).

Hasta hace relativamente poco tiempo, las distintas especies de cenicilla se distinguían sólo por sus estructuras reproductivas sexuales. Sin embargo, a raíz de los trabajos de Boesewinkel (1977,1980) es posible identificar a un gran número de especies utilizando principalmente las características conidiales. Más aún, gracias al avance de las técnicas de microscopía electrónica y de biología molecular, la diferenciación ha llegado

a niveles en que se hace a veces necesario la reclasificación de algunos géneros y especies (Braun *et al.*, 2002).

En la etapa asexual, las diferencias morfológicas de *S. fuliginea* y *E. cichoracearum* son pocas pero suficientes para lograr su identificación. *S. fuliginea* presenta conidióforos de 80 a 100 μm x 10 a 12.5 μm con una célula basal de 35 a 50 x 10 μm . Los conidios agrupados en cadenas son ovoides de tamaño mediano de 27.5 a 31 μm de largo y 15 a 17.5 μm de ancho. Contienen cuerpos de fibrosina bien definidos de forma cilíndrica a triangular. Al germinar, los conidios producen tubos germinativos de tamaño mediano a corto, ensanchados y típicamente bifurcados, sin apresorios. El micelio es denso, blanco hialino cuando joven y con el tiempo tiende a volverse gris o ligeramente café, con hifas flexionadas las cuales tienen áreas rectas y geniculadas. *E. cichoracearum* presenta conidióforos de 75 a 130 μm de largo con una célula basal recta de 55 a 80 x 10 a 12.5 μm . Los conidios no contienen cuerpos de fibrosina. Son cilíndricos a ovoides, de 32 a 40 x 15 a 18 μm . Al germinar producen tubos germinativos largos a moderadamente largos, rectos o flexionados con un pequeño apresorio. El micelio es muy visible y denso (Boesewinkel, 1977, 1980; Braun *et al.*, 2002). La morfología del margen de las líneas producidas por las cadenas inmaduras de conidios sirve también para una mejor diferenciación. *Sphaerotheca sp.* presenta márgenes entre conidios angulados mientras que en *Erysiphe sp.* los márgenes son sinuosos (Braun *et al.*, 2002).

Síntomas y daños

El patógeno de la cenicilla ataca principalmente a las hojas, aunque en ocasiones también coloniza otros órganos como tallos, flores y frutos (León, 1988; Blancard *et al.*, 1991). Cuando las plantas tienen entre 16 y 23 días de edad, aparecen los primeros síntomas de la enfermedad, en forma de pequeñas manchas cloróticas sobre la superficie de las hojas (Reyes y Mendoza, 1988), que posteriormente se cubren de un polvillo blanco, dando lugar a la colonia. Las hojas muy jóvenes son inmunes (León, 1988). Cuando el clima es favorable se desarrolla abundante micelio y conidios de color blanco, dándole la apariencia polvorienta. De allí proviene el otro nombre común que recibe esta enfermedad, es decir cenicilla polvorienta. Posteriormente, el tejido afectado se vuelve clorótico y eventualmente muere. Al afectar las hojas que además de producir el alimento al resto de la planta también le ofrece protección contra el sol, los frutos pueden sufrir quemaduras severas. Por otro lado, la calidad de los frutos disminuye al bajar su contenido de azúcares (Abood y Lösel, 2003).

Ciclo de la enfermedad

En la Figura 1 se muestra el ciclo patológico de una cenicilla de cucurbitáceas. Cuando las esporas, ya sea conidios o ascosporas, provenientes de cultivos infectados transportadas por el viento, llegan a las hojas sanas de otra planta (o incluso de la misma planta). Al encontrar sobre la superficie de la hoja las condiciones de humedad y temperatura requeridas, las esporas comienzan a germinar. La espora en esta etapa forma un tubo germinativo que localiza una célula epidérmica y la penetra utilizando el

apresorio que se encuentra al final del mismo. Una vez invadida la célula, se forma un haustorio que se encarga de extraer los nutrientes de la célula hospedera. En este punto se inicia la formación de una colonia al extenderse el micelio y formarse conidióforos que producirán más conidios, apareciendo los primeros síntomas macroscópicos de la enfermedad, que son los puntos blancos polvorientos característicos (Green *et al.*, 2002). A diferencia de otros tipos de hongos, las esporas de cenicilla no requieren agua libre para germinar, aunque sí de humedad relativa alta. Cheah *et al.* (1996) reportan que las esporas de *S. fuliginea* germinan a una humedad relativa mayor de 94 %. Una vez germinada la spora, el patógeno es capaz de desarrollarse y producir infección a humedades relativas de hasta 46 % (León, 1988). Tanto *S. fuliginea* como *E. cichoracearum* pueden desarrollarse bien a temperaturas entre 10 y 35 ° C, con un óptimo entre 23 y 26 °C. *S. fuliginea* parece tener mayor resistencia a temperatura más alta y a humedad relativa más baja. En estudios en invernadero, *S. fuliginea* es más frecuente en cucurbitáceas que *E. cichoracearum*. Esta última especie requiere de temperatura óptima más baja, la especie se establece principalmente durante la primavera y en los primeros meses del verano. *S. fuliginea* aparece progresivamente durante los meses de calor (Blancard *et al.*, 1991).

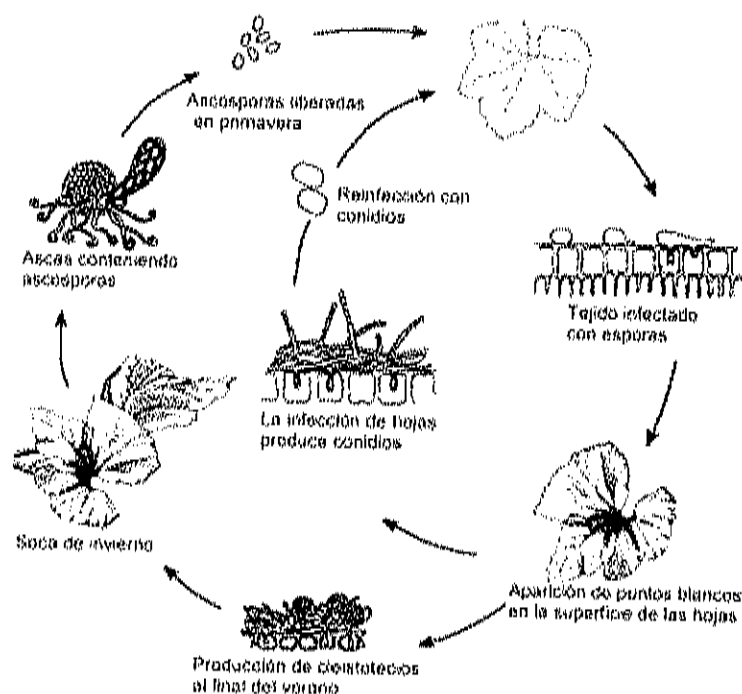


Figura 1. Ciclo patológico de cenicienta en cucurbitáceas (Modificado de UC-ANR, 2001).

Manejo de la enfermedad

El control de la enfermedad se realiza principalmente mediante el uso de cultivares resistentes o tolerantes y por métodos químicos (Morishita *et al.*, 2003).

Cultivares resistentes. Desde que Smith en 1948 observó en los Estados Unidos resistencia a cenicienta en pepino de la variedad Puerto Rico 37, se han encontrado nuevos materiales con esta cualidad (Morishita *et al.*, 2003). Esta práctica es prometedora ya que no involucra el uso de producto químico alguno, sin embargo, hasta el momento no existe ningún cultivar inmune a todas las enfermedades comunes de la especie, o que no presente alguna desventaja, ya sea de calidad comercial o de rendimientos (Paris y Cohen, 2002).

Fungicidas sintéticos. El empleo de fungicidas químicos es el método más utilizado para el control de la cenicilla (Blancard *et al.*, 1991). Entre los fungicidas sintéticos más comúnmente empleados en México para el control de la enfermedad en pepino y otras cucurbitáceas se encuentran aquellos que contienen en su fórmula benomil, clorotalonil, miclobutanil, trifloxistrobin, azoxystrobin y metil tiofanato ya que son los únicos fungicidas sintéticos permitidos en este cultivo en los Estados Unidos (McGrath, 2001), destino principal de las exportaciones de frutas y hortalizas mexicanas. También se utilizan el azufre micronizado, triturado o sublimado (Blancard *et al.*, 1991). Los límites de tolerancia de EPA (Environmental Protection Agency, 2003) para estos fungicidas se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Límites de tolerancia en Estados Unidos para fungicidas sintéticos en pepino y otras cucurbitáceas de exportación.

Grupo	Producto	Límite de tolerancia (ppm)	Productos en los que se permite
Benzimidazol	Metil tiofanato	1.0	Pepino, calabazas*, melón
	Benomil	1.0	Pepino, calabazas*, melón
Inh. desmetilación	Miclobutanil	0.2	Cucurbitáceas
Qoies (Strobilurin)	Azoxystrobin	0.3	Cucurbitáceas
	Trifloxistrobin	0.5	Cucurbitáceas
Cloronitrilo	Clorotalonil	5.0	Pepino, calabazas, melón

Fuente: Environmental Protection Agency, 2003. *Incluye calabacita y calabaza dura.

Resistencia a fungicidas

Uno de los inconvenientes del uso de fungicidas sintéticos es la facilidad con que los hongos de cenicilla desarrollan resistencia a ellos. La resistencia es el resultado de un proceso evolutivo, que produce una disminución en la sensibilidad del hongo al

fungicida (McGrath, 2001; Morishita *et al.*, 2003). Se han reportado en casi todo el mundo la aparición de cepas resistentes a la mayoría de los grupos de fungicidas. Lo anterior es importante, ya que existe el riesgo de producir en poco tiempo resistencia a otros fungicidas de un mismo grupo, con las consecuencias adversas que esto ocasionaría (Georgopoulos, 1986; McGrath, 2001).

Los fungicidas sistémicos y traslaminares presentan mayor riesgo de desarrollo de resistencia que los de contacto ya que generalmente poseen un solo sitio o modo de acción, es decir, el fungicida es activo en un solo punto de las vías metabólicas del patógeno. De los fungicidas utilizados en México para el combate de cenicilla en cucurbitáceas de exportación, se han reportado casos de resistencia en otras partes del mundo a benomilo, miclobutanil y azoxystrobin (McGrath, 2001).

Para evitar el desarrollo de resistencia de un hongo a un fungicida se han sugerido, entre otras estrategias, la alternancia y la combinación de fungicidas compatibles de distinto grupo, modo o sitio de acción (Decker, 1986; Knight *et al.*, 1997).

Riesgos de fungicidas para la salud del hombre y el ambiente

Los fungicidas sintéticos representan un riesgo para el ambiente y la salud del hombre. En efecto, históricamente se han reportado productos que inicialmente se creían poco riesgosos para el hombre y que posteriormente se demostró lo contrario. Entre los efectos nocivos de fungicidas se ha encontrado que pueden provocar la muerte de microorganismos benéficos como micorrizas, y de otros organismos de la fauna tales

como insectos predadores de plagas, abejas, gusanos de tierra o algunas especies sensibles de peces y aves (Knight *et al.*, 1997).

Debido al riesgo de efectos dañinos de los fungicidas sobre la salud humana, los requerimientos para el registro de un fungicida han cambiado en los últimos 20 años, dándose mayor énfasis a los estudios de toxicidad en mamíferos, en especial a información sobre carcinogenicidad, alteraciones en el sistema reproductivo y teratogenicidad (Knight *et al.*, 1997).

Alternativas biocompatibles para el control de cenicilla

Si bien las primeras investigaciones sobre el uso de productos naturales en el control de enfermedades fungosas de plantas datan de la década de los 30's (Ko *et al.*, 2003), sólo recientemente han sido redescubiertos, a raíz de los trabajos de Homma *et al.* (1981) con bicarbonato de sodio y los de Northover y Schneider (1991, 1993) con aceites vegetales. Así mismo, el tema ha cobrado gran interés en los últimos años debido a que éste tipo de productos ofrecen como ventaja principal el bajo riesgo que representan para la salud humana y el ambiente (McGrath y Shishkoff, 1999).

Existen diversos nombres con los que se conoce a este tipo de productos. Algunos autores dan por llamarlos "biocompatibles" por su cualidad de ser "amigables" con los organismos vivos del ambiente y con el hombre (Homma *et al.*, 1981; Horst *et al.*, 1992; Ziv y Zitter, 1992; McGrath y Shishkoff, 1999). Otros les nombran "poco tóxicos" (*low toxic*) por la misma razón (Qvarnstrom, 1992). Bélanger y Labbé (2002) les llaman "biológicos". En la literatura de divulgación se les conoce también como "orgánicos", no por su estructura química, sino por su aplicación en el campo de la

agricultura orgánica (ATTRA, 2002). Dentro de ellos, se incluyen productos tanto inorgánicos como orgánicos, ya sea sintéticos o naturales y organismos vivos (Bélanger y Labbé, 2002). En el Cuadro 3 se muestra un resumen de las alternativas hasta hoy más estudiadas o prometedoras. De éstas, solamente se abordarán las que están más directamente relacionadas con este trabajo y que son algunos aceites vegetales y productos inorgánicos.

Cuadro 3. Alternativas biocompatibles más estudiadas o prometedoras para el control de cenicilla.

Grupo	Productos	Modo de acción	Referencia
Compuestos inorgánicos (sintéticos o naturales)	• Bicarbonato de potasio	Fungicida	Reuveni <i>et al.</i> 1995
	• Bicarbonato de sodio	Fungicida	Horst <i>et al.</i> 1992
	• Silicato soluble	Resistencia inducida (RI)	Bélanger <i>et al.</i> 1995
	• Fosfatos de potasio	RI, fungicida	Reuveni <i>et al.</i> 1995
	• Lechada de cal y arcilla	Físico, RI	Marco <i>et al.</i> 1994
	• Ozono	Fungicida	Fujiwara <i>et al.</i> , 2002
Productos orgánicos (sintéticos o naturales)	• Aceite de parafina	Protectora	Phillip <i>et al.</i> 1990
	• Detergentes	Protectora / fungicida/RI	Cohen <i>et al.</i> 1996
	• Benzofiadizol	Protectora	Salmeron <i>et al.</i> 2002
	• Antitranspirantes	RI / fungicida	Ziv y Hagiladi 1993
	• Leche	Protectora	Bettiol 1999
	• Aceites vegetales	RI	Northover y Schneider, 1993
	• Extractos de plantas (<i>Reynoutria</i>)	Fungicida / RI	Duayf <i>et al.</i> 1995
	• Cola de caballo (<i>Equisetum</i>)	RI	Qvanstrom, 1992
C. biológico	• Semilla de neem	RI / fungicida	Pasini <i>et al.</i> 1997
	• Extractos de compostas	RI / fungicida	Samerski 1988
Bacterias	• <i>Bacillus subtilis</i>	Parasitismo/antibiosis/RI	Highland 2000
Hongos	• <i>Ampelomyces quisqualis</i>)	Parasitismo	Sztejnberg <i>et al.</i> 1989
	• <i>Verticillium lecani</i>	Parasitismo/antibiosis	Askary <i>et al.</i> 1998
	• <i>Acremonium alternatum</i>	Parasitismo	Malathrakis 1985
	• <i>Cladosporium spp.</i>	Parasitismo	Sundheim y Tronsmo 1988
	• <i>Tilletopsis spp.</i>	Antibiosis	Hijwegen 1986
	• <i>Pseudozyma rugulosa</i>	Antibiosis	Jarvis <i>et al.</i> 1989
	• <i>Pseudozyma flocculosa</i>	Antibiosis	Hajlaoui y Bélanger 1991
	• <i>Orthotrya lambi</i>	Parasitismo	Cadoury <i>et al.</i> 1998
Artrópodos			

Fuente: Bélanger y Labbé (2002).

Compuestos inorgánicos

Los primeros estudios sobre el manejo de cenicienta con compuestos inorgánicos datan de 1931, con los trabajos de Martín y Solmon con carbonato de sodio. Sin embargo, solo empezó a resurgir el interés por este tipo de alternativas a partir de 1981 con los trabajos de Homma y colaboradores, quienes probaron la eficacia del bicarbonato de sodio mezclado con surfactantes para controlar la cenicienta en rosas provocada por *Sphaerotheca panosa* y *S. fuliginea* en pepino (Ko *et al.*, 2003). A partir de esa fecha varios estudios han corroborado los resultados de esos autores con ésta y otras sustancias minerales.

Entre los compuestos inorgánicos investigados que más destacan se pueden mencionar a los bicarbonatos de potasio y amonio, los silicatos de sodio y de potasio (Menzies *et al.*, 1992). Otros compuestos inorgánicos que se han probado con éxito contra cenicienta de diversas especies y en varios tipos de plantas son los fosfatos monobásicos y dibásicos de potasio (Reuveni *et al.*, 1995, 1996; Reuveni y Reuveni, 1995), el cloruro de magnesio (Reuveni *et al.*, 1997) y el cloruro de potasio (Kettlewell *et al.*, 2000).

Actualmente se ofrecen en el mercado varios productos basados en bicarbonato de potasio y de sodio. Ejemplos de ellos son Kaligreen® y MilStop®, y de silicato de potasio (Kasil®).

Bicarbonatos. Se ha comprobado la eficacia como fungicida de varios tipos de bicarbonatos. Ziv y Zitter en 1992, encontraron que las aplicaciones foliares de bicarbonatos de sodio (NaHCO_3) y potasio (KHCO_3) sobre hoja de calabaza

combinados con un aceite mineral al 0.5%, mantenían los niveles de enfermedad ocasionados por *S. fuliginea* (medidos como porcentaje del área foliar dañada) por debajo de un 2.3 y 3.0 % respectivamente. El efecto de las sales sin combinar con el aceite, aún a una concentración 4 veces mayor, no fue tan efectivo. Además, en este estudio también se determinó que a concentraciones mayores de 1 %, ambos tipos de bicarbonatos causaban lesiones cloróticas a las hojas, por lo que se concluyó que eran fitotóxicos a esa concentración. Por su parte Horst *et al.* (1992), realizaron pruebas de la eficacia del bicarbonato de sodio en el control de la cenicienta causada por *S. pannosa* en rosas, encontrando que el bicarbonato de sodio aplicado a una concentración 0.063 M (0.53%), combinado con un aceite mineral al 1 % en forma de rocío controló eficazmente la enfermedad. Beresford *et al.* (1996), observaron que el bicarbonato de sodio combinado con aceite mineral controlaba adecuadamente la cenicienta de manzana (*Podosphaera leucotricha*).

En experimentos con cenicienta (*Leveillula taurica*) de chile morrón, Fallik *et al.* (1997), encontraron que las aplicaciones foliares de bicarbonato de potasio y de sodio al 0.5 % redujeron significativamente la severidad de daño en la hoja, así como la defoliación y las quemaduras por sol en el fruto.

Por su parte, Pasini *et al.* (1997), al comparar el efecto del bicarbonato de sodio en rosas con otros productos biocompatibles, probaron que a una concentración de 0.5 %, se lograba un nivel satisfactorio de control (25.8% del área foliar cubierta por cenicienta). McGrath y Shishkoff (1999), compararon la eficacia de una presentación para uso agrícola de bicarbonato de potasio (Kaligreen, Japón) y otras opciones

biocompatibles en cenicilla de melón y calabaza (*S. fuliginea*), encontrando un grado de control moderado.

Más recientemente, Yildirim *et al.* (2002), probaron que el bicarbonato de potasio podría integrarse con buenos resultados en un programa de control de cenicilla (*Uncinula necator*) en uva.

El modo de acción de los bicarbonatos ha sido estudiado por diversos autores. Homma *et al.* (1981), señalan que el ión bicarbonato es el responsable del efecto inhibitorio, en especial sobre la formación y germinación de esporas. Sin embargo, otra teoría propone que el efecto es debido a una elevación del pH que no permite la germinación de las esporas (Horst *et al.*, 1992).

De Pasquale y Montville (1990) señalan que el bicarbonato de amonio debe su actividad fungicida al ión amonio y no al bicarbonato. Por su parte, Palmer *et al.* (1997), sugieren que el efecto fungicida es debido a una combinación de factores. El primero, es el poder amortiguador de pH del ión bicarbonato que absorbe gran cantidad de iones H^+ sin modificar el pH. La espora al estar rodeada por una solución en donde se encuentra el ión bicarbonato excreta iones H^+ para tratar de igualar el pH interno al externo sin conseguirlo. La espora poco a poco pierde energía, se debilita y muere o se debilita considerablemente. El segundo factor, se debe a un efecto inhibitorio directo sobre la capacidad de producir enzimas del protoplasma de la espora. Otro tercer modo de acción podría ser mediante un incremento de la presión osmótica externa.

Silicatos. Aún cuando el silicio es frecuentemente un constituyente de los tejidos de las plantas, no se considera como un nutriente esencial. Sin embargo, se ha demostrado en

diversas investigaciones que este elemento juega un papel importante en la susceptibilidad de algunas plantas al ataque de hongos e insectos (Epstein, 1994,1999). Tal es el caso de los estudios realizados por Volk *et al.* (1958) en donde se encontró una correlación positiva entre el contenido de silicio en la planta de arroz y su resistencia al ataque de *Pyricularia oryzae*.

Los primeros reportes de la posible aplicación del silicio para inducir la resistencia a algún tipo de cenicilla (*Erysiphe graminis* D.C.) fueron realizados en 1989 por Jiang y colaboradores con cebada y por Leusch y Buchenauer con trigo (Menzies *et al.*, 1992). En pepino, Menzies *et al.* (1991a, 1991b), encontraron que la incorporación de silicato de potasio (K_2SiO_3) en la solución de nutrientes aplicada a la planta producía en las hojas una reacción que disminuía el grado de infección por *S. fuliginea*.

Experimentos posteriores realizados con pepino, melón y calabacita demostraron que las aplicaciones foliares de silicato de potasio 17 mM (0.26 %) eran suficientes para lograr un buen control de la enfermedad (Menzies *et al.*, 1992). Como resultado adicional de este y otros trabajos, se encontró que aparentemente el silicio desencadenaba algún mecanismo de defensa de la planta al producirse una gran cantidad de compuestos fenólicos en las hojas tratadas. Esto fue corroborado por Fawe *et al.* (1998), quienes comprobaron la acumulación de compuestos antifúngicos de tipo fenólico en hojas de pepino infectadas con *S. fuliginea* y tratadas con silicato de potasio en la solución nutriente. A este tipo de sustancias se les conoce genéricamente como fitoalexinas y aunque se conocían desde hacía varias décadas en otras familias de

plantas, se creía hasta entonces que las cucurbitáceas no eran capaces de producirlas (Fawe *et al.*, 1998; Fofana *et al.*, 2002).

En la actualidad existen productos comerciales para uso agrícola basados en silicato de potasio, los cuales son utilizados principalmente en otros países. En México no existen datos sobre su uso. Incluso el proveedor más importante de este producto a nivel nacional no ofrece la opción para uso agrícola.

Fosfatos. Diversas investigaciones han demostrado la eficacia del fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4) para el control de diversas enfermedades, entre ellas la cenicilla en rosal (*S. pannosa*) y en plantas de pepino (*S. fulginea*). Reuveni y Reuveni (1995) reportaron que las aplicaciones foliares de diversas sales de potasio, entre ellas fosfato monobásico de potasio, lograban reducir los síntomas de la enfermedad producida por *S. fulginea* en pepino. Posteriormente, Reuveni y Reuveni (1995) probaron el efecto de este producto contra las cenicillas *Uncinula necator* en uva, *S. pannosa* en nectarina y *Oidium mangiferae* en mango con buenos resultados.

En experimentos con rosas Pasini *et al.* (1997) observaron que el fosfato de potasio a concentraciones de 0.5 a 1.0 %, ofreció un buen grado de control sobre el desarrollo del patógeno *S. pannosa*. En 1998 Reuveni *et al.*, encontraron que las aplicaciones de fosfato monopotásico en hojas de chile morrón tenían efecto fungicida de contacto y sistémico sobre la cenicilla *Leveillula taurica*. En un experimento posterior, Reuveni *et al.* (2000) propusieron un posible mecanismo de resistencia inducida para explicar el efecto fungicida del fosfato de potasio sobre *S. fulginea* en pepino.

En otros cultivos como la uva, en el que la cenicienta es un problema serio, se comprobó que las aplicaciones foliares antes de la inoculación con el parásito [*Uncinula necator* (Schw.)] podían reducir drásticamente su germinación (Yıldırım *et al.*, 2002).

Aceites vegetales

Tanto los aceites minerales como los vegetales tienen propiedades fungicidas. Sin embargo, los aceites minerales han recibido más atención que los vegetales probablemente debido que poseen actividad insecticida y acaricida, y a que con frecuencia son utilizados como vehículos de fungicidas de cobre (Northover y Schneider, 1993).

Existen diferencias notables entre ambos tipos de aceites, lo cual hace pensar en diferentes modos de acción. Mientras que los aceites minerales son derivados del petróleo, con una composición química en donde predominan los alcanos y alquenos, los aceites vegetales son ésteres de ácidos grasos y glicerol.

La eficacia de los aceites vegetales para el control de enfermedades fungosas se conoce desde hace mucho tiempo. Los trabajos pioneros realizados por Martin y Salmon (Calpouzou, 1966) dieron a conocer que algunos aceites vegetales aplicados en forma de emulsión acuosa pueden actuar terapéuticamente inactivando lesiones de hongos como el de la cenicienta de lúpulo provocada por *Sphaerotheca macularis* (Wallr.:Fr.) Lind. A pesar de ello, desde entonces poco se han estudiado.

En un trabajo posterior, realizado por Northover y Schneider (1993), con aceite de girasol, oliva, canola, maíz, soya y de semilla de uva, se observó que éstos pueden

lograr hasta un 99 % de control de *Podosphaera leucotricha* (Ellis & Everh.), uno de los agentes causales de cenicienta de manzana.

En otro estudio realizado por Cheah y Cox (1995), donde se comparó la eficacia de los aceites de oliva y de colza con la del extracto de *Reynoutria sachalinensis*, una planta poligonacea que ha demostrado su actividad contra diversas cenicientas, se encontró que con el aceite de oliva se obtenían resultados similares que con el extracto de *R. sachalinensis* contra *S. fuliginea* en calabaza.

El aceite de girasol también ha sido utilizado en experimentos contra cenicienta de tomate donde el agente causal es *Oidium neolycopersici*. Este producto tuvo efecto a una concentración de 0.1 %, pero el óptimo se alcanzó al 0.5 %. Se encontró que el aceite inhibía la germinación de esporas y el crecimiento micelial (Ko *et al.*, 2003).

El modo de acción de los aceites tanto vegetales como minerales ha sido estudiado por varios grupos de científicos, principalmente a nivel físico, morfológico, histológico y fisiológico, pero se han realizado pocos estudios a nivel bioquímico. Northover y Schneider (1996) han sugerido algunos modos de acción físicos utilizando como modelo la cenicienta de uva. Básicamente ésta y otras investigaciones se han avocado a tratar de determinar si un aceite sirve como protector o tiene efecto fungicida directo.

En general, los aceites minerales tienen tanto efecto protector, acción curativa cuando se aplica antes y después de la lesión producida por el patógeno y como antiesporulante (McGrath y Shishkoff, 2000). Sin embargo, más recientemente Ko *et al.* (2003), encontraron en estudios con microscopía electrónica en cenicienta producida por

Oidium neolycopercisi en tomate, que el aceite de girasol tiene un efecto inhibitor sobre la germinación de los conidios y el crecimiento de micelio del hongo al desintegrar ambas estructuras.

Se ha sugerido otro posible modo de acción de los aceites vegetales que implica la intervención de los ácidos grasos presentes en ellos. En 1943, Clayton y colaboradores probaron varios aceites vegetales en programas preventivos contra el moho azul del tabaco (*Peronospora tabacina* D.B.) encontrando que los aceites vegetales con alta proporción de ácido linoleico (C_{18:2}) u otros ácidos grasos polinsaturados tenían efecto fungicida, al contrario de aquellos con altas proporciones del ácido graso monoinsaturado oleico (C_{18:1}) (Northover y Schneider, 1993). Después de estos estudios, han aparecido aisladamente algunos reportes que indican que ciertas características de los ácidos grasos de los aceites son determinantes en la capacidad fungicida de los mismos. Uno de esos trabajos es el reportado por Wang *et al.* (2002), quienes señalan que en el caso de la cenicilla de tomate *Erysiphe polygoni* D.C., los ácidos grasos monoinsaturados de 16 y 18 átomos de carbono con dobles ligaduras *cis* en los carbonos 6 y 7 (palmitoleico y *cis*-vaccénico) tienen la capacidad de inhibir hasta en un 100 % la germinación de sus esporas.

En otro trabajo de investigación realizado por Avis y Bélanger (2001) se encontró que el ácido *cis*-9-heptadecenoico producido por el hongo *Pseudozyma flocculosa* tiene propiedades antifúngicas contra cenicillas. Este ácido graso causa la liberación de iones y proteínas intracelulares del hongo sobre el que actúa, sugiriendo que desorganiza primero, y luego destruye su membrana plasmática.

Entre los aceites vegetales, destaca el de la semilla del árbol de nim (*Azadirachta indica*), debido al interés que esta planta ha despertado en los últimos años. Es bien conocido las propiedades insecticidas que posee el aceite y el extracto de la semilla de este árbol. Sin embargo, las propiedades como fungicida sólo se empezaron a estudiar recientemente. En 1986, Jeyarajan *et al.* observaron que la pasta de nim, producto secundario de la extracción del aceite, agregada al suelo, reducía las infecciones por *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina*, *Phytophthora capsici* y *Fusarium solani* (Rovesti *et al.*, 1992).

En otra investigación se encontró que el extracto acuoso de semilla de nim tenía efecto fungicida contra *S. fuliginea* en calabacita y sobre *Erysiphe graminis* en trigo y cebada (Rovesti *et al.*, 1992). En experimentos realizados con cenicilla de chícharo, Singh y Prithiviraj (1997) encontraron que el aceite de nim retardaba el crecimiento y sobrevivencia de *E. pisi*, afectando sus estructuras tanto vegetativas como de reproducción. Además, se observó que el aceite de nim aparentemente también desencadenaba una reacción de defensa inducida ya que se observó un incremento significativo del contenido de fenil alanina liasa, una enzima asociada a las reacciones de producción de fitoalexinas, en particular de compuestos fenólicos.

Fitotoxicidad

La desaparición del color verde de las hojas de la planta y la presencia de pigmentos amarillos han sido asociados a la pérdida de clorofila por parte de la misma, debido a un proceso de senescencia ya sea natural o inducido (Quesada y Valpuesta,

2000). Es conocido el hecho que ciertos productos químicos como herbicidas, fungicidas o insecticidas pueden producir toxicidad en las plantas y que uno de sus síntomas es el amarilleo de las hojas. En las cucurbitáceas el amarilleo de las hojas es un síntoma muy común en casos de fitotoxicidad, producida por agroquímicos (Blancard *et al.*, 1991).

