



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

INSTITUTO DE FITOSANIDAD

PROGRAMA DE FITOPATOLOGÍA

EPIDEMIOLOGÍA Y MANEJO QUÍMICO DE LA ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) Y CENICILLA (*Oidium mangiferae* Berthet) EN MANGO (*Mangifera indica* L.) cv. MANILA EN EL TROPICO SUBHÚMEDO DE GUERRERO, MÉXICO.

ABRAHAM MONTEÓN OJEDA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2012

La presente tesis titulada: EPIDEMIOLOGÍA Y MANEJO QUÍMICO DE LA ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) Y CENICILLA (*Oidium mangiferae* Berthet.) EN MANGO (*Mangifera indica* L.) cv. MANILA EN EL TROPICO SUB-HÚMEDO DE GUERRERO, MÉXICO.

Realizada por el alumno: ABRAHAM MONTEON OJEDA.

Bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
FITOSANIDAD
FITOPATOLOGÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. ANTONIO MORA AGUILERA

ASESOR



DR. JAVIER HENÁNDEZ MORALES

ASESOR



DR. ELÍAS HERNÁNDEZ CASTRO

ASESOR



DR. GABRIEL OTERO COLINA

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2012

A mis Padres y Hermanos por su amor, apoyo incondicional y perseverancia.

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, que a través de su Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y del colegio de Postgraduados, hicieron posible la obtención del presente grado.

Al Proyecto SAGARPA-CONACYT Núm. 48595 “Evaluación de nuevas variedades con alto potencial productivo y diagnóstico y control de plagas de importancia económica del mango en Guerrero, Veracruz, Chiapas y Oaxaca”, pieza fundamental para la obtención del grado.

Al Dr. Antonio Mora Aguilera, por sus enseñanzas, paciencia y su gran amistad obsequiadas en mi formación y durante la realización de la presente tesis.

Al Dr. Cristian Nava Díaz, por su valiosa amistad, constante apoyo e infinita paciencia.

Al Dr. Ángel Villegas Monter, por su amistad, paciencia, sugerencias y aportaciones valiosas al presente trabajo.

Al Dr. Elías Hernández Castro, por su amistad, conocimiento, sugerencias, apoyo y constante participación en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Javier Hernández Morales, por su amistad y apoyo mostrado durante la realización de la presente investigación.

Al Dr. Gabriel Otero Colina, Por su amistad, compromiso, sugerencias y mucha paciencia en el desarrollo del estudio.

Al Sr. Vicente Piedra, por facilitarnos su huerta, y presentar la mejor de las disposiciones.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
RESUMEN	III
SUMMARY	IV
INTRODUCCIÓN	15
REVISION DE LITERATURA	18
ANTRACNOSIS (<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Penz.)	18
Importancia y etiología	18
Síntomas	18
Epidemiología	20
Manejo	20
CENICILLA (<i>Oidium mangiferae</i> Berthet)	21
Importancia y etiología	21
Síntomas	21
Epidemiología	21
Manejo	22
OBJETIVOS	24
HIPÓTESIS	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
Localización geográfica	24
Diseño experimental y evaluación de la enfermedad	25
Análisis temporal y efecto de tratamientos	28
Registro meteorológico	28
Muestreo estacional de esporas	29
Análisis de correlación	29
RESULTADOS	31
ANTRACNOSIS	31
Evaluación de la enfermedad y análisis temporal	31
Efecto de tratamientos	34

Análisis de correlación	34
CENICILLA	38
Evaluación de la enfermedad y análisis temporal	38
Efecto de tratamientos	41
Análisis de correlación	41
DISCUSIONES	45
CONCLUSIONES	48
LITERATURA CITADA	49
APÉNDICE	55

I. ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.** Escala logarítmica para evaluación de antracnosis (Guillén, 2000) utilizada durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas” Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.
- Cuadro 2.** Fenología, manejo agronómico modificado (MAM) y control químico experimental de antracnosis (*C. gloeosporioides*) del mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales, basado en el uso y rotación de ingredientes activos de distinto grupo químico en el huerto comercial “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.
- Cuadro 3.** Escala logarítmica para evaluación de cenicilla (*Oidium mangiferae*) en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) cv. Manila “Las Tunas” en Técpan de Galeana, Gro, México. Ciclo productivo 2010-2011.
- Cuadro 4.** Efecto de tratamientos sobre parámetros^y del progreso temporal de epidemias de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en inflorescencias durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.
- Cuadro 5.** Efecto de tratamientos sobre parámetros^y del progreso temporal de epidemias de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en follaje durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.
- Cuadro 7.** Análisis de correlación de severidad de antracnosis, densidad estacional de esporas de *C. gloeosporioides* y factores ambientales durante tres flujos florales en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.
- Cuadro 7.** Efecto de tratamientos sobre parámetros^y del progreso temporal de epidemias de cenicilla (*O. mangiferae*) en inflorescencias durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Cuadro 8. Efecto de tratamientos sobre parámetros ^y del progreso temporal de epidemias de cenicilla (*O. mangiferae*) en follaje durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Cuadro 9. Análisis de correlación de severidad de cenicilla, densidad estacional de esporas de *O. mangiferae* y factores ambientales durante tres flujos florales en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

II. ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Principales productores de mango (*Mangifera indica*) en el mundo (FAO, 2010).
- Figura 2.** Principales exportadores de mango (*Mangifera indica*) en el mundo (FAO, 2010).
- Figura 3.** Principales estados productores de mango (*Mangifera indica*) en México (SAGARPA, 2010).
- Figura 4.** Principales municipios productores de mango (*Mangifera indica*) en Guerrero (SAGARPA, 2010).
- Figura 5.** Síntomas de antracnosis (*C. gloeosporioides*) en mango (*Mangifera indica*) cv. Manila. Tizón floral y de fruto (A - B); Cancro de tallos vegetativos y reproductivos (C- D); Manchas foliares angulares (E - F).
- Figura 6.** Síntomas de cenicilla (*O. mangiferae*) en mango (*Mangifera indica*) cv. Manila. Invasión floral y de fruto (A - B); manchas foliares (C- D).
- Figura 7.** Croquis del sitio en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.
- Figura 8.** Modelo de fenología floral del mango (*Mangifera indica*) propuesto por Guillén (2003). Etapas: (1) Yemas hinchadas o yemas abiertas, (2) estado protegido, (3) inflorescencias con raquis secundarios y terciarios, (4) inicio de floración, (5) floración plena, (6) frutos en estado de amarre y (7) frutos tamaño chícharo (≈ 8 mm \varnothing).
- Figura 9.** Curvas del progreso temporal de epidemias vegetativas (A) y florales (B) de antracnosis (*C. gloeosporioides*) durante tres flujos florales en cinco tratamientos en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.
- Figura 10.** Esporas de *C. gloeosporioides* monitoreadas (F), severidad de antracnosis en inflorescencias (E) y su relación con temperatura (A), humedad relativa (B), punto de rocío (C) y velocidad del viento (D) durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Figura 11. Curvas del progreso temporal de epidemias vegetativas (A) y florales (B) de cenicilla (*O. mangiferae*) durante tres flujos florales en cinco tratamientos en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Figura 12. Esporas de *O. mangiferae* monitoreadas (F), severidad de antracnosis en inflorescencias (E) y su relación con temperatura (A), humedad relativa (B), punto de rocío (C) y velocidad del viento (D) durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

