

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA
POSGRADO EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**LA CENICILLA DE LAS CUCURBITÁCEAS:
IDENTIFICACIÓN, DISTRIBUCIÓN, INCIDENCIA,
SEVERIDAD Y RAZAS PATOGENICAS**

TESIS

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

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN PROTECCIÓN VEGETAL**



**DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES**

PRESENTA:

LUIS LEONEL ESPINOZA LÓPEZ

**MAYO DEL 2004
CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO**



**LA CENICILLA DE LAS CUCURBITÁCEAS: IDENTIFICACIÓN,
DISTRIBUCIÓN, INCIDENCIA, SEVERIDAD Y RAZAS PATOGENICAS**

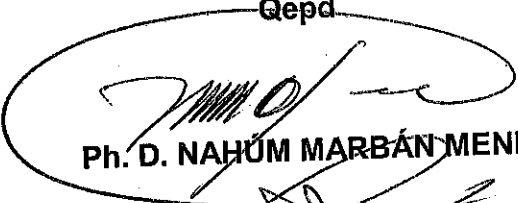
TESIS REALIZADA POR LUIS LEONEL ESPINOZA LÓPEZ BAJO LA
DIRECCIÓN DEL COMITÉ ASESOR INDICADO, APROBADO POR EL MISMO
Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

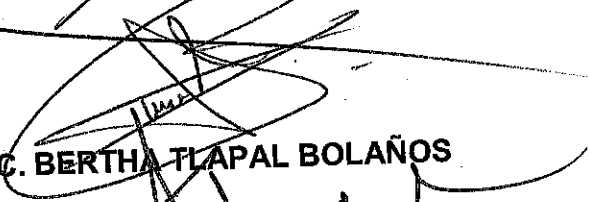
DIRECTOR:

DR. CECILIO MENDOZA ZAMORA
Qepd

CO-DIRECTOR:


Ph. D. NAHUM MARBÁN-MENDOZA

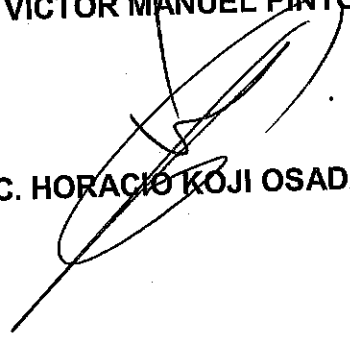
ASESOR:


M. C. BERTHA TLAPAL BOLAÑOS

ASESOR:


DR. VICTOR MANUEL PINTO

ASESOR:


M. C. HORACIO KÓJI OSADA VELAZQUEZ

DEDICATORIA

A DIOS

POR DARME LA OSADÍA Y PRIVILEGIO DE MI EXISTENCIA

A MIS PADRES

RAÚL M. ESPINOZA Y ROSALINA LÓPEZ

A MIS HERMANOS

LAURA, CASIMIRO, MIRNA AYDÉE, RAÚL Y OMAR

POR SER MOTIVO DE SUPERACIÓN A TRAVEZ DE LOS MOMENTOS
DIFÍCILES QUE HEMOS VIVIDO Y PORQUE SIEMPRE SEGUIREMOS
ADELANTE EN BUSCA DE LA MEJORA CONTINUA DE CADA DÍA

A MIS SOBRINOS

YADIRA, AMÉRICA NICOL, MIRIAM Y EDGAR

POR LA ALEGRIA Y TERNURA BRINDADA A LA FAMILIA

A MI TIO

SALVADOR ESPINOZA ROMERO

POR SER PARTE INCONDICIONAL DEL EQUIPO DE TRABAJO

A LA FAMILIA LÓPEZ GARCÍA

EN ESPECIAL A MIS TIAS: LEONIDES, ELEUTERIA Y MARGARITA POR EL
APOYO INCONDICIONAL EN TODO MOMENTO

A MI BUEN AMIGO OTHÓN TAPIA GONZALEZ

POR SU INVALUABLE AMISTAD Y APOYO INCONDICIONAL

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

CON ADMIRACIÓN Y RESPETO

**AL EXCELENTE PROFESOR, INVESTIGADOR, RECONOCIDO
PROFESIONAL DE LA SANIDAD VEGETAL**

AL DR. CECILIO MENDOZA ZAMORA
In memoriam

GRACIAS POR SU INVALUABLE AMISTAD

LUIS LEONEL ESPINOZA LÓPEZ, 2004

AGRADECIMIENTOS

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT) POR EL APOYO FINANCIERO OTORGADO PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ESTUDIOS DE POSGRADO.

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO, EN ESPECIAL AL PROGRAMA DE POSGRADO EN PROTECCIÓN VEGETAL, POR APORTARME VALIOSAS EXPERIENCIAS EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

AL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA, POR EL APOYO BRINDADO DE DIRECTIVOS, ACADÉMICOS Y TRABAJADORES ADMINISTRATIVOS.

A LOS PROFESORES DEL PROGRAMA DE POSGRADO EN PROTECCIÓN VEGETAL QUE DE ALGUNA FORMA INTERVINIERON EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL Y HAN MANTENIDO AL PROGRAMA DENTRO DEL PROGRAMA DE EXCELENCIA DEL CONACYT.

A LA M. C. BERTHA TLAPAL BOLAÑOS POR EL APOYO BRINDADO Y SUGERENCIAS EN LA ELABORACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO.

AL Ph. D. NAHÚM MARBÁN MENDOZA, DR. VICTOR MANUEL PINTO Y M. C. HORACIO KOJI OSADA VELÁZQUEZ, POR EL GRAN APOYO BRINDADO EN TODO MOMENTO, ASÍ COMO POR SUS SUGERENCIAS A CERTADAS EN EL PRESENTE TRABAJO

AL DR. MANUEL ROSAS ROMERO Y M. C. BRENDA RAYA, DE LA EMPRESA SEMINIS VEGETABLE CO., POR EL APOYO OFRECIDO Y FACILIDADES PARA LA REALIZACIÓN DEL PRESENTE TRABAJO.

A TODOS MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS.

DATOS DEL AUTOR

EL AUTOR DE LA PRESENTE TESIS NACIÓ EL 25 DE AGOSTO DEL AÑO DE 1976 EN ACTOPAN, HIDALGO. REALIZO SUS ESTUDIOS DE EDUCACIÓN PRIMARIA EN EL OLVERA, HIDALGO, ESTUDIOS DE SECUNDARIA EN ACTOPAN, HIDALGO. EN 1992 INGRESA A LA PREPARATORIA AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO Y EN 1995 AL DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA EN DONDE OBTUVO EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. EN 1999, PRESTÓ SUS SERVICIOS AL COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DE HIDALGO EN LA CAMPAÑA CONTRA NEMÁTODOS DORADOS DE LA PAPA EN EL MISMO AÑO. HA PARTICIPADO EN DIVERSOS CURSOS, CONGRESOS, REUNIONES Y SIMPOSIOS, COMO ASISTENTE, PONENTE Y ORGANIZADOR. ASÍ MISMO OBTIENE LA APROBACIÓN FITOSANITARIA EN LA MATERIA DE MOSCAS DE LA FRUTA POR PARTE DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE SANIDAD VEGETAL Y HA APOYADO A ESTA DIRECCIÓN EN LOS PROGRAMAS DE VERIFICACIÓN EN PRODUCTOS DE EXPORTACIÓN EN SONORA, PRESTA SUS SERVICIOS AL COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DE GUERRERO, DESEMPEÑANDO EL CARGO DE GERENTE GENERAL, ASÍ MISMO, PRESTA SUS SERVICIOS AL COMITÉ ESTATAL DE SANIDAD VEGETAL DE HIDALGO COMO COORDINADOR DE LA CAMPAÑA CONTRA CARBÓN DE LA ESPÍGA DEL MAÍZ. EN AGOSTO DEL 2000 INICIA SUS ESTUDIOS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL EN LA U. A. CHAPINGO CONCLUYENDO ESTOS EN EL AÑO 2002. ACTUALMENTE PRESTA SUS SERVICIOS DE VERIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN FITOSANITARIA.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
SUMMARY.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
 CAPITULO I	
LA CENICILLA DE LAS CUCURBITÁCEAS.....	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	29
LITERATURA CITADA.....	
 CAPITULO II	
"IDENTIFICACIÓN DE CENICILLAS DE CUCURBITÁCEAS EN BASE A CARACTERÍSTICAS ANAMÓRFICAS".....	36
RESUMEN.....	36
SUMMARY.....	37
INTRODUCCIÓN.....	37
MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
RESULTADOS Y DISCUSION.....	42
CONCLUSIONES.....	50
LITERATURA CITADA.....	51
 CAPITULO III	
"INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE <i>Podosphaera xanthii</i> CAUSANTE DE LA CENICILLA DE CUCURBITÁCEAS".....	55
RESUMEN.....	55
SUMMARY.....	56
INTRODUCCIÓN.....	56
MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
RESULTADOS Y DISCUSION.....	60
CONCLUSIONES.....	65
LITERATURA CITADA.....	66
 CAPITULO IV	
"DETERMINACIÓN DE RAZAS DE <i>Podosphaera xanthii</i> MEDIANTE VARIEDADES DIFERENCIALES".....	68
RESUMEN.....	68
SUMMARY.....	69
INTRODUCCIÓN.....	69
MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
RESULTADOS Y DISCUSION.....	73
CONCLUSIONES.....	81
LITERATURA CITADA.....	82
APENDICE.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variedades Diferenciales de melón para identificar razas de <i>Podosphaera xanthii</i>	23
Cuadro 2. Ecuaciones linealizadas de dy/dt para algunos modelos de la curva de progreso.....	25
Cuadro 3. Evaluación de Incidencia de <i>Podosphaera xanthii</i> en las diferentes regiones productoras de Cucurbitáceas en México. 2002.....	45
Cuadro 4. Tamaño promedio de conidios de <i>Podosphaera xanthii</i>	48
Cuadro 5. Escala de evaluación del daño de <i>Podosphaera xanthii</i> en el campo experimental. Chapingo, México. 2002.....	60
Cuadro 6. Variedades diferenciales evaluadas para la determinación de razas fisiológicas de <i>Podosphaera xanthii</i> en invernadero. Chapingo, México. 2002.....	71
Cuadro 7. Escala de evaluación del daño de <i>Podosphaera xanthii</i> en invernadero sobre variedades diferenciales. Chapingo, México. 2002..	72
Cuadro 8. Variedades diferenciales de melón inoculadas con <i>Podosphaera xanthii</i> para determinar razas fisiológicas de dos lugares de muestreo. 2002.....	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida generalizado de las cenicillas de cucurbitáceas..	16
Figura 2. Comportamiento grafico de algunos modelos matemáticos de curva del progreso de la enfermedad (Campell y Madden, 1990).....	26
Figura 3. Síntomas de cenicilla observados en campo.....	43
Figura 4. Conidios de <i>Podosphaera xanthii</i> detectados en las muestras colectadas en campo.....	47
Figura 5. Conidios de <i>Podosphaera xanthii</i> con el tubo germinativo bifurcado.....	49
Figura 6. Incidencia y severidad de <i>Podosphaera xanthii</i> en el Cultivo de calabacita <i>Cucúrbita pepo</i> var. <i>Grey zucchini</i> Chapingo, México.....	61
Figura 7. Curva de progreso de la cenicilla de Cucurbitáceas <i>Podosphaera xanthii</i> en el cultivo de Calabacita <i>Cucúrbita pepo</i> var. <i>Grey zucchini</i> en Chapingo, Mex. 2001.....	62
Figura 8. Porcentaje de incidencia de la cenicilla de Cucurbitáceas <i>Podosphaera xanthii</i> en el cultivo de Calabacita <i>Cucúrbita pepo</i> var. <i>Grey zucchini</i> en Chapingo, Mex. 2001.....	64
Figura 9. Reacción de variedades diferenciales de razas patogénicas de <i>Podosphaera xanthii</i>	75
Figura 10. Incidencia de la cenicilla de las cucurbitáceas causada por <i>Podosphaera xanthii</i> procedente de dos lugares de muestreo sobre la variedad diferencial de melón Topmark en invernadero.....	78
Figura 11. Curva del progreso de la enfermedad de <i>podospaera xanthii</i> de muestras procedentes del Estado de México e Hidalgo sobre la variedad diferencial Topmark en invernadero.....	80

LA CENICILLA DE LAS CUCURBITACEAS: IDENTIFICACIÓN, DISTRIBUCIÓN, INCIDENCIA, SEVERIDAD Y RAZAS PATOGENICAS

CUCURBITS POWDERY MILDEW: IDENTIFICATION, DISTRIBUTION, INCIDENCE, SEVERITY AND PATHOGENIC RACES

Luis Leonel Espinoza - López¹, Nahum Marban - Mendoza²

RESUMEN

En muestreos realizados en las regiones productoras de cucurbitáceas en México, se colectaron ejemplares de calabacita, sandia y pepino con síntomas de cenicilla. Se observó un porcentaje de germinación de conidios de 20% presentando tubo germinativo bifurcado, presencia de cuerpos fibrosos y presentaron rango de ancho: 15-22 μm y largo: 27-36 μm , por lo que se identificó como *Podosphaera xanthii*. Se presentó en un rango de incidencia de 15% al 60 % en las diferentes regiones de México. El experimento en el cultivo de calabacita en campo, la severidad de la enfermedad se inició en floración y más severa en la formación de frutos. En el análisis estadístico muestra que la curva de progreso de la enfermedad se ajusta al modelo de Gompertz y se observa un 92 % de incidencia. En invernadero de las cuatro variedades diferenciales (Topmark, PMR-45, PMR-1 y PMR-5), para identificar razas del hongo, de dos muestras con cenicilla procedentes del Estado de México e Hidalgo, los síntomas solo se desarrollaron en la variedad Topmark, lo que indica que se trata de la raza 1 y se registró incidencia alta de la enfermedad en esta variedad. La curva del progreso de la enfermedad de la muestra del estado de México sobre la variedad diferencial Topmark, se observó que el fenómeno se ajusta al modelo Gompertz y la muestra de Hidalgo, se ajustó al modelo Logístico.

Palabras clave: cenicilla, cucurbitáceas, *Podosphaera xanthii*, Incidencia, severidad, Razas fisiológicas.

ABSTRACT

Foliage samples of squash, watermelon and cucumber, growing in different areas of Mexico and infected with powdery mildew *Podosphaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea*) were used for this study. The germination percentage of conidia (20 %) with forked germ tube, the width range of 15-22 μm , the length 27-36 μm , and body fibers are all anamorphic characteristics that clearly identified the fungus as *Podosphaera xanthii*. The disease incidence in each growing area was between 15 % to 60 %. Severity studies were performed in one single variety under natural conditions. Statistical analysis showed that the development of the disease fits Gompertz model. In this particular case the percent incidence reached 92 %. In order to identify races of *Podosphaera xanthii* under greenhouse conditions with four differential varieties of cantaloupe (Topmark, PMR-45, PMR-1 and PMR-5) the presence of race 1 (symptom developed in Topmark only) was established with two powder disease samples from the Hidalgo state and Mexico state. These two populations showed different patterns of disease development. The Mexico state fits Gompertz model and the Hidalgo state fits Logistic model.

Key words: powdery mildew, cucurbits, *Podosphaera xanthii*, incidence, severity, pathogenic races.

¹ Tesista de la Maestría en Ciencias en Protección Vegetal

² Profesor investigador de la Maestría en Ciencias en Protección Vegetal. UACH. Chapingo, México.

**LA CENICILLA DE LAS CUCURBITÁCEAS: IDENTIFICACIÓN,
DISTRIBUCIÓN, INCIDENCIA, SEVERIDAD Y RAZAS PATOGENICAS**
**LUIS LEONEL ESPINOZA LOPEZ¹, CECILIO MENDOZA ZAMORA¹⁺, NAHUM
MARBAN MENDOZA¹, BERTHA TLAPAL BOLAÑOS², VICTOR MANUEL
PINTO¹, HORACIO KOJI OSADA VELAZQUEZ²**

¹MAESTRIA EN PROTECCIÓN VEGETAL. DEPARTAMENTO DE
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

²DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA CHAPINGO. 56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

¹⁺ q. e. p. d.