Se han estudiado varias técnicas para medir objetivamente el color en plantas, entre ellas por medición de reflectancia, análisis de clorofila y aminoácidos, y comparación con estándares de color (Karcher y Richardson, 2003). Hay también estudios sobre la medición de clorofila por métodos no destructivos como un indicador de la senescencia de la planta (Meir *et al.*, 1992). Recientemente Landschoot y Mancino (2000) demostraron que el color de algunas variedades de pastura podía ser cuantificado confiablemente con un colorímetro.

Por otro lado, en años recientes la fotografía digital se ha convertido en un medio accesible para la comunidad científica de documentar y presentar imágenes. Las cámaras digitales en combinación con *softwares* de análisis de imágenes se están utilizando para cuantificar la senescencia de trigo (Adamsen *et al.*, 1999) y para determinar el área cubierta por cultivos como frijol (Purcell, 2000) y trigo (Lukina *et al.*, 1999).

2000). Es conocido el hecho que ciertos productos químicos como herbicidas, fungicidas o insecticidas pueden producir toxicidad en las plantas y que uno de sus síntomas es el amarilleo de las hojas. En las cucurbitáceas el amarilleo de las hojas es un síntoma muy común en casos de fitotoxicidad, producida por agroquímicos (Blancard *et al.*, 1991).

Se han estudiado varias técnicas para medir objetivamente el color en plantas, entre ellas por medición de reflectancia, análisis de clorofila y aminoácidos, y comparación con estándares de color (Karcher y Richardson, 2003). Hay también estudios sobre la medición de clorofila por métodos no destructivos como un indicador de la senescencia de la planta (Meir *et al.*, 1992). Recientemente Landschoot y Mancino (2000) demostraron que el color de algunas variedades de pastura podía ser cuantificado confiablemente con un colorímetro.

Por otro lado, en años recientes la fotografía digital se ha convertido en un medio accesible para la comunidad científica de documentar y presentar imágenes. Las cámaras digitales en combinación con *softwares* de análisis de imágenes se están utilizando para cuantificar la senescencia de trigo (Adamsen *et al.*, 1999) y para determinar el área cubierta por cultivos como frijol (Purcell, 2000) y trigo (Lukina *et al.*, 1999).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se compone de tres experimentos. El primero consistió en la selección de las mejores alternativas de control de cenicienta en pepino de invernadero. En este caso se evaluaron tres productos inorgánicos y tres aceites vegetales a dos concentraciones y en dos condiciones climáticas. En el segundo experimento, los productos con mejor grado de control del primer experimento, se probaron en mezclas a concentraciones menores y se compararon contra los productos individuales. El tercer experimento consistió en probar los mejores productos del segundo experimento ya sea solos o en mezclas en tres distintos híbridos de pepino de invernadero, evaluándose además la fitotoxicidad y el rendimiento en peso de fruto.

A continuación, para cada uno de estos experimentos se presentan los materiales y métodos de cultivo, de infección e identificación del hongo, los tratamientos evaluados y el diseño y análisis experimental aplicado.

Experimento 1. Selección de las mejores alternativas de control entre aceites vegetales y compuestos inorgánicos contra cenicilla en pepino de invernadero

En esta sección se describen los materiales y la metodología utilizada para desarrollar el primer experimento. Se seleccionó pepino (*Cucumis sativus* L.) como material vegetal en virtud de que es uno de los cultivos más susceptibles al ataque de cenicillas y al mismo tiempo uno de las hortalizas más importantes en la región. Así mismo, esta planta ofrece la ventaja de un rápido crecimiento, por lo que facilita la realización de varios experimentos en un tiempo corto. El experimento se realizó en dos etapas separadas en el tiempo para ver diferencias de acuerdo a las condiciones ambientales. Se escogió el híbrido Borja ya que en pruebas preliminares se observó que es un material muy susceptible al ataque del hongo de la cenicilla y sobre el cual se pueden realizar observaciones reproducibles. Se menciona en esta sección el sistema de riego utilizado para la nutrición de las plantas, el método de infección y la forma en que se identificó el patógeno. Se presenta una modificación realizada a un procedimiento para mejorar la germinación de las esporas y que sirvió para facilitar la identificación de la especie de hongo que infectó el cultivo. Se describen así mismo los productos químicos utilizados en los tratamientos seleccionados, la forma en que fueron aplicados y la manera en que se evaluó la respuesta a los mismos. Finalmente se describe el diseño experimental utilizado y el método de análisis de los datos resultantes.

Etapas del experimento

Este experimento se realizó en dos etapas, la primera del 12 de diciembre de 2003 al 23 de enero de 2004. La segunda etapa se desarrolló del 18 de marzo al 21 de abril de 2004.

Material vegetal y métodos de cultivo

En el Laboratorio de Fitopatología del CIAD Culiacán se germinó semilla de pepino europeo del híbrido Borja (Enza Zaden, Holanda) sensible a cenicilla en sustrato de mezcla de vermiculita y turba Sphagnum (Sogemix-VTM, Québec, Canadá). Cuando las plántulas presentaban al menos una hoja verdadera, se transplantaron a bolsas de plástico de 20 x 40 cm, con 3 kg de una mezcla del sustrato de vermiculita y tierra (1:2, v/v) esterilizados con vapor a 100 °C por 150 minutos. Hasta antes de floración, las plantas se nutrieron diariamente con una solución compuesta por nitrato de calcio (KNO_3), fosfato monopotásico (KH_2PO_4) y sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), ajustada para aportar 235 ppm de N, 94 ppm de P, 150 ppm de K, 61 ppm de S, 183 ppm de Ca y 47 ppm de Mg (Anexo 1a). Después de floración se utilizó una fórmula que aportó 256 ppm de N, 70 ppm de P, 113 de K, 65 ppm de S, 366 ppm de Ca y 44 ppm de Mg (Anexo 1b).

Infección e identificación del hongo

Cuando las plantas de pepino presentaron tres hojas verdaderas bien desarrolladas se colocaron en un invernadero tipo casa sombra ubicado en las instalaciones del CIAD, Unidad Culiacán, en donde se intercalaron 21 plantas que previamente habían desarrollado la enfermedad en forma natural. Las plantas sanas se

colocaron en 7 hileras de 12 plantas cada una, con una planta enferma cada tres plantas sanas. La separación entre hileras fue de 75 cm y la distancia entre plantas de la misma hilera fue de 50 cm, totalizando 84 plantas. Las condiciones de temperatura y humedad relativa fueron registradas utilizando un termómetro e higrómetro marca HOBO Pro Series Modelo 8.

Para la identificación del inóculo, se caracterizaron morfológicamente los conidios. Para ello se realizó una fijación de los mismos en un portaobjetos seguidos de una tinción por 10 min con una solución 5 ppm de eosina amarilla. Las especies del hongo se distinguieron en el microscopio óptico compuesto por la presencia y forma de los conidios, conidióforos y cuerpos de fibrosina de acuerdo a lo reportado por Boesewinkel (1977, 1980).

Para corroborar resultados se realizó una modificación a la metodología de De Ward (1971) para mejorar la germinación de las esporas y que utiliza membranas de acetato de celulosa preparadas de la manera que se explica a continuación.

Preparación de membranas de acetato de celulosa. Se preparó una solución al 1% de acetato de celulosa (celofán) en una mezcla de acetona:acetato de etilo (Sigma) en proporción 9:1 (v/v). Un mililitro de dicha solución se depositó en un portaobjetos de 2.2 x 7.5 cm y se distribuyó para formar una capa uniforme de la solución sobre la superficie del portaobjetos. Se dejó secar a temperatura ambiente en un lugar plano y nivelado para que la membrana formada una vez seca la solución fuera uniforme. La membrana se separó del portaobjetos remojando brevemente (un minuto aproximadamente) en alcohol etílico 96 ° Baumé.

Germinación de conidios. Observando con un microscopio estereoscópico y con ayuda de una micropipeta se depositaron 150 μ L de agua destilada estéril sobre una pústula de lesión de cenicilla, se agitó la gota sobre la lesión por un minuto con una asa de platino y se recogieron las esporas succionando con la misma micropipeta. La solución conteniendo las esporas se colocó sobre un portaobjetos sobre el cual se había depositado y distribuido de manera uniforme 1 mL de medio de Phytigel (Sigma) al 1%, y encima del medio solidificado una membrana de 4 μ m de acetato de celulosa. El portaobjetos se fijó con una cinta adhesiva de papel en la tapa de una caja de Petri, con el medio hacia abajo. En la base de la caja se colocó agua destilada para mantener una alta humedad relativa. Se realizaron al menos 5 preparaciones. Se incubaron las muestras a 24 °C y oscuridad continua. Se analizaron a las 6, 12 y 24 horas, 200 esporas por preparación, observándose el lugar de emergencia del tubo germinativo en el conidio y sus características, comparándolos con las claves de identificación de Boesewinkel (1977,1980). Las observaciones se hicieron en un microscopio biológico compuesto Karl Zeiss utilizando 400 aumentos (10 x 40).

Tratamientos

En el Cuadro 4 se muestran los productos químicos empleados y su concentración. Se probó el efecto de tres compuestos inorgánicos y tres aceites vegetales a dos concentraciones: bicarbonato de potasio (Sigma) al 1.0% y 0.5 % (BIC 1.0, BIC 0.5), silicato de potasio al 1.5 % y 0.75 % de Kasil 1 (Silicatos y Derivados) (SIL 1.5 y SIL 0.75). Es importante señalar que el producto usado como fuente de silicato de

potasio, contiene solamente 20.8 % de SiO₂ y 8.3 % de K₂O. Las características de este producto se muestran en el Anexo 2. El tercer compuesto inorgánico utilizado fue fosfato monobásico de potasio (KH₂PO₄, Sigma) a dos concentraciones, 1.0 % (FOS 1.0) y 0.5 % (FOS 0.5). Los tratamientos de aceites vegetales fueron: oliva (OLI 1.0, OLI 0.5), girasol (GIR 1.0, GIR 0.5) al 1.0 y 0.5 %, los cuales fueron adquiridos localmente (marca comercial Great Value) y aceite de semilla de nim (NIM 1.0, NIM 0.5). Para este último tratamiento se utilizó el producto comercial Ecoterra el cual se diluyó con agua destilada para obtener la concentración de aceite deseada, considerando que inicialmente el producto es una emulsión al 25 % de aceite de nim, según se declara en la etiqueta.

Cuadro 4. Tratamientos contra cenicilla con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas utilizadas contra cenicilla en pepino de invernadero.

Químico	Producto	%
BIC 1.0	Bicarbonato de potasio	1.00
BIC 0.5	Bicarbonato de potasio	0.50
SIL 1.5	Silicato de potasio	1.50*
SIL 0.75	Silicato de potasio	0.75*
FOS 1.0	Fosfato de potasio	1.00
FOS 0.5	Fosfato de potasio	0.50
GIR 1.0	Aceite de girasol	1.00
GIR 0.5	Aceite de girasol	0.50
OLI 1.0	Aceite de oliva	1.00
OLI 0.5	Aceite de oliva	0.50
NIM 1.0	Aceite de nim	1.00**
NIM 0.5	Aceite de nim	0.50**
AZO	Testigo químico (azoxystrobin)	0.1
TES	Testigo agua	-

* El porcentaje de silicato de potasio está dado en volumen de Kasil 1, Una solución 1.5 % de Kasil 1 (v/v) equivale a 65 mM de silicato de potasio.** La concentración es de aceite puro.

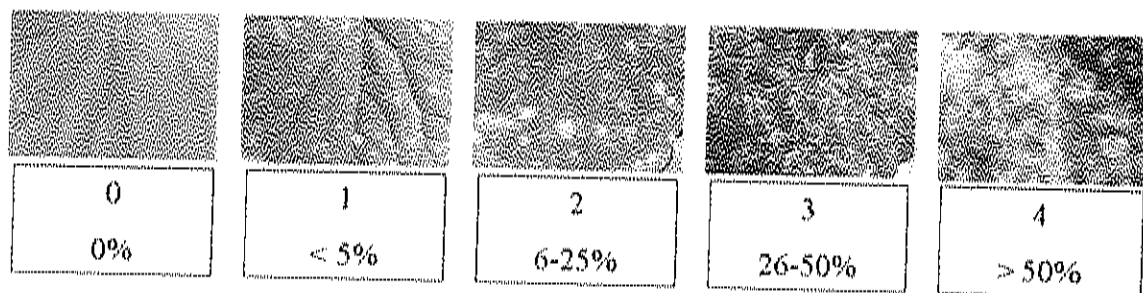


Figura 2. Escala subjetiva utilizada para la evaluación de la enfermedad. En las fotografías se muestra un ejemplo del valor máximo de daño para cada valor de la escala (Fujiwara y Fujii, 2002).

Dicha escala tiene valores que van del 0 al 4, donde 0 significa sin daño, 1 se otorga a hojas con menos de 5% de la superficie dañada, 2 para hojas con 6 a 25% de la superficie cubierta con síntomas de la enfermedad, 3 entre un 26 % a un 50 % y 4 para hojas con más del 50% de la superficie dañada.

Los resultados de todas las evaluaciones realizadas en las hojas de una misma planta se convirtieron a severidad por planta utilizando la siguiente fórmula (Fujiwara y Fujii, 2000):

$$S = \frac{100 (0 n_0 + 1 n_1 + 2 n_2 + 3 n_3 + 4 n_4)}{4 NH} \quad (1)$$

donde S es la severidad de la cenicilla, 0 a 4 son los factores de evaluación de la severidad, $n_0 - n_4$, el número de hojas con el correspondiente factor de evaluación 0 - 4, y NH es el número total de hojas, respectivamente.

Para efectos comparativos con otros trabajos de investigación, se convirtieron los resultados a porcentaje de control o efectividad biológica que se calcula de acuerdo a la fórmula propuesta por Engelhard (1976):

Además, se prepararon dos tratamientos testigo, el primero fué un testigo comercial (AZO), utilizando el fungicida azoxystrobin (Amistar, Zeneca), y el segundo un testigo con agua (TES). A todas las soluciones se les adicionó 0.05% de Tween 80 como dispersante.

En total, el experimento se desarrolló con 14 tratamientos. Se utilizaron 6 plantas por tratamiento y se evaluaron 6 hojas por planta.

Aplicación de tratamientos

Al aparecer los primeros síntomas de la enfermedad, se realizó la primera evaluación del índice de daño en la hoja de acuerdo a la escala arbitraria mencionada en el párrafo siguiente. Inmediatamente después, se hizo la primera aplicación de los productos o tratamientos, utilizando un atomizador manual y agitando vigorosamente el recipiente por un minuto antes de aplicar. Se atomizó la superficie superior de las hojas hasta cubrirlas totalmente con el producto. Se hicieron tres aplicaciones, una semanalmente. Solamente se asperjaron las hojas evaluadas.

Evaluación de severidad de daño

El índice de daño de la enfermedad fue evaluado visualmente para todas las plantas cada semana, un día antes de aplicar los tratamientos. Para ello, se utilizó la escala subjetiva propuesta por Fujiwara y Fujii (2002). Un ejemplo de dicha escala se muestra en la Figura 2.

$$E = \frac{I_{tes} - I_{trat}}{I_{tes}} * 100 \quad (2)$$

En donde E es el porcentaje de control o efectividad biológica, I_{tes} es el valor promedio del índice de daño del testigo, I_{trat} es el valor promedio del índice de daño del tratamiento correspondiente.

Diseño y análisis experimental

El diseño experimental utilizado fue de 2 factores en bloques aleatorizados completos con medidas repetidas en el tiempo. Los bloques fueron las dos etapas del experimento y los factores fueron químico y tiempo. El factor químico está constituido de 14 niveles y representan las formulaciones de productos químicos aplicados. El factor tiempo está compuesto de cuatro niveles, que son las semanas de evaluación de la severidad de daño realizado sobre la misma unidad experimental que fue una planta de pepino y que se calculó de acuerdo a la fórmula (1).

Se realizó un análisis de varianza utilizando un modelo general lineal calculado mediante el paquete estadístico Minitab versión 14.1 (2003), utilizando un nivel de significancia de 5 %.

Cuando se encontraron diferencias significativas, se realizaron pruebas de comparación múltiples de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5 %.

Experimento 2. Efecto de combinaciones de compuestos inorgánicos y aceites vegetales en el control de cenicilla en pepino de invernadero

En esta sección se describe la metodología utilizada para realizar este experimento desarrollado durante los meses de marzo a abril de 2004 en un invernadero tipo casa sombra ubicado en las instalaciones del CIAD Unidad Culiacán.. Se señalan el tipo de material vegetal utilizado, el método empleado para lograr el crecimiento de las plantas y las condiciones ambientales en que se desarrollaron. Se mencionan así mismo el método usado para infectar las plantas y la manera de identificar el hongo responsable de la infección del cultivo. Se describen los productos químicos que conformaron los distintos tratamientos, escogidos de los que ofrecieron mejores resultados en el experimento 1 y la manera en que se aplicaron. Se señala el método utilizado para evaluar la severidad de daño provocada por la infección y se explican el diseño y el análisis experimental utilizados.

Material vegetal y métodos de cultivo

Se utilizó semilla de pepino tipo europeo del híbrido Borja (Enza Zaden, Holanda) el cual es altamente sensible a cenicilla. Se sembraron en semilleros de poliestireno con cavidades de 18.6 cm³ conteniendo tierra para germinación, la cual fue una mezcla de vermiculita y turba Sphagnum (Sogemix-VTM, Québec, Canadá). Cuando las plántulas contaban con dos hojas verdaderas, se transplantaron a bolsas de polietileno de 25 x 45 cm, con 5 Kg de tierra arcillo-arenosa y mezcla para germinación (Sogemix VTM) en proporción 2:1 (v/v). La tierra utilizada se esterilizó previamente al vapor a una temperatura de 100 °C durante 150 minutos. Al presentar al menos tres hojas

verdaderas, las plantas se colocaron dentro del invernadero en hileras paralelas separadas 75 cm una de otra. En cada hilera se tenían quince plantas. La separación entre plantas de la misma hilera fue de 50 cm. Las plantas se colgaron con hilo de rafia de 3 m de largo. A cada bolsa se le colocó un gotero tipo piqueta conectado a una línea de riego por goteo. La nutrición de las plántulas se realizó de la misma manera que se explicó en el experimento 1.

La temperatura y humedad relativa se registró utilizando un termómetro e higrómetro marca HOBO Pro Series Modelo 8. El inicio de las mediciones y la primera aplicación de productos químicos se realizó el 18 de marzo y la última medición el 21 de abril de 2004.

Infección e identificación del hongo

La infección de las plantas fue natural y ésta presentó los primeros síntomas de la enfermedad a los 5 días de haberse introducido las plantas al invernadero. El patógeno fue identificado de la misma forma que se señala en el experimento 1.

Tratamientos

Se sometieron a prueba un total de 14 productos químicos, utilizando aquellos con los que se tuvieron mejores resultados en el experimento 1 y realizando mezclas, pero a una concentración más baja. De lo anterior resultó un experimento con seis mezclas de dos productos (un producto inorgánico y un aceite vegetal) y el resto fueron productos químicos de un solo compuesto, entre ellos un fungicida comercial (azoxystrobin, Amistar, Zeneca) y un testigo con agua, según se muestra en el Cuadro 5.

Se agregó además del tratamiento con aceite de nim comercial utilizado en el primer experimento (marca Ecoterra) un tratamiento con aceite de nim etiquetado como "NIM-CIAD" el cual fue proporcionado por el Laboratorio de Toxicología del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Unidad Culiacán. Este aceite fue extraído por prensado en frío de semillas de nim secas, cosechadas en los meses de julio a septiembre de 2003 en la ciudad de Culiacán, Sinaloa.

Cuadro 5. Compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas utilizadas en el segundo experimento.

Tratamiento	Producto 1	%	Producto 2	%
BIC 1.0	Bicarbonato de potasio	1.00	-	-
SIL 1.5	Silicato de potasio*	1.50	-	-
FOS 1.0	Fosfato de potasio	1.00	-	-
OLI 1.0	Aceite de oliva	1.00	-	-
NIM 1.0	Aceite de nim Ecoterra	1.00	-	-
NIM-CIAD 1.0	Aceite de nim CIAD	1.00	-	-
BIC + OLI	Bicarbonato de potasio	0.25	Aceite de oliva	0.25
BIC + NIM	Bicarbonato de potasio	0.25	Aceite de nim Ecoterra	0.50
SIL + OLI	Silicato de potasio*	0.375	Aceite de oliva	0.25
SIL + NIM	Silicato de potasio*	0.375	Aceite de nim Ecoterra	0.50
FOS + OLI	Fosfato de potasio	0.50	Aceite de oliva	0.25
FOS + NIM	Fosfato de potasio	0.50	Aceite de nim Ecoterra	0.50
AZO	Testigo químico (amistar)	0.10	-	-
YES	Testigo agua	-	-	-

* Nota: El porcentaje de silicato de potasio está dado en volumen de Kasil 1. Una solución 1,5 % de Kasil 1 (v/v) equivale a 65 mM de silicato de potasio.

Aplicación de tratamientos

El procedimiento seguido para la aplicación de los productos a las plantas es igual al descrito para el experimento 1, excepto en que en el presente experimento se sometió a tratamiento toda la planta, y no solamente las hojas evaluadas. Las fechas de aplicación fueron 26 de marzo, 2 y 9 de abril de 2004.

Evaluación de severidad de daño

La evaluación de daños por cenicilla se llevo a cabo de la misma manera que en el experimento 1, utilizando la escala subjetiva de Fujiwara y Fujii (2002). La respuesta a los tratamientos se evaluó los días 26 de marzo, 2, 9 y 16 de abril de 2004.

Diseño y análisis experimental

El diseño experimental fué de dos factores con medidas repetidas en el tiempo. Los factores fueron químico (formulación aplicada) y tiempo (semana de aplicación). El factor químico se compuso de 14 niveles y el factor tiempo de cuatro.

Los productos químicos se asignaron al azar de acuerdo a la ubicación dentro del invernadero por grupos de cinco plantas (o réplicas). La unidad experimental fué una planta de pepino en la cual se realizaron mediciones de índice de daño en seis hojas, utilizando la escala subjetiva de Fujiwara y Fujii (2002) descrita en el experimento 1, empezando con la primera hoja de la base y terminando con la sexta hoja.

Los valores de índice de daño se transformaron a severidad de daño por planta, por medio de la fórmula (1), explicada también en el experimento 1.

Se realizó un análisis de varianza por medio de un modelo general lineal con un valor de $p=0.05$, utilizando el paquete estadístico Minitab versión 14.1 (2003). Cuando se encontró diferencia significativa, se realizó una prueba de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 5 %.

Experimento 3. Comparación de la eficacia, fitotoxicidad y rendimiento en peso de fruto de los mejores tratamientos en tres híbridos comerciales de pepino

En esta sección se describen el material vegetal, los materiales y la metodología utilizados en el tercer experimento, desarrollado durante los meses de abril a mayo de 2004 en un invernadero tipo español ubicado en las instalaciones del INIFAP Culiacán. Se señalan los métodos de cultivo empleados y las condiciones ambientales predominantes durante el desarrollo del experimento. Se describen los productos químicos utilizados para los tratamientos, seleccionados de los que mejores resultados obtuvieron en el experimento 2, pero ajustados a una concentración mayor. Se explica la forma de evaluar las variables de respuesta utilizadas para determinar la severidad de daño, la fitotoxicidad de los productos químicos y los rendimientos en peso de fruto. Se describen los tres diseños experimentales aplicados para evaluar las variables señaladas.

Material vegetal y métodos de cultivo

Este experimento se realizó entre el 21 de abril y el 21 de mayo de 2004, en un invernadero tipo español proporcionado por la empresa Agroinvernaderos de México, S.A. de C.V., ubicado en las instalaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) en el Valle de Culiacán, Sinaloa.

Se utilizaron tres cultivares híbridos de pepino que fueron proporcionados por un representante en Sinaloa de la compañía Enza Zaden: Borja (tipo europeo), muy sensible a cenicilla, Saber (tipo francés o *slicer*), sensible a cenicilla y Alcázar (tipo francés), semitolerante a cenicilla.

La siembra de la semilla, el trasplante y la nutrición de las plantas se realizó de la misma manera que se describe en el experimento 1.

La ubicación de las plantas en el invernadero se hizo completamente al azar. Se colocaron 15 plantas por hilera, con una separación entre plantas de 50 cm y entre hileras de un metro. La temperatura y humedad relativa se registraron con un termómetro e higrómetro marca HOBO Pro Series Modelo 8.

Infección e identificación del hongo

Las plantas al colocarse en el invernadero ya presentaban los primeros síntomas de la enfermedad, por lo que no fue necesario recurrir a ningún método de inoculación. El patógeno fue identificado por sus características conidiales, como se describe en la metodología del experimento 1.

Tratamientos

Se probaron 8 productos químicos, seleccionados de entre los que resultaron mejores del experimento 2. Se incluyeron un testigo y un producto químico comercial.

Debido a que el cultivo en un inicio ya presentaba un alto índice de daño por cenicilla (alrededor de 25 % de severidad), y a las condiciones de temperatura ambiental elevada propicias para el desarrollo del hongo, se decidió aumentar las concentraciones de los productos utilizados en las mezclas a fin de asegurar un buen control. En el Cuadro 6 se indican los productos que se utilizaron y sus concentraciones.

Cuadro 6. Formulaciones de los productos químicos utilizados contra cenicilla en tres híbridos de pepino.

Tratamiento	Producto 1	%	Producto 2	%
SIL 1.5	Silicato de potasio	1.50	-	-
OLI 1.0	Aceite de oliva	1.00	-	-
NIM-CIAD 1.0	Aceite de nim CIAD	1.00	-	-
SIL + OLI	Silicato de potasio	0.75	Aceite de oliva	0.50
SIL + NIM	Silicato de potasio	0.75	Aceite de nim CIAD	0.50
FOS + OLI	Fosfato de potasio	0.50	Aceite de oliva	0.50
AZO	Testigo químico (Amistar)	0.1	-	-
TES	Testigo agua	-	-	-

Nota: A todas las formulaciones se les adicionó 0.05 % de Tween 80.

El silicato de potasio utilizado fue de la marca Kasil 1 y fue proporcionado por la empresa Silicatos y Derivados, S.A. de C.V. (Filial de PQ Corporation). El fosfato monopotásico (KH_2PO_4) fue grado reactivo de la marca Sigma, el aceite de oliva fue adquirido localmente (marca Great Value), el aceite de nim fue proporcionado por el Laboratorio de Toxicología del CIAD, Unidad Culiacán, obtenido de semilla de nim de la ciudad de Culiacán, Sinaloa, prensada en frío.

Aplicación de tratamientos

Los productos químicos se aplicaron con un aspersor manual, atomizando sobre la superficie superior de las hojas de toda la planta. Esta operación se realizó por las mañanas los días 28 de abril, 5 de mayo, 12 de mayo, 19 de mayo y 26 de mayo de 2004, después de haber evaluado el índice de daño.

Evaluación de severidad de daño

La evaluación de severidad de daño se realizó de la misma manera que se describió en el experimento 1. Se analizaron seis hojas de cada planta.

Fitotoxicidad

Se determinaron las diferencias en color de las hojas de los tratamientos utilizando dos formas de evaluarlas. La primera, utilizando un colorímetro de amplio uso en el análisis de color de alimentos. La segunda, analizando fotografías de hojas de todos los tratamientos mediante un programa de análisis de imágenes en las que se determinó el porcentaje de área afectada por clorosis o amarilleamiento.

Colorímetro. Para la evaluación de la toxicidad de los productos químicos sobre las hojas de pepino, se midió su color. Esto se hizo adaptando un método recomendado por McGuire (1992), para la medición del color en alimentos. Para ello se utilizó un colorímetro Minolta modelo CR-300 (New Jersey, USA). El color se determinó doce días después de haber realizado la tercera aplicación de productos. Para ello, se procedió a tomar dos lecturas en puntos al azar de cada una de las tres hojas inferiores de todas las plantas. Sólo se realizó esta evaluación en los híbridos Borja y Saber.

Los valores obtenidos en el colorímetro estaban dados en la escala L* (Luminosidad) a* y b* por lo que para convertirlos a ángulo de matiz (°Hue), se utilizó la siguiente fórmula (McGuire, 1992):

$$\text{Ángulo de matiz (°Hue)} = \arctan (b/a) + 180^\circ \quad (3)$$

Análisis de imágenes. Para evaluar el porcentaje de área dañada por síntomas de amarilleamiento o clorosis de las hojas, se tomaron fotografías de la tercera hoja de cada planta utilizando una cámara digital marca Nikon Coolpix 775 con el mismo ajuste de luz en todas las fotografías. Para asegurar la misma fuente de luz y distancia focal se usó un dispositivo que funcionó como cámara oscura que consiste en un vaso de plástico # 8 con interior blanco y exterior pintado de negro que en su parte superior tiene una fuente de luz proporcionada por dos focos de 3 W alimentados por corriente directa de 4.5 V. En el centro del fondo del vaso se abrió un orificio circular por donde se introdujo el objetivo de la cámara. Las fotografías fueron tomadas colocando la boca del vaso de plástico sobre la hoja, la cual a su vez descansaba sobre una superficie plana cubierta con tela de fieltro de color negro. Se trató de evitar la entrada de luz externa, iluminándose el interior del vaso únicamente con la luz proporcionada por los dos focos.

Para el análisis de imágenes se utilizó el paquete de reconocimiento de imágenes Assess creado por la American Phytopathological Society (2002). Una vez cargada cada imagen en el programa se seleccionó el plano de color "HSI" (Hue, Saturación e Intensidad). Se determinó el rango de color por analizar de la fotografía, escogiendo la opción "H" del plano de color y ajustándose el rango entre los valores 93 y 167. Esto hace que solo se analicen los colores que van del amarillo al verde. Posteriormente se seleccionaron los colores de la lesión, que en este caso son los colores amarillos. Para ello se escogió la opción "Lesion" y se seleccionó la opción "I" en el plano de color, ajustándose el rango entre los valores 208 y 252. El porcentaje del área cubierta por la lesión se obtuvo tecleando sobre el cuadro "% Area".

Rendimiento en peso de fruto

A partir del 5 de mayo, se empezaron a obtener los primeros frutos de pepino con tamaño comercial, por lo que se procedió a retirarlos de las plantas dos veces por semana. Esto se realizó hasta el 4 de junio, abarcando 30 días de colecta. Se anotó en cada fruto el número de planta correspondiente. Los frutos se transportaron rápidamente al Laboratorio de Fitopatología del CIAD, Unidad Culiacán, en donde se pesaron utilizando una balanza digital marca Sartorius. Los resultados de peso se expresaron en gramos. Se sumó el peso acumulado de fruto de pepino por planta en 30 días.

Diseño y análisis experimental

Para medir el efecto de los productos químicos sobre el crecimiento de cenicilla, se utilizó como variable de respuesta la severidad de daño, calculada según la fórmula (1) explicada en el primer experimento.

Para determinar la fitotoxicidad relativa de los productos se utilizó el color de las hojas de pepino. Se utilizaron como variables de respuesta a^* , b^* proporcionados por el colorímetro, y el ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) calculado mediante la fórmula (3). También se estimó la fitotoxicidad, tomando al porcentaje de área clorótica como variable de respuesta.