III. RESUMEN

Se estudió el progreso temporal de epidemias de antracnosis (*C. gloeosporioides*) y cenicilla (*O. mangiferae*) en dos huertos de mango (*Mangifera indica*) sujetos a programa de aspersión periódica de fungicidas de distinto grupo químico, modo de acción, combinación (rotación) y secuencia de aplicación, en concordancia con el desarrollo fenológico de tres flujos florales. El experimento se realizó en el huerto comercial "Las Tunas" en la región del trópico subhúmedo (Costa Grande) de Guerrero, México, durante el ciclo productivo 2010-2011. Las escalas fenológicas utilizadas permitieron identificar la floración plena, amarre inicial (3-5mm Ø) y frutos tamaño (8-15mm Ø) como etapas críticas de infección. El inicio de las epidemias se registró 23-30 días posteriores a la presencia de yemas hinchadas y los niveles máximos de severidad (clases 3 a 6 en inflorescencias y 2 a 5 en follaje) se presentaron 40-50 días después de los primeros síntomas. El modelo de Weibull describió adecuadamente ($r^2 \geq 0.85$) las epidemias de antracnosis y cenicilla en los distintos flujos vegetativos y florales. Ingredientes activos de distinto grupo químico, modo de acción y residualidad como myclobutanil, azoxystrobin, cyprodinil+fludioxonil, quinoxifen, clorotalonil, captan, mancozeb y oxiclورو de cobre (+azufre) registraron los valores significativamente bajos ($LSD \leq 0.05\%$) en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} para *C. gloeosporioides* y *O. mangiferae*. Sin embargo, su eficiencia dependió del orden y oportunidad de aplicación y del flujo de crecimiento tratado (floración o crecimiento vegetativo). La estrategia más efectiva para reducir la intensidad de las epidemias (Y_f , ABCPE y b^{-1}) se obtuvo al iniciar el tratamiento preventivo con un ingrediente sistémico, independientemente de su grupo químico. En antracnosis la severidad en inflorescencias y brotes vegetativos en la región se relacionó significativamente con temperatura $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.79-0.86$; $r_{Veg}=0.80-0.95$) y humedad relativa $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.66-0.86$; $r_{Veg}=0.67-0.94$). La esporulación conidial de *C. gloeosporioides* se relacionó con temperatura $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r=0.72$), humedad relativa $<60\%$ ($r=0.66$), severidad ($r_{FI}=0.62-0.87$; $r_{Veg}=0.75-0.95$) y punto de rocío $<15^\circ\text{C}$ ($r=0.68$). En cenicilla la severidad en inflorescencias y brotes vegetativos en la región se relacionó significativamente con temperatura $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.90-0.94$; $r_{Veg}=0.82-0.93$) y humedad relativa $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.70-0.80$; $r_{Veg}=0.54-0.92$). La esporulación conidial de *O. mangiferae* se relacionó con temperatura $20-26.9^\circ\text{C}$ ($r=0.65$), humedad relativa $60-89.9\%$ ($r=0.65$), severidad ($r_{FI}=0.63-0.89$; $r_{Veg}=0.62-0.96$) y punto de rocío $15-19.9^\circ\text{C}$ ($r=0.63$).

Palabras clave. *Mangifera indica*, *C. gloeosporioides*, *O. mangiferae*, epidemia, manejo, fungicida.

IV. SUMMARY

The temporal progress of anthracnose (*C. gloeosporioides*) and powdery mildew (*O. mangiferae*) epidemics was studied in mango (*Mangifera indica*) orchards subject to fungicides from different chemical groups, mode of action, and application sequence in accordance with the phenological development of three floral flows. The research was carried out during the 2010-2011 productive cycle in the commercial orchard "Las Tunas" with Manila cv. trees, 14-15 years old established in a grid pattern 10 x 10 m, located in Tecpan de Galeana (17°16' N, 100°33' W) in the Costa Grande, Guerrero, Mexico, altitude 20 m. Mean annual rainfall and temperature are 1199 mm and 27°C (sub-humid tropics) and the soil is reddish sandy loam (SMN, 1971-2012). Full flowering, initial setting, and 8-15mm Ø fruits were identified as critical infection stages. Epidemics started 23-30 days after the presence of swollen buds, and maximum severity (Classes 3 to 6 on inflorescences and 2 to 5 on foliage) was attained at 40-50 days after the first symptoms. The Weibull model described ($r^2 \geq 0.89$) anthracnose epidemics in floral and vegetative flows. Active ingredients of different chemical groups, mode of action, and residuality such as myclobutanil, azoxystrobin, cyprodinil+fludioxonil, quinoxifen, and chlorotalonil combined with sulfur recorded significantly low values ($LSD \leq 0.05\%$) in the Y_f , AUDPC and b^{-1} parameters. The best strategy was to initiate preventive treatment with a systemic ingredient, independently of its chemical group. Anthracnose severity in the sub-humid tropic was related with temperature $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.79-0.86$; $r_{Veg}=0.80-0.95$) and relative humidity $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.66-0.86$; $r_{Veg}=0.67-0.94$). Conidial sporulation was related to temperature $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r=0.72$), relative humidity $< 60\%$ ($r=0.66$), severity ($r_{FI}=0.62-0.98$; $r_{Veg}=0.75-0.97$) and dew point $\leq 15^\circ\text{C}$ ($r=0.68$). Powdery mildew severity was related with temperature $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.90-0.94$; $r_{Veg}=0.82-0.93$) and relative humidity $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.70-0.80$; $r_{Veg}=0.54-0.92$). Conidial sporulation was related to temperature $\geq 20-26.9^\circ\text{C}$ ($r=0.65$), relative humidity 60-89.9% ($r=0.65$), severity ($r_{FI}=0.63-0.89$; $r_{Veg}=0.62-0.96$) and dew point 15-19.9°C ($r=0.63$).