INTRODUCCIÓN

Las cucurbitáceas como el melón, sandía, calabacita, pepino y chayote, juegan un papel importante dentro de la producción agrícola en México, ya que se cultivan alrededor de 110, 000 ha (Anónimo, 1999). La producción de estos cultivos toma importancia ya que son fuente de alimento, generan mano de obra y de divisas al país.

Para 1999 se tuvo una superficie cosechada de 28,500 ha de calabacita; 30,900 ha de melón; 18,450 ha de pepino y 1,165 ha de chayote, siendo los principales estados productores Sinaloa, Puebla, Veracruz, Jalisco, Coahuila, Sonora, Nayarit, Morelos y Michoacán (Anónimo, 1999).

La producción de estos cultivos se ve afectada por diversos factores como la falta de infraestructura, asesoría técnica, mano de obra, precio del producto, manejo agronómico, condiciones climáticas desfavorables e incidencia de plagas. Dentro de éstas, las enfermedades ocupan un lugar importante destacando la cenicilla, enfermedad de mayor incidencia en estos cultivos ya que se puede presentar en cualquier parte donde existen las cucurbitáceas. Los hongos que la causan se caracterizan por formar abundante micelio y esporulación que da un aspecto polvoso de color blanco sobre los diferentes órganos vegetales, causando daños que van desde tenues hasta muy severos (Romero, 1988).

Este tipo de hongos puede causar pérdidas del 25 al 100 % en la producción (Cebrenros *et al.*, 1991), la enfermedad puede presentarse tanto en campo como en invernadero y el daño varía dependiendo de las condiciones climáticas y el manejo del cultivo. Al respecto, Ballantyne (1975) menciona que *Leveillula taurica*, *Erysiphe communis*, *E. polygoni*, *E. polyphaga*, *E. cichoracearum* y *Sphaerotheca fuliginea* pueden atacar a las cucurbitáceas, aunque solamente las dos últimas causan daños de consideración. Actualmente se ha modificado la nomenclatura binomial de las dos principales especies que causan la enfermedad conocida como cenicilla en los cultivos de melón, pepino, sandía y calabacita y se designan como: *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea* auct. p.p); *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum* auct. p.p) de acuerdo a Braun *et al.* (2002), por lo que en el presente trabajo utilizaremos los nombres científicos que actualmente se

denominan y entre paréntesis el nombre científico de acuerdo a lo que reporta cada autor.

En México se reporta a *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) como el agente causal de la cenicilla en cucurbitáceas; sin embargo, existe la posibilidad de que *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) se encuentre presente, ya que los síntomas causados por ambos hongos son muy similares, solo se diferencian morfológicamente (Hernández, 1990; Moreno y Romero, 1992). Estas especies tienen ciclo de vida similar, por lo general, solo se reproducen asexualmente, aunque también ocurre la reproducción sexual, pero es muy rara, lo cual ha creado confusión en cuanto a su correcta identificación, ya que por lo regular ha sido basada únicamente en las características anamórficas y no de sus características teleomórficas.

La necesidad de conocer el agente causal permite implementar prácticas de manejo que permitan reducir los daños causados por el mismo, con el objeto de obtener productos de calidad que sean competitivos en los mercados nacionales e internacionales, por lo que se planteó el presente estudio con los objetivos de 1) identificar el agente causal de la cenicilla en cucurbitáceas en diferentes regiones del país, 2) determinar su distribución e incidencia, 3) evaluar la incidencia y severidad de la enfermedad y 4) determinar las razas fisiológicas mediante la utilización de variedades diferenciales.

La redacción de metodologías y resultados se presentan en capítulos, mismos que han sido preparados con la finalidad de ajustarlos con mayor facilidad a formatos de artículos científicos para someterlos a revistas con arbitraje nacional o internacional, además se incluye un capítulo de revisión bibliográfica y anexos.

LITERATURA CITADA

Anónimo, 1999. Anuario estadístico de la producción agrícola. SAGAR. Centro de Estadística Agropecuaria. México.

Ballantyne, B. J. 1975. Powdery mildew of cucurbitaceae: Identity, distribution, host range and source resistance. Proc. Linn. Soc. New South Wales: 99:100-120.

Braun, U., Cook, R.T.A., Inman, A. J. and Shin, H.-D. 2002. The taxonomy of Powdery Mildew Fungi. In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. 2002. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Chapter 2. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Cebreros, S. F., Sánchez, C. M. y Acosta, M. I. 1991. Supervivencia de *E. cichoracearum* de Candolle, causante de la cenicilla de las cucurbitáceas en el Valle de Culiacán. Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitopatología. México. p 120.

Hernández, H. V., y Cano, R. P. 1990. *Sphaerotheca fuliginea*, agente causal de la cenicilla del melón y sus razas fisiológicas en la Comarca Lagunera. Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitopatología. México.

Moreno, R. O. y Romero, C. S. 1992. Formación de cleistotecios en Calabaza var. Castilla *Cucurbita moschata* por *Sphaerotheca fuliginea* en Jesús María, Ags. Revista Mexicana de Fitopatología. 9 (2): 94-96.

Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 357 p.

CAPITULO I
LA CENICILLA DE LAS CUCURBITACEAS:

REVISIÓN DE LITERATURA

LUIS LEONEL ESPINOZA LOPEZ. MAESTRIA EN PROTECCIÓN VEGETAL.
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD
AUTONOMA CHAPINGO. 56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

Las especies que pertenecen a la familia de las cucurbitáceas son muy importantes para el hombre como una fuente de fibra y alimento ya que contienen alta cantidad de carbohidratos. Dentro de las principales especies cultivadas encontramos al melón (*Cucumis melo*) sandía (*Citrullus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus*) y varias especies de calabacita (*Cucúrbita pepo*, *C. máxima* y *C. moschata*). Todas las cucurbitáceas son susceptibles al ataque de cenicilla, enfermedad que reduce la producción, el tamaño, número de frutos y la calidad de estos (Hernández, et al. 1990).

Se mencionan a *Podosphaera xanthii* y *Golovinomyces cichoracearum*, como las principales especies causantes de cenicilla en cucurbitáceas en el mundo, pero *Podosphaera xanthii* como la de más amplia distribución (Jahn et al. 2002).

Síntomas; La cenicilla se caracteriza por presentar un crecimiento blanquecino de aspecto polvoso, parecido a talco sobre el haz y envés de las hojas, pecíolos y tallos (Zitter, 1996). Los síntomas se desarrollan primero sobre las hojas más viejas, que se encuentran en la parte baja de la planta, y después sobre las hojas de la parte media. Las lesiones al inicio son pequeñas, pero al incrementar de número pueden coalescer y cubrir por completo las hojas y secar las plantas prematuramente.

La infección en hojas jóvenes se manifiesta en general por una clorosis y eventualmente la muerte de éstas. Las hojas severamente infectadas se tornan de color café y en infecciones tempranas la enfermedad puede causar defoliación completa de la planta (Miller y Barret, 1931; Spencer, 1978; Romero, 1988; Mendoza, 1996). Las raíces no son atacadas y el hongo puede crecer sobre plantas silvestres que se desarrollan cerca de las áreas de cultivo. La infección en frutos sucede raramente en sandía y pepino, pero cuando es alta la incidencia en hojas y tallos, los frutos pueden ser atacados como en calabacita, melón y pepino. Raramente se pueden observar los cleistotecios y aún cuando están presentes es difícil su observación (Zitter, 1996).

Ponce (2001) especifica que *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) se presenta en climas semicálidos, templados y húmedos, mientras que *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) se encuentra principalmente en climas cálidos y secos. Por su parte Blancard (1991) menciona la presencia de las dos especies durante todo el año, lo que depende

de la región y cultivo, además de que es probable que ambas especies requieren de exigencias climáticas ligeramente distintas.

Para México se menciona que *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) es el principal agente causante de la cenicilla (Montes, et al 1992; Ramírez, 1993; Mendoza, 1996; Avalera, 1997); sin embargo, en calabaza de castilla se ha encontrado que *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) es el principal patógeno ya que por primera vez se detectó la formación de cleistotecios, esto mismo fue observado en sandía (Sosa, 1989) y en melón (Hernández, et al. 1990).

Morfología del patógeno; El progreso de las técnicas de identificación en la década pasada como la microscopia electrónica y la biología molecular, han influenciado fuertemente el desarrollo del sistema taxonómico de los Erisiphales y su interpretación filogenética. Innovaciones exitosas en la taxonomía genérica de los Erisiphales basadas en exámenes con microscopia electrónica y escaneo molecular, son el resultado de un mejor entendimiento en las recientes investigaciones. Las cenicillas se clasifican de la siguiente manera: Reino Eumycota, Phylum Dikaryomycota, Subphylum Ascomycotina, Clase Ascomycetes, Orden Erysiphales y Familia Erysiphaceae (Kendrick, 2000).

Las características para diferenciar el género del hongo causante de la cenicilla de las cucurbitáceas, han sido basadas en el estado teleomórfico del hongo, pero ha causado confusión cuando se clasifica e identifica tomando estas

características ya que es muy difícil que se presente, siendo más frecuente el estado anamórfico (Ballantyne, 1975; Spencer, 1978; Khan, 1983; Khan y Sharma, 1995).

La Familia Erysiphaceae se clasifica de la siguiente manera: (Braun et al. 2002).

Tribu Erysiphae	[<i>Brasilomyces</i> , <i>Erisiphe</i> emend. (Incl. El genero <i>Microsphaera</i> , <i>Uncinula</i> , etc.) <i>Typhulochaeta</i>]
Tribu Golovinomycetae	
Subtribu Golovinomycetinae	[<i>Golovinomyces</i>]
Subtribu Neoerysiphinae	[<i>Neoerysiphe</i>]
Subtribu Arthrocladiellinae	[<i>Arthrocladiella</i>]
Tribu Cystothecae	
Subtribu Cystothecinae	[<i>Cystotheca</i> , <i>Podosphaera</i> emend. (incl. <i>Sphaerotheca</i>)].
Subtribu Sawadaeinae	[<i>Sawadaea</i>].
Tribu Phyllactinieae	[<i>Leveillula</i> , <i>Phyllactinia</i> , <i>Pleochaeta</i>]
Tribu Blumerieae	[<i>Blumeria</i>]

Golovinomyces cichoracearum (syn. *Erysiphe cichoracearum*) se caracteriza por presentar ascocarpos esféricos, sésiles y con pared propia conocidos como cleistotecios, las ascas están arregladas basalmente, éstas son grandes y globosas, apéndices miceloides parecidos a hifas somáticas, estas estructuras

se conocen como la fase invernante del hongo por lo que difícilmente se presentan y ocurren cuando las condiciones ambientales son desfavorables para el desarrollo del hongo. Presenta micelio blanco superficial, hialino, septado, célula generatriz, cadenas basipetales, o ocasionalmente café cuando éste ya está viejo, usualmente evanescente pero algunas veces persistente, crece de forma irregular en manchas sobre la superficie de las hojas (Miller y Barret, 1931; Mendoza, 1996; Romero, 1988).

Podosphaera xanthii (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) presenta cleistotecios con apéndices miceliales simples y flexibles y con una sola asca por ascocarpio (Montes y Martínez., 1992). Generalmente se encuentran en el envés de las hojas, son globosos, café oscuros, cubiertos por un número variable de apéndices miceloides, éstos generalmente cortos, aunque algunos más largos que el diámetro cleistotecial, flexibles, de color café oscuro cerca del cleistotecio y café claro en el extremo distal. Asca de elíptica a sub-globosa (Moreno y Romero, 1992).

Los anamorfos de *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) y *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) son difíciles de distinguir y muchos parámetros de clasificación se han enfocado a las características específicas distintivas de estas dos especies; Ballantyne (1975) toma en cuenta tres criterios para diferenciar estos dos hongos: tipo de conidióforo, presencia o ausencia de cuerpos fibrosos y el modo de germinación de los conidios.

Para diferenciar el anamorfo de *Podosphaera xanthii* de *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*), se toman en cuenta el tipo de parasitismo, micelio ectofítico o endofítico, morfología de los conidióforos con relación a la ramificación, arreglo de los conidios sobre los conidióforos, forma y dimensión de los conidios, presencia o ausencia de cuerpos fibrosos en los conidios, morfología del tubo germinativo, desarrollo del apresorio, y punto de origen del tubo germinativo (Khan y Sharma, 1995).

Golovinomyces cichoracearum (syn. *Erysiphe cichoracearum*) presenta conidióforos simples con base recta o hinchada, no ramificados, en éstos se forman las esporas o conidios; conidios inmaduros en cadena con el borde sinuoso, unicelulares, hialinos y en forma de barril, no presentan cuerpos fibrosos; al germinar presentan tubo germinativo simple que se origina de la pared apical (Miller y Barrett, 1931; Ballantyne, 1975; Spencer, 1978; Vakalounakis et al. 1994; Mendoza, 1996; Romero, 1988; Montes, et al., 1992). Estas estructuras se pueden encontrar en todos los lugares donde se presente la enfermedad (Khan y Sharma, 1995; Mendoza, 1996; Romero, 1988).

Podosphaera xanthii (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) presenta conidióforos en cadena con base recta, no ramificados, hialinos; los conidios inmaduros en cadena con el borde constreñido, éstos nacen de cadenas largas en sucesión basipétala, los conidios maduros presentan entre 6 y 9 cuerpos fibrosos, éstos son pequeños y ligeramente curvados, parecidos a varillas y son estructuras bifurcadas; al germinar presenta tubo germinativo bifurcado que se origina de la

parte media de los conidios (Ballantyne, 1975; Spencer, 1978; Grand, 1987; Montes y Martínez., 1992; Moreno y Romero, 1992; Vakalounakis *et al.*, 1994; McGrath, 1994; Khan y Sharma, 1995; Mohamed *et al.*, 1995; Cheah *et al.*, 1996; Bardin *et al.*, 1999).

La presencia de cuerpos fibrosos en los conidios de *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) son usados para diferenciar este hongo, estos cristales son observados claramente en montajes al microscopio de conidios frescos, a los cuales se le adiciona una gota de Hidróxido de Potasio (KOH) al 3% o al 5%, son pequeños y ligeramente curvados, parecidos a varillas y son estructuras bifurcadas (Ballantyne, 1975; Spencer, 1978; Zitter, 1996; Grand, 1987; Moreno y Romero, 1992; McGrath, 1994; Vakalounakis, *et al.* 1994; Mohamed *et al.* 1995; Khan y Sharma, 1995; Mc Grath, *et al.* 1996;).

Los conidios de *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) miden de 29.5- 30.9 μ de largo, 13.2- 14.4 μ de ancho, mientras que los conidios de *Podosphaera fusca* miden 29.9-32.2 μ de largo y 18.0-19.4 μ de ancho (Vakalounakis *et al.*, 1994). Khan y Sharma (1995) reportan que *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) presenta conidios que miden de 28.1 a 34.0 μ de largo y de 14.0 a 17.1 μ de ancho.

Distribución; Las cenicillas de las cucurbitáceas se encuentran distribuidas en todo el mundo en lugares con climas muy variados. *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) se reporta en melón Cantaloupe en Imperial Valley, California (Miller y Barrett, 1931), en España (Randall, 1956; Messian, 1967), en Francia (Blancard, 1991). Por su parte *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) se reporta en Imperial Valley, California (Demetrios en 1978), en Ontario, Canada (Jarvis y Slingsby, 1984), en Brasil (Reifschneider et al., 1985), en el estado de Carolina del Norte en los Estados Unidos (Grand, 1987), en Long Island Nueva York (McGrath, 1991), en Francia (Blancard, 1991; Bardin et al. 1999), en Creta (Vakalounakis et al. 1994) y en Sudan (Mohamed et al. 1995).

En México se reporta a *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) en calabacita en los estados de Hidalgo, Morelos, Sinaloa, Veracruz, Yucatán, Puebla, Edo. de México Oaxaca y en Sonora (Anónimo, 1958; Avalera, 1997; Cebreros et al., 1991; De la Torre, 1987; Domínguez, 1988; Fitofilo, 1976; Huerta, 1986; Mendoza, 1996; Montes y Martínez., 1991; Montes y Martínez., 1992; Ramírez, 1993; Reyes, 1991), mientras que en el cultivo de pepino se reporta en Sinaloa (Anónimo, 1958; Cruz, et al. 1998; Fitofilo, 1976; Hernández, et al., 1988; Ramírez, 1997).