Para determinar el rendimiento en peso de fruto se registró el peso acumulado por planta en 30 días.

Severidad de daño. El diseño estadístico fue de tres factores totalmente al azar: químico, híbrido y tiempo. La unidad experimental fue una planta de pepino a la cual se le midió el índice de daño de seis hojas, utilizando la escala subjetiva de Fujiwara y Fujii (2002) descrita en el experimento 1. Estos datos se utilizaron para calcular la severidad de daño por planta que de acuerdo a la fórmula (1) también ya descrita en el primer experimento.

Se realizó un análisis de varianza por medio de un modelo general lineal utilizando el paquete estadístico Minitab versión 14.1 (2003), con un nivel de significancia de 5 %. Se compararon las medias entre productos químicos mediante las pruebas de Tukey tomando con un nivel de significancia de 5 %.

Fitotoxicidad. Para las mediciones realizadas con colorímetro se aplicó un diseño de dos factores totalmente al azar, químico e híbrido. Los niveles de químico fueron ocho y los de híbrido dos. Las variables de respuesta fueron a^* , b^* y ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue).

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza. Se aplicó una prueba de Tukey para comparar medias de productos químicos a fin de encontrar diferencias estadísticas entre ellos. Se utilizó el paquete estadístico Minitab versión 14.1 (2003).

En el caso de las mediciones de porcentaje de área clorótica se utilizó el mismo diseño anterior, variando sólo en el número de niveles del factor híbrido que fueron tres en este caso. La unidad experimental fue una hoja de pepino y el número de réplicas fue cinco, es decir una por planta.

Rendimiento en peso de fruto. El diseño de este experimento consideró dos factores totalmente al azar: químico e híbrido. Los niveles de químico fueron ocho y los de híbrido tres. La unidad experimental fue una planta de pepino. La variable de respuesta fue el peso acumulado de pepino por planta durante cuatro semanas. Se realizó un análisis de varianza utilizando un modelo general lineal mediante el paquete estadístico Minitab versión 14.1 (2003), utilizando un nivel de significancia de 5 %.

Se realizó comparación de medias entre productos químicos mediante las pruebas de Tukey y de Dunnett. En esta última se compararon los productos químicos contra el testigo comercial (AZO) y testigo (TES).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. Selección de las mejores alternativas de control entre aceites vegetales y compuestos inorgánicos contra cenicilla en pepino de invernadero

En esta parte se muestran y discuten los resultados del primer experimento en el cual se buscó seleccionar las mejores alternativas de control de cenicilla en pepino de invernadero del híbrido Borja. Primero se muestran las diferencias entre las condiciones ambientales de las dos etapas en que se desarrolló este experimento. Enseguida se menciona la especie de hongo identificada como responsable de la enfermedad. También se presentan en esta sección los resultados de la evaluación de severidad de daño efectuados en las hojas de pepino tratadas con los productos por evaluar y se discuten las diferentes interacciones que resultaron significativas en el análisis de varianza y los resultados en función de la conveniencia de uso de cada producto.

Condiciones ambientales

Los datos resumidos de temperatura y humedad relativa de las dos fases del experimento se presentan en el Cuadro 7. Como se puede observar, entre ambas etapas existen diferencias marcadas de temperatura máxima, mínima y promedio. Las temperaturas máximas fueron 2.9 °C más altas en la primera etapa que en la segunda. La temperatura mínima fue 7.2 °C y la promedio 4.5 °C más elevada en la segunda etapa que en la primera. En cuanto a la humedad relativa, se observó una humedad relativa promedio 2.2 % menor en la segunda etapa que en la primera. Sin embargo, sólo se

presentó lluvia en la segunda etapa. La humedad relativa mínima fue muy similar entre ambas etapas.

Lo señalado anteriormente es importante porque las diferencias en las condiciones ambientales de las dos etapas podrían explicar el comportamiento distinto de la enfermedad en las dos repeticiones del experimento.

Cuadro 7. Resumen de condiciones de temperatura y humedad relativa prevalecientes durante las dos fases del experimento.

Etapa	Período de evaluación	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura promedio (°C)	Humedad relativa máxima (%)	Humedad relativa mínima (%)	Humedad relativa promedio (%)
1	12-dic-2003 a 23-ene-2004	33.2	4.6	18.4	99.6	13.1	74.6
2	18-mar-2004 a 21-abr-2004	36.1	11.8	22.9	100	14.2	72.4

Identificación del hongo

Se identificó al hongo como *Sphaerotheca fuliginea* (Schlechtend.:Fr, Pollaci), tanto por la forma de los conidios como por el sitio de emergencia del tubo germinativo según lo reportado por Boesewinkel (1977,1980).

En la Figura 3 se muestran fotografías tomadas a conidios en distintas etapas de su desarrollo. Según Boesewinkel (1977, 1980), *S. fuliginea* presenta conidios con cuerpos de fibrosina y los tubos germinativos emergen de un costado de la espora, lo cual fue observado en este experimento.

En *Erysiphe cichoracearum*, la especie con la cual suele confundirse *S. fuliginea*, se presentan conidios sin cuerpos de fibrosina y los tubos germinativos emergen de los extremos de la espora. El grosor y forma del tubo germinativo también indican que se

trata de *S. fuliginea*, debido a que en esta especie dichos tubos son más gruesos y frecuentemente bifurcados, como se encontró en el presente trabajo.

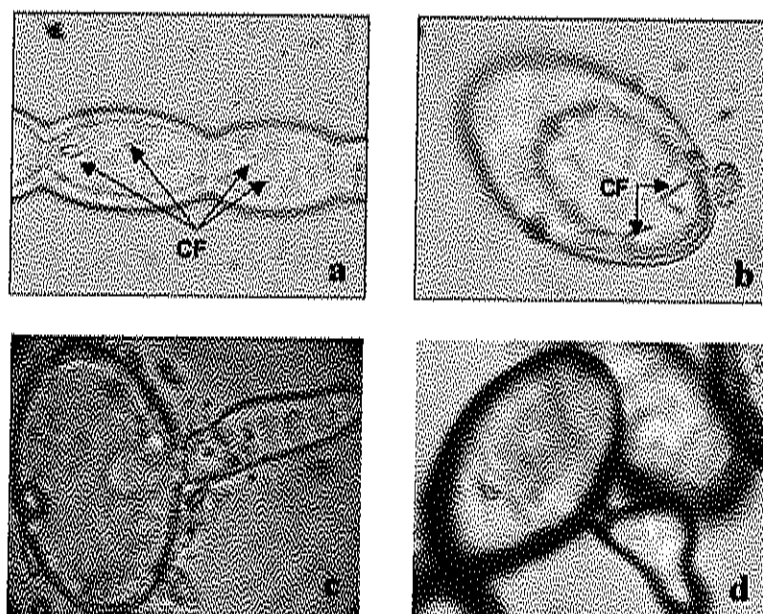


Figura 3. Conidios de *Sphaerotheca fuliginea*, a, cadena de conidios mostrando cuerpos de fibrosina (CF); b, conidio con cuerpos de fibrosina; c y d, conidios germinados con dos formas distintas de tubos germinativos.

Los resultados de esta investigación difieren de los reportados en la literatura (Reyes y Mendoza, 1988; León, 1988), en donde se señala que la especie causante de cenicilla en cucurbitáceas en México es *E. cichoracearum*. Probablemente esto se deba a que quienes afirman lo anterior no hayan realizado la diferenciación utilizando las características conidiales ni ascales del hongo.

Evaluación de severidad

En el Cuadro 8 se muestran los resultados del análisis de varianza en donde se encontró que fueron significativas las diferencias en los factores Tratamiento y Tiempo, y para la interacción Químico*Tiempo.

Cuadro 8. Análisis de varianza para severidad de daño por cenicilla de tratamientos con aceites vegetales y compuestos inorgánicos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Sumas de cuadrados	Sumas de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Etapas	1	4343	3912.5	3912.5	59.3	0.000
Químico	13	54813	53307.6	4100.6	62.2	0.000
Tiempo	3	13180	13180.2	4393.4	66.6	0.000
Químico*Tiempo	39	32268	32268.0	827.4	12.5	0.000
Planta(Químico)	70	5373	5372.9	76.8	1.2	0.185
Error	489	32262	32261.7	66		
Total	615	142239				

S = 6.83607 R-Sq = 83.44% R-Sq(adj) = 79.79%

Para la consulta de los resultados discutidos en el presente experimento se incluye el Cuadro 9, el cual contiene las medias de severidad de daño de las dos etapas, y la efectividad biológica por Tiempo y Químico.

Interacción Químico*Tiempo. El análisis de varianza realizado a los datos de severidad calculada del Cuadro 8, muestra que existe una fuerte interacción Químico*Tiempo, la cual se representa en la Figura 4. En esta figura, y en otras más a lo largo de esta discusión se incluye una línea punteada que indica una severidad de daño del 20 %, que equivale aproximadamente a un porcentaje de control o efectividad biológica de 70 % en la tercera semana de evaluación. Este valor ha sido sugerido por Dooley (1978) como un límite mínimo adecuado en el estudio de fungicidas para cenicilla.

Como se puede apreciar en la Figura 4, la esta interacción se manifiesta de manera clara, ya que mientras algunos productos químicos disminuyeron en los niveles de severidad de daño por cenicilla conforme transcurrió el tiempo, otros incrementaron sus promedios. Esto da lugar a múltiples cruzamientos que se traducen en la interacción resultante. Enseguida se analiza el comportamiento de los productos químicos por tiempo.

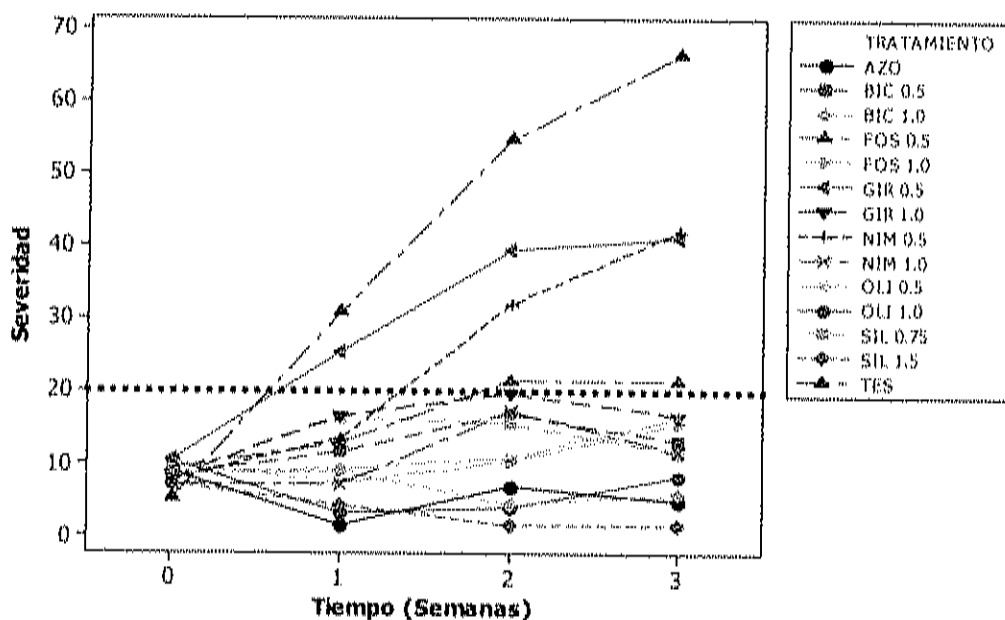


Figura 4. Interacción de Químico y Tiempo para la severidad de daño de cenicilla en hoja de pepino de invernadero. Los datos representan las medias de las dos etapas del experimento. SIL, silicato de potasio; BIC, bicarbonato de potasio; FOS, fosfato monopotásico; GIR, aceite de girasol; OLI, aceite de oliva; NIM, aceite de nim; AZO, azoxystrobin 0.1%; TES, testigo.

Cuadro 9. Promedios de la evaluación de severidad de daño por cenicilla y de efectividad biológica de productos químicos con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en hojas de pepino cv. Borja.

Químico	Etapa 1										Etapa 2										Promedio										
	15/12/03					23/12/03					30/12/03					06/01/04					16/03/04					16/03/04					
	S ₀	S ₁	E ₁	S ₂	E ₂	S ₃	E ₃	S ₄	E ₄	S ₅	S ₀	S ₁	E ₁	S ₂	E ₂	S ₃	E ₃	S ₄	E ₄	S ₅	S ₀	S ₁	E ₁	S ₂	E ₂	S ₃	E ₃	S	E		
BIC 1.0	4.2	11.1	68.0	1.4	97.6	4.2	93.3	10.0	5.0	86.0	3.3	93.3	6.7	90.4	13.3	15.8	36.8	25.8	47.6	22.5	67.9	11.7	3.3	86.8	2.5	94.9	2.5	96.4	12.8	66.9	
BIC 0.5	1.4	8.3	76.0	9.7	83.4	5.6	91.0	13.3	15.8	36.8	25.8	47.6	22.5	67.9	11.7	3.3	86.8	2.5	94.9	2.5	96.4	12.8	66.9	10.7	72.4	10.7	72.4	16.4	57.6		
SIL 1.5	2.8	4.2	87.8	0.0	100.0	0.0	100.0	11.7	3.3	86.8	2.5	94.9	2.5	96.4	12.8	66.9	10.7	72.4	10.7	72.4	16.4	57.6	13.3	12.5	50.0	20.8	57.7	24.2	65.4		
SIL 0.75	4.2	15.3	55.9	2.8	95.2	1.4	97.8	13.3	12.5	50.0	20.8	57.7	24.2	65.4	10.8	10.8	46.8	27.5	44.1	24.2	65.4	15.0	17.5	30.0	29.2	40.7	32.5	53.6	15.6	59.7	
POS 1.0	6.9	2.8	91.9	1.4	97.6	8.3	86.7	11.7	0.8	96.8	4.2	91.5	12.5	82.1	13.3	13.3	46.8	28.3	42.5	35.0	50.0	11.7	0.8	96.8	4.2	91.5	12.5	82.1	6.0	84.5	
FOS 0.5	8.3	12.5	63.9	16.7	71.4	19.4	69.0	12.5	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	8.3	8.3	30.0	29.2	40.7	32.5	53.6	5.6	13.9	59.9	6.9	88.2	9.7	84.5	11.5	70.3	
GIR 1.0	2.8	15.3	55.9	12.5	78.6	4.2	93.3	10.8	10.8	46.8	28.3	42.5	35.0	50.0	8.3	8.3	30.0	29.2	40.7	32.5	53.6	5.6	13.9	59.9	6.9	88.2	9.7	84.5	10.9	71.8	
GIR 0.5	8.3	33.3	4.0	47.2	19.0	44.4	29.0	11.7	0.8	96.8	4.2	91.5	12.5	82.1	12.5	12.5	46.8	28.3	42.5	35.0	50.0	4.2	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	28.1	27.4	
OLI 1.0	8.3	4.2	87.9	2.8	95.2	4.2	93.3	11.7	0.8	96.8	4.2	91.5	12.5	82.1	12.5	12.5	46.8	28.3	42.5	35.0	50.0	5.6	13.9	59.9	6.9	88.2	9.7	84.5	6.0	84.5	
OLI 0.5	5.6	11.1	68.0	15.3	73.8	5.6	91.0	12.5	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	10.8	10.8	46.8	28.3	42.5	35.0	50.0	4.2	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	11.5	70.3	
NIM 1.0	5.6	11.1	68.0	15.3	73.8	5.6	91.0	12.5	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	10.8	10.8	46.8	28.3	42.5	35.0	50.0	4.2	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	10.9	71.8	
NIM 0.5	4.2	13.9	59.9	27.8	52.3	38.9	37.8	10.8	10.8	46.8	28.3	42.5	35.0	50.0	4.2	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	4.2	4.2	85.2	15.8	67.9	25.0	64.5	23.3	39.8	
AZO	4.2	2.8	91.9	4.2	92.8	1.4	97.8	14.2	0.0	100.0	10.0	79.7	9.2	86.9	14.2	14.2	100.0	10.0	79.7	9.2	86.9	8.3	25.0	0.0	49.2	0.0	70.0	0.0	0.0	5.5	85.8
TES	1.4	34.7	0.0	58.3	0.0	62.5	0.0	8.3	25.0	0.0	49.2	0.0	70.0	0.0	4.9	13.1	62.2	14.8	74.6	15.0	76.0	11.3	9.4	62.4	19.7	60.0	23.8	66.0	14.4	62.8	
Promedio	4.9	13.1	62.2	14.8	74.6	15.0	76.0	11.3	9.4	62.4	19.7	60.0	23.8	66.0	11.3	9.4	62.4	19.7	60.0	23.8	66.0	11.3	9.4	62.4	19.7	60.0	23.8	66.0	14.4	62.8	

NOTAS: BIC 1.0 y BIC 0.5 bicarbonato de potasio al 1% y 0.5%; SIL₁, silicato de potasio; FOS, fosfato de potasio; GIR, aceite de girasol; OLI, aceite de oliva; NIM, aceite de nim; AZO, azoxystrobin 0.1%; TES, testigo. S₀ a S₅, severidad de daño inicial hasta la tercera aplicación; E₀ a E₅, efectividad biológica inicial hasta la tercera semana de aplicación.

Tiempo 1. En el tiempo 1 el producto que tuvo mejor respuesta fue el testigo químico azoxystrobin, pues el promedio de las dos etapas fue de 1.5 % de severidad, seguido muy de cerca por el aceite de oliva al 1.0 % con una severidad promedio de 2.7 %. Con una menor efectividad, pero dentro del mismo grupo según la prueba e comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) quedaron el silicato de potasio al 1.5 %, con 3.8 % de severidad, el aceite de nim 1.0 % y el fosfato de potasio 1.0 % con un 7.2 % de severidad, el bicarbonato de potasio 1.0 % y el aceite de oliva 0.5 % con 8.3 % y 9.5 % de severidad respectivamente. El bicarbonato de potasio 0.5 %, aceite de nim 0.5 % y fosfato de potasio 0.5 % tuvieron severidades muy cercanas y menores de 13 %.

Por lo señalado anteriormente, todos estos productos químicos presentaron promedios de severidad de daño menores de 20 %, por lo que hasta el tiempo 1 seguían siendo efectivos en el control de cenicienta. Los productos menos efectivos, pero con cierta actividad fungicida resultaron ser el silicato de potasio al 0.75 % y el aceite de girasol 1.0 % que tuvieron un 16.3 % de severidad. El menos efectivo resultó el aceite de girasol al 0.5 %. El testigo alcanzó en este tiempo, una media de 30.3 % de severidad.

Tiempo 2. En tanto que el testigo y algunos tratamientos poco efectivos aumentaron significativamente la severidad de daño promedio, hubo tratamientos en que ocurrió lo contrario. Tal es el caso del tratamiento SIL 1.5, que destaca por haber tenido una severidad promedio en este tiempo de tan solo 1.1 %. Otro producto químico que logró una disminución en la misma semana fue el bicarbonato de potasio al 1.0 %

bajando de 8.3 % de severidad a 3.8 %. Los anteriores productos podemos considerar que tuvieron buena acción fungicida, ya que no sólo mantuvieron limitado el daño del hongo, sino que lograron disminuir significativamente su presencia. En cambio, fueron más los productos que incrementaron sus promedios de severidad de daño. Entre ellos, destacan GIR 0.5 y NIM 0.5 % que alcanzaron respectivamente 38.6 % y 31.4 % de severidad. Otros tratamientos con incrementos moderados fueron los tratamientos NIM 1.0, FOS 0.5, BIC 0.5, AZO, GIR 1.0. Los que permanecieron más o menos estables, por lo que se puede considerar que tuvieron acción fungistática fueron SIL 0.75, BIC 0.5 y OLI 0.5.

Tiempo 3. Las variaciones de severidad de daño del tiempo 2 al 3 fueron menos pronunciadas que del tiempo 1 al 2. Los tratamientos que más aumentaron los promedios de daño fueron el testigo (TES) y el aceite de nim 0.5 %, observándose un incremento aproximado de 10 %. Los tratamientos OLI 1.0 Y OLI 0.5 elevaron sus promedios de severidad en un 5 % aproximadamente. En cambio, los tratamientos BIC 0.5 y SIL 0.75 lograron disminuir la severidad de daño un 4 % en promedio. El resto de los tratamientos no observó cambios significativos de severidad de daño.

Efectos principales. En análisis de varianza realizado sobre los datos de severidad calculada, y cuyos resultados se presentan en el Cuadro 8, muestran que existen diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre Etapas y para los factores Químico y Tiempo.

Etapas. El análisis de varianza indicó que el factor Etapa es una fuente de variabilidad. Como se puede observar en la Figura 5, donde se presentan los efectos principales, en la etapa 2 se observó una severidad de daño mayor que en la etapa 1.

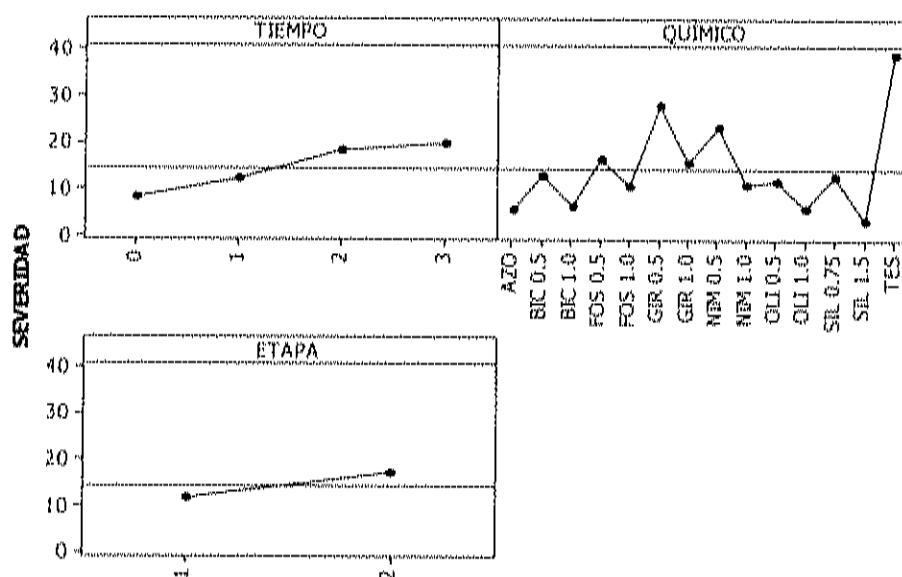


Figura 5. Efectos principales de los factores Etapa, Químico y Tiempo sobre la Severidad de daño de cenicilla en hoja de pepino.

Los promedios de severidad más altos de la etapa 2 pudieran atribuirse a dos causas. La primera, sería las diferencias en los valores iniciales (Tiempo 0) de severidad de daño. La segunda, a las diferencias en temperatura ambiente promedio entre las dos etapas del experimento. Esta última parece ser la causa más probable, ya que como se constata en el Cuadro 9, en la segunda semana de evaluación se presentaron promedios de severidad más altos en la etapa 1 que en la 2, y a pesar de ello las semanas siguientes la severidad de daño fue mayor en esta última etapa.

Analizando los datos de temperatura y humedad relativa prevalecientes en ambas etapas (Cuadro 7), encontramos que en promedio la temperatura en la etapa 2 fue 4.5 °C mayor que en la etapa 1. De acuerdo a Blancard *et al.* (1991), la temperatura óptima de desarrollo para *S. fuliginea* es de 23 a 26 °C, la cual es muy similar a la registrada en la segunda etapa de este experimento, cuyo promedio fue de 22.9 °C. Además, según dichos autores, las temperaturas inferiores a 10 °C hacen más lento el desarrollo de este hongo, y éstas se presentaron durante la primera etapa y no en la segunda.

En general, con todos los productos químicos se obtuvieron valores de severidad de daño más altos en la segunda etapa que en la primera, y de acuerdo a lo señalado en el párrafo anterior, el factor que probablemente sea responsable de este comportamiento es la temperatura ambiente. A temperaturas más altas, el desarrollo del hongo fue más rápido y el grado de control de la enfermedad por parte de los distintos productos químicos fue menor.

Lo anterior coincide con lo encontrado por Schuerger y Hammer (2003), quienes en experimentos con silicato de potasio aplicado en el riego a pepino, demostraron que el efecto inhibitorio de este producto sobre *S. fuliginea* observado a temperaturas de 20-25 °C es suprimido significativamente cuando la temperatura se aumentó a 24-32 °C.

Químico. En cuanto al efecto del producto químico sobre la severidad de daño de cenicienta, en el Cuadro 10, así como en la Figura 5, se puede constatar que tomando en consideración el promedio de la severidad de daño por cenicienta en las tres

semanas de aplicación, los mejores productos químicos fueron el silicato de potasio al 1.5 % (SIL 1.5) con un 3.2 % de severidad promedio, el fungicida comercial azoxystrobin (AZO) con 5.5 %, el aceite de oliva al 1.0 % (OLI 1.0) con 6.0 % de severidad, el bicarbonato de potasio al 1 % (BIC 1.0) con un 6.3 % promedio, el fosfato monopotásico al 1.0 % (FOS 1.0) y el aceite de nim al 1 % (NIM 1.0) con una media de severidad de daño del 10.7 y 10.9 % respectivamente, y el aceite de oliva al 0.5 % (OLI 0.5) con 11.5 % de severidad. Los productos químicos anteriores, de acuerdo a una prueba de comparación de medias de Tukey ($p=0.05$) no difirieron significativamente entre sí (Cuadro 10).

Cuadro 10. Medias en el tiempo de la severidad de daño por cenicienta en pepino tratado con compuestos inorgánicos y aceites vegetales.

Químico	Tiempo				Media (μ)
	0	1	2	3	
BIC 1.0	8.0a	8.3cd	3.8fg	5.3de	6.3ef
BIC 0.5	8.3 a	11.7cd	17.1def	13.3de	12.6de
SIL 1.5	6.8 a	3.8 cd	1.1g	1.1e	3.2f
SIL 0.75	8.0 a	16.3bc	15.5def	11.4de	12.8de
FOS 1.0	9.9 a	7.2 cd	10.2defg	15.5de	10.7def
FOS 0.5	9.5 a	12.9bcd	21.6cd	21.6cd	16.4cd
GIR 1.0	8.3 a	16.3 bc	20.1cde	17.1de	15.6cd
GIR 0.5	9.4 a	24.2b	38.6b	40.2bc	28.1b
OLI 1.0	9.8 a	2.7d	3.4fg	8.0de	6.0ef
OLI 0.5	8.7 a	9.5 cd	11.0defg	16.7de	11.5def
NIM 1.0	7.2 a	7.2 cd	17.4cdef	11.7de	10.9def
NIM 0.5	7.2 a	12.9 bcd	31.4bc	41.7b	23.3bc
AZO	8.7 a	1.5d	6.8fg	4.9de	5.5ef
TES	6.1 a	30.3a	54.2a	65.9a	38.7a
Promedio	8.3c	11.8b	18.0a	19.6a	14.4

NOTAS: BIC 1.0 y BIC 0.5 bicarbonato de potasio al 1 % y 0.5 %; SIL, silicato de potasio; FOS, fosfato de potasio; GIR, aceite de girasol; OLI, aceite de oliva; NIM, aceite de nim; AZO, azoxystrobin 0.1%; TES, testigo. Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente ($\alpha=0.05$). Para los promedios, literales distintos en el mismo renglón indican diferencias significativas en el tiempo.

Enseguida, con un nivel de control menor se ubicaron el bicarbonato de potasio al 0.5 % (BIC 0.5) con un 12.6 %, el silicato de potasio al 0.75 % (SIL 0.75) con un 12.8 %, el girasol al 1 % (GIR 1.0) con un 15.6 % y el fosfato monopotásico con 16.4 % de severidad de daño. Finalmente, los menos efectivos resultaron el nim al 0.5 % (NIM 0.5) y el girasol al 0.5 % (GIR 0.5) con un 23.3 % y 28.1 % de severidad de daño respectivamente.

Tiempo. En este experimento el tiempo representa a la semana de aplicación. Como se puede apreciar en el Cuadro 10 y en la Figura 5, la severidad promedio de todos los productos químicos aumentó de un tiempo a otro de manera constante, influyendo principalmente en este aumento los productos menos eficaces, como el testigo (TES) y los aceites de nim (NIM 0.5) y de girasol al 0.5 % (GIR 0.5). Se encontraron diferencias significativas entre los niveles de tiempo 0, 1 y 2, pero no entre 2 y 3.

Comparación de medias en la tercera semana. En el Cuadro 11 se presentan las medias de la severidad de daño obtenidos en los tratamientos para las etapas 1 y 2, así como los grupos resultantes de acuerdo a una prueba de Tukey ($p=0.05$).

Etapa 1. Como se deduce del Cuadro 11 y Figura 6, en la primera etapa de este experimento y tercera semana de aplicación, se pudo constatar que estadísticamente los mejores tratamientos resultaron SIL 1.5, SIL 0.75, AZO, BIC 1.0 y GIR 1.0. En un segundo nivel de eficacia se ubicaron OLI 1.0 y BIC 0.5, NIM 1.0, FOS 1.0 y OLI 0.5. El tratamiento FOS 0.5 fue el último que alcanzó un 20 % de severidad o menos. Los menos eficaces fueron NIM 0.5 y GIR 0.5, aunque difirieron del testigo.

Cuadro 11. Medias de severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino tratadas con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la tercera semana de tratamiento.

Químico	Etapla 1	Etapla 2
BIC 1.0	4.2 de	6.7 de
BIC 0.5	5.6 de	22.5 cd
SIL 1.5	0.0 e	2.5 e
SIL 0.75	1.4 de	23.3 cd
FOS 1.0	8.3 cd	24.2 cd
FOS 0.5	19.4 c	24.2 cd
GIR 1.0	4.2 de	32.5 bc
GIR 0.5	44.4 a	35.0 bc
OLI 1.0	4.2 de	12.5 de
OLI 0.5	9.7 cd	25.0 cd
NIM 1.0	5.6 cd	19.2 cde
NIM 0.5	38.9 b	45.0 b
AZO	1.4 de	9.2 de
TES	62.5 a	70.0 a
Promedio	15.0 b	25.1 a

Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, $p=0.05$).

Etapla 2. Según se puede deducir de los datos del Cuadro 11 y de la Figura 7, en la segunda etapa los mejores tratamientos después de la tercera aplicación resultaron SIL 1.5, BIC 1.0, AZO y OLI 1.0. Esto parece indicar que es posible obtener un grado de control similar a de un fungicida selectivo, utilizando soluciones al 1 % de silicato de potasio, bicarbonato de potasio o de aceite de oliva. Después, en el mismo grupo se colocaron el tratamiento NIM 1.0, que fue el último de los tratamientos con una severidad de daño menor de 20 %, y los tratamientos BIC 0.5, SIL 0.75, FOS 1.0 y FOS 0.5. En un grupo de eficacia más baja se agruparon los tratamientos GIR 1.0 y GIR 0.5, seguidos por NIM 0.5 y finalmente el tratamiento testigo.