Key words. *Mangifera indica*, *C. gloeosporioides*, *O. mangiferae*, epidemics, management, fungicide.

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es originario de India y es la especie de mayor importancia económica de la familia de las Anacardiáceas (Galán, 1999). Internacionalmente representa el tercer fruto tropical de importancia después del banano (*Mussa spp.*) y naranja (*Citrus sinensis*) (FAOSTAT, 2010). Se cultiva en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales del globo, con el desarrollo de técnicas de forzado de floración es posible comercializarlo mundialmente prácticamente todo el año (Galán, 1999).

Entre 1990 y 2010, la producción mundial se incrementó en más de 50%; actualmente se producen más de 35 millones de toneladas anuales (FAOSTAT, 2010). India es el primer productor y exportador con 45% y 24 %, respectivamente (Figuras 1 y 2); México ocupa el quinto lugar en producción y segundo lugar en exportación con, 4.5% y 20% (Figuras 1 y 2).

En México, el cultivo representa una fuente importante de empleo debido a la cantidad de mano de obra utilizada en el sistema de producción. En 2010 se cultivaron 183,108 ha, con una producción de 1, 632,649 t con un valor de \$ 4,347.7 mdp. Guerrero, Nayarit, Sinaloa, Chiapas, Oaxaca, Michoacán y Veracruz producen más de 90 % del volumen nacional (Figura 3) (SIAP, 2010); Guerrero es el primer productor y las principales regiones de cultivo en la entidad son la Costa Chica, la Tierra Caliente (trópico seco) y la Costa Grande (trópico subhúmedo); en esta última, Técpan de Galeana constituye el principal municipio productor (Figura 4) (SIAP, 2010).

Las principales plagas reportadas en el mundo sobre este cultivo son antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* y *C. accutatum*), cenicilla (*Oidium mangiferae*), proliferación vegetativa y floral (*Fusarium spp.*), muerte descendente (*Lasiodyplodia theobromae*), mosca de la fruta (*Anastrepha spp.*), trips (*Scirtothrips spp.*, *Frankliniella spp.*), escama blanca (*Aulacaspis tubercularis*) y el ácaro de las yemas (*Aceria mangiferae*) (Dodd *et al.*, 1997) en este estudio y para fines del mismo solamente se abordarán las dos primeras.

Los fungicidas son indispensables en el manejo de enfermedades; no obstante, su efectividad depende de la oportunidad y calidad de la aplicación, del periodo de protección, condiciones ambientales y resistencia del patógeno (Hollomon y Keith, 2009).