En el cultivo de sandía se reporta a *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) en Baja California, Guanajuato, Michoacán, Morelos,

Puebla, Tamaulipas, Querétaro, Veracruz y Sinaloa (Anónimo, 1958; Fitofilo, 1976; Sosa, 1989). En melón se reporta en Guanajuato, Querétaro, Tampico, Baja California , Sinaloa, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Sonora, Veracruz y Yucatán (Anónimo 1958; Fitofilo 1976; Díaz, 1989; Sosa, 1989).

Podosphaera xanthii (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) solo es reportada en Aguascalientes en calabaza de castilla (Moreno y Romero, 1992), en Melón y Sandía en Baja California Norte (Sosa, 1989) y en la Comarca Lagunera en melón (Hernández, *et al.* 1990).

Daños; Los daños causados por esta enfermedad son variables, dependen de las condiciones climáticas, lugar donde se presente, tipo y variedad de cultivo y manejo agronómico. La enfermedad causa daños que van desde leves hasta severos (Romero, 1988). Particularmente en cucurbitáceas, estos hongos pueden causar pérdidas directas del 25 al 100% (Cebrenros *et al.*, 1991).

En infecciones severas causa defoliación, lo cual provoca la reducción del área fotosintética, los frutos se reducen en tamaño y en general puede ocasionar perdidas hasta de 25% en plantas pequeñas y reducir la producción hasta un 50%. El daño más importante es la pérdida de sabor del fruto (Mendoza, 1996).

Las hojas afectadas reducen su capacidad fotosintética lo que ocasiona reducción de área foliar y decremento en de la capacidad de almacenamiento

de nutrientes. Los efectos del daño se ven reflejados en un menor del tamaño, deformación, decoloración y pérdida de sabor de los frutos (Spencer, 1978).

Ciclo de la enfermedad y epidemiología; Las epidemia de las cenicillas de cucurbitáceas comprende una secuencia compleja de eventos biológicos (Fig. 1) en diferentes ambientes. Por ser un parásito biotrófico, el hongo sobrevive en las cucurbitáceas silvestres, en residuos de cosecha en campo o en invernadero en forma de cleistotecios, oidios o micelio; en la primavera los conidios o ascosporas (inóculo primario) son transportados por el viento o la lluvia (manteniéndose viables por 7 a 8 días); al depositarse sobre las hojas germinan a través de un tubo germinativo que al principio es corto y al desarrollarse forma austorios. La penetración del tubo germinativo es hacia el centro de lumen de las células, mientras el primer austorio se establece, otros tubos germinativos se forman de otros puntos de la misma espóra y crecen hifas que se desarrollan a lo largo de la superficie de la hoja.

A los cuatro días del inicio de la infección, los conidióforos empiezan a formarse para dar origen a los conidios que serán dispersados por el agua y el viento a las hojas y a otras plantas. En la infección hay factores que influyen como la edad de la planta, humedad relativa y temperatura ambiental. Las hojas entre los 16 y 23 días son más susceptibles, mientras que las hojas más jóvenes son casi inmunes. Puede haber infección en una humedad tan baja como 46 %, sin embargo, cuando hay poca humedad en las hojas la infección cesa; la humedad

La incidencia puede ser evaluada como el porcentaje de plantas infectadas o como el porcentaje de hojas infectadas por planta. Este tipo de pruebas son rápidas ya que este es un objetivo medible, pero provee información limitada ya que muchos investigadores generalmente encuentran resultados similares de incidencia.

La severidad puede ser evaluada directamente o a través del uso de índices o escalas. Directamente, las pruebas de severidad incluyen conteo del número de colonias por hoja o por planta. El conteo de colonias es preciso pero causa mucha dificultad en hojas con niveles altos de enfermedad. La severidad puede ser medida más oportunamente en hojas húmedas con bajos niveles de enfermedad que en hojas altamente infestadas ya que se puede contar mejor el número de colonias del patógeno sobre las hojas. Los resultados derivados del conteo de colonias son analizados de diferentes maneras, muchos autores calculan la media del número de colonias por planta o por hoja y analizan estos datos con un análisis de varianza. El método mas utilizado en evaluaciones directas de severidad, es la estimación del porcentaje de área infectada en varias hojas por planta. En algunos casos las colonias son contadas al inicio de la epidemia y el porcentaje de área infectada es calculada posteriormente, pero esto genera problemas en el análisis del desarrollo de la epidemia. La estimación del porcentaje de área infectada de las hojas provee información detallada pero es una labor intensa y subjetiva (Nicot *et al.* 2002).

El análisis de datos de la severidad, consiste de comparaciones del Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE), para tratamientos diferentes mediante un análisis de varianza. Otros análisis incluyen el rango medio de incremento de la enfermedad o los máximos niveles de ésta.

Uso de escalas en evaluaciones de enfermedades; Las escalas frecuentemente son usadas para facilitar las evaluaciones de diferentes enfermedades, algunas veces para incidencia pero la mayoría para la estimación del área foliar dañada o para conteo de colonias. La escala de Horsfall y Barrett (1945) para el cálculo del área foliar dañada, toma un conteo que el ojo humano detecta grados por aproximadamente divisiones iguales sobre una escala logarítmica, esta es descrita en muchos libros de texto y revisiones, pero no es utilizada en forma común en evaluaciones de cenicillas. Diversos autores utilizan escalas de tres, cinco o más clases, pero las clases usualmente no son descritas en muchos detalles. Algunas de estas escalas tienen clases de tamaños iguales y otras no. Cohen *et al.* (1996) utilizó la escala descrita por Sitterly (1978). Jarvis y Slingsby (1977) usaron una escala arbitraria de 0 (sin daño) a 5 (fuertemente infestada) la cual llamaron escala de incidencia, pero en realidad se trataba de una escala de severidad. Elad *et al.* (1989) evaluó cenicilla sobre hojas de pepino utilizando una escala de 0 (sin enfermedad) a 5 (completamente cubierta).

El uso de las escalas pueden ser más fácil que haciendo una estimación o conteo directo, pero frecuentemente no es posible calcular la severidad real de

los valores de la escala o no es correcto usar los números de la escala para el calculo de medias ya que estos valores son arbitrarios, también si solo los dos extremos de las clases son descritas, esto es difícil para otros investigadores utilizar exactamente la misma escala.

Algunos autores utilizan escalas que combinan incidencia y severidad. Bélanger *et al.* (1994) uso clases para evaluar incidencia, con 0= sin cenicilla, 1= solo algunas colonias o algunas hojas mas bajas, 2= colonias sobre hojas bajas, y 3= colonias sobre la mayoría de las hojas. Un problema con el análisis de los datos colectados sobre una escala es que las clases pueden ser numeradas pero no siempre pueden ser equidistantes y además los números de las clases no pueden ser utilizados para calcular medias; una solución es tomar la media de las clases o la mediana para su análisis o para enfocarlo en una distribución de frecuencias.

Variedades diferenciales y determinación de razas.- Uno de los procedimientos más exitosos para la identificación de razas de las cenicillas en cucurbitáceas causada por *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*), es a través del uso de variedades diferenciales. Al respecto Jagger y Scott (1937), citados por Spencer (1978) encontraron resistencia de plantas de cantaloupes procedentes de la India a las cenicillas (PI-78374), mediante la utilización de un programa de selección cruzada y selección en campo, estos autores mencionan que la resistencia a la raza 1 es controlada por un gen dominante (*Pm1*). El resultado de este programa fue la introducción de la

variedad PMR 45, sin embargo, esta variedad presentó susceptibilidad lo que indicó la presencia de una nueva raza. Posteriormente se introdujeron las variedades PMR 5, PMR 6 y PMR 7, las cuales fueron resistentes a la raza 2 a través del manejo de tres genes de resistencia y sin completa dominancia.

La mayoría de los genotipos resistentes a cenicillas son procedentes de la India y áreas Asiáticas adyacentes. Algunas variedades con resistencia son USPI 79374, USPI12411 y USPI 134198, otras variedades de melón desarrolladas en América como susceptibles son Hales Best y Honey Dew; moderadamente resistentes, Georgia 47; resistente a la raza 1 es la PMR 45; resistente a la raza 2 es PMR 7; altamente resistente a la raza 1 y raza 2 Planters Jumbo y otras variedades como Perlita, Gulfstream, Floridew, Campo, Cum laude y Southland procedentes de los Estados Unidos.

Reifschneider *et al.* (1985) encontraron a la raza 1 de *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) en Brasil, utilizando variedades de melón como Hale's Best Jumbo, PMR-45 y PMR- 6, las cuales fueron inoculadas cuando tenían una edad de 15 días sobre los cotiledones con un isopo el cual contenía una suspensión de conidios. Solo la variedad Hale's Best Jumbo, la cual no contiene genes de resistencia mostró síntomas de la enfermedad.

Hernández *et al.* (1990) realizaron un estudio en la Comarca Lagunera en el cultivo de melón, donde reportaron a *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) raza 2, como el principal agente causal de cenicilla; también

mencionan que Top Mark, PMR 45 se comportó como susceptible y PMR 6 parcialmente susceptible, lo que indicó que el genotipo no es homocigoto en sus genes de resistencia.

Mohamed *et al.* (1995) utilizaron variedades diferenciales de melón tales como IranH, Védrañtais y Natais para identificar razas de *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) en Sudan. La raza 1 se encontró presente en el verano y la raza 2 se presentó en el invierno en Europa. Por su parte, Bardin *et al.* (1997) en 27 muestras colectadas en Francia encontraron dos patotipos y tres razas; tres muestras del patotipo identificado como "A" fue patogénico sobre pepino "Marketer" y melón "IranH", uno se caracterizó como raza 0 y los otros dos como raza 1 en melón. Las otras cepas identificadas como patotipo "B", las cuales fueron determinadas como patogénicas en pepino "Marketer", melón "IranH" y calabacita "Diamant", en este grupo 6 muestras fueron raza 1 y el resto raza 2, la raza 3 no fue encontrada. Al respecto, Bardin *et al.* (1999) de 40 muestras de melón procedentes de Francia, encontró la raza 1 sobre IranH, Védrañtais, PMR 45 y Edisto 47, así como siete muestras sobre melón IranH, la cual fue identificado como raza 0.

Actualmente se conocen siete razas de *Podosphaera xanthii* en el mundo, las cuales han sido identificadas a través del uso de líneas o variedades diferenciales de melón (Cuadro 1), aunque recientemente, cuatro nuevas posibles razas han sido reportadas en el cultivo de melón en invernadero en variedades comerciales de Japón, dos de estas razas (N1 y N2) fueron

observadas en 1997 donde se encontraron en una alta densidad y durante 1998 se encontraron a dos razas mas (N3 y N4) (Jahn *et al.* 2002).

Cuadro 1. Variedades Diferenciales de melón para identificar razas de *Podosphaera xanthii*. Jahn *et al.* 2002.

	Raza 0	Raza1	Raza 2		Raza 3	Raza 4	Raza 5
			U.S.A.	Francia			
Iran H	S	S	Ne	S	ne	S	S
Top Mark	R	S	S	S	S	S	S
PMR 45	R	R	S	S	S	R	R
PMR 5	R	R	R	R	ne	S	S
WMR 29	R	R	H	R	S	R	S
Edisto 47	R	R	S	R	R	R	R
PI 414723	R	R	S	R	R	R	R
MR-1, PI 124112	R	R	R	R	R	R	R

S=Susceptible; R=Resistente; H=heterogenea; ne=no evaluado

Curva del progreso de la enfermedad.- La intensidad de la enfermedad (incidencia y severidad) se cuantifica a través del tiempo y los resultados pueden ser graficados en una CURVA DEL PROGRESO DE LA ENFERMEDAD, la cual por lo general tiende adoptar una forma de S. La curva del progreso de la enfermedad puede ser para cualquier patógeno en cualquier población de hospedantes y es la resultante de la integración de todos los efectos del hospedante, patógeno y ambiente. La escala puede ser relativamente corta (algunas semanas) o larga (varios años) y puede ser medida en días del año. Los principales elementos de la curva que son comúnmente usados como parámetros epidemiológicos son la cantidad de

enfermedad inicial, tasa de incremento de la severidad, cantidad máxima de enfermedad y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (Pedroza, 1995).

Un análisis temporal puede ser en cualquiera de los siguientes enfoques: a) lograr una apreciación visual de la curva; b) Observar cambios de la enfermedad debido a la variación de algún factor específico (componente climático, hospedante, fertilizantes, etc.) y c) comparar datos epidemiológicos entre epidemias.

En el análisis temporal dados los elementos de la curva del progreso de la enfermedad, se espera reducir la aparente ilimitada diversidad de epidemias y sus componentes, a un número conveniente de tipos básicos que puedan asignarse a las epidemias y con ello, el futuro del manejo de enfermedades pueda beneficiarse. De esta manera, el análisis comparativo permite identificar las clases que existen de curvas del progreso de la enfermedad, los tipos de variación de las curvas del progreso de enfermedad por la acción específica de factores, ver como las enfermedades tienden a agruparse, identificar los componentes relevantes de las curvas del progreso de las enfermedades, su carácter de independencia o intercorrelación e identificar las curvas resultantes, a partir de la combinación de las variables más independientes (Pedroza, 1995).

Los modelos básicos que identifican las curvas del progreso de la enfermedad son: Exponencial, Monomolecular, Logístico y Gompertz, cuyo comportamiento

se observa en la Figura 2, y las ecuaciones básicas que los explican en el cuadro 2. Dependiendo del modelo, la variable r tendrá un significado diferente; en el modelo Exponencial es el gradiente absoluto de cambio en y respecto al nivel de y_0 ; en el modelo Monomolecular es la pendiente de la recta; en el Logístico y Gompertz es el gradiente aparente de infección (Campell y Madden, 1990).

Cuadro 2. Ecuaciones linealizadas de dy/dt para algunos modelos de la curva de progreso.

Modelo	Ecuación linealizada
Exponencial	$\ln(y) = \ln(y_0) + r$
Monomolecular	$\ln[1/(1-y_0)] = \ln[1/(1-y)] + r$
Logístico	$\ln[y/(1-y)] = \ln[y_0/(1-y_0)] + r$
Gompertz	$-\ln[-\ln(y)] = -\ln[-\ln(y_0)] + r$

Donde: y es el valor esperado; y_0 es el valor observado.

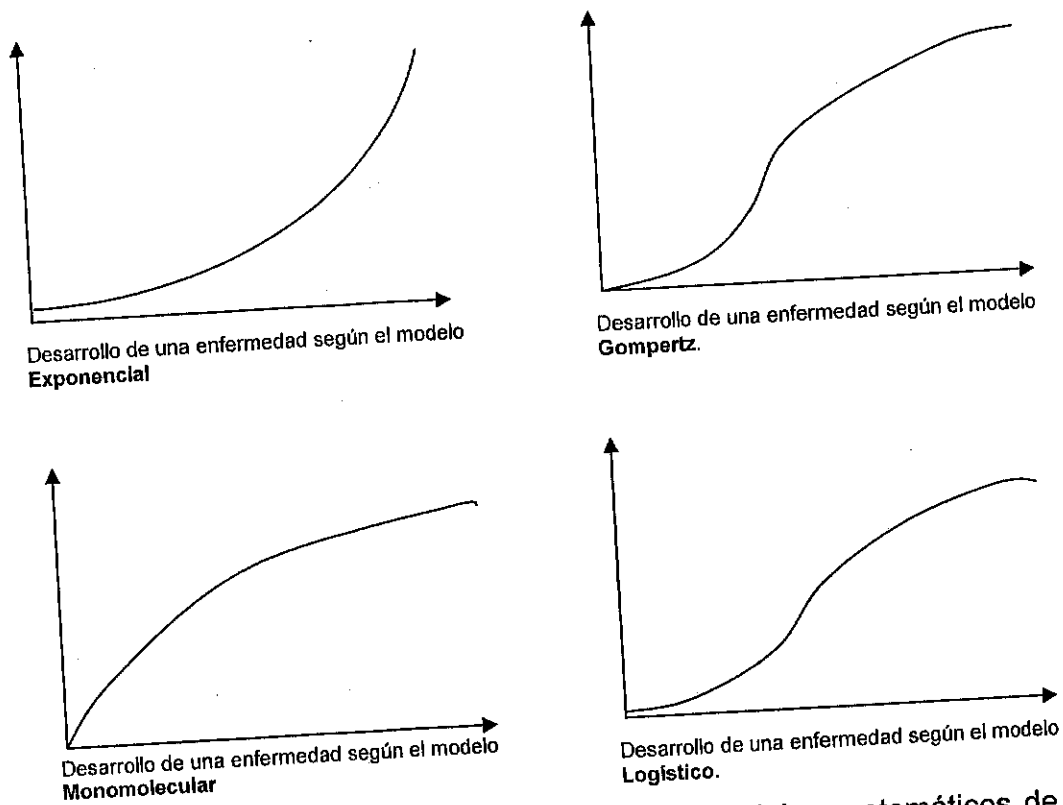


Figura 2. Comportamiento grafico de algunos modelos matemáticos de curva del progreso de la enfermedad (Campell y Madden, 1990).