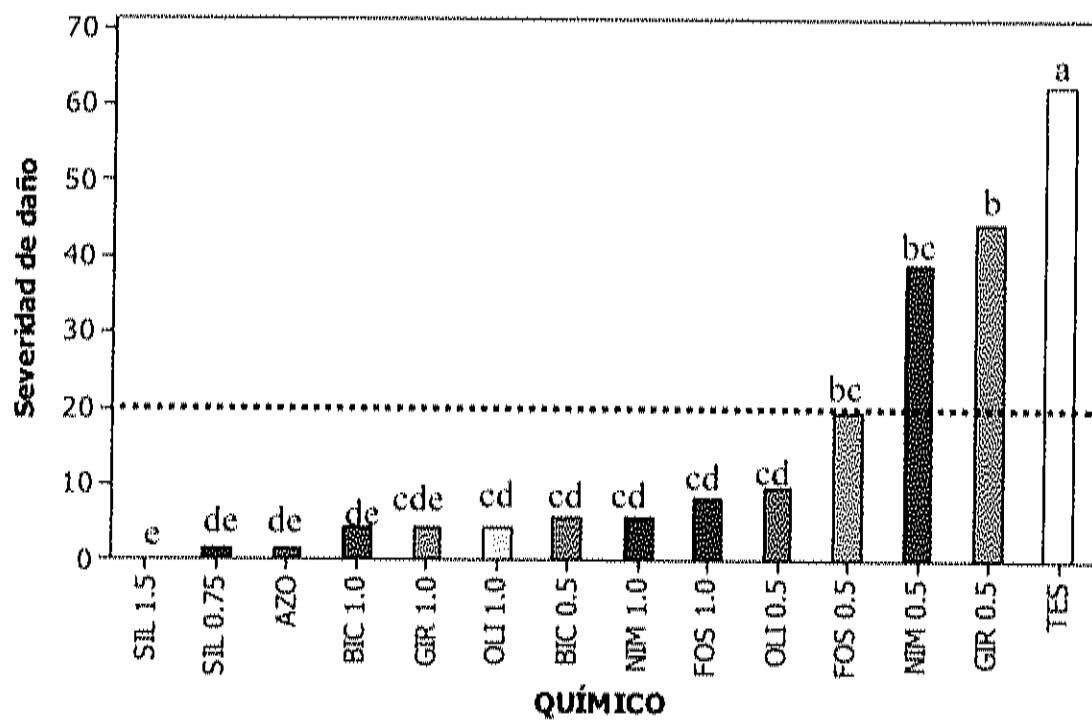


Figura 6. Medias de severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino tratados con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la tercera semana, primera etapa.

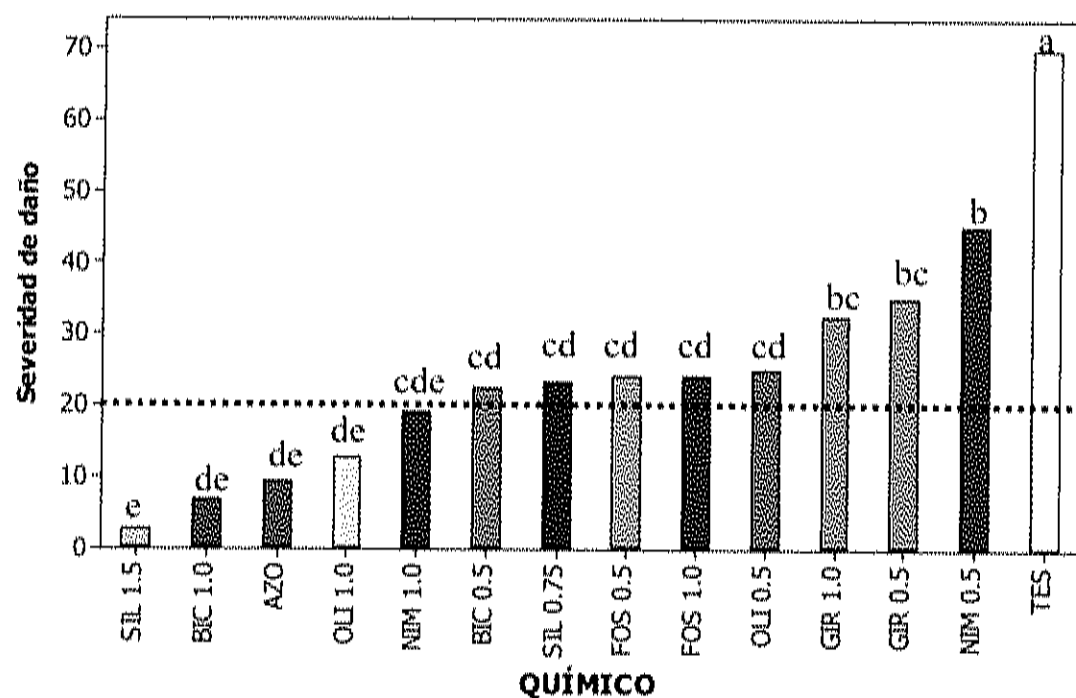


Figura 7. Medias de severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino tratados con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la tercera semana de la segunda etapa.

Selección de las mejores alternativas

Uno de los aspectos importantes a analizar, es la posible aplicación práctica de los productos. Lo anterior está en función de diversos factores entre los que destacan la eficacia del producto su efecto acumulado y la fitotoxicidad. Una manera comúnmente utilizada para medir la eficacia de un fungicida es mediante el porcentaje de control o efectividad biológica. En las Figuras 8 y 9 se presentan respectivamente los porcentajes de control obtenidos en la tercera semana de tratamiento en la primera y segunda etapas.

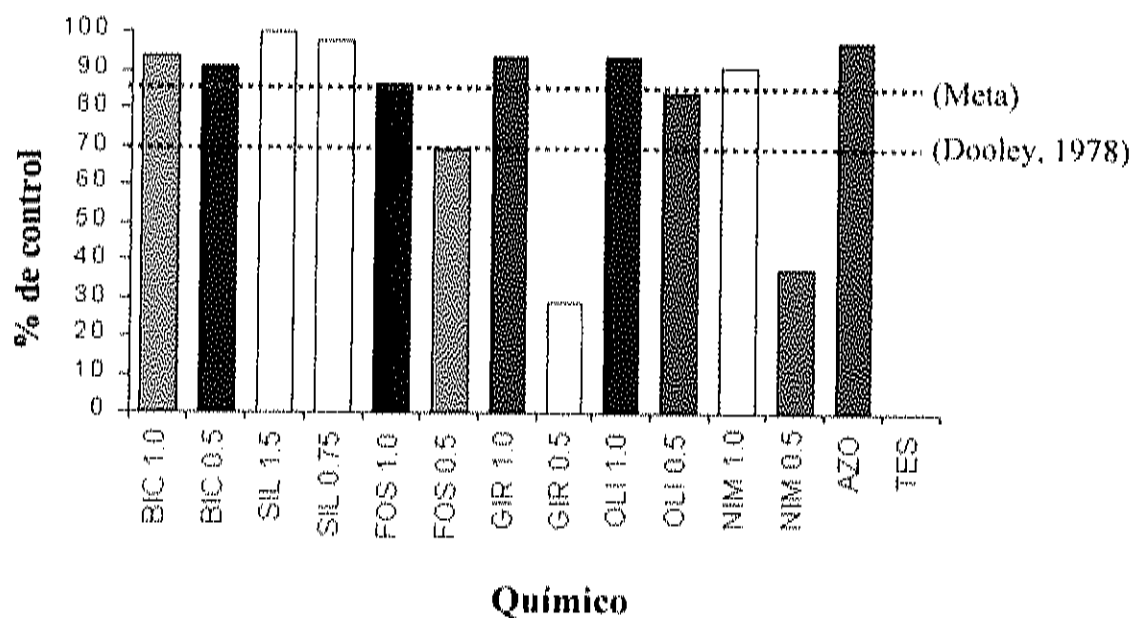


Figura 8. Porcentaje de control de cenicilla con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la primera etapa.

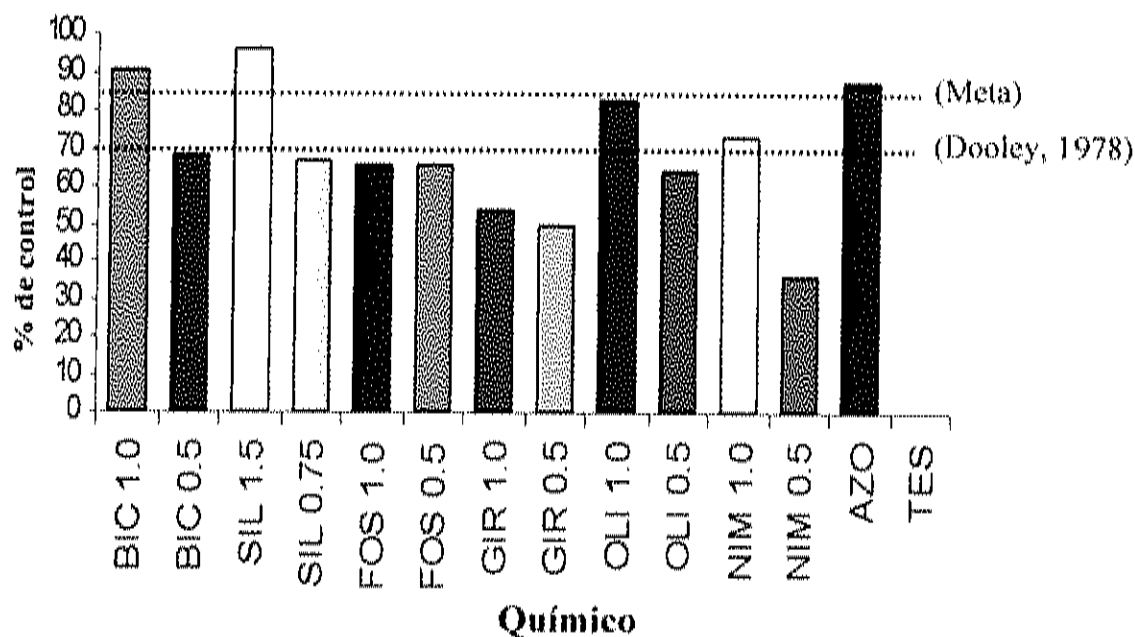


Figura 9. Porcentaje de control de cenicilla con compuestos inorgánicos y aceites vegetales en la segunda etapa.

De acuerdo a Dooley (1978), quien probó diversos fungicidas para el control de cenicilla de manzano, un porcentaje de control de 70% o mayor es satisfactorio. Es por ello que en las figuras 8 y 9 aparecen líneas punteadas de color negro que indican este límite de control. También se muestran en ambas figuras, líneas punteadas de color rojo que señalan el límite de efectividad de 85 % que se planteó como meta en el presente trabajo de investigación.

Como se puede apreciar en la Figura 8, en la primera etapa del experimento se obtuvieron resultados satisfactorios con la mayoría de los productos biocompatibles probados. En cambio, en la segunda etapa (Figura 9), fueron pocos los productos que resultaron satisfactorios y solo uno alcanzó la meta del 85 % de control.

Bicarbonato de potasio. Los datos del Cuadro 9 indican que en la primera etapa de este experimento, el tratamiento con bicarbonato de potasio resultó muy eficaz a las dos concentraciones probadas, mostrando un buen control sobre el desarrollo de la enfermedad a partir de la primera aplicación. Habiendo iniciado en la primera etapa con una severidad de daño de 4.2 % y 1.4 % para los tratamientos de bicarbonato de potasio al 1.0 % (BIC 1.0) y 0.5 % (BIC 0.5), después de tres semanas de aplicación, la enfermedad se mantuvo bajo control, observándose una severidad de daño de 4.2 % y 5.6 % y una efectividad biológica de 93.3 y 91.0 % respectivamente. Estos valores sobrepasan la meta fijada de 85 % y desde luego el límite sugerido por Dooley (1978) para el manejo de la enfermedad.

A pesar de los buenos resultados obtenidos en el control de cenicilla, se observaron síntomas de fitotoxicidad en forma de quemaduras en las hojas más jóvenes desde la concentración 0.5 % según se muestra en la Figura 10. Lo anterior podría limitar el uso de este producto de manera práctica, ya que las concentraciones que son tóxicas para el hongo responsable de la enfermedad, también pueden afectar a la planta de pepino, disminuyendo probablemente con ello su rendimiento.

Lo antes mencionado coincide en parte con lo señalado por Ziv y Zitter (1992), quienes encontraron inhibición de *S. fuliginea* a ambas concentraciones, pero un efecto fitotóxico a una concentración 1 % o mayor, y no a 0.5 %.

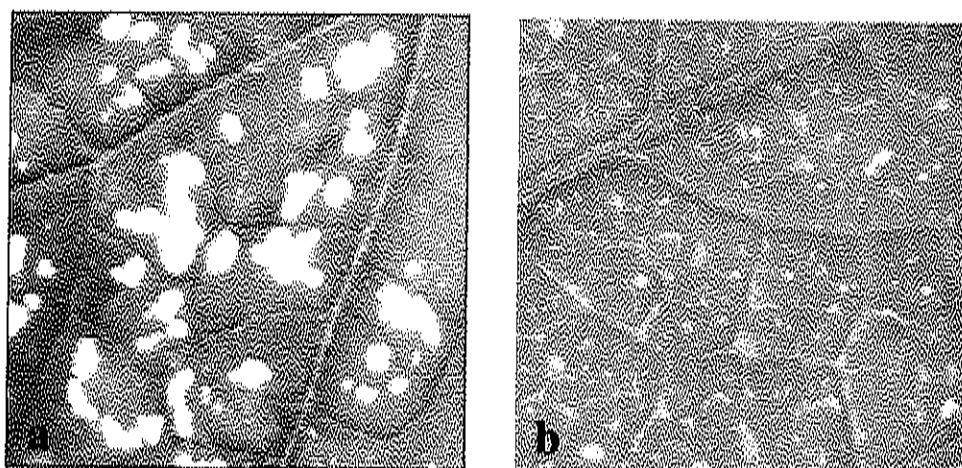


Figura 10. Síntomas de fitotoxicidad ocasionados por bicarbonato de potasio al 1 % (a), y al 0.5 % (b) en hojas del híbrido Borja.

En la segunda etapa del experimento se observó un efecto acumulado ligeramente menor que en la primera etapa. A la concentración 1.0 % de bicarbonato de potasio, las plantas de pepino iniciaron con una severidad promedio de 10.0 %, y la severidad de daño por cenicilla descendió ligeramente o se mantuvo constante a lo largo de las siguientes semanas, alcanzando después de la primera a tercera semana de aplicación un 5.0 %, 3.3. % y 6.7 % respectivamente. Este grado de control puede considerarse adecuado pues la efectividad biológica se mantuvo siempre por encima de 70 %.

En el caso del tratamiento BIC 0.5 la severidad de daño inició en 13.3 %, y aumentó a 15.8 % después de la primera semana, 25.8 % en la segunda, y descendió ligeramente a 22.5 % en la tercera en la que pareció haber un pequeño efecto acumulativo. Este efecto fue más evidente analizando los porcentajes de control correspondientes, el cual fue aumentando desde un 36.8 % en la primera semana a 67.9 % en la tercera.

La menor eficacia del bicarbonato de potasio durante la segunda etapa del experimento pudiera deberse a la influencia de otros factores, como la temperatura ambiental, tal como sucede con el silicato de potasio, el cual se vuelve inefectivo a una temperatura ambiental mayor de 25 °C (Schuenger y Hammer, 2003).

Silicato de potasio. Durante la primera etapa del experimento, la aplicación foliar de silicato de potasio a la concentración 1.5 % (equivalente a 65 mM) mostró un grado de control casi absoluto de la enfermedad desde la primera semana, y total a partir de la segunda. El tratamiento al 0.75 % de silicato de potasio (32.5 mM) fué menos efectivo en la primera semana, pero a partir de la segunda se observó una disminución drástica de la severidad de daño por cenicilla, alcanzando un 1.4 % al final de la tercera semana. Esto sugiere un efecto acumulativo del producto de la misma manera que sucedió con el bicarbonato de potasio. Por su parte, la efectividad biológica fue siempre superior a 85 %.

Los resultados obtenidos con este producto fueron similares a los reportados por Menzies *et al.* (1992). Dichos autores utilizando una solución 34 mM obtuvieron un índice de daño equivalente a una efectividad biológica del 69 % después de una semana de tratamiento, mientras que en el presente experimento dicha variable fue de 56 % para el tratamiento SIL 0.75 que contiene aproximadamente la misma concentración de silicato de potasio.

En la segunda etapa, a la concentración 0.75 % de silicato de potasio, el grado de control no resultó tan efectivo como en la primera etapa. En este caso la severidad de daño aumentó a 30.8 % después de la segunda semana y descendió un poco, a 23.3

% después de la tercera semana de aplicación, lo que equivale a 37.4 y 67.9 % de efectividad biológica. Estos resultados muestran que el tratamiento SIL 0.75 % a temperaturas promedio de aproximadamente 24 °C no fue tan efectivo como a 20 °C, lo cual coincide con lo reportado por Schuerger y Hammer (2003). Es importante señalar que en el caso de éstos autores se utilizaron soluciones de silicato de potasio aplicadas en el riego, a diferencia del presente experimento en donde la aplicación fue foliar.

Por otro lado, para los dos tratamientos con silicato de potasio, se observó la acumulación de una capa fina de silicato de potasio en la superficie de las hojas que les confiere un aspecto vítreo y ocasiona algunos puntos cloróticos, y un leve arrugamiento de las hojas (Figura 11). Lo anterior podría relacionarse a una posible fitotoxicidad ocasionada por este producto.

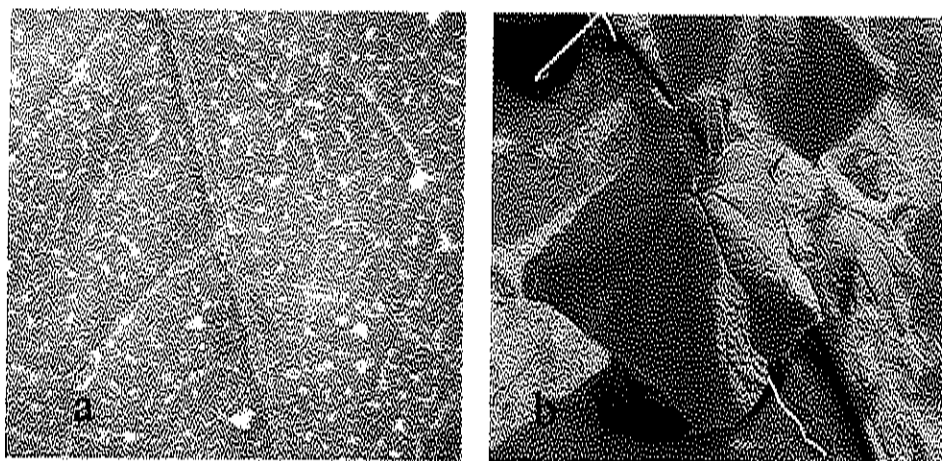


Figura 11. Síntomas de fitotoxicidad ocasionados por silicato de potasio al 1.5 % en hojas del híbrido de pepino Borja. (a), acumulación de producto con clorosis; (b), arrugamiento.

Fosfato de potasio. Los tratamientos con fosfato monopotásico mostraron un control de la enfermedad ligeramente menor que los tratamientos con bicarbonato y silicato de potasio, en especial en la segunda etapa del experimento.

En la primera etapa y semana de aplicación, el tratamiento con fosfato monopotásico al 1 % (FOS 1.0), logró mantener eficazmente el índice de severidad de daño en 2.8 %, mientras que con el tratamiento al 0.5 % (FOS 0.5) la severidad de daño aumentó ligeramente a 12.5 %. Para después de la segunda semana de aplicación el grado de control mejoró ligeramente para el tratamiento FOS 1.0, alcanzando el mínimo para este producto en todo el experimento, y que fue 1.4 % de severidad, o 97.6 % de efectividad biológica. En cambio, el tratamiento FOS 0.5 aumentó ligeramente el porcentaje de severidad respecto a la semana anterior. La evaluación realizada después de la tercera aplicación del tratamiento FOS 1.0 mostró una severidad aún muy baja, de 8.3 %, mientras que para el FOS 0.5 dicha valor fue de 19.4 %. Los datos expresados como porcentaje de control, son respectivamente 86.7 % y 69.0 %. Lo anterior parece indicar que utilizando concentraciones de fosfato de potasio entre 0.5 % y 1.0 % se pueden lograr un buen control de la cenicienta, para las condiciones prevalecientes de temperatura y humedad relativa de esta etapa del experimento.

Los resultados antes señalados coinciden plenamente con los reportados por Reuveni *et al.* (1995), quienes obtuvieron un índice promedio de daño (en escala 0-4) de 0.6, equivalente a 15 % de severidad de daño, o un 85 % de efectividad biológica calculada según los datos reportados por dichos autores.

En la segunda etapa, habiendo partido de 13.3 % y 10.8 % de severidad de daño para los productos químicos FOS 1.0 y FOS 0.5 respectivamente, el nivel de severidad fue aumentando gradualmente hasta alcanzar en ambas concentraciones 24.17 % al final de las tres semanas de aplicación. De la misma manera que en el caso del bicarbonato de potasio y del silicato de potasio, los valores de severidad de daño obtenidos con fósforo monopotásico fueron más altos en la segunda etapa que en la primera, lo cual probablemente podría atribuirse a condiciones de temperatura diferentes. No se observaron síntomas de toxicidad de este producto en las hojas, lo que coincide con lo encontrado por Reuveni *et al.* (1996).

Aceite de oliva. El aceite de oliva al 1.0 % logró desde la primera aplicación mantener los niveles de severidad de daño por debajo de 15 % y a la concentración de 0.5 % la severidad fue más alta. Los porcentajes de control correspondientes en la primera y segunda etapas en la tercera semana de tratamiento fueron 93.3 % y 81.1 %. Otra vez se observó una menor efectividad en la segunda etapa del experimento, como sucedió con los tratamientos anteriores.

Los anteriores resultados confirman lo señalado por Cheah y Cox (1995) quienes encontraron que el aceite de oliva al 2 % lograba mantener el daño por debajo del 2 % de severidad (93 % de efectividad biológica) en el caso de cenicienta de calabacita.

El aceite de oliva al 0.5 % mostró un menor grado de control que al 1.0 %. La efectividad biológica para la tercera semana fue de 84.5 % en la primera etapa y de 64.3 % en la segunda.

Los resultados de esta investigación muestran que aún a una concentración cuatro veces menor que la utilizada por Cheah y Cox (1995), el aceite de oliva puede llegar a ser efectivo bajo ciertas condiciones cuando se aplica en dosis repetidas espaciadas semanalmente.

Respecto a la toxicidad, se observó (Figura 12) que el tratamiento OLI 1.0 después de tres semanas de aplicación presentó hojas más flácidas y ligeramente más amarillas, lo que hace suponer una ligera fitotoxicidad. Lo mismo se observó con los otros tratamientos con aceites vegetales a la concentración de 1 %. Para confirmar lo anterior se sugiere la realización de pruebas más precisas en las que se analice el color. Esto forma parte de lo realizado en el tercer experimento de este trabajo de investigación.

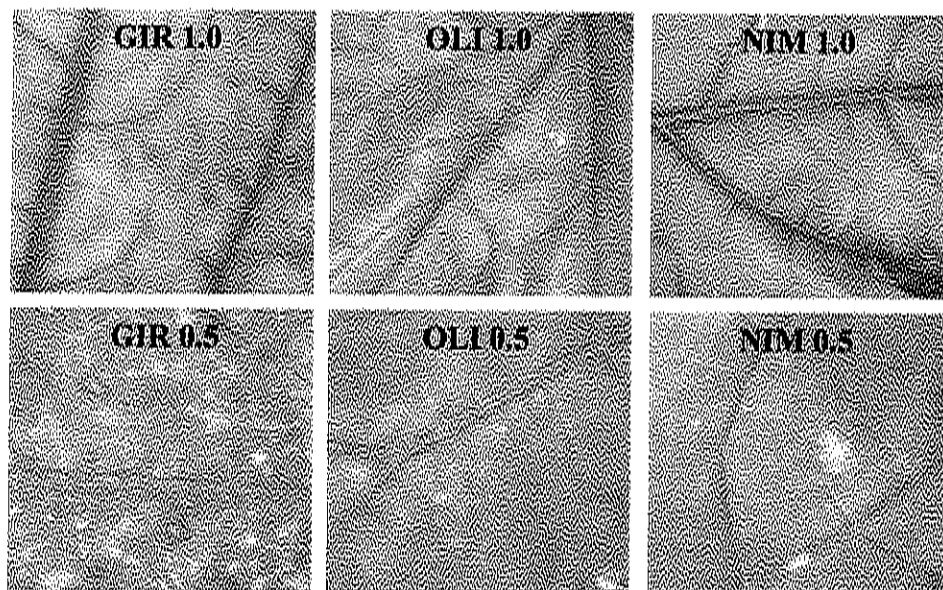


Figura 12. Síntomas de fitotoxicidad ocasionada por aceites vegetales a la concentración 1 %.

Aceites de nim y de girasol. Resultados similares a los obtenidos con aceite de oliva se lograron en la primera etapa con aceite de nim y de girasol cuando la concentración fue de 1.0 %, pero al disminuir la concentración a 0.5 %, la severidad de daño por cenicilla en la tercera semana alcanzó respectivamente 38.9 % y 44.4 % (Cuadro 9) observándose una tendencia ascendente del daño desde la primera semana. La efectividad biológica correspondiente fue de 37.8 % y 29.0 %.

En la segunda etapa del experimento sólo el aceite de nim al 1.0 % resultó eficaz en el control de la enfermedad, alcanzando una efectividad biológica en la tercera semana de 72.6 %.

Los resultados anteriores muestran que existen diferencias en el nivel de eficacia entre aceites vegetales de distinto origen. Una teoría, propuesta por Northover y Schneider (1996) que podría explicar esta diferencia se basa en el análisis del perfil de ácidos grasos de los diferentes aceites. Según esta teoría existen diferencias en el grado fungicida de un aceite según su contenido de ciertos ácidos grasos en las cadenas de triglicéridos que lo conforman. Es decir, que para un hongo en particular, existen ácidos grasos con mayor capacidad de inhibirlo que otros. Otro trabajo que parece respaldar la teoría anterior, es el de Wang *et al.* (2002), quienes probaron que de 19 ácidos grasos probados, sólo el palmitoleico y el vaccénico eran capaces de evitar totalmente la germinación de esporas de *Erysiphe polygoni* de tomate.

En el presente trabajo de investigación, se utilizó aceite de oliva, el cual según la literatura contiene 80.3 % de ácido oleico (Badui, 1993), que es el ácido

graso predominante. Los otros aceites utilizados de nim y girasol contienen respectivamente sólo un 50 % (Kaushik, 2002) y 18.7 % de éste (Kirk *et al.*, 1996).

Para verificar si esta teoría es aplicable en el caso de *Sphaerotheca fuliginea*, que fue el hongo identificado en este trabajo de investigación, sería necesario realizar un estudio similar al señalado anteriormente, determinándose si el ácido oleico o alguno de los ácidos grasos que componen los aceites vegetales estudiados es el responsable del efecto fungicida.

Otra posible explicación sobre el efecto fungicida de los aceites vegetales se deriva de su contenido de otras sustancias, aparte de ácidos grasos, con capacidad de inhibir por sí mismas a los hongos. En el caso del aceite de oliva, se han reportado ciertas sustancias aldehídicas de 6 (hexanal) a 10 (decenal) átomos de carbono con potente actividad fungicida (Kubo *et al.*, 1995; Cowan, 1999). En el aceite de girasol se han aislado terpenoides con actividad comprobada sobre *Sclerotinia sclerotiorum* y *Verticillium dahliae* (Picman *et al.*, 1990).

En el aceite de nim, Govindachari *et al.* (1998) reportaron la presencia de algunos triterpenoides, en especial en su fracción metanólica, los cuales mostraron gran actividad contra varios hongos fitopatógenos.

Experimento 2. Efecto de combinaciones de compuestos inorgánicos y aceites vegetales en el control de cenicilla en pepino de invernadero

Enseguida se presentan los resultados del segundo experimento que tuvo como objetivo seleccionar formulaciones de mezclas de compuestos inorgánicos y aceites vegetales con eficacia en el control de cenicilla en pepino del híbrido Borja. Se muestran en esta sección los resultados de la evaluación de severidad de daño y se discuten las diferencias entre tratamientos.

Condiciones ambientales

Durante ese periodo, la temperatura máxima registrada fue de 36.1 °C y la mínima de 11.8 °C con una media de 22.9 °C. La humedad relativa máxima fue 100 % y la mínima 14.2 %, con un promedio diario de 72.4 %.

Identificación del hongo

De manera similar a lo realizado en el primer experimento, mediante reconocimiento de las características de los conidios se encontró que el hongo responsable de la enfermedad en este segundo experimento fue *Sphaerotheca fuliginea* (Schlechtend.:Fr, Pollaci).

Evaluación de la severidad de daño

Los resultados muestran diferencia significativa tanto para el factor Químico como para el factor Tiempo así como en la interacción Químico*Tiempo, según se puede apreciar en el Cuadro 12.

Experimento 2. Efecto de combinaciones de compuestos inorgánicos y aceites vegetales en el control de cenicilla en pepino de invernadero

Enseguida se presentan los resultados del segundo experimento que tuvo como objetivo seleccionar formulaciones de mezclas de compuestos inorgánicos y aceites vegetales con eficacia en el control de cenicilla en pepino del híbrido Borja. Se muestran en esta sección los resultados de la evaluación de severidad de daño y se discuten las diferencias entre tratamientos.

Condiciones ambientales

Durante ese periodo, la temperatura máxima registrada fue de 36,1 °C y la mínima de 11,8 °C con una media de 22,9 °C. La humedad relativa máxima fué 100 % y la mínima 14,2 %, con un promedio diario de 72,4 %.

Identificación del hongo

De manera similar a lo realizado en el primer experimento, mediante reconocimiento de las características de los conidios se encontró que el hongo responsable de la enfermedad en este segundo experimento fue *Sphaerotheca fuliginea* (Schlechtend.:Fr, Pollaci).

Evaluación de la severidad de daño

Los resultados muestran diferencia significativa tanto para el factor Químico como para el factor Tiempo así como en la interacción Químico*Tiempo, según se puede apreciar en el Cuadro 12.

Experimento 2. Efecto de combinaciones de compuestos inorgánicos y aceites vegetales en el control de cenicilla en pepino de invernadero

Enseguida se presentan los resultados del segundo experimento que tuvo como objetivo seleccionar formulaciones de mezclas de compuestos inorgánicos y aceites vegetales con eficacia en el control de cenicilla en pepino del híbrido Borja. Se muestran en esta sección los resultados de la evaluación de severidad de daño y se discuten las diferencias entre tratamientos.

Condiciones ambientales

Durante ese periodo, la temperatura máxima registrada fue de 36.1 °C y la mínima de 11.8 °C con una media de 22.9 °C. La humedad relativa máxima fue 100 % y la mínima 14.2 %, con un promedio diario de 72.4 %.