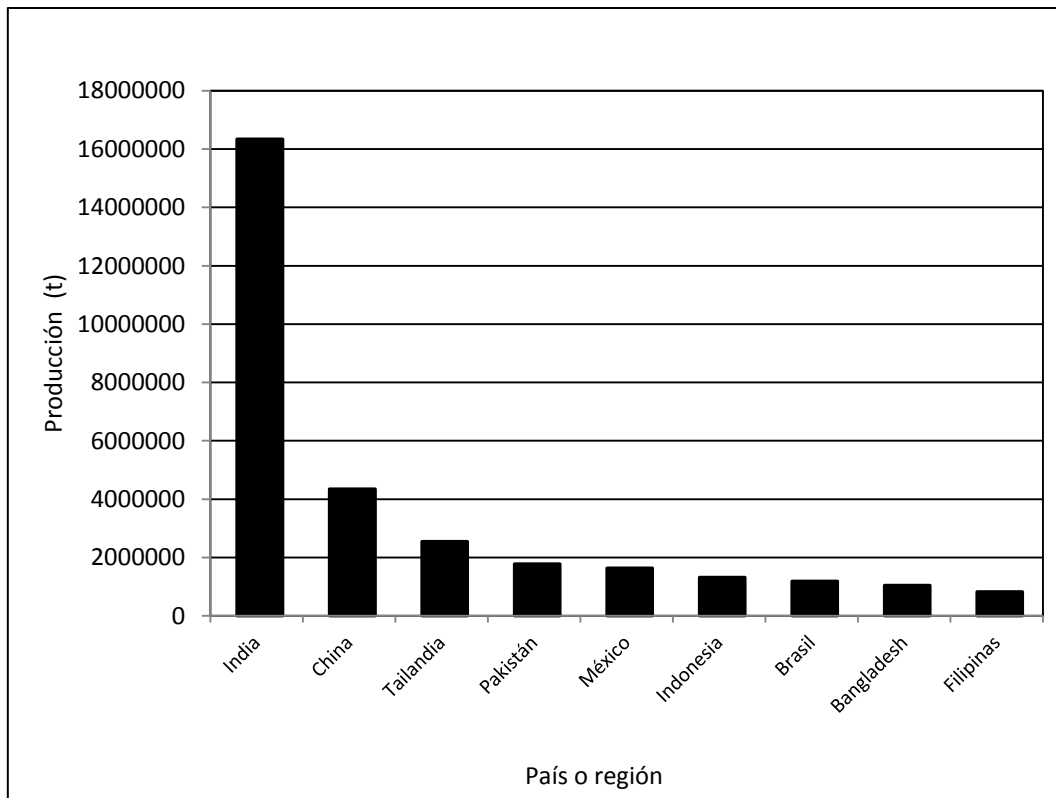


Figura 1. Principales productores de mango (*Mangifera indica*) en el mundo (FAOSTAT, 2010).

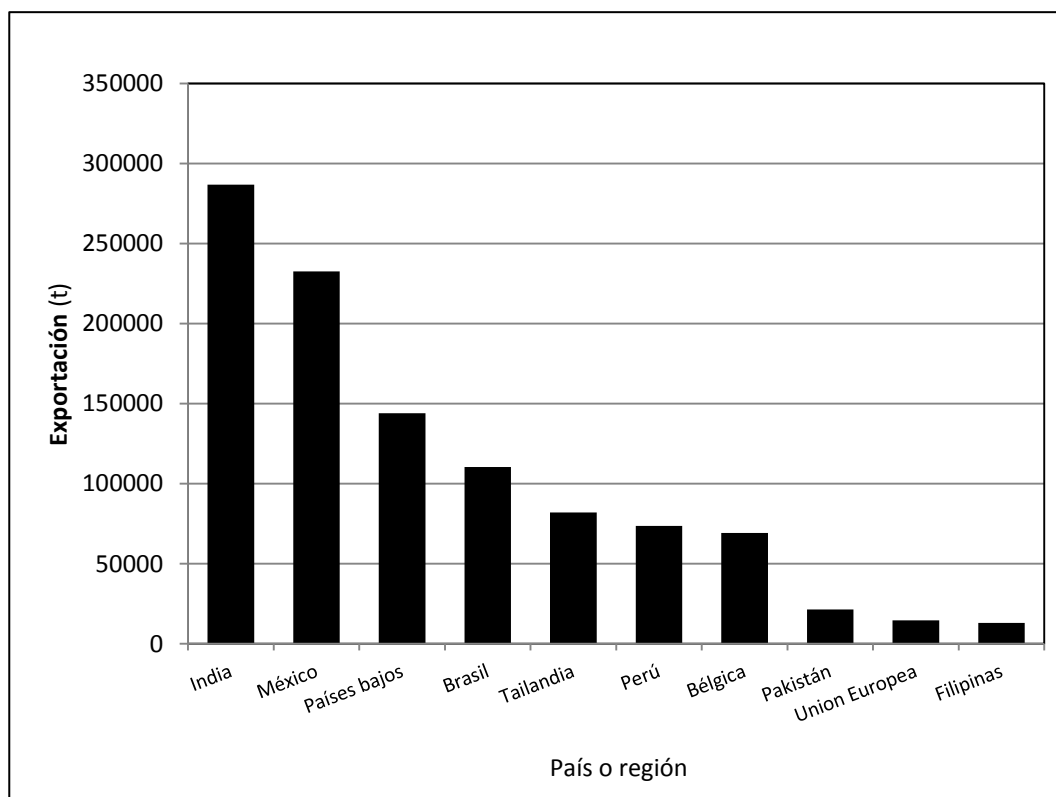


Figura 2. Principales exportadores de mango (*Mangifera indica*) en el mundo (FAOSTAT, 2010).