La utilidad práctica de los modelos matemáticos de crecimiento es, que establecen la relación entre la enfermedad y el tiempo a través de una expresión matemática simple, con la cual se pueden comparar las epidemias sobre bases estadísticas. En otras palabras los modelos ayudan a facilitar el análisis de los datos del progreso de la enfermedad para evaluaciones de incidencia, severidad, tratamientos con productos químicos o la resistencia de una variedad y también ayudan a realizar comparaciones bajo condiciones idénticas pero con otro tratamiento o variedad (Campell y Madden, 1990).

Criterios de ajuste de Modelos.- El modelo de mejor ajuste (que mejor describa los datos) se identifica con los siguientes parámetros:

1. Con un mínimo de cinco evaluaciones sobre el tiempo, se grafican los datos de Y vs. T.
2. Del análisis de regresión, evaluar los R^2 (coeficiente de determinación), que corresponda a la variación explicada por el modelo. Valores de $R^2 > 80 \%$ indican un buen ajuste y $R^2 < 50 \%$ indica un pobre ajuste.
3. Graficar los valores residuales contra los valores predichos con respecto a una línea cero, la variación debe ser aleatoria.
4. Graficar los datos estimados de los modelos básicos. El mejor modelo será el que produzca una línea que se aproxime a una recta.
5. Por los cuadrados medios del error (CME). Bajos CME indican proximidad a una recta.
6. Por los CME cercano a 1 indican buen ajuste.

Area bajo la curva de progreso de la enfermedad.- Para algunas epidemias para las que no se consideran los modelos de crecimiento debido posiblemente a fluctuaciones en dy/dt o la forma irregular de los puntos de la intensidad de la enfermedad contra el tiempo y se requiere comparar las curvas de progreso obtenidas, se puede utilizar el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) ya que sumaliza las variables que intervienen directamente en su forma (Campell y Madden, 1990).

El calculo del area bajo la curva se efectúa mediante la ecuación **ABCPE=** $\sum [(y_i + (Y_{i+1})/2) (t_{i+1} - t_i)]$, donde y_i es la intensidad de la enfermedad y t es el periodo de evaluación en días, de manera que las unidades serán en %-días. La ecuación no es más que una integración de rectángulos formados por el punto medio de la intensidad de la enfermedad alcanzada entre los tiempos de evaluación. Adicionalmente este tipo de análisis epidémico considera la variación de la epidemia en el tiempo. La comparación de ABCPE entre epidemias es una técnica estadística de gran actualidad por las bondades que ofrece (Pedroza, 1995).

LITERATURA CITADA

- Anónimo, 1958. Lista de las principales plagas y enfermedades de los cultivos en México. Dirección General de Defensa Agrícola. S.A.G. 2a Ed. México, D.F. 47 pp.
- Avalera, R. A. 1997. Evaluación de extractos vegetales para el control de la cenicilla *Erysiphe cichoracearum*. Resúmenes del XXIV Congreso nacional de Fitopatología. Revista Mexicana de Fitopatología. Pag. 151. Res. 46.
- Ballantyne, B. J. 1975. Powdery mildew of cucurbitáceae: Identity, distribution, host range and source resistance. Proc. Linn. Soc. New South Walles: 99:100-120.
- Bardin, M., C. Dogimont, P. Nicot, and M. Pitrat. 1997. Genetic analysis of resistance of melon line PI 124112 to *Sphaerotheca fuliginea* and *Erysiphe cichoracearum* studied in recombinant inbred lines. Proc. ISHS Int. Symp. Cucubits. Adana.
- Bardin, M., Carlier, J., and Nicot, P. C. 1999. Genetic differentiation in the French population of *Erysiphe cichoracearum*, a causal agent of powdery mildew of cucurbits. Plant Pathology. 48:531-540.
- Bardin, M., Nicot, P. C., Normand, P. and Lemaire, J. M. 1997. Virulence variation and DNA polymorphism in *Sphaerotheca fuliginea*, causal agent of powdery mildew of cucurbits. European Journal of Plant Pathology. 103: 545-554.
- Bélanger, R. R., Labbé, C. , and Jarvis, W. R. 1994. Commercial-scale control of rose powdery mildew with a fungalantagonist. Plant. Dis. 78:42-424.

Blancard, D. 1991. Enfermedades de las cucurbitáceas. Ed. Mundi Prens. Madrid, España. 301 pp.

Braun, U., Cook, R.T.A., Inman, A.J. and Shin, H.-D. 2002. The taxonomy of Powdery Mildew Fungi. In In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. 2002. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Chapter 2. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Campbell, C. E. and Madden L. V. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. A Wiley- Interscience Publication. U.S.A. 532 pp.

Cebreros, S. F., Sánchez, C.M. y Acosta, M.I. 1991. Supervivencia de *E. cichoracearum* de Candolle, causante de la cenicilla de las cucurbitáceas en el Valle de Culiacán . Memorias del XVII Congreso Nal. De Fitopatología. México. p 120.

Cheah, L. H., Page, B. B. C., and Cox, J. K. 1996. Epidemiology of powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) of Squash. proceedings of the Forty ninth New Zeland Plant Protection Conference. 13-15 august 1996. 147-151;13 ref.

Cohen, R. Shtienberg, D., and Endelstein, M. 1996. Supression of powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in cucumber by the detergent Zohar. LQ-215. Eur. J. Plant Pathol. 102:69-75.

De la Torre, A. R. 1987. Enfermedades de hortalizas en la región de Cholula, Puebla. Memorias XIV Congreso nacional de Fitopatología. SMF. Morelia, Mich. Pag. 117.

Demetrios G. K. 1978. Cleitothecia of cucurbit powdery mildew in California. A new record. Plant Dis. Repr. 63 (4): 278.

Díaz, P. R. 1989. Control químico de las enfermedades foliares del melón en el Norte de Yucatán, Memorias XVI Congreso Nacional de Fitopatología. SMF. Montecillos, México. Pag. 114.

Domínguez, R. E., Mendoza Z. C. 1988. Control químico de la cenicilla de las cucurbitáceas *Erysiphe cichoracearum* en calabacita Var. *Zucchini* en Chapingo, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 6(2):192-199.

Elad, Y., Ziv. O., Ayish, N., and Katan, J. 1989. The effect of filmforming polymers on powdery mildews of cucumber. *Phytoparasitica* 17:279-228.

Fitofilo, 1976. Primer catalogo de enfermedades de plantas en México. DGSV. SARH. No. 71 161 pp.

Grand, L. F. 1987. Teleomorph of *Sphaerotheca fuliginea* on cucurbits in North Carolina. *Mycologia*. 79(3):484-486.

Hernández, H. V., y Cano, R. P. 1990. *Sphaerotheca fuliginea*, agente causal de la cenicilla del melón y sus razas fisiológicas en la Comarca Lagunera. Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitopatología.

Horsfall, J. G. and Barrett, R. W. 1945. an improved grading system for measuring plant diseases. *Phytopathology* 35:365

Huerta, R. B. 1986. Evaluación de funguicidas para el control de cenicilla polvorienta *Erysiphe cichoracearum* en calabaza en el Valle del Fuerte, Sinaloa. Memorias. XIII Congreso nacional de Fitopatología. SMF. Tuxtla Gutierrez, Chis. Pag. 39.

Jahn, M., Munger, H.M. and McCreight. J. D. 2002. The taxonomy of Powdery Mildew Fungi. In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T.

2002. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Chapter 2. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Jarvis, W. R. and Slingsby, K. 1984. Cleistothecia of *Sphaerotheca fuliginea* on Cucumber in Ontario. Plant Disease. 68:536.

Kendrick, B. 2000. The Fifth Kingdom. Mycologue Publications. Canada. 374 p.

Khan, M. W. 1983. The identity of powdery mildew of cucurbits.- A critical appraisal. Acta Bot. Indica. 11: 97-126.

Khan M. W. and Sharma, G. K. 1995. Taxonomic evaluation of anamorph characters in identification of powdery mildew fungi on cucurbits. Indian Phytopath. 48 (3): 314-324

McGrath, M. T. 1991. Cleistothecia of the Powdery mildew fungus *Sphaerotheca fuliginea* observed on pumpkin in New York. Plant. Dis. 75:1075.

McGrath, M.T., Staniszewska, H., Shiskoff, N., and Castella, G. 1996. Distribution of mating types of *Sphaerotheca fuliginea* in the United States. Plant Dis. 80:1098-1102.

Mendoza, Z.C. 1996. enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autonoma Chapingo. Parasitología Agrícola. México.

Messian, C.M. 1967. Enfermedades de las hortalizas. Oikos-tau, S.A. Ediciones Barcelona. España. 361 pp.

Miller, P.A. and Barrett, J.T. 1931. Cantaloupe Powdery mildew in the Imperial Valley. Bulletin 507. University of California Printing Office. Berkeley, California. 35 pp.

Mohamed, Y. F., Bardin, M., Nicot, P.C., and Pitrat, M. 1995. Causal agent of powdery mildew of cucurbit in Sudan. Plant. Dis. Rept. 79:634-636.

Montes, B.R., Martínez, M. G. 1991. Evaluación de extractos vegetales para el control de la cenicilla vellosa *Pseudoperonospora cubensis* y la cenicilla polvorienta *Erysiphe cichoracearum* en calabacita. Memorias XVIII Congreso Nacional de Fitopatología. SMF. Puebla, Pue. Pág. 160.

Montes, B.R., Martínez, M.G. 1992. Control de la cenicilla *Erysiphe cichoracearum* y mildiu *Pseudoperonospora cubensis* de la calabaza mediante extractos vegetales en los Valles Centrales de Oaxaca. Revista mexicana de Fitopatología. 10(2): 186-191.

Moreno, R. O., Romero, C. S. 1992. Formación de cleistotecios en Calabaza var. Castilla *Cucurbita moschata* por *Sphaerotheca fuliginea* en Jesús Maria, AGS. Revista Mexicana de Fitopatología. 9 (2): 94-96.

Nicot, P. C., Bardin, M., and Dik, A. J. 2002. Basic methods for epidemiology studies of Powdery mildews. Culture and preservation of isolates production and delivery of delivery of inoculation and diseases assessment. In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Cap. 5. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Pedroza, S. A. 1995. Epidemiología agrícola, Principios y Aplicaciones. UACH. URUZA. Mexico. 104 pp.

Ponce, G. F. 2001. Apuntes del curso de micología agrícola. Parasitología agrícola UACH. México. 100 pp.

Ramírez, A. J. A. 1993. Control químico de *Erysiphe cichoracearum* en calabacita en el Valle del mayo, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 11(2): Pag. 190.

Randall, T.E. and Menzies, S.D. 1956. The perithecial state of the cucurbita powdery mildew. Plant. Dis. Rep. 40 (3): 253.

Reifschneider, B. J. F., Boiteux, L. S. and Occhiena, E. M. 1985. Powdery mildew of melon (*Cucumis melo*) caused by *Sphaerotheca fuliginea* in Brazil. Plant Disease 69:1069-1070.

Reyes, D. E. A. 1991. Control químico de la cenicilla de las cucurbitáceas *Erysiphe cichoracearum* DC en Calabacita *Cucurbita pepo* var. *Zucchini* gray en Chapingo, México. Tesis. Depto. Parasitología Agrícola. UACH. 61 pp.

Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 357 p.

Seem, R. C. 1984. Disease incidence and severity relationships. Annu. Rev. Phytopathol. 22:133-150.

Sosa, C. J. 1989. Guía para producir sandia en el Valle de Mexicali. SARH. INIFAP. Folleto No. 18. Mexicali, B.C.N. México. 29 pp.

Spencer, D. M. 1978. The Powdery Mildew. Academic Press. Inc. LTD. New York, N.Y.

Vakalounakis, D. J., klironomou, E. and Papadakis. 1994. Species spectrum, host range and distribution of powdery mildews on Cucurbitaceae in Creta. Plant Pathology. 43:813-818.

Zitter, T. A. 1996. Compendium of cucurbit diseases. APS. 89 pp.

CAPITULO II

"IDENTIFICACIÓN DE CENICILLAS DE CUCURBITÁCEAS EN BASE A CARACTERÍSTICAS ANAMÓRFICAS"

**LUIS LEONEL ESPINOZA LOPEZ¹, NAHUM MARBAN MENDOZA¹, BERTHA
TLAPAL BOLAÑOS², VICTOR MANUEL PINTO¹, HORACIO KOJI OSADA
VELAZQUEZ²**

¹MAESTRIA EN PROTECCIÓN VEGETAL. DEPARTAMENTO DE
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

²DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA CHAPINGO. 56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

RESUMEN

En muestreos realizados en las diferentes regiones productoras de cucurbitáceas en México en los años 2001 y 2002, los síntomas presentados en campo corresponden a cenicilla en los cultivos de calabacita, sandía y pepino. Al realizar las pruebas de identificación en laboratorio, se observó un porcentaje promedio de germinación de conidios de 20%, dichos conidios presentaron tubo germinativo bifurcado y cuerpos fibrosos. Las mediciones de los conidios del hongo presentaron rango de ancho entre 15-22 μm y largo 27-36 μm . Por lo cual se determinó que el patógeno causante de la cenicilla de las cucurbitáceas

en base a sus características anamórficas, se identificó como *Podosphaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea*) y no *Golovinomyces cichoracearum* (*Erysiphe cichoracearum*) como anteriormente se había reportado. Así mismo la enfermedad se presentó en un rango de incidencia de 15% al 60 % en las diferentes regiones productoras de Cucurbitáceas en México.

SUMMARY

Foliage samples of squash, watermelon and cucumber, growing in different areas of Mexico infected with powdery mildew *Podosphaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea*,) were used for this study, during the years 2001 and 2002. The germination percentage of conidia (20 %) with forked germ tube, the width range of 15-22 μm and, the length 27-36 μm , and the body fibers are all anamorphic characteristics that clearly identified the fungus as *Podosphaera xanthii*. The disease incidence in each growing area this was between 15 % to 60 %.

INTRODUCCIÓN

Las especies que pertenecen a la familia de las cucurbitáceas son muy importantes para el hombre como una fuente de fibra y alimento ya que contienen alta cantidad de carbohidratos. Dentro de las principales especies

cultivadas encontramos al melón (*Cucumis melo* L.) sandía (*Citrulus lanatus*), pepino (*Cucumis sativus*) y varias especies de calabacita (*Cucúrbita pepo*, *C. Máxima* y *C. moschata*). Todas las cucurbitáceas son susceptibles al ataque de cenicilla, particularmente en el caso de estos cultivos, ya que este tipo de hongos puede causar pérdidas del 25 al 100 % en la producción (Cebreros et al., 1991) además de que esta enfermedad reduce la producción, el tamaño, número de frutos y la calidad de estos (Hernández et al. 1990).

Existen varias especies de hongos que causan las cenicillas en diversas especies de plantas, para el caso de cucurbitáceas los hongos *Podosphaera xanthii* (syn *Sphaerotheca fuliginea*) y *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*), son mencionados como las principales especies causantes de cenicilla en cucurbitáceas en el mundo, pero *Podosphaera xanthii* (syn *Sphaerotheca fuliginea*) como la de mas amplia distribución. Jahn et al. (2002).

En México se menciona que *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*) es el principal agente causante de la cenicilla (Montes, et al 1992; Ramírez, 1993; Mendoza, 1996; Avalera, 1997); sin embargo, en calabaza de castilla se ha encontrado que *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*) es el principal patógeno ya que por primera vez se detectó la formación de cleistotecios, esto mismo fue observado en sandía (Sosa, 1989) y en melón (Hernández, et al. 1990).

Estas especies tienen ciclo de vida similar y por lo general, solo se reproducen asexualmente, aunque también ocurre la reproducción sexual pero es muy rara, lo cual ha creado confusión en cuanto a su correcta identificación ya que por lo regular ha sido basada únicamente en las características anamórficas y no de sus características telomórficas.