Identificación del hongo

De manera similar a lo realizado en el primer experimento, mediante reconocimiento de las características de los conidios se encontró que el hongo responsable de la enfermedad en este segundo experimento fue *Sphaerotheca fuliginea* (Schlechtend.:Fr, Pollaci).

Evaluación de la severidad de daño

Los resultados muestran diferencia significativa tanto para el factor Químico como para el factor Tiempo así como en la interacción Químico*Tiempo, según se puede apreciar en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza para severidad de daño por cenicilla de tratamientos con mezclas de aceites vegetales y compuestos inorgánicos.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Químico	13	22071.1	22071.1	1697.78	25.48	0.000
Tiempo	3	5923.53	5923.53	1974.51	68.54	0.000
Planta(Químico)	56	3731.11	3731.11	66.63	2.31	0.000
Químico*Tiempo	39	12964.40	12964.40	332.42	11.54	0.000
Error	168	4839.58	4939.58	28.81		
Total	279	49529.72				

Interacción Químico*Tiempo. En el Cuadro 13 se presentan los resultados de severidad de daño y efectividad biológica calculados de acuerdo a la fórmulas (1) y (2). Estos datos representan el comportamiento de los productos químicos a lo largo de las tres semanas de aplicación.

Mientras que en algunos productos químicos aumentó la severidad calculada, en otros disminuyó, dando lugar a la fuerte interacción obtenida.

Como se observa en el Cuadro y Figura 13, los tratamientos que más disminuyeron los promedios de severidad fueron FOS+OLI, SIL 1.5, NIM-CIAD 1.0 y BIC 1.0 y SIL+NIM. Enseguida, los que permanecieron más o menos constantes respecto a los valores iniciales fueron los tratamientos NIM 1.0, SIL+OLI, OLI 1.0, AZO y FOS+NIM. Los que más incrementaron sus promedios de severidad conforme transcurrió el tiempo fueron FOS 1.0, BIC+NIM, BIC+OLI y el testigo (TES).

Cuadro 13. Efecto de los tratamientos de mezclas de compuestos inorgánicos y aceites vegetales sobre la severidad de daño por cenicilla en hojas de pepino.

Fecha Químico	26/03/2004		02/04/2004		09/04/2004		16/09/2004			Media	
	S ₀	S ₁	E ₁	S ₂	E ₂	S ₃	E ₃	S ₃	E ₃	S	E
BIC 1.0	10.0 a	5.0 cde	80.0	3.3 e	93.3	6.7 de	90.4	6.1 f	83.6		
SIL 1.5	11.7 a	3.3 cde	86.8	2.5 e	94.9	2.5 e	96.4	5.0 f	86.9		
FOS 1.0	13.3 a	12.5 bc	50.0	20.8 bc	57.7	24.2 bc	65.4	17.7 bc	53.6		
OLI 1.0	11.7 a	0.8 de	96.8	4.2 de	91.5	12.5 cde	82.1	7.5 ef	80.9		
NIM 1.0	9.2 a	2.5 cde	90.0	20.0 bcd	59.3	19.2 bcde	72.6	12.7 cde	66.6		
NIM-CIAD 1.0	11.7 a	3.3 cde	86.8	0.8 e	98.4	5.0 de	92.9	5.2 f	86.4		
BIC+OLI	15.0 a	16.7 ab	33.2	25.0 b	49.2	35.8 b	48.9	23.1 b	39.4		
BIC+NIM	11.7 a	5.8 cde	76.8	21.7 bc	55.9	30.8 b	56.0	17.5 bc	54.1		
SIL+OLI	10.8 a	10.8 bcd	56.8	12.5 bcde	74.6	19.2 bcde	72.6	13.3 cd	63.1		
SIL+NIM	8.3 a	4.2 cde	83.2	7.5 cde	84.8	10.8 cde	84.6	7.7 def	79.8		
FOS+OLI	7.5 a	1.7 de	93.2	3.3 e	93.3	5.8 de	91.7	4.6 f	88.0		
FOS+NIM	8.3 a	6.7bcde	73.2	20.0 bcde	59.3	22.5 bcd	67.9	14.4 c	62.3		
AZO	14.2 a	0.0 e	100.0	10.0 bcde	79.7	9.2 cde	86.9	8.3 def	78.1		
TES	8.3 a	25.0 a	0.0	49.2 a	0.0	70.0 a	0.0	38.1 a	0.0		
Promedio	10.8 d	7.0 c	71.9	14.4 b	70.8	19.5 a	72.0	12.9	66.1		

NOTAS: BIC 1.0, bicarbonato de potasio 1%; SIL 1.0, silicato de potasio 1.5%; FOS 1.0, fosfato de potasio 1%; OLI 1.0, aceite de oliva 1%; NIM 1.0, aceite de nim 1%; BIC+NIM, bicarbonato de potasio y aceite de nim; BIC+OLI, bicarbonato de potasio y aceite de oliva; SIL+OLI, silicato de potasio y aceite de oliva; SIL+NIM, silicato de potasio y aceite de nim; FOS+OLI, fosfato de potasio y aceite de oliva; FOS+NIM, fosfato de potasio y aceite de nim; AZO, azoxystrobin 0.1%; TES, testigo. S₀ a S₃, severidad de daño inicial hasta la tercera aplicación; E₀ a E₃, efectividad biológica inicial hasta la tercera semana de aplicación. Literales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (p=0.05). Para los promedios, literales distintos en el mismo renglón indican diferencias significativas en el tiempo.

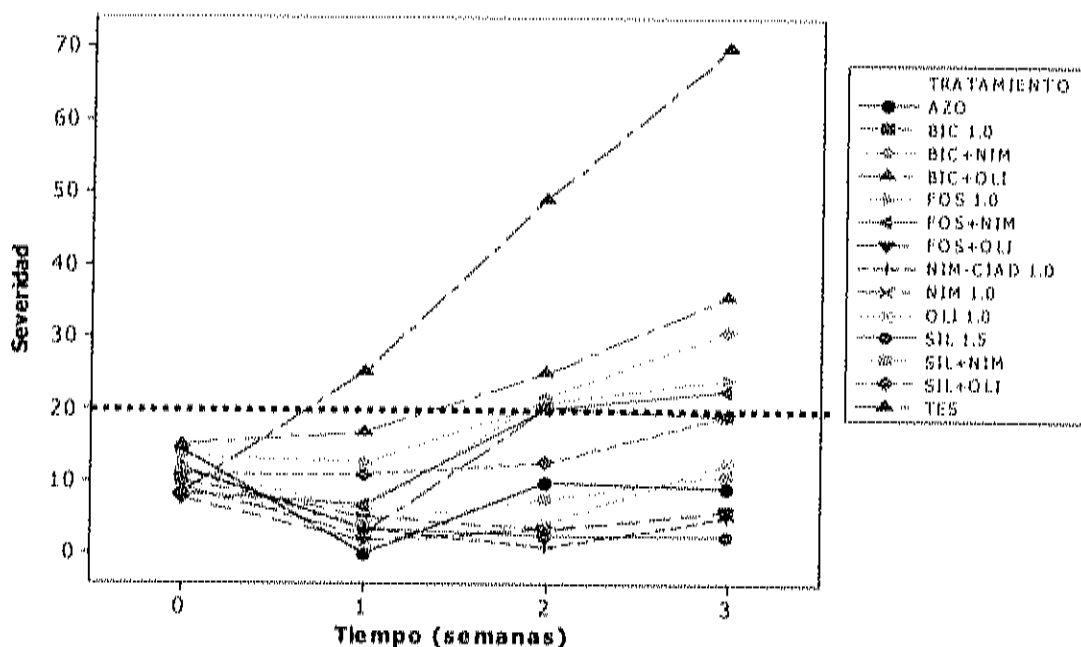


Figura 13. Interacción de Químico y Tiempo para la severidad de daño de cenicilla en hoja de pepino de invernadero en tratamientos con aplicaciones repetidas de combinaciones de productos inorgánicos y aceites vegetales. NOTAS: BIC 1.0, bicarbonato de potasio 1 %; SIL 1.0, silicato de potasio 1.5 %; FOS 1.0, fosfato de potasio 1 %; OLI 1.0, aceite de oliva 1 %; NIM 1.0, aceite de nim 1 %; BIC+NIM, bicarbonato de potasio y aceite de nim; BIC+OLI, bicarbonato de potasio y aceite de oliva; SIL+OLI, silicato de potasio y aceite de oliva; SIL+NIM, silicato de potasio y aceite de nim; FOS+OLI, fosfato de potasio y aceite de oliva; FOS+NIM, fosfato de potasio y aceite de nim; AZO, azoxystrobin 0.1%; TES, testigo.

Efectos principales. Enseguida se analizan los efectos de los factores químico y tiempo sobre la severidad de daño por cenicilla.

Químico. De acuerdo a los resultados presentados en el Cuadro 13, las medias más bajas de la variable de respuesta se obtuvieron con los productos químicos FOS+OLI, SIL 1.5, NIM-CIAD 1.0 y BIC 1.0, los cuales promediaron respectivamente 4.6 %, 5.0 %, 5.2 % y 6.1 % de severidad de daño. Con un buen grado de control, se ubicaron después los

productos químicos OLI 1.0 con un 7.3 % de severidad y SIL+NIM con un 7.7 %. Estos resultados fueron similares estadísticamente a los obtenidos con el fungicida comercial (AZO), el cual tuvo un promedio de 8.3 % de severidad de daño.

Un poco menos efectivos, pero aceptables en el grado de control sobre la cenicilla, resultaron los productos químicos NIM 1.0, SIL+OLI y FOS+NIM, con los cuales se alcanzó una severidad de 13.3 % y 14.4 % respectivamente.

Las mezclas de bicarbonato de potasio con aceite de nim (BIC+NIM) y con aceite de oliva (BIC+OLI) y el fosfato de potasio al 1 % (FOS 1.0) tuvieron el menor efecto de control de cenicilla de todos los productos químicos, promediando respectivamente 17.5 %, 23.1 % y 17.7 % de severidad de daño. El testigo, por su parte, alcanzó un promedio de severidad de daño de 38.1 %.

Tiempo. En la Figura 14 se puede observar que el efecto del factor Tiempo sobre el promedio de severidad de los productos químicos presenta un comportamiento anormal en el Tiempo 1, donde descendieron ligeramente los valores. Esto quizá se debió a la influencia sobre el desarrollo del hongo de las condiciones climatológicas prevalecientes días antes de la evaluación, especialmente la lluvia.

Después de analizar los datos registrados de las condiciones ambientales de los días que precedieron a la evaluación de daño de esa semana (en el termómetro e higrómetro digital marca HOBO), se encontró que se presentó lluvia precisamente el día 31 de marzo, dos días antes de la evaluación. Esto pudo haber disminuido los síntomas de la enfermedad, pues el invernadero en el que se desarrolló el experimento no contaba con techo impermeable, permitiendo con ello que las hojas quedaran expuestas a la

lluvia. De acuerdo a diversos autores (Blancard *et al.*, 1991; Sivapalan., 1993), las altas humedades relativas y la presencia de agua libre en las hojas, entorpece el desarrollo del hongo, al disminuir la capacidad de germinación de las esporas.

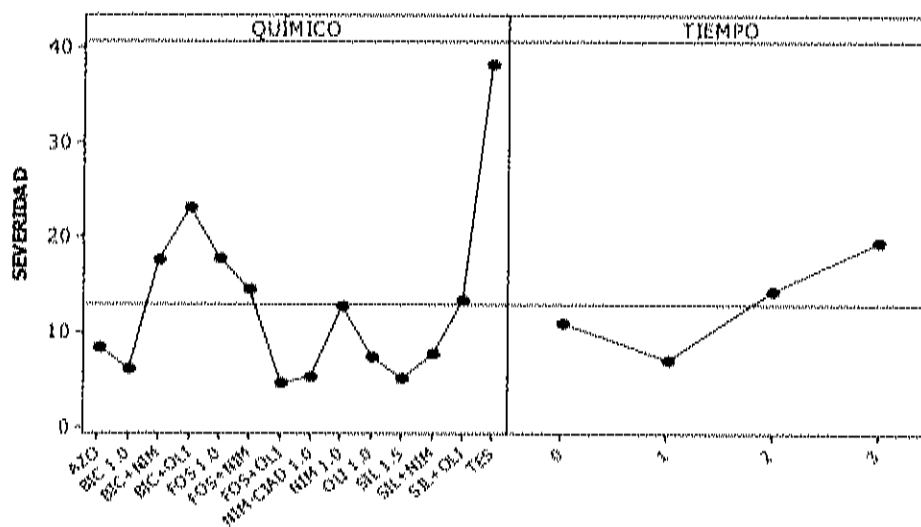


Figura 14. Efectos principales sobre la variable Severidad para los factores Químico y Tiempo.

Por otro lado, en las semanas 2 y 3 se observó un incremento sostenido del promedio de severidad de daño, encontrándose diferencias significativas entre todos los niveles de este factor.

Comparación de medias. Como se constata en el Cuadro 13 y Figura 15, todas los productos químicos probados tuvieron algún efecto sobre la severidad de daño por cenicilla. Tomando en cuenta el promedio de todos los tiempos de evaluación, los mejores tratamientos resultaron FOS+OLI, SIL 1.5, NIM-CIAD 1.0 y BIC 1.0, los cuales tuvieron una severidad de daño menor de 6.1 % y efectividad biológica promedio

mayor de 83.6 %. Ligeramente menos efectivos, pero no distintos significativamente de acuerdo a la prueba de Tukey ($p=0.05$) se ubicaron los tratamientos OLI 1.0, SIL+NIM y AZO. Todos ellos promediaron severidades de daño inferiores a 8.3 % y efectividad biológica mayor de 78.1 %. Con una eficacia un poco menor a los anteriores resultaron los químicos NIM 1.0, SIL+OLI y FOS+NIM. En este caso la severidad promedio más alta fue de 14.4 % y el porcentaje de control promedio más bajo fue de 62.3 %. Por último, los tratamientos menos efectivos resultaron aparte del testigo, los químicos BIC+NIM, FOS 1.0 y BIC+OLI que alcanzaron en el caso de este último producto una severidad de daño de 23.1 % y efectividad biológica de sólo 39.4 %.

Es interesante señalar que todas mezclas utilizadas de productos inorgánicos con aceites vegetales disminuyeron significativamente el grado de severidad de daño provocado por cenicilla en la hoja de pepino respecto al testigo.

También se debe destacar que aún cuando la concentración individual de los productos que formaron los tratamientos de mezclas fue cuatro veces menor que la de los productos químicos simples, el grado de control fue similar estadísticamente. Esto parece indicar que se presentó probablemente sinergismo entre productos. La mezcla que más acusó este efecto fue la de fosfato de potasio y aceite de oliva (FOS+OLI). Si comparamos este producto químico con los que utilizan los productos simples aplicados a mayor concentración (FOS 1.0, OLI 1.0), se observa un mejor grado de control alcanzando un 88 % de efectividad biológica en promedio.

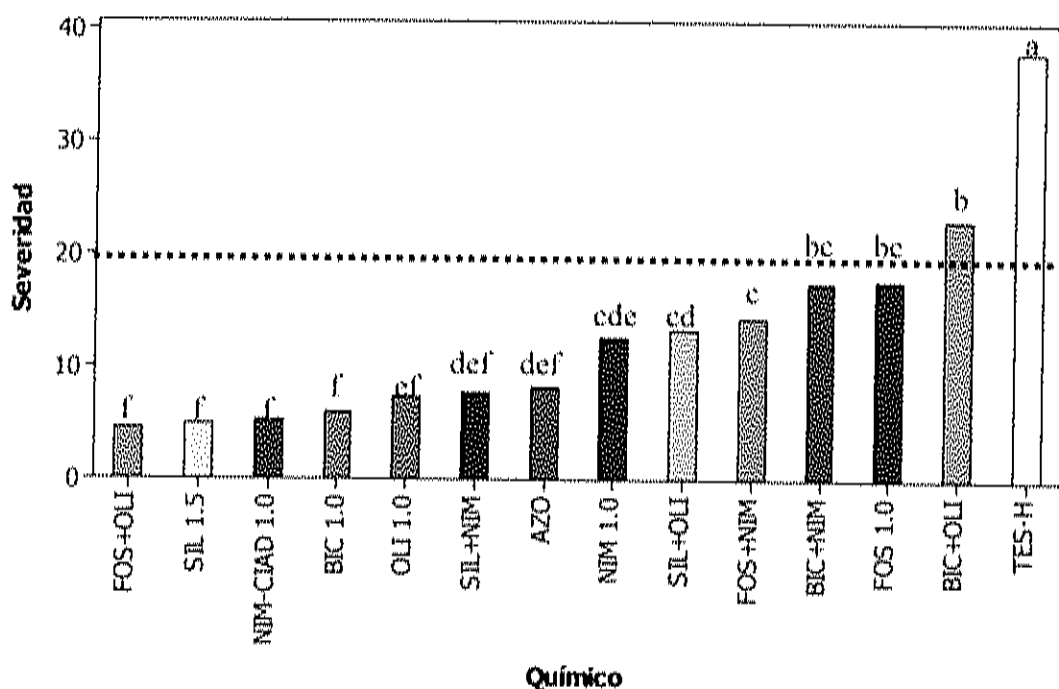


Figura 15. Promedios de severidad de daño por cenicilla de tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas de ellos.

El bajo grado de control obtenido con las mezclas de bicarbonato de potasio y aceites vegetales pudiera deberse a la baja concentración utilizada de los ingredientes activos. Esta concentración fue seleccionada considerando que en el experimento 1 se había encontrado que el bicarbonato de potasio al 0.5 % podía producir fitotoxicidad.

Selección de las mejores alternativas

En la Figura 16 se presentan las medias de la severidad de daño por cenicilla de los tratamientos del presente experimento después de la tercera semana. Así mismo, en la Figura 17 se muestran los promedios de efectividad biológica para ese mismo tiempo. Como se puede constatar en dichas figuras los productos químicos que presentaron los

mejores resultados fueron SIL 1.5, NIM-CIAD, BIC 1.0 y FOS+OLI, que tuvieron estadísticamente el mismo grado de control. Enseguida, con una eficacia menor resultaron los tratamientos AZO, SIL+NIM, OLI 1.0, NIM 1.0 y SIL+OLI. Los productos que no lograron controlar la severidad por debajo de 20 % fueron FOS+NIM, FOS 1.0 y BIC+OLI y BIC+NIM.

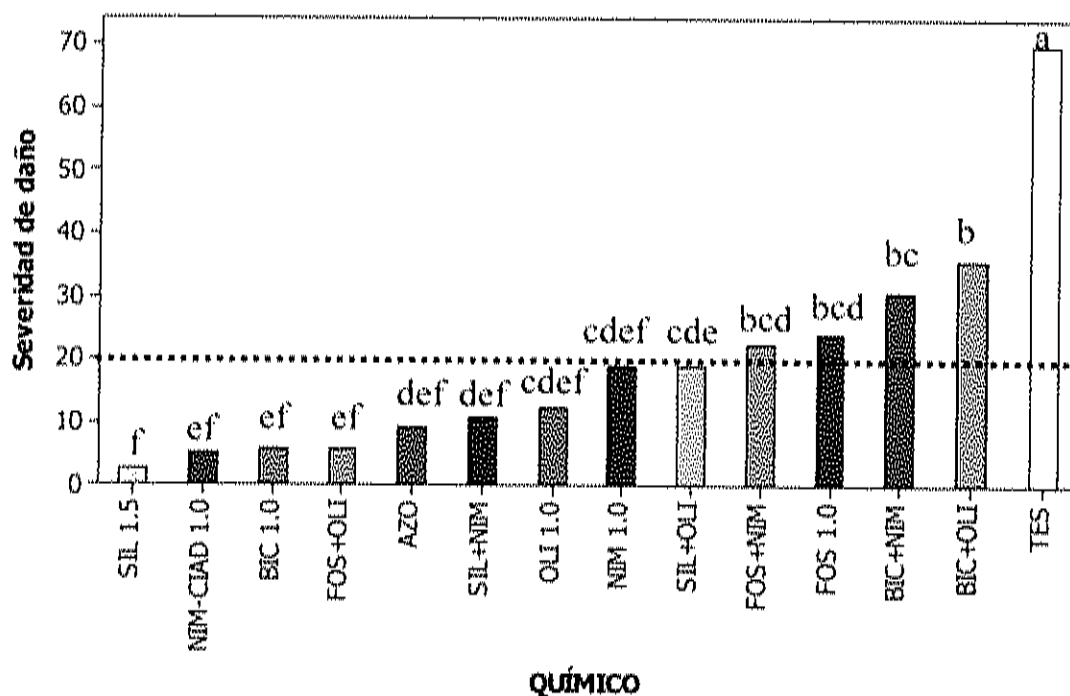


Figura 16. Severidad de daño después de las tercera semana de tratamiento con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y sus mezclas.

En la literatura se han reportado investigaciones de mezclas de aceites minerales con bicarbonato de potasio y de sodio, sin embargo, al parecer no hay información de estudios realizados con mezclas de silicato de potasio o de fosfato de potasio con aceites vegetales.

Ziv y Zitter (1992) en pruebas con calabaza, encontraron que la combinación de bicarbonato de sodio o bicarbonato de potasio con el aceite mineral hortícola Sun Spray al 0.5 % resultó más eficaz que cualquiera de los bicarbonatos al 2 %, logrando mantener el área de la hoja cubierta por la enfermedad por debajo de 6.1 %.

En estudios realizados en rosas, donde el agente causal de cenicilla es *S. pannosa rosae*, Horst *et al.* (1992) encontraron que la mezcla de aceite mineral hortícola con bicarbonato de potasio resultó más eficaz en el control de la enfermedad que los productos individuales.

Por su parte, Elmer y Ferrandino (1993) en pruebas con *S. fuliginea* en melón cantaloupe, en combinaciones de bicarbonato de sodio con un aceite mineral hortícola al 1 %, obtuvieron mejor grado de control de la enfermedad con esta mezcla que con los productos individuales a la misma concentración.

Por otro lado, Ziv y Hagiladi (1993) encontraron que la mezcla de bicarbonato de potasio o bicarbonato de sodio con aceite mineral mantenía los niveles de severidad de daño por cenicilla provocada por *Oidium euonymi-japonica* en la planta de ornato *Euonymus japonica* por debajo de 15 %, resultando más eficaz que los productos aplicados individualmente.

Lo anterior parece confirmar lo observado por diversos autores, donde se ha encontrado que la combinación de dos o más fungicidas con distinto modo o sitio de acción resulta más eficaz que la aplicación de uno solo de ellos (Horst *et al.*, 1992; Ziv y Zitter, 1992; Elmer y Ferrandino, 1993; Ziv y Hagiladi, 1993).

De los productos inorgánicos simples, el silicato de potasio al 1.5 % (v/v) y el bicarbonato de potasio al 1 % (p/v) mostraron un buen grado de control, pues la severidad de daño se mantuvo por debajo del 10 %. Sin embargo, se repitió lo sucedido en el primer experimento, donde el bicarbonato de potasio mostró síntomas de fitotoxicidad en las hojas, en forma de manchas cloróticas. Los resultados obtenidos en esta investigación con bicarbonato de potasio, concuerdan en parte con los de Ziv y Zitter (1992) quienes encontraron que el bicarbonato de potasio al 2 % puede provocar quemaduras en las hojas de calabaza. A diferencia de estos autores, en este experimento se presentó fitotoxicidad a una concentración menor (1 %). Posiblemente esto se deba a un distinto nivel de sensibilidad de los materiales vegetales utilizados.

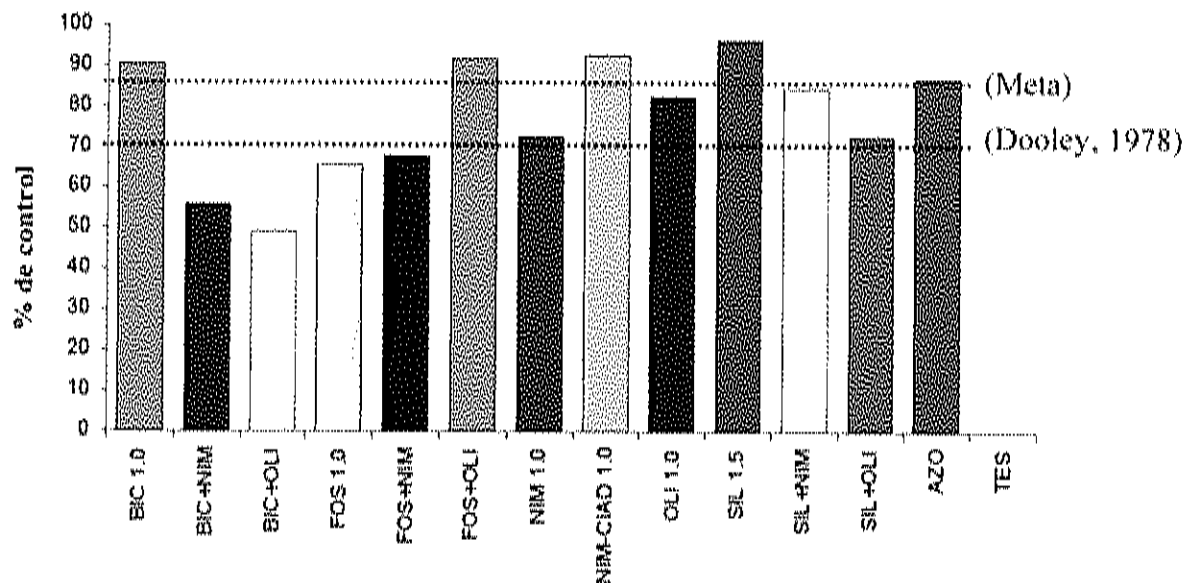


Figura 17. Porcentaje de control de cenicilla con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas en la tercera semana.

Respecto al silicato de potasio al 1.5 %, se confirmó lo sucedido en el primer experimento y continuó siendo el mejor tratamiento de todos los evaluados. El nivel de severidad de daño por cenicilla se ubicó en menos de 2.5 %, pero se observó cierta fitotoxicidad manifestada como un ligero arrugamiento y coloración ceniza de las hojas.

En contraste, el tratamiento con silicato de potasio y aceite de oliva (SIL+OLI) que contiene cuatro veces menos silicato de potasio, fue tan efectivo como el de silicato al 1.5 % (SIL 1.5). Además, no se observaron síntomas de fitotoxicidad en la hoja.

En cuanto a los aceites vegetales aplicados sin mezclar, el mejor tratamiento después de la tercera semana de aplicación resultó el aceite de nim elaborado en el CIAD (NIM-CIAD 1.0), el cual mantuvo la severidad de daño por debajo del 5 % durante las tres semanas de tratamiento y una efectividad biológica de 92.9 %. Este aceite no está refinado, ni recibió ningún tratamiento adicional aparte de la extracción por prensado en frío. Lo anterior podría explicar porqué resultó mucho más eficaz que el aceite de nim comercial (Ecoterra), el cual, es sometido para su comercialización a una emulsificación en agua, proceso que puede deteriorar la composición original del aceite, debido a las reacciones de oxidación que se producen en el medio acuoso.

Como sucedió en el primer experimento, el aceite de oliva al 1 % continuó siendo una opción efectiva en el control de cenicilla, logrando mantener la severidad de daño por debajo de 12.5 % y un porcentaje de control de 82.1 %.

Los resultados anteriores parecen indicar que es posible manejar adecuadamente la cenicilla de pepino, utilizando combinaciones de productos inorgánicos y aceites vegetales, sin que se presenten síntomas adversos por toxicidad en la planta. Sin

embargo, estos resultados solo son válidos para la especie de cenicilla estudiada (*S. fuliginea*), sobre el material vegetal utilizado (híbrido Borja), y en las condiciones ambientales en que se desarrolló este experimento, por lo que se requiere de estudios adicionales para conocer el comportamiento de los productos en condiciones diferentes.

Experimento 3. Comparación de la eficacia, fitotoxicidad y rendimiento en peso de fruto de los mejores tratamientos en tres híbridos comerciales de pepino

Condiciones ambientales

Los datos registrados durante el desarrollo del experimento indicaron que la temperatura máxima registrada fue de 43.4 °C, la mínima de 16.0 °C y el promedio de 29.2 °C. La humedad relativa fue respectivamente, 97.5 %, 6.8 % y 55.2 %.

Identificación del hongo

Ya que no se presentaron cleistotecios, se identificó al hongo responsable de la infección de acuerdo a sus características conidiales (Boesewinkel, 1977,1980), determinándose de nuevo que se trataba de *Sphaerotheca fuliginea*, tal como sucedió en el primer y segundo experimento.

Efecto sobre la severidad de daño

El análisis de varianza mostrado en el Cuadro 14, indica que existieron diferencias significativas para los factores Químico, Híbrido, Tiempo, para la interacción Químico*Tiempo, Híbrido*Químico e Híbrido*Tiempo. Así mismo, resultó significativa la interacción triple Híbrido*Químico*Tiempo.

Para la consulta de los resultados discutidos en el presente experimento se incluye el Cuadro 15, el cual contiene las medias de severidad de daño y la efectividad biológica por Híbrido, Tiempo y Químico.

Cuadro 14. Análisis de varianza para severidad de daño en hoja de pepino de tres híbridos tratados con productos inorgánicos y aceites vegetales.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Híbrido	2	10244	10244	5121.7	75.40	0.000
Químico	7	78438	78438	11205.5	164.95	0.000
Tiempo	3	12215	12215	4071.5	59.94	0.000
Químico*Tiempo	21	31399	31399	1495.2	22.01	0.000
Híbrido*Químico	14	8630	8630	616.4	9.07	0.000
Híbrido*Tiempo	6	5503	5503	917.1	13.50	0.000
Planta(Químico)	32	6481	6481	202.5	2.98	0.000
Híbrido*Químico*Tiempo	42	5641	5641	134.3	1.98	0.001
Error	352	23912	23912	67.9		
Total	479	182462				

S = 8.24201 R-Sq = 86.89% R-Sq(adj) = 82.17%

Interacción Híbrido*Químico*Tiempo. En la Figura 18, se presentan tres gráficas que esquematizan las interacciones Químico*Tiempo para cada Híbrido. Esto resulta en la interacción triple Híbrido*Químico*Tiempo.

Lo primero que destaca de estos resultados, es el hecho de que a pesar del alto grado de infección inicial de las plantas (25.2 % de severidad), todos los tratamientos, excepto el testigo, mostraron control eficiente sobre la enfermedad, observándose una reducción sostenida de la severidad de daño. Lo anterior es importante, ya que sugiere que las formulaciones estudiadas tienen capacidad fungicida y no sólo fungistática. Esto corrobora los resultados obtenidos en el primero y segundo experimentos de este trabajo de investigación.