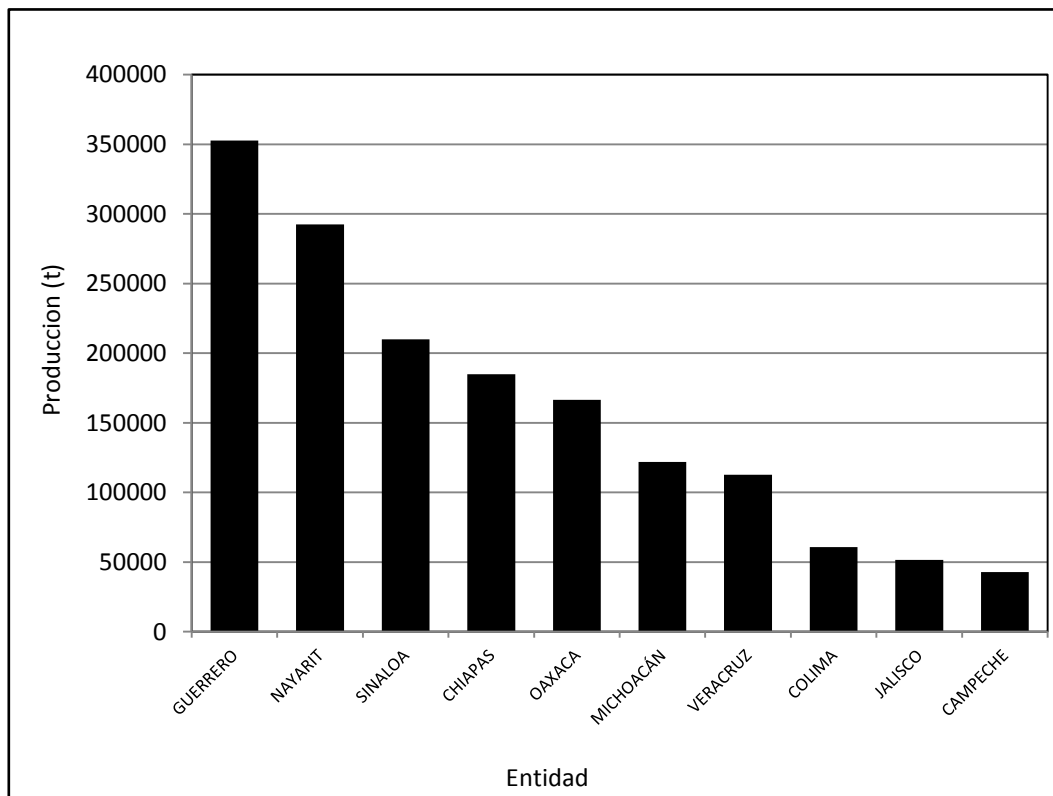


Figura 3. Principales estados productores de mango (*Mangifera indica*) en México (SIAP, 2010).