Para diferenciar el anamorfo de *Podosphaera xanthii* de *Golovinomyces cichoracearum* (syn. *Erysiphe cichoracearum*), se toman en cuenta el tipo de parasitismo, micelio ectofítico o endofítico, morfología de los conidióforos con relación a la ramificación, arreglo de los conidios sobre los conidióforos, forma y dimensión de los conidios, presencia o ausencia de cuerpos fibrosos en los conidios, morfología del tubo germinativo, desarrollo de apresorio, y punto de origen del tubo germinativo (Khan y Sharma, 1995).

El conocer el agente causal de la cenicilla de las cucurbitáceas, permite implementar prácticas de manejo que ayuden a reducir los daños causados por la misma, con el objeto de obtener productos de calidad que sean competitivos en los mercados nacionales e internacionales, por lo que se planteó el presente estudio con los objetivos de 1) identificar el agente causal de la cenicilla en cucurbitáceas en diferentes regiones del país, 2) determinar su distribución e incidencia.

MATERIALES Y METODOS

Muestreo.- En el ciclo agrícola 2001-2002, se realizaron recorridos de campo en las regiones productoras de Cucurbitáceas de los estados de Hidalgo, Guanajuato, Morelos, Estado de México, Puebla y Sinaloa, en donde se tomaron muestras con síntomas de cenicilla, en los cultivos de calabacita, pepino y sandía. Los muestreos se realizaron de forma dirigida, identificando plantas con síntomas de la enfermedad, como crecimiento blanquecino de aspecto polvoso, parecido a talco sobre las hojas viejas y jóvenes, tanto en el haz como en el envés, así como también en tallos y frutos (Zitter, 1996).

De las plantas con síntomas se tomaron diferentes partes vegetativas como hojas, peciolo y tallos para el estudio de identificación de especies. Estas muestras fueron colocadas en bolsas de polietileno y etiquetadas individualmente. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Fitopatología del Postgrado en Protección Vegetal del Departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, en donde se conservaron en refrigeración (4°C) para ser analizadas posteriormente.

Evaluación de incidencia.- El porcentaje de incidencia se evaluó al contar el número de plantas con síntomas de cenicilla en 100 plantas tomadas al azar, en cada uno de las regiones de donde se colectó material vegetal de cucurbitáceas.

Identificación de especies.- La identificación de las especies causantes de la cenicilla de cucurbitáceas, se realizó en base a los procedimientos descritos por Ballantine, (1975); Reifschneider *et al.*, (1985); Grand, (1987); Cohen *et al.* (1993); McGrath, (1994); Vakalounakis *et al.* (1994) y Khan *et al.* (1995):

a) Clarificación de conidios.- Se realizaron preparaciones del material con síntomas, colocando las estructuras del hongo en un portaobjetos, el cual fue puesto bajo microscopio estereoscópico observando los conidios y conidióforos. Las preparaciones fueron divididas colocando una gota de Eosina Amarilla a 5 ppm. y a otras una gota de Hidróxido de Potasio al 3% para clarificar las estructuras, posteriormente se les colocó un cubre objetos. Se realizó la descripción de las características de las estructuras observadas.

b) Medición de Conidios.- Con el uso del micrómetro Bahuer, se midió el tamaño de conidios (largo y ancho) y se observó la forma de los mismos. Para realizar las medidas, se determinó el coeficiente micrométrico de cada objetivo, después se colocaron las preparaciones realizadas del material enfermo en el microscopio. Se midieron 100 conidios por cada preparación y se obtuvo un promedio del tamaño de estos.

c) Germinación de conidios.- Se utilizó un medio de Agua-agar para la germinación de los conidios. Se pesaron 20 gr de agar y se disolvió en un matraz Herlen Meyer con un litro de agua destilada, posteriormente se colocó en el autoclave durante 15 minutos a una presión de 20 Lb. Una vez estéril el

medio se vació una capa delgada de Agua-agar sobre varios portaobjetos estériles y fueron colocados cada uno de estos dentro de una caja de Petri esterilizada con el fin de enfriar el medio y colocar los conidios a germinar.

Con una aguja de disección se tomo parte del crecimiento del hongo de las hojas enfermas y se distribuyo en forma uniforme sobre los portaobjetos con medio Agua-agar, se colocaron dentro de una cámara de incubación para inducir la germinación a una temperatura de 22 °C y luz continua durante 18 horas. Transcurrido este tiempo se observo la forma de germinación bajo el microscopio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntomas presentados en campo.- El material colectado en las diferentes regiones productoras de calabacita, pepino y sandía, presento en hojas jóvenes del primer tercio de la planta un crecimiento blanquecino de aspecto polvoso sobre el haz y envés de estas, observándose los síntomas iniciales como lesiones circulares y algunas lesiones de forma irregular (Figura 3)



Figura 3. Síntomas de cenicilla observados en campo.

Sobre las hojas de la parte media de la planta se encontraron lesiones de forma irregular donde el avance de la enfermedad fue mayor tanto en el haz como en el envés, las hojas mostraron un color amarillento con manchas de color café claro, tendientes a secarse, en hojas viejas se observaron hojas cloróticas y amarillentas con manchas irregulares de crecimiento blanquecino y algunas de color café claro. Estos síntomas concuerdan con los descritos por Spencer, 1978; Romero, 1988; Zitter, 1996 y Mendoza, 1996; Jahn *et al.* 2002. . En algunas plantaciones donde el desarrollo de la enfermedad fue abundante se encontraron plantas con tallos con esporulación del hongo, además de algunos frutos en calabacita y pepino.

Durante los recorridos realizados, no se encontró desarrollo de la enfermedad en el cultivo de melón debido a que durante los muestreos, se encontraron plantaciones comerciales jóvenes en etapa de plántula y plantaciones comerciales en producción manejados con fungicidas que no permitieron el desarrollo de la enfermedad, por lo cual no se reporta la presencia de cenicillas sobre este cultivo.

Incidencia en campo.- Se encontró un rango amplio de incidencia de la enfermedad en las diferentes regiones productoras muestreadas (cuadro 3), lo cual se debió a las diferencias en el manejo agronómico del cultivo y a la tecnología empleada por parte de los productores, tal es el caso de los productores de Sinaloa y Morelos que presentan alta tecnología que contrasta con la tecnología de Hidalgo, Edo. de México y Puebla.

La enfermedad se encontró con una incidencia mayor cuando las plantaciones comerciales se encontraban en producción, presentando incidencias del 15% al 60 %. Como era de esperar en las plantaciones abandonadas se encontró una incidencia superior al 80%.

Los resultados obtenidos en el presente estudio concuerdan con lo reportado por Romero (1988) y por Cebreros *et al.* (1991), quienes mencionan que las incidencias varían de acuerdo al manejo agronómico y zona de producción, tal es el caso de la región de Tecamachalco, Puebla en donde plantaciones comerciales en producción presentaron altas incidencias de la enfermedad, que

fueron favorecidas por la presencia de un periodo de sequía, sin embargo esta situación no fue evaluada.

Cuadro 3. Evaluación de Incidencia de *Podosphaera xanthii* en las diferentes regiones productoras de Cucurbitáceas en México. 2002

Localidad	Estado	Cultivo	Porcentaje de incidencia*
Cuautla	Morelos	Calabaza	40
		Pepino	25
		Sandia	30
Yautepec	Morelos	Calabaza	42
Oaxtepec	Morelos	Calabaza	30
Izucar de Matamoros	Morelos	Calabaza	28
Yecapixtla	Morelos	Calabaza	35
Tecamachalco	Puebla	Calabaza	60
San Salvador	Hidalgo	Pepino	40
		Calabaza	45
San Antonio	Hidalgo	Calabaza	43
El Bondo	Hidalgo	Pepino	50
Tepatepec	Hidalgo	Calabaza	38
El Rosario	Hidalgo	Calabaza	38
Actopan	Hidalgo	Calabaza	40
Chapingo	México	Pepino	20
		Calabaza	34
Texcoco	México	Calabaza	35
Navolato	Sinaloa	Pepino	15
		Calabaza	24
La Cruz Elota	Sinaloa	Pepino	20
		Calabaza	30
Irapuato	Guanajuato	Calabaza	40
Abasolo	Guanajuato	Calabaza	43
		Pepino	36
Huanimaro	Guanajuato	Calabaza	30

*Porcentaje obtenido de 100 plantas muestreadas al azar

La variación en la incidencia de la enfermedad se ve influenciada por el uso de variedades que son resistentes o tolerantes a la enfermedad, ya que desde hace décadas (Jagger y Scott, 1937 citados por Spencer, 1978) se han utilizado diferentes variedades desarrolladas por las empresas comercializadoras de semillas, principalmente en aquellas zonas productoras con alta tecnología.

Así mismo, es importante destacar que a través de las acciones de los organismos de sanidad vegetal regionales, en algunas zonas al final de la cosecha el productor realiza la destrucción de residuos de manera obligatoria, por lo que se reducen las fuentes de inóculo.

Identificación del patógeno.- Al analizar las muestras de plantas con síntomas de enfermedad en el microscopio de disección se observó crecimiento micelial superficial y blanquecino sobre las hojas, con esporulación abundante de conidios y conidióforos.

Al realizar preparaciones del material enfermo y analizarlas en el microscopio óptico, se observó micelio hialino, superficial, septado; conidioforos no ramificados, septados con la base recta produciendo conidios en largas cadenas en sucesión basipetala y con el borde constreñido, conidios unicelulares en cadena en forma de barril (Ballantyne, 1975; Romero, 1988; Spencer, 1978). Estas características fueron encontradas en todas las preparaciones realizadas de las muestras obtenidas de los recorridos de campo en los cultivos de calabacita, sandía y pepino.

Al agregar hidróxido de potasio al 3% se observaron conidios en cadena en forma de barril o elipsoidales, conteniendo cuerpos fibrosos bien desarrollados, ligeramente curvados, parecidos a varillas, teniendo un rango de entre 6 y 9 cuerpos fibrosos por conidio, en las preparaciones con eosina amarilla a 5 ppm, no se observó la presencia de cuerpos fibrosos por lo cual en este trabajo se optó por utilizar únicamente hidróxido de potasio al 3 % para clarificar y poder observar los cuerpos fibrosos de los conidios (Figura 4).

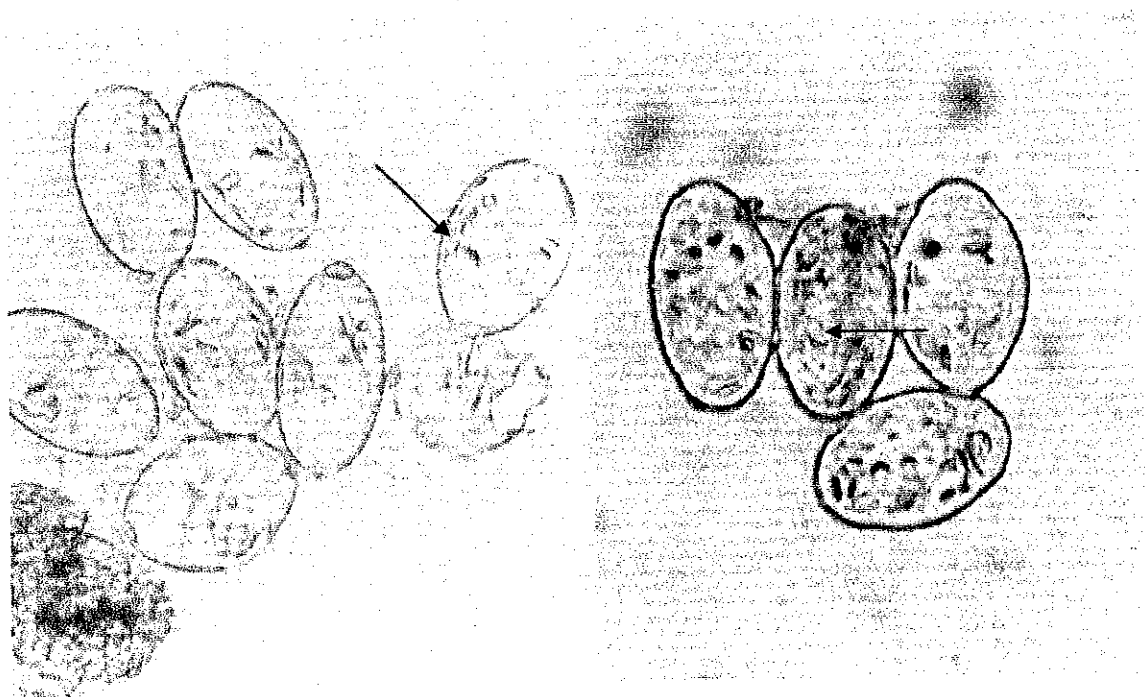


Figura 4. Conidios de *Podosphaera xanthii* detectados en las muestras colectadas en campo

Los conidios presentaron un tamaño un rango de ancho entre 15-22 μm y largo 27-36 μm . Al obtener los valores promedios del tamaño de los conidios (Cuadro 4), se observa que existe gran similitud entre las mediciones de las muestras de pepino, sandía y calabaza.

Cuadro 4. Tamaño promedio de conidios de *Podosphaera xanthii*.

Lugar	Estado	Cultivo	Tamaño de conidio (μm)*	
			Largo	Ancho
Cuautla	Morelos	Calabaza	31.0	18.6
		Pepino	32.0	18.0
		Sandía	31.5	18.2
Yautepec	Morelos	Calabaza	32.0	18.0
Oaxtepec	Morelos	Calabaza	31.5	18.0
Izucar de Matamoros	Morelos	Calabaza	33.0	18.2
Yecapixtla	Morelos	Calabaza	32.5	18.1
Tecamachalco	Puebla	Calabaza	32.2	18.4
San Salvador	Hidalgo	Pepino	31.4	15.2
		Calabaza	32.3	17.8
San Antonio	Hidalgo	Calabaza	31.2	18.0
El Bondo	Hidalgo	Pepino	32.0	18.0
Tepatepec	Hidalgo	Calabaza	33.0	18.2
El Rosario	Hidalgo	Calabaza	31.8	18.3
Actopan	Hidalgo	Calabaza	32.4	18.0
Chapingo	México	Pepino	32.0	18.6
		Calabaza	32.0	18.8
Texcoco	México	Calabaza	33.0	19.0
Navolato	Sinaloa	Pepino	32.4	18.0
		Calabaza	30.3	17.5
La Cruz Elota	Sinaloa	Pepino	32.0	18.0
		Calabaza	32.5	18.2
Irapuato	Guanajuato	Calabaza	31.9	18.2
Abasolo	Guanajuato	Calabaza	33.0	19.0
		Pepino	32.0	18.0
Huanimaro	Guanajuato	Calabaza	32.5	18.6

* Valores promedio de 100 conidios

Por otra parte, se observo el desarrollo del tubo germinativo bifurcado (Figura 5) el cual se origina de la parte media de los conidios, se observo un porcentaje de germinación del 20 %.

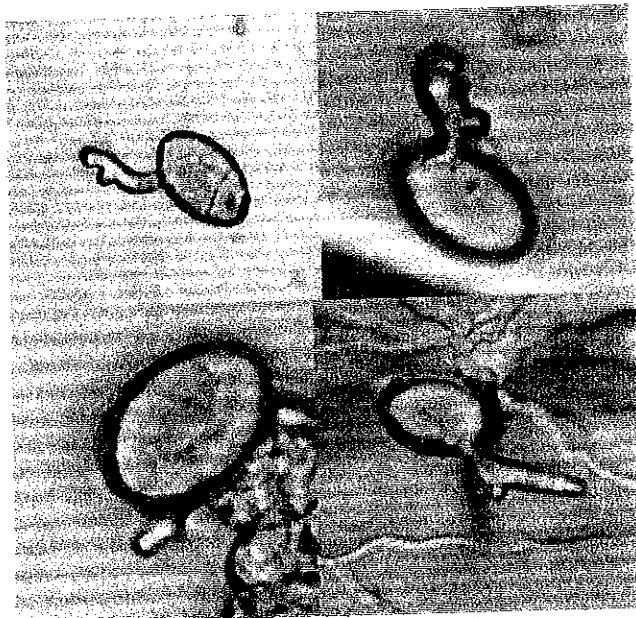


Figura 5. Conidios de *Podosphaera xanthii* con el tubo germinativo bifurcado.