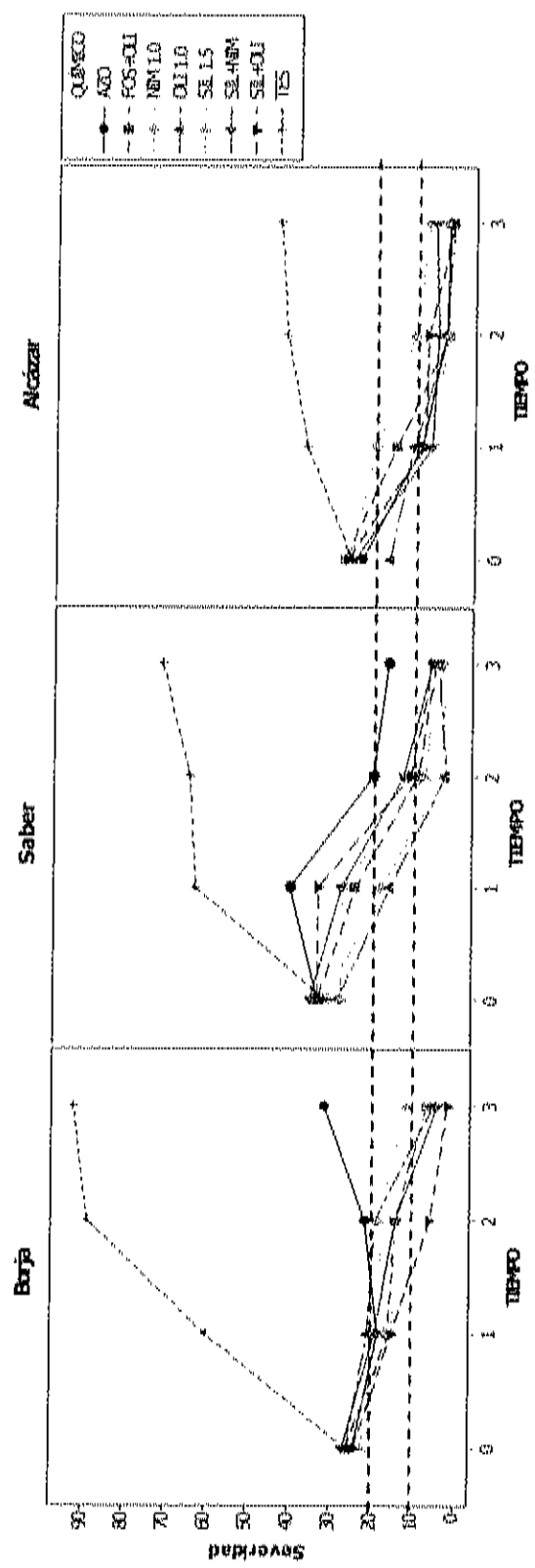


Figura 18. Interacción Híbrido*Químico*Tiempo de la severidad de daño por cenicilla. SIL 1.5, silicato de potasio 1.5 %; OLI 1.0, aceite de oliva 1 %; NIM 1.0, aceite de nim 1 %; SIL+OLI, silicato de potasio 0.75 % más aceite de oliva 0.5 %; SIL+NIM, silicato de potasio 0.75 % más aceite de nim 0.5 %, FOS+OLI, fosfato de potasio 0.5 % más aceite de oliva 0.5 %; AZO, azoxystrobin 0.1%; TES, testigo.

En el Cuadro 15 se muestran los resultados de las medias obtenidas para la severidad de daño por cenicienta y efectividad biológica de los distintos tratamientos a lo largo de las tres semanas de aplicación en los tres híbridos evaluados.

En la primer semana de aplicación en el híbrido Borja y en el Alcázar no se presentaron diferencias entre productos químicos, ya que todos presentaron disminuciones similares en el grado de infección. En cambio, en el híbrido Saber solamente en algunos tratamientos como los aceites sin combinar (OLI 1.0 y NIM 1.0), se logró una disminución significativa de la severidad de daño, mientras que en otros como SIL+OLI y SIL 1.5, e los promedios de severidad permanecieron constantes, e incluso en algunos tratamientos como AZO aumentó.

Los resultados anteriores sugieren una acción fungicida más rápida de los tratamientos con aceites sin mezclar que los formados por mezclas a baja concentración. Ésto podría atribuirse por un lado a una mayor concentración del ingrediente activo en los aceites sin mezclar, que los hizo más efectivos para contrarrestar el alto grado de infección inicial, y por otro, a que los compuestos inorgánicos de las mezclas poseen mecanismos de acción más lentos. En efecto, el silicato de potasio y el fosfato de potasio han sido involucrados recientemente en la inducción en pepino de mecanismos de defensa a *S. fuliginea* (Fawe *et al.*, 1996; Reuveni *et al.*, 2000). Durante el tiempo en que se produce la respuesta inducida en la planta, el cual puede demorar de 3 a 5 días, se sintetizan metabolitos secundarios, entre ellos compuestos flavonoides, que tienen acción sobre el hongo y sus mecanismos de infección (Daayf *et al.*, 1995, 2000; Hammerschmidt y Yang-Cashman, 1995).

Cuadro 15. Efecto de aplicaciones foliares repetidas de mezclas de productos inorgánicos y aceites vegetales sobre la severidad de daño de cenicilla en pepino de tres híbridos diferentes.

HÍBRIDO	BORJA										SABER										ALCAZAR										Total
	S ₀	E ₁	S ₂	E ₂	S ₃	E ₃	S ₄	E ₄	S ₅	E ₅	S ₀	E ₁	S ₂	E ₂	S ₃	E ₃	S ₄	E ₄	S ₅	E ₅	S ₀	E ₁	S ₂	E ₂	S ₃	E ₃	S ₄	E ₄	S ₅	E ₅	
SIL 1.5	22.5 a	16.7 b	22.3	18.3 b	79.3	11.7 c	83.4	17.3 bc	74.1	25.8 a	25.8 bc	57.6	3.8 bc	90.9	3.3 b	93.1	15.1 cd	72.7	25.8 a	6.7 b	80.9	0.8 b	98.0	1.7 b	95.9	8.8 b	75.0	13.7			
OLI 1.0	25.8 a	20.8 b	65.3	19.2 b	78.3	5.8 c	94.6	17.7 bc	75.5	20.7 a	14.2 c	76.6	0.8 c	88.7	2.5 b	86.4	11.1 d	80.0	35.0 a	9.2 b	73.7	1.7 b	95.8	0.0 b	100.0	6.5 b	81.3	12.7			
NIM 1.0	26.7 a	15.0 b	75.0	14.2 b	84.1	6.7 c	92.8	15.7 bc	76.5	29.2 a	16.7 c	72.5	0.8 c	88.7	1.7 b	97.5	12.1 cd	78.2	25.0 a	18.3 ab	47.7	9.2 b	77.0	3.8 b	85.1	14.6 b	58.3	14.1			
SH+OLI	24.2 a	15.0 b	75.0	5.8 b	93.5	1.7 c	98.2	11.7 c	82.5	31.7 a	31.7 bc	47.9	9.2 bc	85.5	4.2 b	93.9	19.2 bc	65.3	25.0 a	6.7 b	80.9	3.8 b	85.5	0.0 b	100.0	9.4 b	73.3	13.4			
SIL+NIM	26.7 a	19.2 b	68.6	14.2 b	84.1	4.2 c	95.5	16.1 bc	75.9	23.3 a	23.8 bc	57.6	10.8 bc	82.7	4.2 b	93.9	18.3 bc	66.7	23.3 a	5.0 b	85.7	3.3 b	91.8	4.2 b	89.9	6.6 b	74.4	14.5			
FOS+OLI	25.8 a	15.0 b	73.7	14.2 b	84.1	6.7 c	92.8	15.6 bc	76.7	31.7 a	22.5 bc	63.0	7.5 bc	88.0	3.3 b	95.2	16.3 cd	70.7	25.8 a	12.5 b	62.0	0.8 b	98.0	0.8 b	98.1	10.2 b	71.0	14.0			
AZO	24.2 a	18.3 b	69.5	21.7 b	75.7	31.6 b	65.8	24.0 b	64.1	31.7 a	38.3 b	37.0	18.3 b	70.7	13.0 b	78.3	25.8 b	53.6	21.7 a	7.5 b	78.6	1.7 b	95.8	0.8 b	98.1	7.9 b	77.6	18.2			
TES	23.3 a	60.0 a	0.0	89.2 a	0.0	92.5 a	0.0	66.9 a	0.0	36.0 a	60.8 a	0.0	62.5 a	0.0	69.2 a	0.0	55.6 a	0.0	24.2 a	33.0 a	0.0	48.0 a	0.0	41.7 a	0.0	25.1 a	0.0	57.1			
Promedio	23.2	22.6	62.3	24.6	72.9	30.0	78.4	25.1	65.3	36.0	29.5	51.5	14.5	76.8	42.9	78.4	21.7	61.0	23.2	12.7	63.7	7.9	80.3	6.9	83.5	11.7	61.9	39.2			

Medias con distinto literal en la misma columna son significativamente diferentes (Tukey, P=0.05)

En la segunda y tercera semana de aplicación todos los tratamientos alcanzaron niveles similares de severidad de daño, excepto con el fungicida selectivo (AZO) en el híbrido Borja, en el cual se observó un incremento significativo probablemente debido a la aparición de resistencia del hongo al azoxystrobin en algunas plantas. Este fenómeno había sido reportado en varios países, pero no en México (McGrath, 2001).

Interacción Químico*Tiempo. En la Figura 19 se aprecia que todos los productos químicos presentaron paralelismo, excepto el testigo y en menor grado el tratamiento AZO. Analizando los datos mediante un ANOVA en que no se incluye al testigo como nivel del factor Químico (Anexo 3) encontramos que el valor de p pasa a ser 0.315, lo que hace no significativa la interacción. Esto demuestra que la mayor parte de esta interacción es producto de la influencia del testigo. El resto de la interacción podría atribuirse principalmente al fungicida selectivo (AZO) el cual mostró a diferencia de los demás productos un incremento ligero del promedio de severidad en la tercera semana.

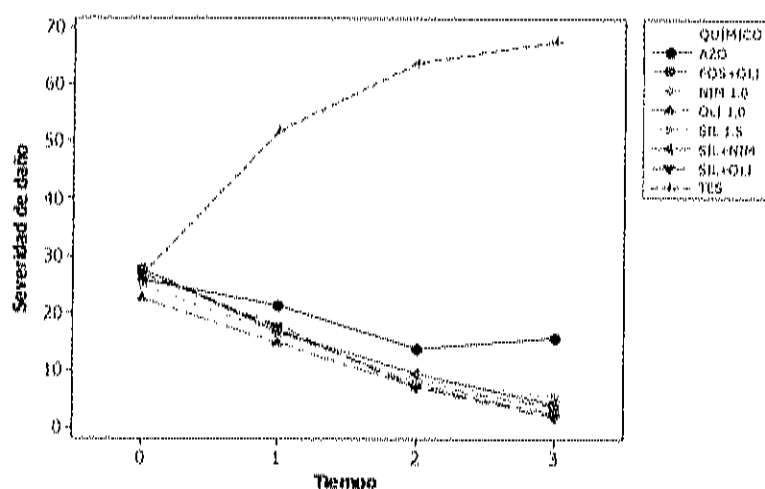


Figura 19. Interacción Químico*Tiempo para la severidad de daño.

Interacción Híbrido*Químico. Analizando la Figura 20, se puede deducir que la interacción resultante se debe en gran parte a la influencia de los productos químicos AZO y NIM 1.0. En el caso del producto químico AZO se puede observar que aún cuando existe cierto paralelismo entre los híbridos Borja y Saber, éste se rompe en el híbrido Alcázar el cual presenta valores muy bajos de severidad. Con el tratamiento NIM 1.0 nuevamente es el híbrido Alcázar el que interrumpe la tendencia de los otros dos híbridos.

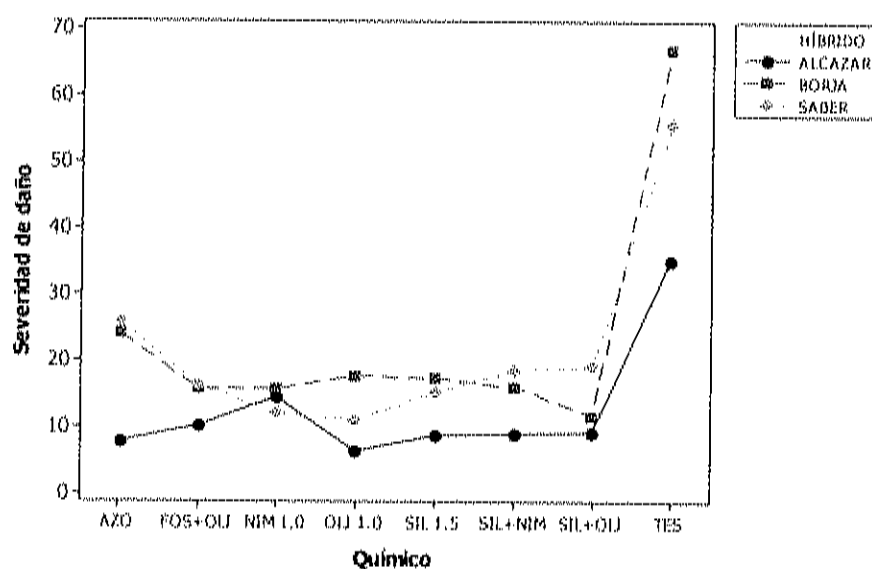


Figura 20. Interacción Híbrido*Químico para la severidad de daño.

Interacción Híbrido*Tiempo. Como se aprecia en la Figura 21, existen tendencias distintas entre híbridos. El híbrido Alcázar disminuyó paulativamente con el tiempo los promedios de severidad. En cambio, el híbrido Saber inició con una disminución leve la primera semana y drásticamente bajó en la segunda, para luego observar otra vez una disminución ligera en la tercera. En el híbrido Borja fue observado un comportamiento irregular. Mientras que en la primera semana la severidad decreció levemente, en la segunda ésta aumentó, para luego disminuir ligeramente en la tercera. Revisando los datos del Cuadro 15 se observa que la mayor parte del incremento observado en el híbrido Borja en la segunda semana podría atribuirse al aumento desproporcionado de la severidad de daño del testigo.

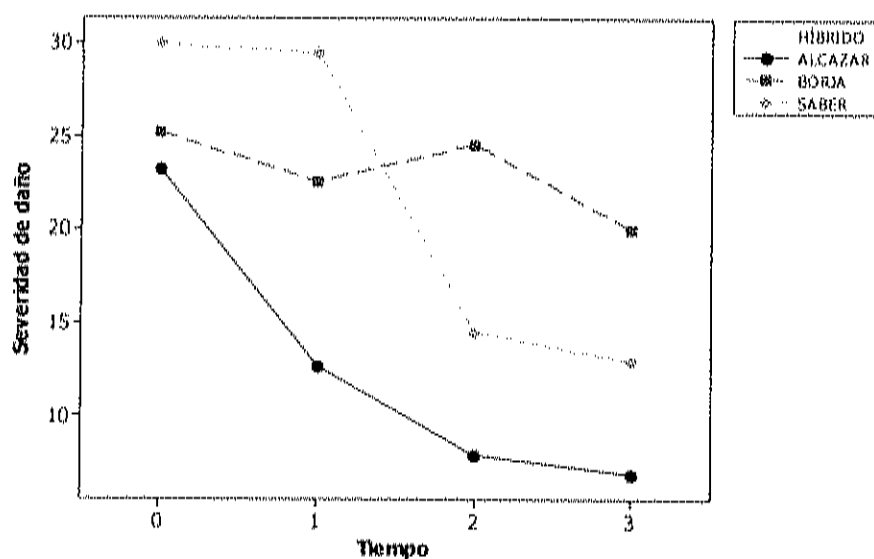


Figura 21. Interacción Híbrido*Tiempo para la severidad de daño.

Efectos principales. En la Figura 22 se muestran tres gráficos que representan los efectos principales de los factores Híbrido, Químico y Tiempo sobre la severidad de daño por cenicilla.

Híbrido. De acuerdo a los resultados del análisis de varianza realizado, se encontró una diferencia altamente significativa entre los niveles del factor Híbrido. Un análisis realizado por la prueba de medias de Tukey mostró que el híbrido Alcázar fue diferente a Borja y Saber, mientras que estos dos últimos no fueron distintos entre sí. El híbrido Borja fue el más susceptible de los tres al daño por cenicilla, seguido por el Saber y Alcázar.

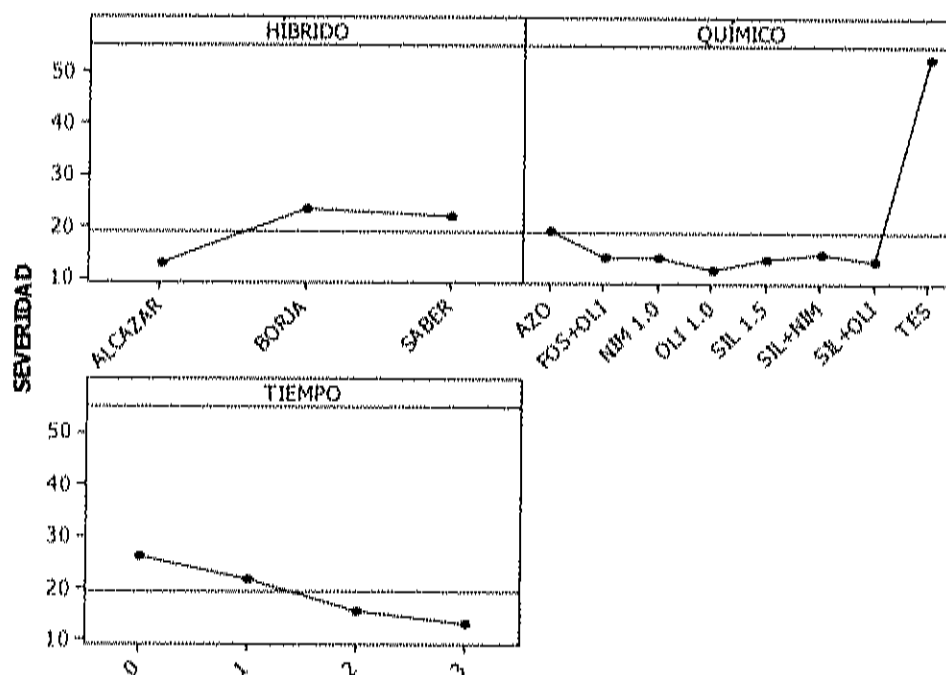


Figura 22. Efectos principales sobre la severidad de daño para los factores Híbrido, Químico y Tiempo.

Químico. Tomando los datos del Cuadro 15 y considerando el promedio de las mediciones de daño de todas las plantas del experimento, los mejores productos químicos fueron el aceite de oliva, con una media general de 11.7 % de severidad de daño por cenicilla en la hoja, seguido por la mezcla SIL+OLI, con un 13.4 %, el silicato de potasio con un 13.7 %, el tratamiento FOS+OLI con un 14.0 % de daño, el aceite de nim (NIM 1.0) con 14.1 % y por último, dentro del mismo grupo de efectividad el tratamiento SIL+NIM con 14.5 % de severidad. Es importante señalar que todos los productos químicos mencionados (excepto SIL+NIM) resultaron mejores estadísticamente que el tratamiento con el fungicida comercial Azoxystrobin (AZO) el cual presentó un promedio de severidad de daño de 19.2 %. El testigo absoluto (TES) en cambio alcanzó un promedio muy alto de daño, con 57.1 % de severidad.

Tiempo. Si bien los promedios generales de severidad de daño fueron relativamente más altos que en el experimento 2, esto se debió en gran medida a que se partió de índices de daño muy elevados; sin embargo, debido al efecto de los tratamientos, dichos niveles descendieron consistentemente hasta alcanzar al final de la tercera semana promedios muy bajos de daño. Esto corrobora los resultados obtenidos en el experimento anterior en donde se utilizaron los mismos productos y parece demostrar que existe un efecto fungicida acumulativo de los productos utilizados sobre *S. fuliginea*.

Comparación de medias por híbrido. En el Cuadro 15 se presentaron las medias de severidad de daño por híbrido de las tres semanas de tratamiento de los productos probados. Así mismo, se señalan las diferencias estadísticas obtenidas entre los niveles del factor Químico, mediante comparación de medias con una prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5 %. Enseguida se discuten las diferencias entre tratamientos por híbrido.

Borja. En este híbrido, el químico que resultó más efectivo fue SIL+OLI, seguido de FOS+OLI, NIM 1.0, SIL+NIM, SIL 1.5 y OLI 1.0. Todos estos productos no fueron diferentes entre sí, sin embargo, el químico AZO fue significativamente menos efectivo que SIL+OLI.

Saber. El tratamiento que presentó el más bajo promedio de severidad de daño por cenicilla fue OLI 1.0. En un grupo de eficacia ligeramente menor, aunque no estadísticamente, se ubicaron los tratamientos NIM 1.0, SIL 1.5 y FOS+OLI. Enseguida, los tratamientos SIL+OLI y SIL+NIM presentaron promedios significativamente diferentes al tratamiento OLI 1.0, aunque estas diferencias parecieron deberse a los valores de severidad iniciales más altos de los primeros, ya que al final de la tercera semana dichos valores fueron similares.

Alcázar. En este híbrido no hubo diferencia significativa entre los niveles del factor Químico.

Efecto acumulativo final. Como ya se ha señalado, muchos tratamientos mostraron diferencias en el grado de control de una semana a otra debidas en algunos casos a niveles de severidad de daño iniciales distintos, o un comportamiento diferente de los productos debido a los mecanismos de acción involucrados. Sin embargo el valor obtenido al final de las aplicaciones repetidas puede ser tomado como referencia para determinar el efecto neto de cada producto (Ehret *et al.*, 2002). Enseguida se analiza el resultado final de los tratamientos por híbrido.

Borja. Los productos con que se obtuvieron los mejores grados de control de la enfermedad después de tres semanas de aplicación fueron SIL+OLI, el cual presentó un porcentaje de severidad de 1.7 %, seguido de la mezcla SIL+NIM con 4.2 %, OLI 1.0 con 5.0 %, FOS+OLI y NIM 1.0 con 6.7 %, y finalmente, SIL 1.5 con 11.7 %. Las diferencias entre estos tratamientos no fueron significativas (ver Cuadro 15). Sólo se presentaron diferencias respecto al testigo químico (AZO) y el testigo (TES).

A juzgar por los índices progresivamente más bajos de severidad de daño conforme transcurrió el tiempo, se pudo constatar un efecto acumulativo de algunos químicos. Lo anterior podría atribuirse a tres causas principales. La primera podría ser la acumulación de los productos utilizados sobre las hojas, en especial los aceites vegetales. En efecto, los aceites vegetales por su estructura química se encuentran entre los productos orgánicos más difíciles de degradar en el ambiente (Kotsuo *et al.*, 2004). Tal cualidad podría explicar el efecto acumulativo o residual observado en los productos químicos utilizados en el presente experimento. La segunda podría deberse a un incremento gradual de la resistencia de las hojas de pepino a la enfermedad debido a la

acción de los productos estimuladores de los mecanismos de resistencia inducida utilizados en mezclas o individualmente como fueron el silicato de potasio y fosfato de potasio (Daayf *et al.*, 1995, 2000; Hammerschmidt y Yang-Cashman, 1995; Reuveni *et al.*, 2000).

Como resultado final de lo anterior, todos los productos químicos consiguieron mantener el nivel de severidad por debajo de 20 % y la efectividad biológica por encima de 70 % (ver Figura 23) lo que supera el límite propuesto por Dooley (1978) para considerar efectivo a un fungicida. Mejor aún, con todos los productos, excepto con SIL 1.5 se obtuvieron severidades de daño menores de 10 %, y el porcentaje de control superó en todos los casos el 85 % planteado como meta en este trabajo de investigación.

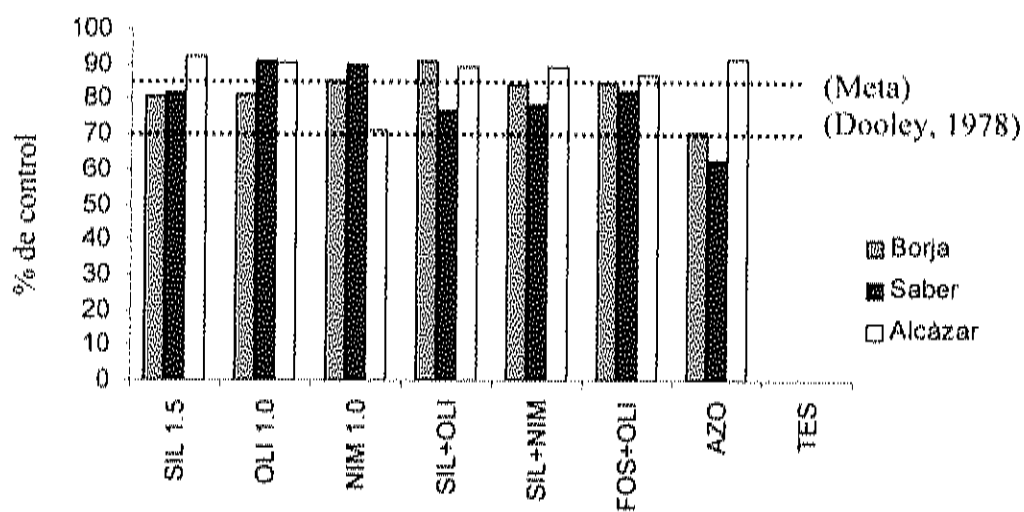


Figura 23. Porcentaje de control o efectividad biológica de los productos biocompatibles del tercer experimento.

Saber. En este híbrido no se encontraron diferencias significativas entre productos químicos. Sin embargo se pudo constatar que todos los tratamientos de productos biocompatibles presentaron severidades menores de 5 % al final de la tercera semana, mientras que el fungicida selectivo (AZO) el promedio fue de 15 %.

Alcázar. En el híbrido Alcázar se observó el mejor grado de control de los productos utilizados. Después de la tercera semana de aplicación el grado de severidad promedio para todos los productos químicos (excepto AZO y TES) fue de 2.0 %.

Es importante señalar que el promedio de severidad al final de las tres semanas fue el más bajo de los tres híbridos. Este resultado podría deberse a la acción combinada de los productos químicos utilizados con la resistencia parcial o tolerancia del mismo híbrido a la cenicilla, ya que como se puede deducir a partir de los datos del Cuadro 15, este material presentó, aún en las plantas testigo, los índices más bajos de severidad de daño de los tres híbridos probados en este experimento.

En diversos estudios, en donde se ha investigado la inducción de compuestos fenólicos se ha encontrado que este tipo de fitoalexinas se producen en mucho mayor cantidad en las variedades de pepino con cierto grado de tolerancia o resistencia a la enfermedad (Daayf *et al.*, 2000). Esto parece coincidir con lo encontrado en el presente trabajo.

Estimación de fitotoxicidad mediante análisis con colorímetro

Como se puede apreciar en el Cuadro 16, si se considera a* como variable de respuesta, existe diferencia significativa entre los niveles de los factores Químico, Híbrido, y para la interacción Híbrido*Químico. Esto significa que los distintos productos químicos e híbridos dieron respuestas diferentes en la variable a*.

Cuadro 16. Análisis de varianza para a* como variable de respuesta del color en hojas de pepino de dos híbridos sometidos a tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Químico	8	11034	1103	137.9	44.18	0.000
Híbrido	1	138	436	436.4	139.80	0.000
Híbrido*Químico	8	436	125	15.7	5.02	0.000
Planta(Químico Híbrido)	72	959	959	13.3	4.27	0.000
Error	450	13	1405	3.1		

Esta misma interacción se presentó cuando se utilizó la variable de respuesta b*, según se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Análisis de varianza para b* como variable de respuesta del color en hojas de pepino de dos híbridos sometidos a tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Químico	8	6961	6961	870.2	53.76	0.000
Híbrido	1	1711	1710	1710.8	105.70	0.000
Híbrido*Químico	8	983	983	122.9	7.60	0.000
Planta(Químico Híbrido)	72	5336	5336	74.1	4.58	0.000
Error	450	7283	7283	16.2		

Cuando se probó como variable de respuesta al ángulo de matiz, calculado según la fórmula (3), sólo se presentaron diferencias significativas para la interacción Híbrido*Químico, entre químicos. No se encontraron diferencias entre híbridos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Análisis de varianza de °Hue como variable de respuesta del color en hojas de pepino de dos híbridos sometidos a tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Químico	8	2323	2323	290.3	33.62	0.000
Híbrido	1	27	27	27.1	3.13	0.077
Híbrido*Químico	8	859	859	107.4	12.44	0.000
Planta(Químico Híbrido)	72	2030	2030	28.2	3.26	0.000
Error	450	3886	3886	8.6		

En el Cuadro 19 se presentan las medias de los valores de a^* , b^* y de °Hue que resultaron de las lecturas de color tomadas a las hojas de pepino de los híbridos Borja y Saber. También se muestran las diferencias significativas entre Químicos de acuerdo a una prueba de Tukey a un nivel de significancia de 5 %. Así mismo, en las Figuras 26 y 27 se pueden apreciar dos representaciones gráficas sobre diagramas del sistema de notación de color en las que se muestra la ubicación de las medias de los valores a^* , b^* y °Hue de los distintos productos químicos en los híbridos Borja y Saber respectivamente. Estas figuras serán de utilidad para interpretar los resultados que se discuten enseguida.

Cuadro 19. Promedios de a^* , b^* y ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue) obtenidos en hojas de pepino de los híbridos Borja y Saber tratados con productos inorgánicos y aceites vegetales.

Químico	Borja			Saber			Total		
	a	b	$^{\circ}$ Hue	a	b	$^{\circ}$ Hue	a	b	$^{\circ}$ Hue
SIL 1.5	-6.4d	11.7d	120.2cd	-6.0d	10.4bc	121.5abc	-6.2de	11.0c	120.1de
OLI 1.0	-11.2a	21.8a	118.3de	-9.8a	18.8a	119.6c	-10.5a	20.3a	119.0e
NIM 1.0	-8.9b	14.4bc	122.1bc	-7.8bc	12.4bc	122.7ab	-8.4b	13.4b	122.4bc
SIL+OLI	-8.7b	13.8bcd	122.6bc	-6.7bcd	11.2bc	121.1bc	-7.7bc	12.5bc	121.9bc
SIL+NIM	-8.2bc	12.7ed	123.1bc	-7.6bc	11.9bc	123.0ab	-7.9bc	12.3bc	123.1b
FOS+OLI	-8.3b	13.1ed	122.7bc	-5.9d	9.5c	121.9ab	-7.1cd	12.3bc	122.3bc
AZO	-11.2a	23.4a	116.5e	-8.0cd	13.1b	121.4bc	-9.6a	18.3a	119.0e
TES	-8.5b	16.0b	118.7d	-6.8cd	10.5bc	121.5bc	-7.5bc	13.2bc	120.1de
VER	-7.7cd	9.1e	128.6a	-4.2e	6.3d	123.7a	-5.7e	7.7d	125.9a

Medias con distinto literal en la misma columna difieren estadísticamente, Tukey ($p=0.05$)

Interacción Híbrido*Químico. A continuación se presentan las diversas interacciones resultantes para cada una de las variables de respuesta analizadas (a^* , b^* y $^{\circ}$ Hue).

Variable a^* . En la Figura 24 se puede observar que los tratamientos que rompen el paralelismo entre híbridos fueron SIL 1.5, AZO y TES.