Las características antes descritas confirman la presencia de cenicilla según las descripciones descritas por diversos autores (Ballantyne, 1975; Bardin *et al.*, 1999; Cheah *et al.*, 1996; Grand ,1987; Khan y Sharma, 1995; Jahn *et al.* 2002; McGrath, 1994; Mohamed *et al.*, 1995; Moreno y Romero, 1992, Vakalounakis *et al.*, 1994; Spencer ,1978;). En base a esto en el presente trabajo se asevera que el patógeno causante de la cenicilla de las cucurbitáceas en el presente

estudio corresponde a *Sphaerotheca fuliginea*, que actualmente se le conoce como *Podosphaera xanthii* (Elad, 2000; Jahn *et al.* 2002; Cohen *et al.*, 2003), situación que concuerda con lo reportado por Hosoya *et al.* (1999) y por Kuzuya *et al.* (2003) quienes mencionan que *Podosphaera xanthii* es el principal agente causal de las cenicillas en melón, en donde presenta diversas razas que dependen del cultivar y de las condiciones climáticas.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados que se obtuvieron del presente trabajo se concluye lo siguiente

- En los muestreos realizados en las diferentes regiones productoras de cucurbitáceas, los síntomas presentados corresponden a cenicilla.
- Al realizar las pruebas de identificación en laboratorio, se observó un porcentaje promedio de germinación de conidios de 20%. Dichos conidios presentaron tubo germinativo bifurcado.
- Las mediciones de los conidios del hongo presentaron rango de ancho entre 15-22 μm y largo 27-36 μm y con presencia de cuerpos fibrosos.
- El patógeno causante de la cenicilla de las cucurbitáceas se identificó en base a sus características anamórficas como *Podosphaera xanthii* (*Sphaerotheca fuliginea*) y no *Golovinomyces cichoracearum* (*Erysiphe cichoracearum*) como anteriormente se había reportado.
- La enfermedad se presentó en un rango de incidencia de 15% al 60 % en las diferentes regiones productoras de Cucurbitáceas en México.

LITERATURA CONSULTADA

Avalera, R. A. 1997. Evaluación de extractos vegetales para el control de la cenicilla *Erysiphe cichoracearum*. Resúmenes del XXIV Congreso nacional de Fitopatología. Revista Mexicana de Fitopatología. Pag. 151. Res. 46.

Ballantyne, B. J. 1975. Powdery mildew of cucurbitaceae: Identity, distribution, host range and source resistance. Proc. Linn. Soc. New South Wales: 99:100-120.

Bardin, M., Carlier, J., and Nicot, P. C. 1999. Genetic differentiation in the French population of *Erysiphe cichoracearum*, a causal agent of powdery mildew of cucurbits. Plant Pathology. 48:531-540.

Cebreros, S. F., Sánchez, C.M. y Acosta, M.I. 1991. Supervivencia de *E. cichoracearum* de Candolle, causante de la cenicilla de las cucurbitáceas en el Valle de Culiacán . Memorias del XVII Congreso Nal. De Fitopatología. México. p 120.

Cheah, L. H., Page, B. B. C., and Cox, J. K. 1996. Epidemiology of powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) of Squash. proceedings of the Forty ninth New Zeland Plant Protection Conference. 13-15 august 1996. 147-151;13 ref.

Cohen, R., Leibovic, G., Shtienberg D. and Paris H. S. 1993. Variability in the reaction with *Sphaerotheca fuliginea* and methodology of breeding for resistance.

Cohen, R. Shtienberg, D., and Endelstein, M. 1996. Supression of powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in cucumber by the detergent Zohar. LQ-215. Eur. J. Plant Pathol. 102:69-75.

Cohen, R., A. Hanan and H.S.Paris. 2003. Single-gene resistance to powdery mildew in zucchini squash (*Cucurbita pepo*). *Euphytica* 130:433-441.

Elad, Y. 2000. Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Crop Protection* 19:709-714.

Grand, L. F. 1987. Perithecia of *Sphaerotheca fuliginea* on Cucurbits in North Caroline. *Plant Disease* 71:761.

Hernández, H. V., y Cano, R. P. 1990. *Sphaerotheca fuliginea*, agente causal de la cenicilla del melón y sus razas fisiológicas en la Comarca Lagunera. *Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitopatología*.

Hosoya, K., K. Narisawa, M. Pitrat y H. Ezura. 1999. Race identification in powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) on melon (*Cucumis melo*) in Japan. *Plant Breeding* 118:259-262.

Jahn, M., Munger, H.M. and McCreight. J. D. 2002. The taxonomy of Powdery Mildew Fungi. In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. 2002. In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. 2002. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Chapter 2. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Khan M. W. and Sharma, G. K. 1995. Taxonomic evaluation of anamorph characters in identification of powdery mildew fungi on cucurbits. *Indian Phytopath.* 48 (3): 314-324

Kuzuya, M., K. Hosoya, K. Yashiro, K. Tomita and H. Ezura. 2003. Powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) resistance in melon is selectable at the haploid level. *Journal of Experimental Botany* 54:1069-1074.

McGrath, M. T. 1994. Heterotallism in *Sphaerotheca fuliginea*. Mycologia. 86(4):517-523.

Mendoza, Z. C. 1996. enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autonoma Chapingo. Parasitología Agrícola. México.

Mohamed, Y. F., Bardin, M., Nicot, P.C., and Pitrat, M. 1995. Causal agent of powdery mildew of cucurbit in Sudan. Plant. Dis. Rept. 79:634-636.

Montes, B. R., Martínez, M. G. 1992. Control de la cenicilla *Erysiphe cichoracearum* y mildiu *Pseudoperonospora cubensis* de la calabaza mediante extractos vegetales en los Valles Centrales de Oaxaca. Revista mexicana de Fitopatología. 10(2): 186-191.

Moreno, R. O., Romero, C. S. 1992. Formación de cleistotecios en Calabaza var. Castilla *Cucurbita moschata* por *Sphaerotheca fuliginea* en Jesús Maria, AGS. Revista Mexicana de Fitopatología. 9 (2): 94-96.

Ramírez, A. J. A. 1993. Control químico de *Erysiphe cichoracearum* en calabacita en el Valle del mayo, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 11(2): Pag. 190.

Reifschneider, B. J. F., Boiteux, L. S. and Occhiena, E. M. 1985. Powdery mildew of melon (*Cucumis melo*) caused by *Sphaerotheca fuliginea* in Brazil. Plant Disease 69:1069-1070.

Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 357 p.

Sosa, C. J. 1989. Guía para producir sandia en el Valle de Mexicali. SARH. INIFAP. Folleto No. 18. Mexicali, B.C.N. México. 29 pp.

Spencer, D. M. 1978. The Powdery Mildew. Academic Press. Inc. LTD. New York, N.Y.

Vakalounakis, D. J., klironomou, E. and Papadakis. 1994. Species spectrum, host range and distribution of powdery mildews on Cucurbitaceae in Creta. Plant Pathology. 43:813-818.

Zitter, T. A. 1996. Compendium of cucurbit diseases. APS. 89 pp.

CAPITULO III

"INCIDENCIA Y SEVERIDAD DE *Podosphaera xanthii* CAUSANTE DE LA CENICILLA DE CUCURBITACEAS"

LUIS LEONEL ESPINOZA LOPEZ¹, NAHUM MARBAN MENDOZA¹, BERTHA TLAPAL BOLAÑOS², VICTOR MANUEL PINTO¹, HORACIO KOJI OSADA VELAZQUEZ²

¹MAESTRIA EN PROTECCIÓN VEGETAL. DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO. 56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

²DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO. 56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

RESUMEN

Los síntomas desarrollados sobre el cultivo de calabacita en campo, corresponden a la cenicilla de cucurbitáceas causados por el hongo *Podosphaera xanthii*. Los síntomas muestran que la severidad de la enfermedad se inicia cuando la planta esta en etapa de floración y se desarrollan en forma mas severa en la etapa de formación de frutos, al grado de cubrir las hojas por completo. En base al análisis estadístico se observa que la curva del progreso del comportamiento de la enfermedad en campo se ajusta al modelo Gompertz con R^2 de 0.897342, así mismo se observan porcentajes altos de incidencia (92 %) de la cenicilla de las cucurbitáceas en un lapso de tiempo pequeño.

SUMMARY

Severity studies allowed in field were performed in one single variety under natural conditions. Typical symptoms of powdery mildew caused by *Podosphaera xanthii* were developed over the leaves. Statistical analysis showed that the development of the diseases fits Gompertz model with $R^2=0.897342$. In this particular case percent incidence reached 92 %.

INTRODUCCIÓN

Los métodos de evaluación de enfermedades han sido investigados y desarrollados simultáneamente con el avance de la ciencia. El establecimiento de la relación entre la severidad de la enfermedad y las pérdidas del cultivo dan origen a una importante herramienta con la cual se puede minimizar la densidad y la frecuencia de la enfermedad. Los daños causados por la cenicienta son variables y dependen de las condiciones climáticas, lugar donde se presente, el tipo, variedad y la fenología de cultivo, además del manejo agronómico (Jarvis, *et al.* 2002). La incidencia de la enfermedad es definida como el porcentaje de plantas enfermas en el cultivo y la severidad es la cantidad de enfermedad que afecta un ejemplar o todo el cultivo (Seem, 1984).

La incidencia puede ser evaluada como el porcentaje de plantas infectadas o como el porcentaje de hojas infectadas por planta. Este tipo de pruebas son

rápidas ya que este es un objetivo que se puede medir, pero provee información limitada ya que muchos investigadores generalmente encuentran resultados similares de incidencia. La severidad puede ser evaluada directamente o a través del uso de índices o escalas. Directamente las pruebas de severidad incluyen conteo del número de colonias por hoja o por planta. El conteo de colonias es preciso pero causa mucha dificultad en hojas con niveles altos de enfermedad. La severidad puede ser evaluada más oportunamente en hojas húmedas con bajos niveles de enfermedad que en hojas infestadas en forma severa, ya que se puede contar mejor el número de colonias del patógeno sobre las hojas. El método mas utilizado en evaluaciones directas de severidad, es la estimación del porcentaje de área infectada en varias hojas por planta. La estimación del porcentaje de área infectada de las hojas provee información detallada pero es una labor intensa y subjetiva (Nicot *et al.* 2002).

Las escalas con frecuencia son usadas para facilitar las evaluaciones de diferentes enfermedades, algunas veces para incidencia pero la mayoría para la estimación de la severidad. La escala de Horsfall y Barrett (1945) utilizada por varias décadas para el calculo del área foliar dañada en diferentes patógenos, sin embargo no es utilizada con frecuencia para evaluar cenicillas. Diversos autores utilizan escalas de tres, cinco o mas clases, pero estas usualmente no son descritas en detalle. Algunas de estas escalas tienen clases de tamaños iguales y otras no. Cohen *et al.* (1996) utilizo la escala descrita por Sitterly (1978). Jarvis y Slingsby (1977) usaron una escala arbitraria de 0 (sin daño) a 5 (fuertemente infestada), la cual la llamaron escala de incidencia, pero en

realidad se trataba de una escala de severidad. Elad *et al.* (1989) evaluó cenicilla sobre hojas de pepino y utilizó una escala de 0 (sin enfermedad) a 5 (completamente cubierta).

El uso de las escalas facilita la obtención de información del comportamiento de la enfermedad, que hacer una estimación o conteo directo, pero frecuentemente no es posible calcular la severidad real de los valores de la escala o no es correcto usar los números de la escala para el cálculo de medias ya que estos valores generalmente son arbitrarios, también si solo los dos extremos de las clases de la escala son descritas, ya que para otros investigadores es difícil utilizar exactamente la misma escala.

El conocer el comportamiento de la cenicilla de cucurbitáceas (incidencia y severidad) en un cultivo en específico, permite generar métodos que sean efectivos para el control de esta enfermedad por lo que se planteo el presente estudio con el objetivo de 1) evaluar la incidencia y severidad de la cenicilla de cucurbitáceas.

MATERIALES Y METODOS

Establecimiento del cultivo.- El ensayo para evaluar la severidad de la enfermedad fue realizado en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, tabla Xaltepa, lote X-17. Se utilizó una superficie de 2,000

metros cuadrados, en el cual se sembró el cultivo de calabacita var. Zucchini, reportada como muy susceptible al ataque de cenicillas.

La superficie total fue dividida en cuatro bloques, en total se consideraron 22 surcos a una distancia de 80 cm entre surcos y un largo de 110 m, la distancia entre plantas fue de 30 cm, se tuvo un sistema de riego por aspersión para efectuar la irrigación del terreno y mantener las plantas con humedad, los riegos se proporcionaron cada 15 días desde la siembra hasta la producción, dando una escarda para el control de malezas, así como control manual de las mismas. No se proporciono fertilización, ni aplicación de plaguicidas con la finalidad de evitar efectos sobre el comportamiento de la enfermedad, además, no se realizó inoculación artificial ya que la enfermedad se presento en forma natural.

Evaluación de la severidad.- La severidad de la enfermedad se evaluó determinando la superficie de follaje dañado durante la fase vegetativa, floración y fructificación en intervalos de cinco días, desde el inicio de aparición de síntomas hasta que la hoja se cubrió totalmente por el patógeno. Se evaluaron 50 hojas al azar por bloque (200 hojas en total en cada evaluación). Se utilizó una escala pictórica de 0 a 7 (cuadro 5).

Cuadro 5 . E scala d e evaluación del daño de *Podosphaera x anthii* e n e l campo experimental Chapingo, México. 2002.

Valores de la escala	Características
0	Hoja sana
1	hasta 1 % de daño
2	hasta 3.125 % de daño
3	hasta 6.25 % de daño
4	hasta 12.5 % de daño
5	hasta 25 % de daño
6	hasta 50 % de daño
7	mas del 50 % de daño

Mendoza-Zamora C. (2001).

Evaluación de la incidencia.-El porcentaje de incidencia se evaluó contabilizando el número de plantas con síntomas de cenicilla en 100 plantas tomadas al azar.

Análisis de datos.- Los resultados obtenidos de la evaluación de la severidad, se analizaron base a los modelos básicos utilizados en epidemiología, esto se realizo con el uso del paquete de análisis estadístico SAS® (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSION

Desarrollo de la enfermedad

Los primeros síntomas de la enfermedad se observaron sobre las hojas mas viejas, cuando la planta tenia una edad de seis semanas, después se

desarrollaron los síntomas sobre las hojas de la parte media de la planta, al avanzar la enfermedad, las hojas infectadas se cubrían totalmente del hongo (figura 6), tanto en el haz como en el envés hasta quedar muertas. Las hojas más jóvenes también fueron atacadas al final del ciclo cuando la planta ya estaba totalmente infestada. Se observaron frutos pequeños y deformes, los tallos completamente cubiertos de cenicilla al final del ciclo, esto concuerda con lo que menciona Miller y Barret, (1931); Spencer, (1978); Romero, (1988); Mendoza, (1996) y Zitter, (1996).



Figura 6. Incidencia y severidad de *Podosphaera xanthii* en el Cultivo de calabacita *Cucúrbita pepo* var. Grey zucchinin Chapingo, México.

Evaluación de la severidad en campo

La curva de progreso de la enfermedad representa el comportamiento de la severidad respecto al tiempo, desde el inicio de aparición de síntomas hasta la última evaluación (Fig. 7). Esta curva de progreso esta más apegado al modelo

matemático Gompertz. Se puede observar como característica principal que al inicio de la enfermedad presenta una actividad muy intensa que matemáticamente se ve en el punto de inflexión que esta aproximadamente en el primer tercio de la curva sigmoide.