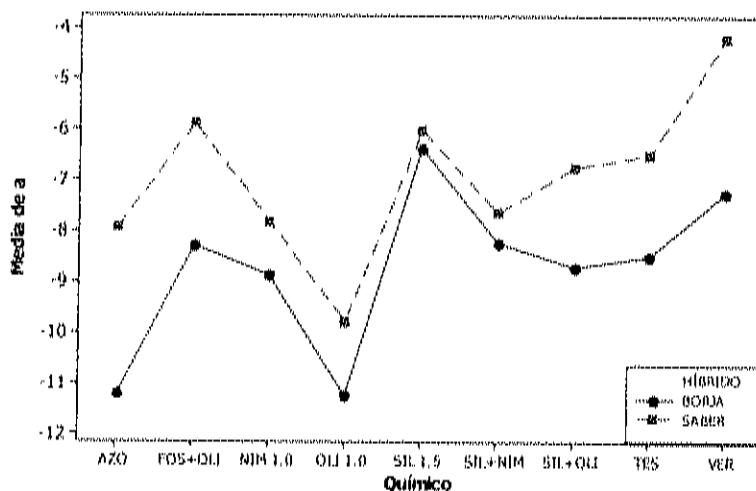


Figura 24. Interacción Híbrido*Químico para la variable a^* .

En el tratamiento SIL 1.5 los valores de a^* se acercaron mucho entre sí, mientras que en AZO y TES ocurrió lo contrario. En la Figura 24 se observa también que en general el híbrido Borja presentó valores de a^* más negativos que el híbrido Saber, y que éstos se acentuaron aún más en los tratamientos en los que se observó mayor fitotoxicidad que fueron el químico AZO y OLI 1.0. En las Figuras 26 y 27 se puede observar que los valores más negativos de a^* representan mayor fitotoxicidad ya que se alejan del color del testigo de hojas sanas (VER).

Variable b^* . De la misma manera que sucedió para la variable a^* , el paralelismo se interrumpió con los productos químicos AZO, FOS+OLI, SIL+OLI y TES, en los que los valores se alejan entre híbridos (Figura 25).

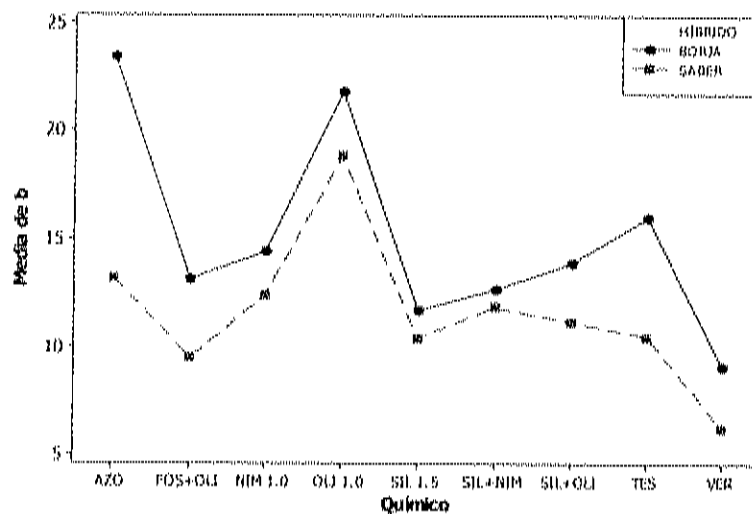


Figura 25. Interacción Híbrido*Químico para la variable b^* .

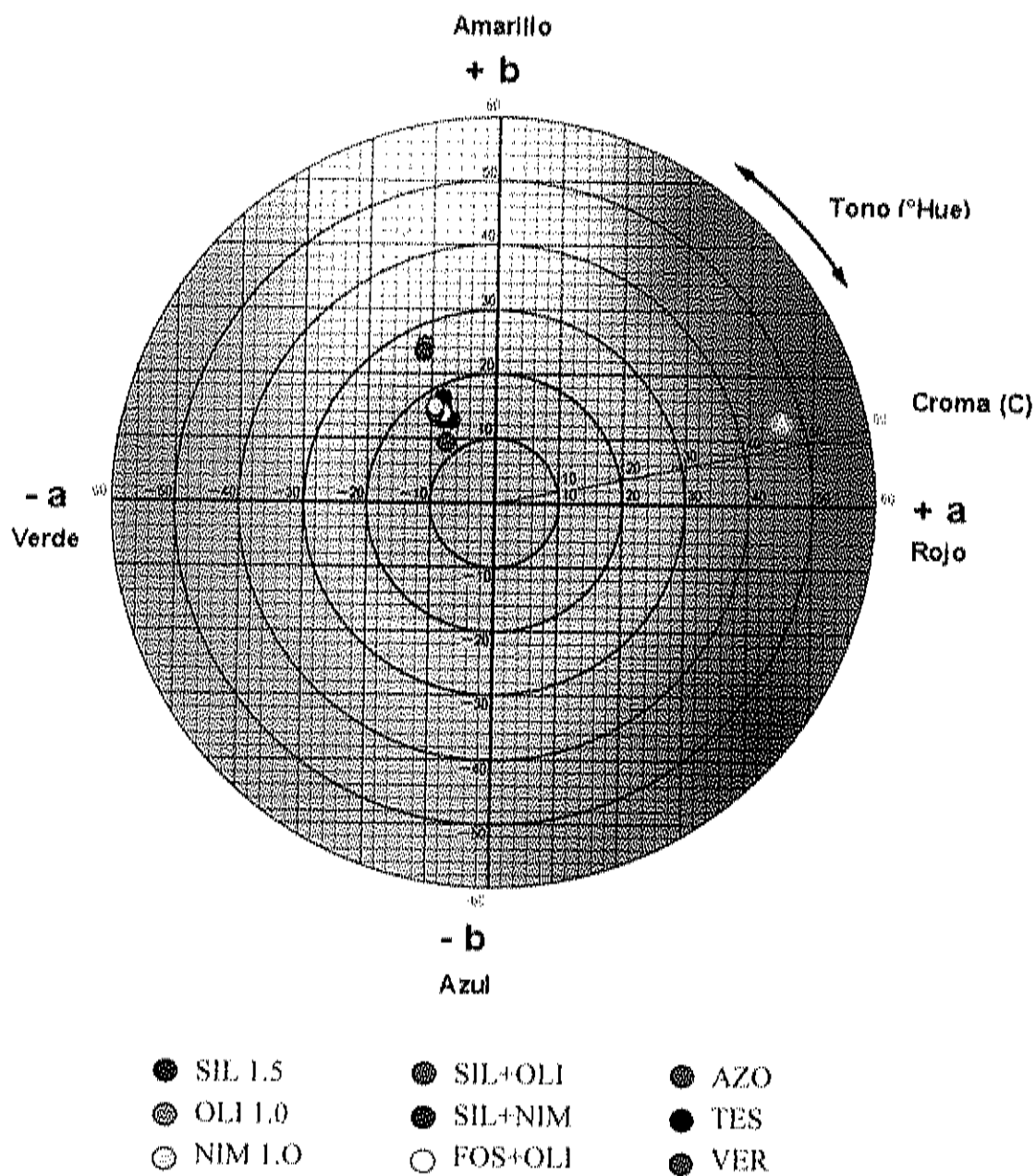


Figura 26. Diagrama del sistema de notación de color L, a*, b*, cromaticidad y ángulo de matiz de tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas en híbrido de pepino Borja.

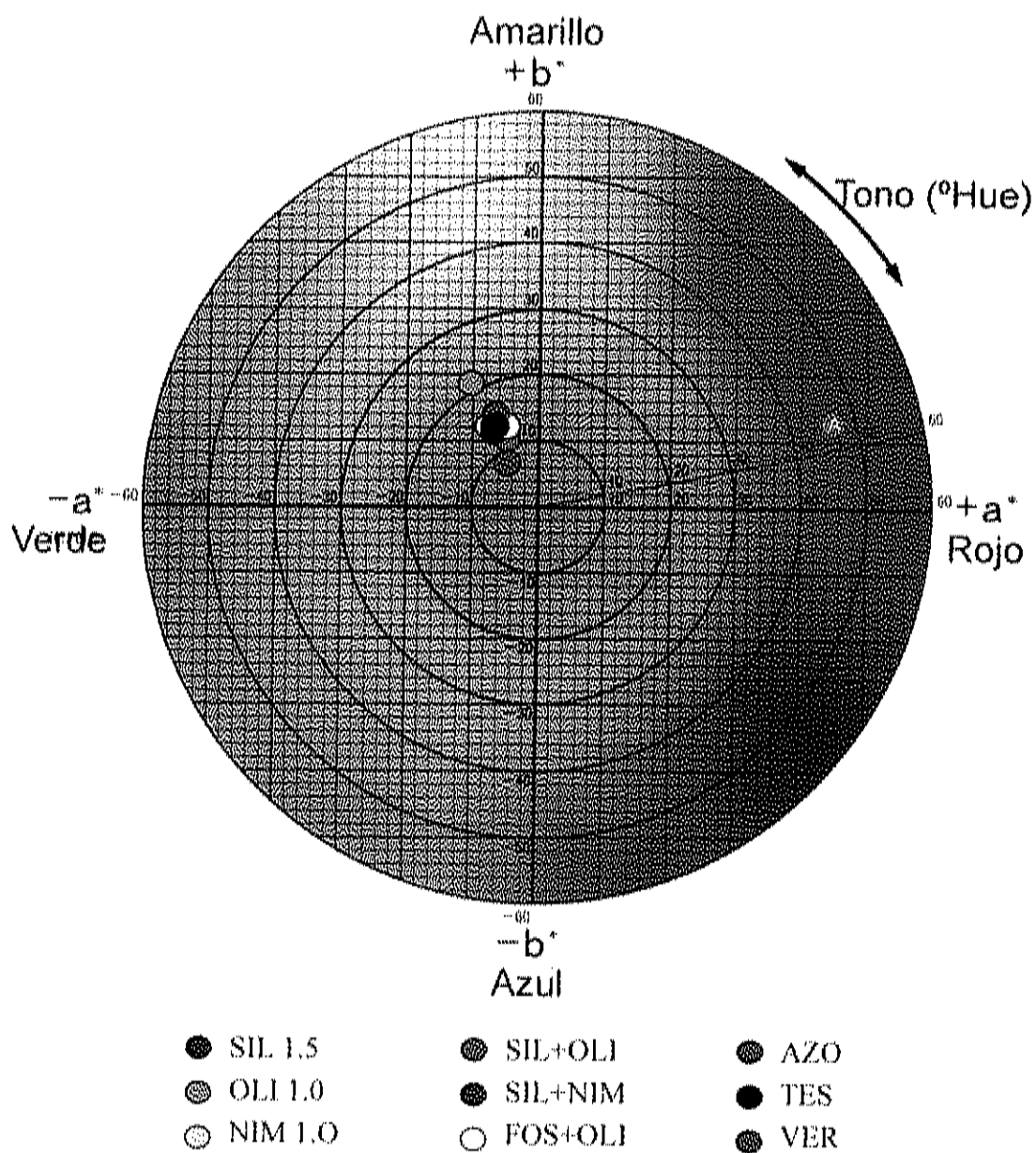


Figura 27. Diagrama del sistema de notación de color L, a, b, cromaticidad y ángulo de matiz, mostrando los valores obtenidos de a y b para los tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas en híbrido de pepino Saber.

En el caso de los tratamientos AZO y OLI 1.0, el híbrido Borja observó una media de b^* muy alta, lo que se relaciona con un color amarillo más intenso según se puede constatar en las Figuras 26 y 27. Esto es indicativo de una mayor fitotoxicidad por parte de estos productos. En el híbrido Saber el tratamiento que presentó mayor amarillamiento fue OLI 1.0. El resto de los tratamientos mostraron valores de b^* cercanos al testigo (TES) y al testigo de hojas sanas (VER).

Ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue). Observando el disco de color de las Figuras 26 y 27, podemos deducir que los valores de ángulo de matiz cercanos a 115° Hue se acercan a los tonos amarillos, mientras que superiores a 120° se asemejan más a los tonos verdes. Por lo tanto, de acuerdo a los datos del Cuadro 19 y a la Figura 28, para el híbrido Borja, el tratamiento AZO fue el más amarillo, mientras que para el híbrido Saber fue el tratamiento OLI 1.0.

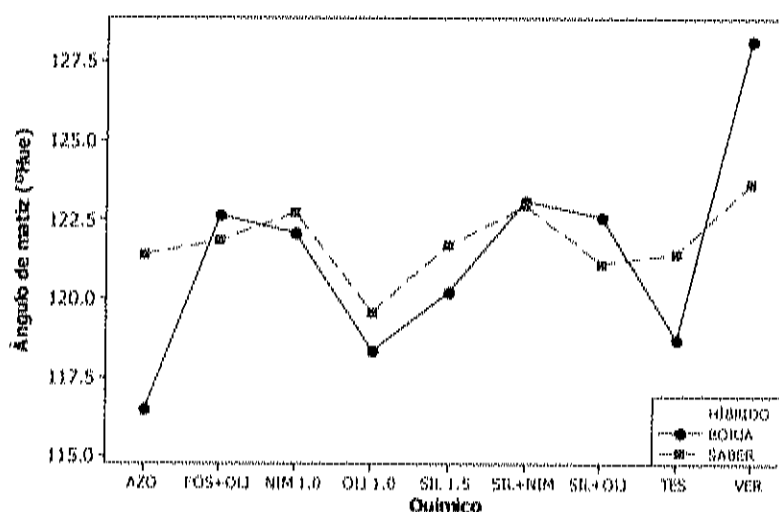


Figura 28. Interacción Híbrido*Químico para la variable ángulo de matiz ($^{\circ}$ Hue).

Los resultados anteriores parecen confirmar que los tratamientos AZO y OLI 1.0 fueron los más fitotóxicos. Según este criterio, el tratamiento menos fitotóxico para ambos híbridos resultó SIL+NIM, seguido muy de cerca por NIM 1.0 y FOS+OLI y SIL+OLI. En el híbrido Borja el tratamiento TES presentó un amarillamiento similar al del tratamiento OLI 1.0. Esto pudiera deberse a una senescencia natural, acelerada probablemente por el hongo de la cenicilla.

Efectos principales. Enseguida se presentan los efectos principales para los factores Químico e Híbrido.

Analizando los datos contenidos en el Cuadro 19, en las columnas del total de la variable a^* se puede constatar que a excepción del tratamiento SIL 1.5, la prueba de Tukey ($p=0.05$) indica que todos los productos químicos fueron distintos del tratamiento VER, que representa a hojas verdes sanas sin ningún producto. En orden decreciente de similitud, después de SIL 1.5, los tratamientos más parecidos fueron FOS+OLI, TES, SIL+OLI, SIL+NIM, NIM 1.0, AZO y finalmente OLI 1.0.

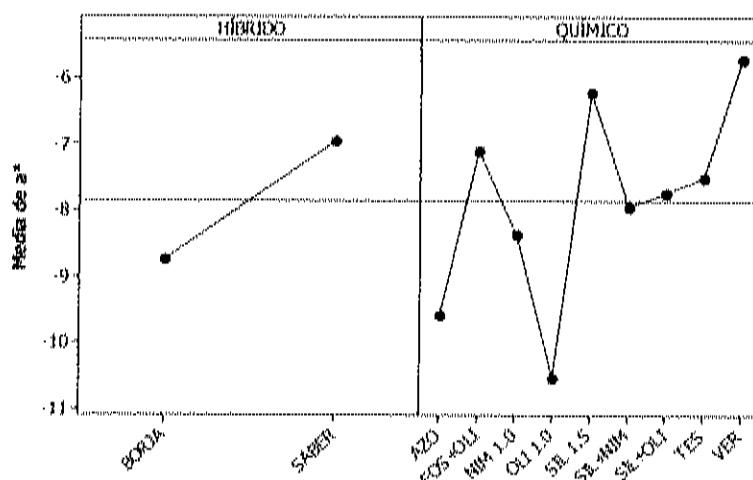


Figura 29. Efectos principales de Químico e Híbrido sobre a^* .

Como mostró el Cuadro 16 se presentaron diferencias significativas entre híbridos. Según se puede apreciar en la Figura 29 las medias del valor a^* del híbrido Saber resultaron mayores que los del híbrido Borja lo que indica que este último resultó más sensible al efecto de los productos químicos utilizados, en especial al aceite de oliva (OLI 1.0) y al fungicida selectivo (AZO).

Si consideramos a b^* como la variable de respuesta, la cual representa la escala que contiene al color amarillo (predominante en las hojas con síntomas de fitotoxicidad), en el Cuadro 19 y la Figura 30 se puede encontrar que nuevamente el tratamiento que más se asemejó en el promedio de b^* al del tratamiento de hojas verdes (VER) fue SIL 1.5, seguido de FOS+OLI, SIL+NIM, SIL+OLI, TES, NIM 1.0, AZO, y OLI 1.0.

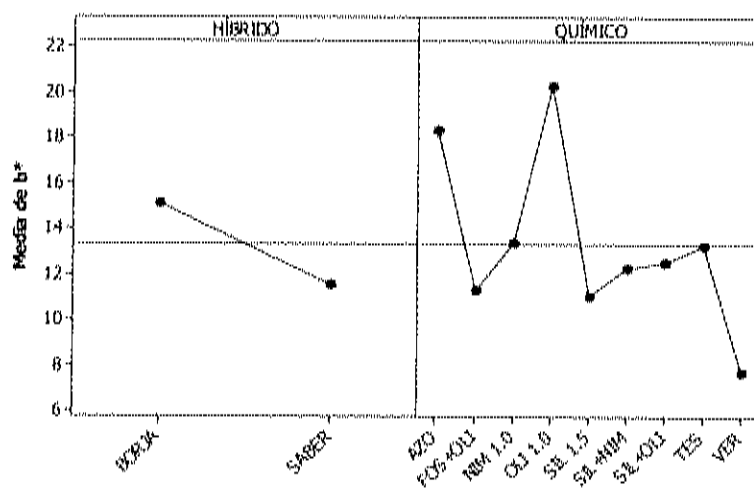


Figura 30. Efectos principales de Químico e Híbrido sobre b^* .

En cuanto al híbrido se constata según los resultados de los Cuadros 17 y 19 que el híbrido Borja mostró valores de b^* significativamente mayores que los del híbrido Saber, lo que parece indicar que el primer híbrido resultó más sensible al efecto fitotóxico de los productos biocompatibles usados.

Considerando a $^{\circ}$ Hue como variable de respuesta, el tratamiento más parecido al de hojas verdes sanas (VER) fue SIL+NIM (Figura 31). Después de éste se ubicaron tres productos químicos con valores de $^{\circ}$ Hue muy cercanos entre sí, y que fueron NIM 1.0, FOS+OLI y SIL+OLI. Finalmente los más diferentes al tratamiento VER fueron el testigo (TES), SIL 1.5 y nuevamente OLI 1.0. No hubo diferencias entre híbridos.

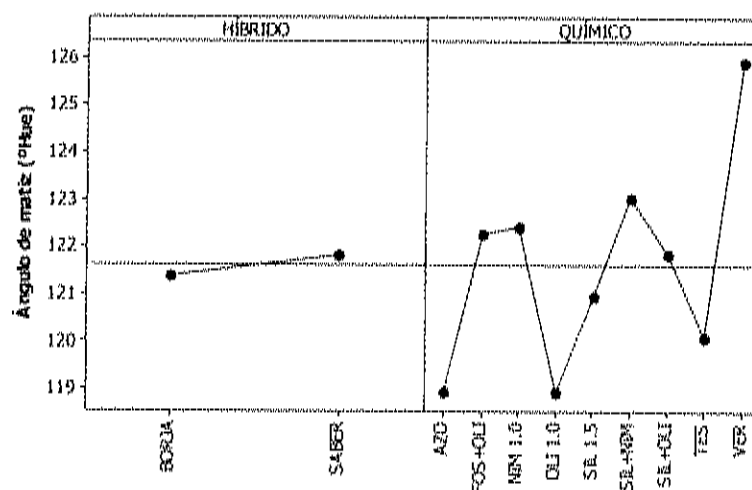


Figura 31. Efectos principales de tratamiento e híbrido sobre $^{\circ}$ Hue.

Como se puede deducir de estos resultados, existen diferencias significativas en el color de las hojas de los distintos productos químicos. Tomando como variable de respuesta al valor a^* o el de b^* , los tratamientos en que se utilizó azoxystrobin (AZO, testigo comercial) y aceite de oliva al 1.0 % (OLI 1.0) fueron significativamente distintos del resto de los productos y del testigo de hojas sanas (VER).

Si se toma el valor de $^{\circ}$ Hue como variable de respuesta, todos los productos químicos son diferentes del patrón de referencia (VER), siendo los que más difieren el azoxystrobin y el aceite de oliva al 1.0 % seguidos del silicato de potasio al 1.5 %.

Los resultados del análisis del color indican reiteradamente que para todas las variables de respuesta consideradas (a^* , b^* y $^{\circ}\text{Hue}$) hay evidencia de una mayor coloración amarilla en los tratamientos con aceite de oliva al 1 % y azoxystrobin que en los que se emplean mezclas de aceites y productos inorgánicos a más baja concentración. Lo anterior apoya la hipótesis planteada en un principio para el presente experimento.

Fitotoxicidad por análisis de imágenes

El Cuadro 20 presentan los resultados del análisis de varianza realizado a los datos de porcentaje de área clorótica de las hojas de pepino sometidos a los distintos tratamientos después de 12 días de la tercera aplicación. Dichos resultados indican que hubo diferencias significativas en los factores Híbrido, Químico y para la interacción Híbrido*Químico tal como sucedió en el ANOVA del análisis de color.

Cuadro 20. Análisis de varianza para el porcentaje del área clorótica de hojas de pepino sometidos a tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Híbrido	2	506	506	253.0	3.83	0.025
Químico	7	5649	5649	807.0	12.20	0.000
Híbrido*Químico	14	2291	2291	163.7	2.47	0.005
Error	96	6349	6349	66.1		
Total	119	14795				

Interacción Híbrido*Químico. En la Figura 32 se muestra la gráfica que representa la interacción Híbrido*Químico para el porcentaje de área clorótica en hojas de pepino sometidas a los tratamientos del presente experimento. Como se puede apreciar en dicha figura, se observó paralelismo en la tendencia de tratamientos como OLI 1.0, NIM 1.0, SIL 1.5 y FOS+OLI, pero otros como AZO y TES se comportaron de manera distinta entre híbridos y probablemente ocasionaron la interacción señalada en el Cuadro 20.

En la Figura 32 se puede apreciar también que los tratamientos OLI 1.0 y AZO fueron los que presentaron los promedios más altos de porcentaje de área clorótica en todos los híbridos. Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos en la estimación de la fitotoxicidad mediante el análisis del color de las hojas ya discutido anteriormente.

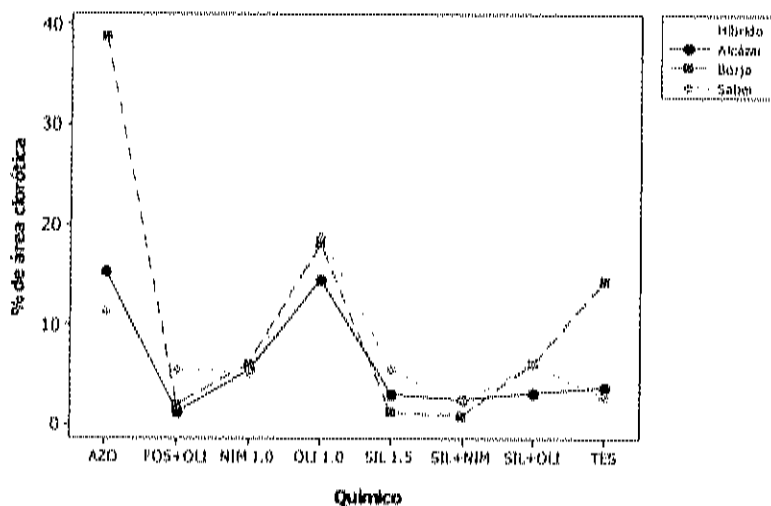


Figura 32. Interacción Híbrido*Químico para el porcentaje de área clorótica de hojas de pepino sometidas a aplicaciones de compuestos biocompatibles.

Interacción Híbrido*Químico. En la Figura 32 se muestra la gráfica que representa la interacción Híbrido*Químico para el porcentaje de área clorótica en hojas de pepino sometidas a los tratamientos del presente experimento. Como se puede apreciar en dicha figura, se observó paralelismo en la tendencia de tratamientos como OLI 1.0, NIM 1.0, SIL 1.5 y FOS+OLI, pero otros como AZO y TES se comportaron de manera distinta entre híbridos y probablemente ocasionaron la interacción señalada en el Cuadro 20.

En la Figura 32 se puede apreciar también que los tratamientos OLI 1.0 y AZO fueron los que presentaron los promedios más altos de porcentaje de área clorótica en todos los híbridos. Los resultados anteriores coinciden con los obtenidos en la estimación de la fitotoxicidad mediante el análisis del color de las hojas ya discutido anteriormente.

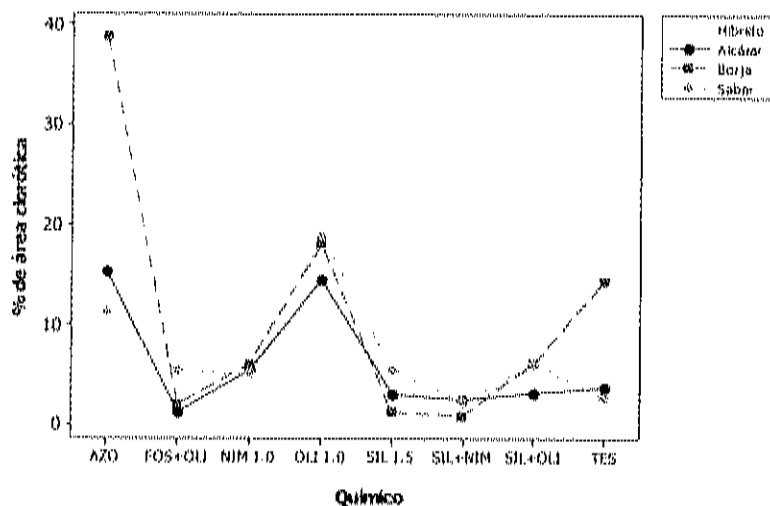


Figura 32. Interacción Híbrido*Químico para el porcentaje de área clorótica de hojas de pepino sometidas a aplicaciones de compuestos biocompatibles.

Factores principales. El análisis de varianza mostrado en el Cuadro 20 indicó que hubo diferencias significativas en los niveles de los factores híbrido y químico.

Híbrido. El análisis de las medias realizado mediante pruebas de Tukey ($p = 0.05$) que se muestra en el Cuadro 21 y en la Figura 33 indica que el híbrido Borja presentó un área clorótica mayor que el de los híbridos Saber y Alcázar, y que estos últimos fueron similares entre sí. Esto concuerda con lo observado en la estimación de fitotoxicidad mediante análisis con colorímetro discutida en la sección anterior en donde se encontraron diferencias entre los híbridos Borja y Saber cuando se consideraron como variables de respuesta los valores a^* y b^* .

Químico. En el Cuadro 21 se puede ver que solo los tratamientos OLI 1.0 y AZO fueron diferentes. Este resultado también concuerda con lo observado en la sección anterior en donde se encontraron las mismas diferencias cuando fueron considerados los valores de a^* y b^* del colorímetro como variables de respuesta. Lo anterior parece confirmar que dichos productos produjeron la mayor coloración amarilla en las hojas de pepino, lo cual está ligado a su fitotoxicidad (Blancard *et al.*, 1991).

Cuadro 21. Medias de porcentaje de área clorótica en hojas de tres híbridos de pepino sometidas a tratamientos con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.

Químico	Borja	Saber	Alcázar	Media
SIL 1.5	1.22 b	5.49 ab	3.04 a	3.25 b
OLI 1.0	18.14 b	18.85 a	14.59 a	17.19 a
NIM 1.0	6.05 b	5.12 ab	5.51 a	5.56 b
SIL+OLI	6.10 b	6.10 ab	3.22 a	5.14 b
SIL+NIM	0.87 b	2.32 b	2.46 a	1.88 b
FOS+OLI	1.97 b	5.48 ab	1.32 a	2.92 b
AZO	38.79 a	11.32 a	15.37 a	21.83 a
TES	14.36 b	2.74 b	3.79 a	3.25 b
PROMEDIO	10.94 a	7.18 b	6.16 b	8.09

Líterales distintos en la misma columna son diferentes significativamente (Tukey, $p=0.05$).

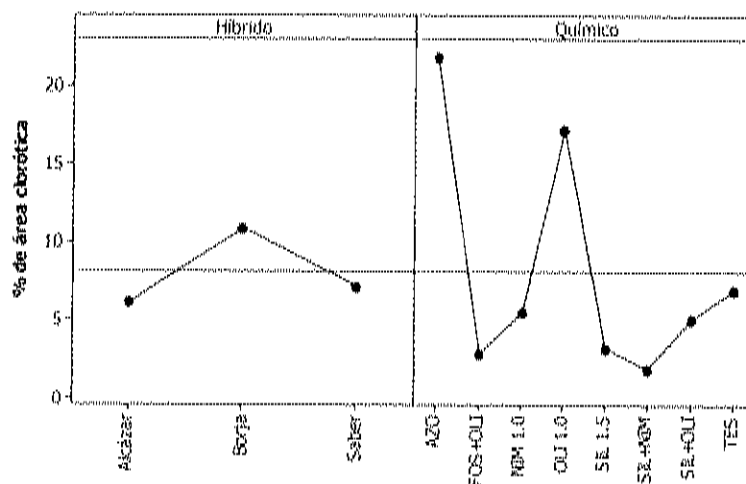


Figura 33. Efectos principales para el porcentaje de área clorótica.

Rendimiento en peso de fruto

Los resultados del análisis de varianza de los pesos promedio acumulados se muestra en el Cuadro 22. En dicho cuadro se observan diferencias significativas entre los niveles de los factores Híbrido, Químico y la interacción Híbrido*Químico. Las medias de los rendimientos en peso de frutos obtenidos durante cuatro semanas de colecta de los distintos híbridos y productos químicos se presentan el Cuadro 23.

Cuadro 22. Análisis de varianza del peso acumulado en tres híbridos de pepino tratados con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.

Fuente de variabilidad	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajustados	Cuadrados medios ajustados	F	P
Híbrido	2	17452524	12448987	6224493	21.86	0.000
Tratamiento	7	5387839	4180653	597236	2.10	0.071
Híbrido*Tratamiento	14	5958168	5182677	370191	1.30	0.258
Planta(Tratamiento)	32	15189589	15189589	474675	1.67	0.073
Error	34	9680219	9680219	284712		

Cuadro 23. Peso promedio de fruto por planta acumulado en treinta días de tres híbridos tratados con compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas (gramos).