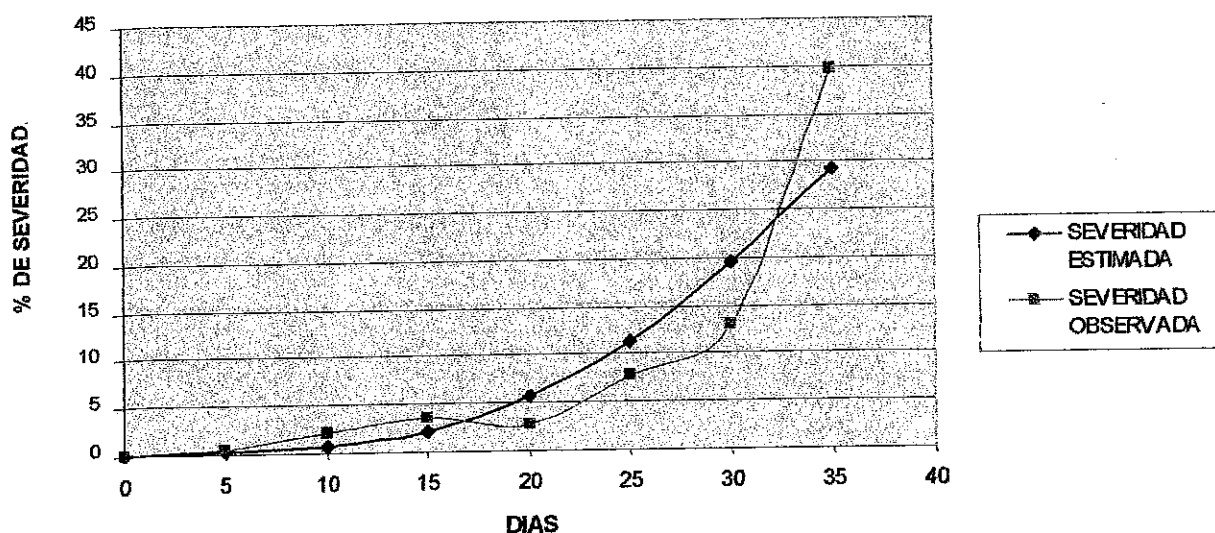


Figura 7. Curva de progreso de la cenicienta de Cucurbitáceas *Podosphaera xanthii* en el cultivo de Calabacita *Cucúrbita pepo* var *Grey zucchini* en Chapingo, Mex. 2001.

El modelo Gompertz en la cenicienta de Cucurbitáceas es el más adecuado ya que el coeficiente de determinación es de 0.897342 (muy cercano al 1). El otro parámetro CME nos ayuda a determinar, cual es el modelo que en realidad se

ajusta a la curva de progreso y siempre se selecciona aquel que represente el valor mínimo como se observa en este caso.

La utilidad aplicada de los parámetros estimados β_0 y β_1 es que cada uno forma parte de la ecuación de la recta. Para este caso sería

$$\text{Daño foliar} = \beta_0 + (\beta_1 \times \text{unidad de tiempo})$$

Cenicilla $\text{Daño foliar} = -2.193344606 + (0.056754992 \times \text{días})$

Donde el daño foliar esta expresado en términos del modelo seleccionado y se muestra en la grafica el comportamiento observado, así como el comportamiento estimado o ajustado de la enfermedad.

Es importante señalar que no se tuvo ningún parámetro comparativo en el experimento ya que el objetivo principal era observar el comportamiento de la enfermedad en condiciones naturales, por lo que se recomienda realizar estudios con fines comparativos entre variedades comerciales y entre ciclos de varios años, para poder conocer mejor el desarrollo, proceso infectivo, condiciones climáticas y demás factores que intervienen en el proceso epidemiológico de la enfermedad, para tener herramientas y determinar el mejor método de control, para contrarrestar los daños que causa el patógeno sobre su hospedante, en el momento óptimo y evitar pérdidas cuantiosas sobre

todo en calidad y cantidad del producto, para el caso específico de la cenicilla de las cucurbitáceas.

Evaluación de la Incidencia en campo

El comportamiento de la enfermedad de manera natural en el campo experimental (Fig. 8), muestra una alta incidencia desde el inicio de la aparición de síntomas, esto es debido a que fue favorecida por las condiciones climáticas, así como de la susceptibilidad de la variedad, además de que no se realizó aplicación alguna de productos para el control de esta enfermedad

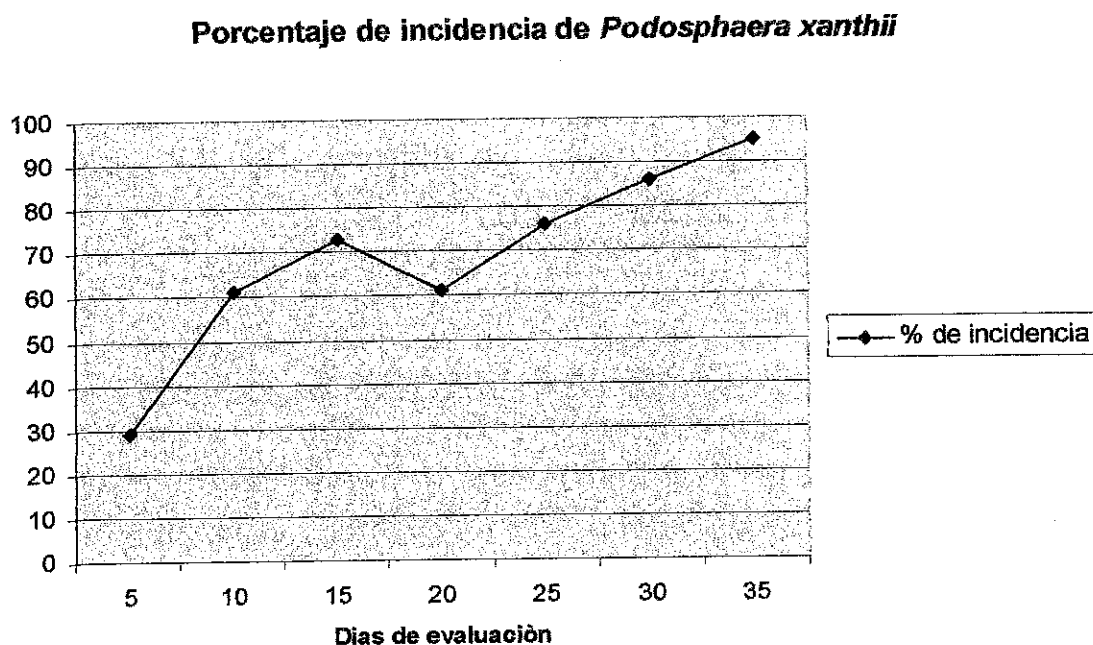


Figura 8. Porcentaje de incidencia de la cenicilla de Cucurbitáceas *Podosphaera xanthii* en el cultivo de Calabacita *Cucúrbita pepo* var *Grey zucchini* en Chapingo, Mex. 2001.

En la cuarta evaluación se observó una ligera disminución de la incidencia, esto es debido a que las primeras hojas que fueron evaluadas ya estaban muertas y la planta de manera natural produce nuevas hojas, las cuales como van emergiendo se van infectando por inóculo de las hojas viejas y al momento de evaluar se tomaron las hojas de la parte media de la planta las cuales al ir madurando la planta se envejecían.

Existe una relación muy marcada entre la incidencia y la severidad de la enfermedad, si observamos la curva de progreso de la enfermedad y los porcentajes de incidencia de la cuarta fecha de evaluación se observa un ligero desnivel tanto de la incidencia y la severidad, esto es influenciado de manera natural por los factores climáticos, la fenología del cultivo, la estación del año y las características propias de la variedad del cultivo, como lo menciona Nicot, *et al.* (2002), donde varios autores mencionan modelos epidemiológicos que hacen una descripción de la relación Incidencia-severidad y además tratan de explicar por separado los eventos encontrados en el desarrollo de la incidencia y severidad.

CONCLUSIONES

Del presente trabajo realizado podemos concluir que

- Los síntomas de enfermedad desarrollados sobre el cultivo en campo, corresponden a la cenicilla de cucurbitáceas (*Podosphaera xanthii*).

- La severidad de la enfermedad se inicia cuando la planta esta en etapa de floración y se desarrollan los síntomas mas severos en la etapa de formación de frutos.
- La curva del progreso del comportamiento de la enfermedad observado en campo se ajusta al modelo Gompertz donde R^2 fue de 0.897342 con una ecuación lineal de $y = -2.193344606 + (0.056754992 \times \text{días})$
- La incidencia de la cenicilla de las cucurbitáceas es alta ya que en poco tiempo alcanza niveles elevados de infección

LITERATURA CITADA

Cohen, R. Shtienberg, D., and Endelstein, M. 1996. Supression of powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) in cucumber by the detergent Zohar. LQ-215. Eur. J. Plant Pathol. 102:69-75.

Elad, Y., Ziv. O., Ayish, N., and Katan, J. 1989. The effect of filmforming polymers on powdery mildews of cucumber. Phytoparasitica 17:279-228.

Jarvis, W. R. and Slingsby, K. 1977. the control of powdery mildew of greenhouse cucumber by water sprays and *Ampelomyces quisqualis*. Plant. Dis. Rep. 61:728-730.

Jahn, M., Munger, H.M. and McCreight. J. D. 2002. The taxonomy of Powdery Mildew Fungi. In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. 2002. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Chapter 2. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Mendoza, Z. C. 1996. enfermedades fungosas de hortalizas. Universidad Autonoma Chapingo. Parasitología Agrícola. México.

Miller, P.A. and Barrett, J.T. 1931. Cantaloupe Powdery mildew in the Imperial Valley. Bulletin 507. University of California Printing Office. Berkeley, California. 35 pp.

Nicot, P. C., Bardin, M., and Dik, A. J. 2002. Basic methods for epidemiology studies of Powdery mildews. Culture and preservation of isolates production and delivery of delivery of inoculation and diseases assessment. Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. 2002. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Cap. 5. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Romero, C. S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 357 p.

Seem, R. C. 1984. Disease incidence and severity relationships. Annu. Rev. Phytopathol. 22:133-150.

Spencer, D. M. 1978. The Powdery Mildew. Academic Press. Inc. LTD. New York, N.Y.

Zitter, T. A. 1996. Compendium of cucurbit diseases. APS. 89 pp.

CAPITULO IV

“DETERMINACIÓN DE RAZAS DE *Podosphaera xanthii* MEDIANTE VARIEDADES DIFERENCIALES”

LUIS LEONEL ESPINOZA LOPEZ¹, NAHUM MARBAN MENDOZA¹, BERTHA
TLAPAL BOLAÑOS², VICTOR MANUEL PINTO¹, HORACIO KOJI OSADA
VELAZQUEZ²

¹MAESTRIA EN PROTECCIÓN VEGETAL. DEPARTAMENTO DE
PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO.
56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

²DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA. UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA CHAPINGO. 56230. CHAPINGO, EDO. DE MÉXICO. MÉXICO.

RESUMEN

En el experimento realizado en invernadero, para determinar razas de *Podosphaera xanthii* en cuatro variedades diferenciales (Topmark, PMR-45, PMR-1 y PMR-5), de dos muestras con síntomas de cenicilla previamente identificado en laboratorio como *Podosphaera xanthii*, procedentes del Estado de México e Hidalgo, al realizar la inoculación artificial, los síntomas solo se desarrollaron en la variedad Topmark, lo que indica que se trata de la raza 1. Así mismo, se registro incidencia alta de la enfermedad en la variedad diferencial Topmark, de las muestras colectadas del Estado de México e Hidalgo. La curva de progreso de la enfermedad de la muestra del estado de

México sobre la variedad diferencial Topmark, se observó que el fenómeno se ajusta al modelo Gompertz con $R^2=0.829436$ y la curva del progreso de la enfermedad de la muestra de Hidalgo sobre la variedad diferencial Topmark, se ajusta al modelo Logístico con $R^2= 0.979351$.

SUMMARY

In order to identify race of *Podosphaera xanthii* under greenhouse conditions with four differential varieties of cantaloupe (Topmark, PMR-45, PMR-1 and PMR-5), the presence of race 1 (symptom developed in Topmark only) was established with two powder disease samples from the Hidalgo states and the Mexico state. These two populations showed different patterns of disease development. The Mexico state fits Gompertz model ($R^2=0.829436$) and the Hidalgo state fits Logistic model ($R^2= 0.979351$).

INTRODUCCIÓN

La identificación razas de la cenicilla de las cucurbitáceas causadas por *Podosphaera xanthii* (syn. *Sphaerotheca fuliginea*), es a través del uso de variedades diferenciales. Muchos investigadores, en la búsqueda de fuentes de resistencia han desarrollado muchos genotipos diferenciales con diferente grado de tolerancia y susceptibilidad a las diferentes razas patogénicas de este

hongo (Spencer, 1978). La mayoría de las variedades desarrolladas y comercializadas en Estados Unidos, Japón y Europa derivan de variedades procedentes de la india ya que se considera el centro de origen del cultivo del melón.

Actualmente se tienen identificadas siete razas de *Podosphaera xanthii* en el mundo, las cuales han sido identificadas a través del uso de líneas o variedades diferenciales de melón, aunque recientemente, cuatro nuevas posibles razas han sido reportadas en este cultivo bajo invernadero en variedades comerciales de Japón.- Dos de estas razas (N1 y N2) fueron observadas en 1997 donde encontraron una alta densidad y durante 1998 encontraron a dos razas mas (N3 y N4) (Jahn *et al.* 2002).

El conocer el tipo de razas de cenicilla que se encuentran presentes atacando las diferentes especies de cucurbitáceas, en las regiones productoras del país, permite tomar medidas de manejo y seleccionar las variedades comerciales que posean tolerancia a este patógeno, con el fin de minimizar los daños en los cultivos y minimizar las pérdidas económicas que genera esta enfermedad, por lo cual se planteo el presente estudio con el objetivo de 1)identificar las razas de la cenicilla de cucurbitáceas mediante el uso de variedades diferenciales de melón.

MATERIALES Y METODOS

Para determinar las razas fisiológicas del hongo, se sembraron en invernadero cuatro variedades diferenciales de melón que fueron proporcionadas por la empresa Seminis Vegetable Seed Co. (Cuadro 6). El experimento fue realizado en el invernadero del Departamento de Parasitología de la U. A. Chapingo.

Se colocaron dos semillas por maceta, para asegurar la germinación de las plantas diferenciales en macetas germinadoras de 6x8 cm; Se utilizó el sustrato Pet Moss® y se regaron cada tercer día para mantener humedad en las macetas y asegurar la emergencia y desarrollo de las plántulas. Se establecieron 80 macetas por variedad (total de 320 macetas).

Cuadro 6. Variedades diferenciales evaluadas para la determinación de razas fisiológicas de *Podosphaera xanthii* en invernadero. Chapingo, México. 2002.

Variedad	Susceptibilidad	Resistencia
Topmark	Susceptible a raza 1 y 2	
PMR- 45	Susceptible a raza 2	Resistente a raza 1
PMR-1		Resistente a raza 2
PMR-5		Resistente a raza 2

Inoculación del patógeno.- El inóculo procedió del material con síntomas de *Podosphaera xanthii* colectado en campo procedente del Estado de Hidalgo (Actopan) y del Estado de México (Chapingo) previamente identificado. Se utilizaron hojas con esporulación abundante la cual se tomó con un isopo

inoculando hojas cotiledonales de las variedades diferenciales, con el propósito de depositar conidios sobre el haz de las hojas cotiledonales. La inoculación fue realizada en plantas de 10 días de germinadas. Posterior a la inoculación, se les colocó una cubierta de plástico para evitar contaminaciones entre ellas, así como para mantener la humedad relativa para favorecer la germinación de conidios y asegurar la aparición de síntomas.

Evaluación.- Mediante la escala proporcionada por la empresa Seminis Vegetables Seed Co. (apéndice 1), se determinaron las razas fisiológicas del hongo. La evaluación se realizó desde la aparición de síntomas hasta que las hojas estuvieron completamente cubiertas por el patógeno.

En invernadero se realizó una evaluación de severidad en las variedades diferenciales mediante el uso de la escala del cuadro 7, para determinar el avance diario de la enfermedad sobre las hojas de las plantas desde la aparición de síntomas hasta que las hojas estuvieron completamente cubiertas por el patógeno.

Cuadro 7. Escala de evaluación del daño de *Podosphaera xanthii* en invernadero sobre variedades diferenciales. Chapingo, México. 2002.

Valores de la escala	Características
0	hoja sana
1	hasta 3.125 %
2	hasta 6.25 %
3	hasta 12.5 %
4	hasta 25 %
5	hasta 50 %
6	mas del 50 %

Mendoza-Zamora, C. (2001).

Así mismo se realizó una evaluación de la incidencia en las variedades diferenciales tomando en cuenta las plantas que presentaban los síntomas de la enfermedad, respecto a las no enfermas.