Químico	Borja	Saber	Alcázar	Media
SIL 1.5	2904 a	2510 b	1929 a	2494 b
OLI 1.0	2912 a	2876 ab	1685 a	2521 b
NIM 1.0	3473 a	2843 ab	1809 a	2638 b
SIL+OLI	2437 a	3397 ab	1986 a	2973 b
SIL+NIM	2559 a	3396 ab	1901 a	2619 b
FOS+OLI	2856 a	3726 a	2241 a	2918 b
AZO	2740 a	3176 ab	2533 a	2773 b
TES	1939 a	2500 b	2090 a	2132 a
PROMEDIO	2782	3026	1971	2635

Medias con distinto literal en la misma columna difieren estadísticamente, Tukey ($p=0.05$)

Interacción Híbrido*Químico. Enseguida se analiza por híbrido esta interacción.

Borja. Como se puede constatar en el Cuadro anterior y en la Figura 34, en el caso del híbrido Borja, la prueba de comparación de medias de Tukey ($p=0.05$) no mostró diferencia significativa entre productos químicos. Esto pudo deberse a que no se contó con un número suficiente de plantas para la realización del experimento. Sin embargo, se encontraron medias de rendimiento acumulado muy bajas en el tratamiento testigo (TES) y muy altas en el tratamiento con NIM al 1.0 %. Al someter estos resultados a una comparación de medias por el método de Dunnett, utilizando el testigo como control, casi se obtuvo una diferencia significativa ($p=0.05$) entre estos tratamientos (Anexo 4).

Lo anterior concuerda con Agríos (2001) quien señala que la enfermedad provocada por cenicilla, disminuye en un 20 a 40 % el rendimiento de fruto.

Por otro lado, se pudo constatar que los rendimientos acumulados en el híbrido Borja para los distintos tratamientos con productos inorgánicos, aceites vegetales y sus mezclas fueron similares en casi todos los casos que los obtenidos con el fungicida

comercial. Con esto se cumplió con una de las metas que se plantearon al inicio del presente trabajo de investigación.

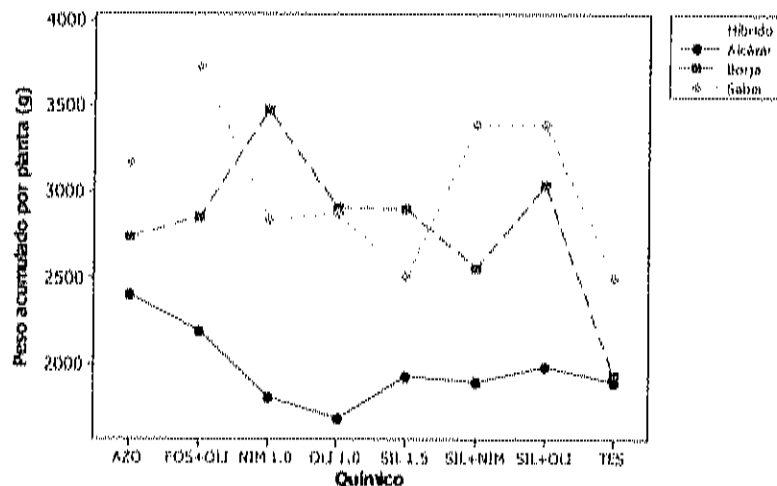


Figura 34. Interacción Híbrido*Químico para el peso acumulado de pepino en plantas sometidas a distintos tratamientos de compuestos inorgánicos, aceites vegetales y mezclas.

Saber. En lo que respecta al híbrido Saber, se obtuvo diferencia significativa entre el químico FOS+OLI, con el cual se tuvieron los rendimientos más altos, y los tratamientos con silicato de potasio (SIL 1.5) y el testigo (TES), cuyos rendimientos fueron los menores. Para el resto de los tratamientos, incluyendo el de fungicida químico (AZO) los rendimientos obtenidos fueron similares estadísticamente.

Alcázar. En cuanto al híbrido Alcázar, no se encontró diferencia significativa entre niveles del factor Químico. Esto pudiera deberse a que, al ser este híbrido el más tolerante a cenicienta, la aplicación de los diferentes tratamientos no influyó sobre el rendimiento en peso de fruto, siendo similares al testigo.

Efectos principales. A continuación se analizan los efectos de los factores híbrido y químico sobre el rendimiento en peso de fruto.

Híbrido. De acuerdo a lo presentado en el Cuadro 19 y la Figura 35, se puede constatar que sólo el híbrido Alcázar fue diferente estadísticamente de Borja y Saber.

Químico. Después del tratamiento AZO, los mejores rendimientos acumulados se obtuvieron con los productos químicos FOS+OLI, seguido muy cercanamente por SIL+OLI y NIM 1.0. Con menores rendimientos, pero estadísticamente similares resultaron los productos químicos SIL+NIM, SIL 1.5 y OLI 1.0. El testigo (TES) fue el que menos rendimiento en peso de fruto acumulado obtuvo de todos, y fue estadísticamente distinto del tratamiento AZO, y casi difirió del tratamiento FOS+OLI, según una prueba de Tukey.

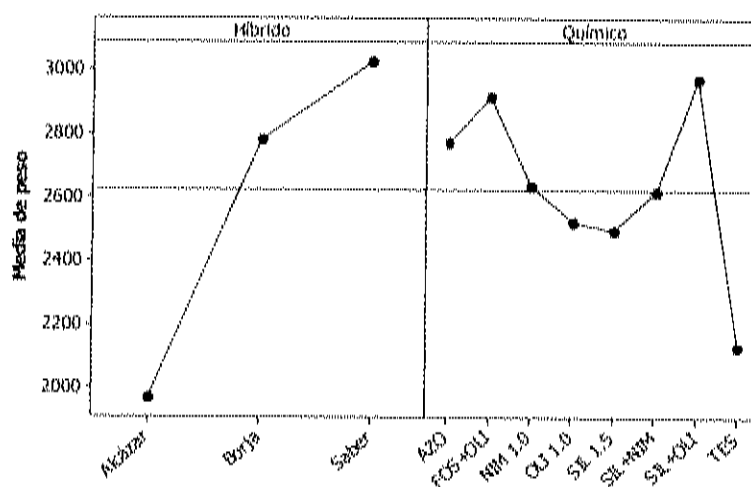


Figura 35. Efectos principales de Híbrido y Químico para el promedio de peso.*

CONCLUSIONES

1. Los aceites vegetales y compuestos inorgánicos probados tuvieron efecto fungicida contra cenicilla en planta de pepino en las condiciones climáticas del Valle de Culiacán.
2. Las mezclas de aceites vegetales y compuestos inorgánicos: silicato de potasio más aceite de oliva, silicato de potasio más aceite de nim, fosfato de potasio más aceite de oliva, aplicados a baja concentración tuvieron el mismo grado de control contra cenicilla que los productos individuales a más alta concentración.
3. Las mezclas de aceites vegetales tuvieron efecto fungicida sobre cenicilla en tres cultivares de pepino de invernadero.
4. Las mezclas de aceites vegetales y compuestos inorgánicos aplicados a baja concentración tuvieron menos efecto fitotóxico que los productos simples a más alta concentración.
5. Los rendimientos en peso de fruto de pepino obtenidos en plantas tratadas con mezclas de compuestos inorgánicos y aceites vegetales fueron equivalentes a los obtenidos con un fungicida sintético.

LITERATURA CITADA

- Abbod, J.K., and Lösel, D.M. 2003. Changes in Carbohydrate Composition of Cucumber Leaves During the Development of Powdery Mildew Infection. *Plant Pathology* 52: 256-265.
- Adamsen, F.J., Pinter, J.P.F., Barnes, F.M., La Morte, R.L., Wall, G.W., Leavitt, S.W., and Kimball, B.A. 1999. Measuring Wheat Senescence with a Digital Camera. *Crop Science* 39:719-724.
- Agrios, G.N. 2001. Fitopatología. Segunda edición. Uteha, México. 838 p.
- Assess, 2002. Image Analysis Software for Disease Quantification. The American Phytopathological Society.
- ASERCA (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria), 1998. El Pepino de Sinaloa, Calidad y Exportación. *Claridades Agropecuarias* 60:3-27.
- ATTRA (Appropriate Technology Transfer for Rural Areas), 2002. Powdery Mildew Control in Cucurbits: Organic Options. Online: <http://www.attra.org/atta-pub/PDF/powdmildew.pdf> (Abril, 2003).
- Avis, T.J., and Bélanger, R.R. 2001. Specificity and Mode of Action of the Antifungal Fatty Acid *cis*-9-Heptadecenoic Acid Produced by *Pseudozyma flocculosa*. *Applied and Environmental Microbiology* 67(2):956-960.
- Badui, D.S., 1993. Química de los Alimentos. Tercera edición. Longman de México Editores. México. 648 p.

- Bélanger, R., and Labbé, C. 2002. Control of Powdery Mildews Without Chemicals: Prophylactic and Biological Alternatives for Horticultural Crops. In: Bélanger, R.R., *et al.* (Eds.), *Powdery Mildew. A Comprehensive Treatise*. pp. 256-267. American Phytopathological Society. St. Paul, Minn.
- Bélanger, R.R., Bowen, P.A., Ehret, D.L., and Menzies, J.G. 1995. Soluble Silicon: Its Role in Crop and Disease Management of Greenhouse Crops. *Plant Disease* 79(4):329-336.
- Beresford, R.M., Wearing, C.H., Marshall, R.R., Shaw, P.W., Spink, M., and Wood, P.N. 1996. Slaked Lime, Baking Soda, and Mineral Oil for Black Spot and Powdery Mildew Control in Apples. *Proceedings of the 49th New Zealand Plant Protection Conference*. 1996:106-113.
- Blancard, D., Lecoq, H., and Pirat, M. 1991. *Enfermedades de las Cucurbitáceas*. Mundi-Prensa-INRA. 301 p.
- Boesewinkel, H.J. 1977. Identification of Erysiphaceae by Conidial Characteristics. *Revue de Mycologie* 41:493-507.
- Boesewinkel, H.J. 1980. The Morphology of the Imperfect States of Powdery Mildews (Erysiphaceae). *Botanical Review* 46:167-224.
- Braun, U., Cook, R.T.A., Inman, A.J., and Shin, H.D. 2002. The Taxonomy of the Powdery Mildew Fungi. In: *Powdery Mildew. A Comprehensive Treatise*. Eds. Bélanger *et al.* American Phytopathological Society. St. Paul, Minn. 13-55 p.

- Bushnell, W.R. 2002. The Role of Powdery Mildew Research in Understanding Host-Parasite Interaction: Past, Present, and Future. In: Powdery Mildew. A Comprehensive Treatise. Eds. Bélanger *et al.* American Phytopathological Society. St. Paul, Minn. 1-12 p.
- Calpouzos, L. 1966. Action of Oil in the Control of Plant Disease. *Annual Review of Phytopathology* 4:369-390.
- Cowan, M.M. 1999. Plant Product as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12(4): 564-582.
- Cheah, L.H., and Cox, J.K. 1995. Screening of Plant Extracts for Control of Powdery Mildew in Squash. *Proceedings of the 48th N.Z. Plant Protection Conference*.
- Cheah, L.H., Page, B.B.C., and Cox, J.K. 1996. Epidemiology of Powdery Mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) of Squash. 49th Conference Proceedings. The New Zealand Plant Protection Society. 1996:147-151.
- Daayff, F., Ongena, M., Boulanger, R. Hadrami, I., and Bélanger, R. 2000. Induction of Phenolic Compounds in Two Cultivars of Cucumber by Treatment of Healthy and Powdery Mildew-infected Plants with Extracts of *Reynoutria sachalinensis*. *Journal of Chemical Ecology* 26(7):1579-1593.
- Dekker, J. 1986. Preventing and Managing Fungicide Resistance. Pp: 347-354. In: Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management. National Academic Press. Washington, USA.

- De Pasquale, D.A., and Montville, T. 1990. Mechanism by Which Ammonium Bicarbonate and Ammonium Sulfate Inhibit Mycotoxigenic Fungi. *Applied and Environmental Microbiology* 56(12):3711-3717.
- De Waard, M.A. 1971. Germination of Powdery Mildew Conidia in vitro on Cellulose Membranes. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 77:6-13.
- Dooley, H.L. 1978. Greenhouse Method for Screening Protective Fungicides for Apple Powdery Mildew. In: E. I. Zehr *et al.* (Eds.). Methods for Evaluating Plant Fungicides, Nematicides, and Bactericides. *The American Phytopathological Society*. St. Paul, Minnesota. 32-33 p.
- Ehret, D.L., Menzies, J.G., Bogdanoff, R.F., Utkhede, R.S., and Frey, B. Foliar Applications of Fertilizer Salts Inhibit Powdery Mildew on Tomato. *Canadian Journal of Plant Pathology* 24:437-444.
- Elmer, W.H., and Ferrandino, F.J., 1993. Comparison of Bicarbonates, Horticultural Oil and Fungicides for Powdery Mildew Control in Cucurbits. *Fungicide and Nematocide Tests* 49: 138.
- Environmental Protection Agency, 2003. 40 Code of Federal Regulations, Part 180—Tolerances and Exemptions from Tolerances for Pesticide Chemicals. Environmental Protection Agency, USA.
- Epstein, E. 1994. The Anomaly of Silicon in Plant Biology. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 91:11-17.

- Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50:641-64.
- Fallik, E., Ziv, O., Grinberg, S., Alkalai, S., and Klein, J.D. 1997. Bicarbonate Solutions Control Powdery Mildew (*Leveillula taurica*) on Sweet Red Pepper and Reduce the Development of Postharvest Fruit Rotting. *Phytoparasitica* 25(1):41-43.
- FAOSTAT, 2004. Datos estadísticos del Fondo de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Online: <http://apps.fao.org/faostat/collections>.
- Fawe, A., Abou-Zaid, M., Menzies, J.G., and Bélanger, R.R. 1998. Silicon-Mediated Accumulation of Flavonoid Phytoalexins in Cucumber. *Phytopathology* 88:396-401.
- Fofana, B., McNally, D.J., Labbé, C., Boulanger, R., Benhamou, N., Séguin, A., and Bélanger, R. 2002. Milsana-induced Resistance in Powdery Mildew-infected Cucumber Plants Correlates with the Induction of Chalcone Synthase and Chalcone Isomerase. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 61:121-132.
- Fujiwara, K. and Fujii, T. 2002. Effects of Spraying Ozonated Water on the Severity of Powdery Mildew Infection on Cucumber Leaves. *Ozone Science and Engineering* 24:463-469.
- García, A.M. 1985. Patología Vegetal Práctica, 2da. Ed. Limusa, México.
- Georgopoulos, S.G. 1986. Plant Pathogens. p. 100-109. In: Pesticide Resistance: Strategies and Tactics for Management. National Academic Press. Washington, USA.

- Govindachari, T.R., Suresh, G., Gopalakrishnan, G., Banumathy, B., and Masilamani, S. 1998. Identification of Antifungal Compounds from the Seed Oil of *Azadirachta indica*. *Phytoparasitica* 26(2):1-8.
- Green, J.R., Carver, T.L.W., and Gurr, S.J. 2002. The Formation and Function of Infection and Feeding Structures. In: Bélanger *et al.* (Eds.), Powdery Mildew. A Comprehensive Treatise. American Phytopathological Society, St. Paul, Minn. 66-82 p.
- Hammerschmidt, R., and Yang-Casman, P. 1995. Induced Resistance in Cucurbits. In: Hammerschmidt, R. and Kué, J. (Eds.), Induced Resistance to Disease in Plants, pp. 63-85. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Homma, Y., Arimoto, Y., and Misato, T. 1981. Effects of Emulsifiers and Surfactants on the Protective Values of Sodium Bicarbonate. *Journal of Pesticide Science* 6:145-153.
- Horst, R.K., Kawamoto, S.O., and Porter, L.L. 1992. Effect of Sodium Bicarbonate and Oils on the Control of Powdery Mildew and Black Spot of Roses. *Plant Disease* 76(3):247-251.
- InfoAgro, 2003. El Cultivo del Pepino. Online: <http://www.infoagro.com/hortalizas/pepino.htm>
- Karcher, D.E., and Richardson, M.D. 2003. Quantifying Turfgrass Color Digital Image Analysis. *Crop Science* 43:943-951.

- Kartesz, J.T. 1999. A Synonymized Checklist of the Vascular Flora of the U.S., Canada, and Greenland (Versión Electrónica). En: Kartesz, J.T. y Meacham, C.A. (eds.), *Synthesis of the North American Flora*. North Carolina Botanical Garden. Chapel Hill.
- Kaushik, N. 2002. Determination of Azadirachtin and Fatty Acid Methyl Esters of *Azadirachta indica* Seeds by HPLC and GLC. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Original paper (unpublished).
- Kettleway, P.S., Cook, J.W. and Parry, D.W. 2000. Evidence for an Osmotic Mechanism in the Control of Powdery mildew Disease of Wheat by Foliar-applied Potassium Chloride. *European Journal of Plant Pathology* 106: 297–300.
- Kirk, R.S., Sawyer, R. y Egan, H. 1996. Composición y Análisis de los Alimentos de Pearson. Segunda edición, Ed. CECSA., México, 25-27 p.
- Knight, S.C. *et al.* 1997. Rationale and Perspectives on the Development of Fungicides. *Annual Review of Phytopathology* 35:349-372.
- Ko, W.H., Wang, T.F.H., and Ann, P.J. 2003. Effects of Sunflower Oil on Tomato Powdery Mildew Caused by *Oidium neolycopersici*. *Journal of Phytopathology* 151:144-148.
- Kotsuo, M., Mari, I., Lasaridi, K., Chatzipavlidis, I., Balis, C., and Kyriacou, A. 2004. The Effect of Olive Oil Mill Wastewater (OMW) on Soil Microbial

- Communities and Suppressiveness Against *Rhizoctonia solani*. *Applied Soil Ecology* (In Press)
- Kubo, A., Lunde, C.S., and Kubo, I. 1995. Antimicrobial Activity of the Olive Oil Flavor Compounds. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 43:1629-1633.
- Landschoot, P.J., and Mancino, C.F. 2000. A Comparison of Visual vs. Instrumental Measurements of Color Differences in Bentgrass Turf. *HortScience* 35:914-916.
- León, G.H. 1988. Enfermedades de Cultivos en el Estado de Sinaloa. 3a. ed. Libros Técnicos. México. 97-101 p.
- Lukina, E.V., Stone, M.L., and Raun W.R. 1999. Estimating Vegetation Coverage in Wheat Using Digital Images. *Journal of Plant Nutrition* 22:341-350.
- McGrath, M.T. 2001. Fungicide Resistance in Cucurbit Powdery Mildew: Experiences and Challenges. *Plant Disease* 85(3):236-245.
- McGrath, M.T., and Shishkoff, N. 1999. Evaluation of Biocompatible Products for Managing Cucurbit Powdery Mildew. *Crop Protection* 18: 471-478.
- McGrath, M.T., and Shishkoff, N. 2000. Control of Cucurbit Powdery Mildew with JMS Stylet-Oil. *Plant Disease* 84(8): 989-993.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience* 27(12):1254-1255.

- Meir, S., Philosoph-Hadas, S., Gloter, P., and Aharoni, N. 1992. Nondestructive Assessment of Chlorophyll Content in Watercress Leaves by a Tristimulus Reflectance Colorimeter. *Postharvest Biology and Technology* 2:117-124.
- Mendoza, Z. C. y Pinto, C.B. 1982. Principios de Fitopatología y Enfermedades Causadas por Hongos. Departamento de Parasitología Agrícola. UACH, Chapingo, México.
- Menzies, J.G., Ehret, D.L., Glass, D.M., Helmer, T., Koch, C., and Seywerd, F. 1991a. Effects of Soluble Silicon on the Parasitic Fitness of *Sphaerotheca fuliginea* on *Cucumis sativus*. *Phytopathology* 81:84-88.
- Menzies, J.G., Ehret, D.L., Glass, D.M., and Samuels, A.L. 1991b. The Influence of Silicon on Cytological Interactions Between *Sphaerotheca fuliginea* and *Cucumis sativus*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 39:403-414.
- Menzies, J., Bowen, P., and Ehret, D. 1992. Foliar Applications of Potassium Silicate Reduce Severity of Powdery Mildew on Cucumber, Muskmelon, and Zucchini Squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117(6):902-905.
- Minitab, 2003. Statistical Software. Release 14. Minitab, Inc. Pennsylvania, U.S.A.
- Morishita, M. Sugiyama, K., Saito, T and Sakata, Y. 2003. Powdery Mildew Resistance in Cucumber. *Japan Agricultural Research Quarterly* 37(1):7-14.

- NAC (National Academy of Sciences). 2000. The Future Role of Pesticides in US Agriculture. Committee on the Future Role of Pesticides in US Agriculture, Board on Agriculture and Natural Resources and Board on Environmental Studies and Toxicology. Washington 301 p.
- Northover, J. and Schneider, K.E. 1991. Efficacy of Canola and Soybean Oils Against Peach Brown Rot. *Fungicide and Nematicide Tests* 46:69.
- Northover, J., and Schneider, K.E. 1993. Activity of Plant Oils on Diseases Caused by *Podosphaera leucotricha*, *Venturia inaequalis*, and *Albugo occidentalis*. *Plant Disease* 77(2) 152-157.
- Northover, J., and Schneider, K.E. 1996. Physical Modes of Action of Petroleum and Plant Oils on Powdery and Downy Mildews of Grapevines. *Plant Disease* 80:544-550.
- Palmer, C.L., Horst, R.K., and Langhans, R.W. 1997. Use of Bicarbonates to Inhibit in vitro Colony Growth of *Botrytis cinerea*. *Plant Disease* 81(12):1432-1438.
- Paris, H., and Cohen, R. 2002. Powdery Mildew-resistant Summer Squash Hybrids Having Higher Yields than their Susceptible, Commercial Counterparts. *Euphytica* 124: 121–128..
- Pasini, C., D'Aquila, F., Curir, P., and Gullino, M.L. 1997. Effectiveness of Antifungal Compounds Against Rose Powdery Mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) in glasshouses. *Crop Protection* 16(3):251-256.

- Picman, A.K., Schneider, E.F., and Gerschenson, J. 1990. Antifungal Activities of Sunflower Terpenoids. *Biochemical Systematics and Ecology* 18(5):325-328.
- Piguillen, M.J.P. y Guajardo, Q. R. 2003. Competitividad del Pepino Mexicano en el Mercado Internacional. *Entorno Económico* 41(244):12-17.
- PQ Corporation, 2003. PQ Soluble Silicates for Textile Processing. PQ Corporation, Valley Forge, PA, U.S.A. On line: http://pqcorp.com/literature/bulletin_17-18.pdf
- Purcell, L.C. 2000. Soybean Canopy Coverage and Light Interception Measurements Using Digital Imagery. *Crop Science* 40:834-837.
- Quesada, M.A. y Valpuesta, V. 2000. Juvenilidad, Senescencia y Abscisión. En: Azcón-Bieto, J. y Talón, M. (Eds.). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. pp:451-464. McGraw-Hill, Madrid, España.
- Qvarnstrom, K. 1992. Treatment Against Powdery Mildew *Erysiphe cichoracearum* on Cucumber Plants with Low Toxic Compounds. *Vaxtskyddsnotiser* 56(1): 17-20.
- Reuveni, M. Agapov, V., and Reuveni, R. 1995. Supression of Cucumber Powdery Mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) by Foliar Sprays of Phosphate and Potassium Salts. *Plant pathology* 44:31-39.
- Reuveni, M., and Reuveni, R.. 1995. Efficacy of Foliar Sprays of Phosphates in Controlling Powdery Mildews in Field-grown Nectarine, Mango Trees and Grapevines. *Crop Protection* 14(4):311-314.

- Reuveni, M., Agapov, V., and Reuveni, R. 1996. Controlling Powdery Mildew Caused by *Sphaerotheca fuliginea* in Cucumber by Foliar Sprays of Phosphate and Potassium Salts. *Crop Protection* 15(1):49-53.
- Reuveni, M., Agapov, V., and Reuveni, R. 1997. A foliar spray of micronutrient solutions induces local and systemic protection against powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in cucumber plants. *European Journal of Plant Pathology* 103:581-588.
- Reuveni, R., Dor, G., and Reuveni M. 1998. Local and Systemic Control of Powdery Mildew (*Leveillula taurica*) on Pepper Plants by Foliar Spray of Mono-potassium Phosphate. *Crop Protection* 17(9) 703-709.
- Reuveni, R., Dor, G. Raviv, M., Reuveni, M., and Tuzon, S. 2000. Systemic Resistance Against *Sphaerotheca fuliginea* in Cucumber Plants Exposed to Phosphate in Hydroponics Systems, and its Control by Foliar Spray of Mono-potassium Phosphate. *Crop protection* 19:355-368.
- Reyes, D.R. y Mendoza, Z. C. 1988. Control Químico de la Cenicilla de las Cucurbitáceas *Erysiphe cichoracearum* D.C. en Calabacita *Cucurbita pepo* L. Variedad Gray Zucchini, en Chapingo Mex. *Revista Mexicana de Fitopatología* 6:192-199.
- Rovesti, J., Di Marco, S., and Pancaldi, D. 1992. Effect of Neem Kernel Extract on Some Phytopathogenic Fungi Under Greenhouse Conditions. *Journal of Plant Diseases and Protection* 99(3):293-296.

- Schuerger, A. C., and Hammer, W. 2003. Suppression of Powdery Mildew on Greenhouse-grown Cucumber by Addition of Silicon to Hydroponic Nutrient Solution is Inhibited at High Temperature. *Plant Disease* 87:177-185.
- SIAP (Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2004. Avances de Siembras y Cosechas, Año Agrícola 2003. Online: <http://www.sagarpa.gob.mx>
- Singh, U.P., Prithiviraj, B. 1997. Neemazal, a Product of Neem (*Azadirachta indica*), Induces Resistance in Pea (*Pisum sativum*) Against *Erysiphe pisi*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 51:181-194.
- Sitterly, W.R. 1979. Powdery Mildew in Cucurbits. In: D.M. Spencer (Ed.), The Powdery Mildews, pp. 359-379. Academic Press, New York.
- Sivapalan, A. 1993. Effects of Water on Germination of Powdery Mildew Conidia. *Mycological Research* 97(1):71-76.
- UC-ANR, 2001. Powdery Mildew on Vegetables. Publication 7406. University of California. Agriculture and Natural Resources. Davis, CA. USA. 1-3 p.
- Valadez, L.A. 1989. Producción de Hortalizas. Limusa. México. pp:258-269.
- Volk, R.J. Kahn, R.P., and Weintraub, R.L. 1958. Silicon Content of Rice Plant as a Factor Influencing its Resistance to Infection by the Blast Fungus, *Piricularia oryzae*. *Phytopathology* 48:179-184.
- Wang, C., Xing, J., Chin, C.K., Peters, J.S. 2002. Fatty Acids with Certain Structural Characteristics are Potent Inhibitors of Germination and Inducers of Cell Death

- of Powdery Mildew Spores. *Physiological And Molecular Plant Pathology* 61:151-161.
- Yildirim, I., Onogur, E., and Irshad, M. 2002. Investigations of the Efficacy of some Natural Chemicals against Powdery Mildew [*Uncinula necator* (Schw.) Burr.] of Grape. *Journal of Phytopathology* 150:697-702.
- Zenteno, Z.M. y Pérez, S. 1977. Erysiphales Conocidos en México. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 11:155-166.
- Ziv, O., and Hagiladi, A. 1993. Controlling Powdery Mildew in Euonymus With Polymer Coatings and Bicarbonate Solutions. *HortScience* 28(2):124-126.
- Ziv, O., and Zitter, T.A. 1992. Effect of Bicarbonates and Film-forming Polymers on Cucurbit Foliar Diseases. *Plant Disease* 26(5):513-517.

ANEXOS

Anexo 1a. Fórmula de nutrientes para irrigación por goteo de plantas de pepino hasta antes de floración, utilizada en los tres experimentos (800 L).

PRODUCTO	FORMULA	CANT.	P.M.	N	P	K	S	Ca	Mg
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	600	164.1	102.4	0.0	0.0	0.0	146.5	0.0
Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	400	129.4	0.0	75.1	120.8	0.0	0.0	0.0
Nitrato de magnesio	Mg(NO ₃) ₂	250	162.4	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	37.4
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	200	132.1	42.4	0.0	0.0	48.5	0.0	0.0
Total (ppm)				235.0	93.9	151.1	60.7	183.2	46.8

Anexo 1b. Fórmula de nutrientes para irrigación por goteo de plantas de pepino después de floración, utilizada en los tres experimentos (800L).

PRODUCTO	FORMULA	CANT.	P.M.	N	P	K	S	Ca	Mg
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	1200	164.1	204.9	0.0	0.0	0.0	293.1	0.0
Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	300	129.4	0.0	56.3	90.6	0.0	0.0	0.0
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ 7H ₂ O	400	246.5	0.0	0.0	0.0	52.0	0.0	39.5
Total (ppm)				256.1	70.4	113.3	65.0	366.4	49.3

P.M., peso molecular.

Anexo 2. Características fisicoquímicas del silicato de potasio Kasil 1.

NOMBRE DEL PRODUCTO: Kasil 1	
Ratio en peso SiO ₂ /K ₂ O	2.50
% de K ₂ O	8.30
% de SiO ₂	20.80
% de sólidos	29.10
Densidad a 20 °C (°Bé)	29.80
Densidad a 20 °C (Kg/L)	1.26
Viscosidad (centipoises)	40.00

Fuente: PQ Corporation, 2003.

ANEXOS

Anexo 1a. Fórmula de nutrientes para irrigación por goteo de plantas de pepino hasta antes de floración, utilizada en los tres experimentos (800 L).

PRODUCTO	FORMULA	CANT.	P.M.	N	P	K	S	Ca	Mg
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	600	164.1	102.4	0.0	0.0	0.0	146.5	0.0
Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	400	129.4	0.0	75.1	120.8	0.0	0.0	0.0
Nitrato de magnesio	Mg(NO ₃) ₂	250	162.4	43.1	0.0	0.0	0.0	0.0	37.4
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	200	132.1	42.4	0.0	0.0	48.5	0.0	0.0
Total (ppm)				235.0	93.9	151.1	60.7	183.2	46.8

Anexo 1b. Fórmula de nutrientes para irrigación por goteo de plantas de pepino después de floración, utilizada en los tres experimentos (800L).

PRODUCTO	FORMULA	CANT.	P.M.	N	P	K	S	Ca	Mg
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂	1200	164.1	204.9	0.0	0.0	0.0	293.1	0.0
Fosfato monopotásico	KH ₂ PO ₄	300	129.4	0.0	56.3	90.6	0.0	0.0	0.0
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ 7H ₂ O	400	246.5	0.0	0.0	0.0	52.0	0.0	39.5
Total (ppm)				256.1	70.4	113.3	65.0	366.4	49.3

P.M., peso molecular.

Anexo 2. Características físicoquímicas del silicato de potasio Kasil 1.

NOMBRE DEL PRODUCTO: Kasil 1	
Ratio en peso SiO ₂ /K ₂ O	2.50
% de K ₂ O	8.30
% de SiO ₂	20.80
% de sólidos	29.10
Densidad a 20 °C (°Bé)	29.80
Densidad a 20 ° C (Kg/L)	1.26
Viscosidad (centipoises)	40.00

Fuente: PQ Corporation, 2003.