Análisis de datos.- Los resultados obtenidos de la evaluación de la severidad, se analizaron y se ajustaron a los datos observados en base a los modelos básicos utilizados en epidemiología, esto se realizó mediante el uso del paquete de análisis estadístico SAS® (Statistical Analysis System).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Determinación de razas fisiológicas

Las cuatro variedades diferenciales (Cuadro 8), que fueron inoculadas con el inóculo de cenicilla de calabaza (Hidalgo y Edo. de México) únicamente presentó síntomas de desarrollo de la enfermedad la variedad Topmark a los 5 días después de haber sido inoculadas (figura 9), lo cual indica que se trata de la raza 1, ya que las otras variedades como PMR-45 que es susceptible a la raza 2, no presentó ningún síntoma de la enfermedad. Esta observación es determinada según lo indicado por la empresa Seminis Vegetable Seed en su tabla de reacción de genotipos (anexo).

Cuadro 8. Variedades diferenciales de melón inoculadas con *Podosphaera xanthii* para determinar razas fisiológicas de dos lugares de muestreo. 2002.

Variedad	Característica	Desarrollo de síntomas (por tipo de inóculo)	
		Chapingo	Hidalgo
TOPMARK	Susceptible raza 1 y 2	Positivo	Positivo
	Susceptible raza 2		
PMR-45	Resistente raza 1	Negativo	Negativo
PMR-1	Resistente raza 2	Negativo	Negativo
PMR-5	Resistente raza 2	Negativo	Negativo

Diferentes variedades han sido estudiadas para la diferenciación de razas y búsqueda de resistencia genética de *Podosphaera xanthii*. Tal es el caso de PMR-45 que es frecuentemente usada en estudios relacionados con melón (Kuzuya *et al.*, 2003). Se menciona que aislamientos de *Podosphaera xanthii* (*S. fuliginea*) que no logran crecer sobre PMR 45 se clasifican como raza 1, mientras que los aislamientos que muestran resistencia a PMR 45 se clasifican como raza 2. (Jagger *et al.*, 1938 citado por Hosoya *et al.*, 1999).

Al respecto Hosoya *et al.* (1999) en estudio realizado en Japón encontraron a la raza 5 en el mes de marzo (100%), la raza 1 en mayo (100%) y raza 1 (80%) a finales del ciclo, así mismo encontraron bajas frecuencias de dos posibles nuevas razas en agosto (13%), lo que sugiere que la resistencia genética hacia el patógeno está indicada por la combinación hospedante-ambiente.



Figura 9. Reacción de variedades diferenciales de razas fisiológicas de *Podosphaera xanthii*

Por su parte PMR 5 ha sido también utilizada como una línea diferencial de razas de *Podosphaera xanthii* (*S. fuliginea*), al respecto Hosoya *et al.* (1999) indican que aislamientos que pueden crecer sobre esta variedad se clasifican como raza 3.

En los Estado Unidos han sido identificadas tres razas de *Podosphaera xanthii* (*S. fuliginea*) 1,2 y 3 (Thomas y Nugent, 1983). Las razas 1 y 2 han sido descritas en España e Israel (Hosoya *et al.*, 1999), mientras que la raza 3 fue descrita en Israel (Cohen *et al.*, 1996). Otros autores (Bardin *et al.*, 1997; Cohen *et al.*, 2003) han descrito a otras razas (4 y 5) utilizando otros genotipos diferenciales. Así mismo, en estudios realizados en Francia (Cohen *et al.*, 2003) mencionan que la resistencia de cultivares de calabaza variedad zucchini hacia *Podosphaera xanthii* (*S. fuliginea*) es conferida por resistencia de gen simple dominante denominado *Pm-0*.

Estudios realizados en Francia, el patógeno *Erysiphe cichoracearum* fue determinado en un 9 a 39% de las muestras (275 en total), Mediante técnicas moleculares (RFLP-PCR, RAPDS) se determinó la existencia de tres líneas genéticas correspondientes a tres haplotipos de rDNA (A,B,C), el grupo A fue mas especializado a melón (raza 1), y los grupos B y C se determinaron como raza 0 (solo en la variedad IranH), lo que indica la subdivisión de la especialización en hospedantes dentro de las poblaciones de *E. cichoracearum*, lo que sugiere que el estado sexual es de menor importancia para las epidemias de *E. cichoracearum* (Bardin *et al.*, 1999).

Al respecto, Kuzuya *et al.* (2003) mencionan que la hibridación haploide es una herramienta de suma importancia para la producción de líneas puras resistentes a *Podosphaera xanthii* (*S. fuliginea*), estos autores indican que la resistencia en PMR 45 puede ser seleccionada de acuerdo al nivel haploide de la variedad, así mismo, sugieren que la producción de plantas haploides por partenogénesis es un método factible, lo que en combinación con diferentes técnicas pudieran dar un mecanismo de búsqueda de resistencia exitoso.

Estas consideraciones son de suma importancia ya que los resultados obtenidos en el presente estudio manifiestan la presencia de una sola raza en cucurbitáceas, por lo que el mejoramiento genético es factible y presenta grandes expectativas, lo que aunado a sistemas de manejo de la enfermedad a través de control biológico, químico y cultural puede representar uno de las líneas de investigación y desarrollo de tecnología mas importantes dentro del cultivo.

Por otra parte, en diversas partes del mundo, el uso de técnicas moleculares para la determinación de razas fisiológicas de esta enfermedad, han sido utilizadas en gran escala, por lo que los resultados obtenidos en el presente estudio deben ser confirmados en posteriores estudios con la ayuda de dichas técnicas.

Incidencia en variedades diferenciales

Los resultados de la incidencia de la enfermedad en el invernadero, muestra niveles muy altos (Fig. 10), ya que se tenían las condiciones de temperatura y humedad relativa ideales para el desarrollo de la enfermedad, además de que se realizó inoculación artificial para asegurar el crecimiento del hongo sobre las variedades diferenciales. Lo importante a señalar es que la muestra procedente del estado de Hidalgo presento síntomas mucho mas rápido, que la muestra procedente del Estado de México, esto probablemente es debido a que pudiese ser una raza mucho mas agresiva por lo que se recomienda ampliar mas la investigación en este sentido.

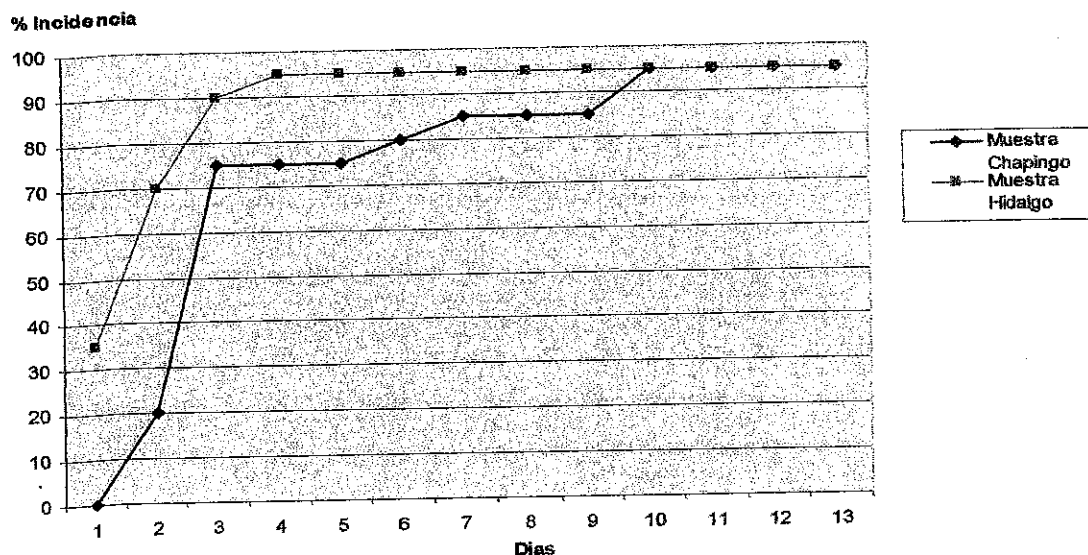


Figura 10. Incidencia de la cenicilla de las cucurbitáceas causada por *Podosphaera xanthii* procedente de dos lugares de muestreo sobre la variedad diferencial de melón Topmark en invernadero.

Severidad en variedades diferenciales

El desarrollo de la enfermedad se registro desde el inicio de los primeros síntomas de la enfermedad, presentándose altos niveles de daño sobre las hojas cotiledonales de la variedad Topmark en un lapso de tiempo muy corto, esto es debido a las características propias de la variedad diferencial, ya que no tiene genes de resistencia y tiene un alto grado de susceptibilidad, lo importante a señalar es la diferencia en comportamiento en cuanto al grado de desarrollo de la severidad, entre las dos muestras evaluadas procedentes de diferentes sitios de muestro, ya que ambas curvas de progreso presentan comportamientos diferentes, la muestra procedente del Estado de México (Chapingo), presenta una curva del progreso de la enfermedad mas apegado al modelo Gompertz y la muestra procedente del Estado de Hidalgo (Actopan), se apega mas al modelo logístico. Para el caso de la muestra de Hidalgo, se puede observar como característica principal que al inicio de la enfermedad el patógeno presenta una actividad muy intensa (fig. 11), para el caso de la muestra del Estado de México muestra una actividad al inicio no muy intensa pero al final la enfermedad se desarrolla de manera muy rápida.

CURVAS DE PROGRESO DE *Podosphaera xanthii*

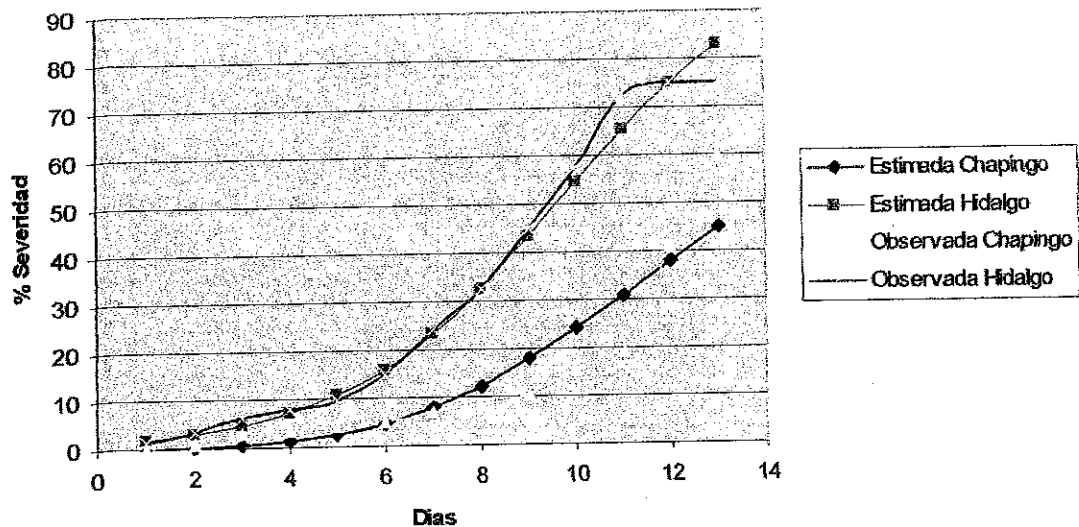


Figura 11. Curva del progreso de la enfermedad de *Podosphaera xanthii* de muestras procedentes del Estado de México e Hidalgo sobre la variedad diferencial Topmark en invernadero.

El modelo de Gompertz es el más adecuado para la muestra del Estado de México ya que el coeficiente de determinación R^2 es de 0.829436 cercano al valor de 1 y el modelo Logístico para la muestra de Hidalgo con un coeficiente de determinación R^2 es de 0.979351. El parámetro CME nos ayuda a determinar, cual es el modelo que en realidad se ajusta a la curva del progreso de la enfermedad y siempre se seleccionara aquel que presente el valor menor. La utilidad aplicada de los parámetros estimados β_0 y β_1 es que cada uno forma parte de la ecuación de la recta. Para este caso sería:

$$\text{Daño foliar} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{unidad de tiempo}$$

Muestra Estado de México Daño foliar = -2.277676889+ (0.1922128871x días)

Muestra Hidalgo Daño foliar = -4.425440635+ (0.460979981 x días)

Donde el daño foliar esta expresado en términos del modelo seleccionado y se muestra en la grafica el comportamiento observado, así como el comportamiento estimado o ajustado de la enfermedad.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos del presente trabajo podemos concluir lo siguiente.

- En invernadero, *Podosphaera xanthii* solo se desarrollo en la variedad Topmark, lo que indica que se trata de la raza 1, de acuerdo a la sintomatología observada.- Posiblemente la presencia-ausencia de razas fisiológicas está determinada por la relación hospedante-ambiente-patógeno.
- Se registro alta incidencia de la enfermedad en la variedad diferencial Topmark, de las muestras colectadas del Estado de México e Hidalgo.
- La curva del progreso de la enfermedad de la muestra del estado de México sobre la variedad diferencial Topmark, se observa que el

fenómeno se ajusta al modelo Gompertz donde R^2 de 0.829436 y una ecuación lineal $y = -2.277676889 + (0.1922128871 \times \text{días})$. Sin embargo, La curva del progreso de la enfermedad de la muestra de Hidalgo sobre la variedad diferencial Topmark, se ajusta al modelo Logístico donde R^2 de 0.979351 y una ecuación lineal $y = -4.425440635 + (0.460979981 \times \text{días})$.

- Es necesario realizar estudios apoyados con técnicas moleculares para confirmar la presencia de razas fisiológicas.

LITERATURA CITADA

Bardin, M., C. Dogimont, P. Nicot, and M. Pitrat. 1997. Genetic analysis of resistance of melon line PI 124112 to *Sphaerotheca fuliginea* and *Erysiphe cichoracearum* studied in recombinant inbred lines. Proc. ISHS Int. Symp. Cucurbits. Adana.

Bardin, M., Carlier, J., and Nicot, P. C. 1999. Genetic differentiation in the French population of *Erysiphe cichoracearum*, a causal agent of powdery mildew of cucurbits. Plant Pathology. 48:531-540.

Cohen, R., A. Hanan and H.S. Paris. 2003. Single-gene resistance to powdery mildew in zucchini squash (*Cucurbita pepo*). Euphytica 130:433-441.

Cohen, R., N. Katzir, S. Schreiber, and R. Greenberg, 1996. Occurrence of *Sphaerotheca fuliginea* race 3 on cucurbits in Israel. Plant Disease 80:344.

Hosoya, K., K. Narisawa, M. Pitrat y H. Ezura. 1999. Race identification in powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) on melon (*Cucumis melo*) in Japan. Plant Breeding 118:259-262.

Jahn, M., Munger, H.M. and McCreight. J. D. 2002. The taxonomy of Powdery Mildew Fungi. In Belanger, R. R., Bushnell, W. R., Dik, J. A. and Carver, L. T. 2002. The powdery mildew. A comprehensive treatise. Chapter 2. The American Phytopathological Society. U.S.A.

Kuzuya, M., K. Hosoya, K. Yashiro, K. Tomita and H. Ezura. 2003. Powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) resistance in melon is selectable at the haploid level. Journal of Experimental Botany 54:1069-1074.

Spencer, D. M. 1978. The Powdery Mildew. Academic Press. Inc. LTD. New York, N.Y.

Thomas, C.E., and P.E. Nugent. 1983. Resistance to powdery mildew incited by race 3 of *Sphaerotheca fuliginea* in the US plant introduction collection of *Cucumis melo*. Hortscience 18:172.

APENDICE 1

Escala de evaluación para identificar Raza 1.

- 1= plantas sin esporulación
 - 2= Plantas mostrando ligeramente una capa de esporulación sin distinción de crecimiento de colonias
 - 3= plantas mostrando una capa pesada de esporulación y con distinción de colonias
 - 4= plantas con esporulación en peciolo
 - 5= plantas con esporulación en tallos
-

Seminis Vegetables Seed Co. 2002.

Escala de evaluación para identificar Raza 2.

- 1= plantas sin esporulación
 - 2= Plantas mostrando ligeramente una capa de esporulación sin distinción de crecimiento de colonias
 - 3= plantas mostrando una capa pesada de esporulación y con distinción de colonias
 - 4= plantas con esporulación en peciolo
 - 5= plantas con esporulación en tallos
-

Seminis Vegetables Seed Co. 2002.