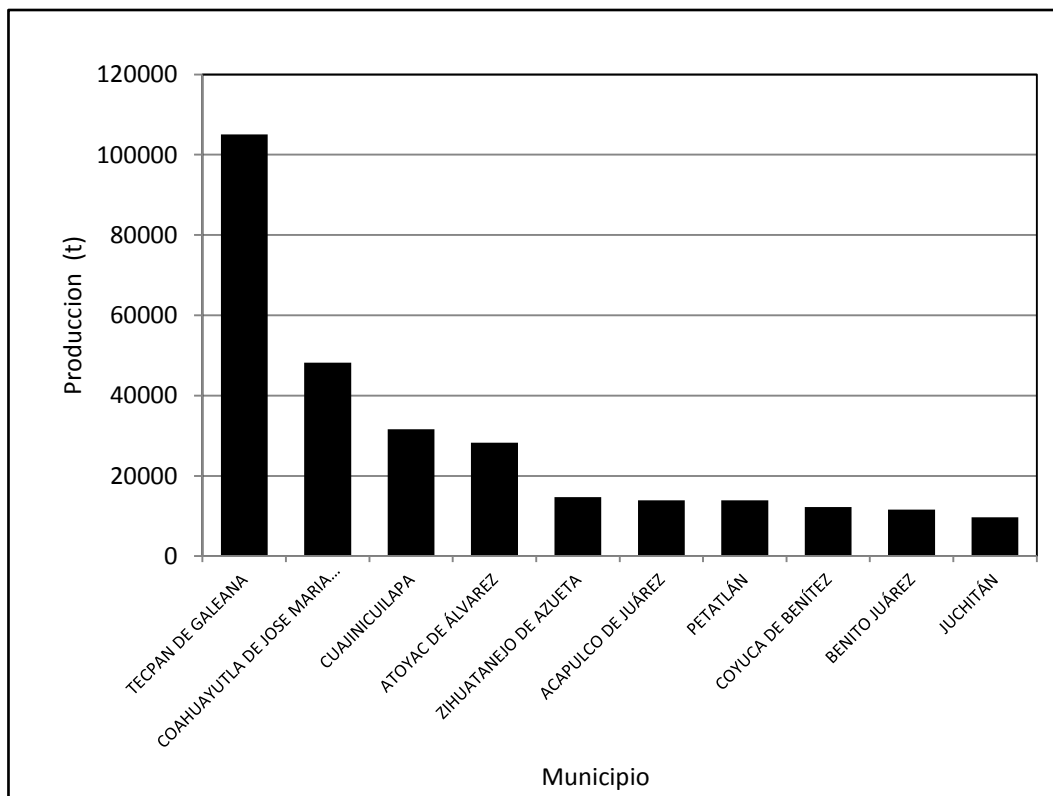


Figura 4. Principales municipios productores de mango (*Mangifera indica*) en Guerrero (SIAP, 2010).

REVISION DE LITERATURA

ANTRACNOSIS (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.)

Importancia y etiología

La antracnosis del mango (*Mangifera indica*) es una enfermedad causada principalmente por *C. gloeosporioides* (teleomorfo: *Glomerella cingulata*), patógeno más frecuente, y *C. acutatum* (teleomorfo: *G. acutata*), que participa en menor escala, la cual forma colonias grisáceas a gris oscuras en medio de cultivo a base de agar papa dextrosa. Los conidios se forman sobre conidióforos ligeramente pigmentados dentro de cuerpos fructíferos superficiales llamados acérvulos en los órganos atacados (Fitzell, 1979; Mora *et al.*, 2002).

La enfermedad es la más importante del cultivo en pre y postcosecha en todas las áreas productoras de mango en el mundo, es más severa con humedad relativa alta y lluvia abundante. Infecta hojas, flores, frutos y ramas de todas las edades, puede causar pérdidas del 50% a 100% en frutos producidos con alta humedad ambiental y sin manejo. La severidad en frutos en amarre inicial y tamaño de 8-15 mm de diámetro puede alcanzar hasta 70-80% cuando no se utiliza control químico (Arauz, 2000; Becerra-Leor, 1995; Mora *et al.*, 2002).

Síntomas

Afecta hojas, inflorescencias y frutos; el daño más importante consiste en tizón floral. Los síntomas en follaje consisten en manchas angulares oscuras de 3-5mm que pueden coalescer y necrosar áreas más extendidas, generalmente rodeadas de halo amarillo clorótico; el centro necrótico de las lesiones viejas puede secarse y caer dejando la hoja con perforaciones alargadas extendidas y de apariencia senescente. En inflorescencias aparecen manchas negras diminutas que provocan necrosis extensiva (tizón) de flores y frutos pequeños que se desprenden fácilmente por el viento o lluvia dejando únicamente los raquis adheridos al árbol. Los frutos en desarrollo temprano afectados pueden permanecer momificados en panículas necróticas o ser abortados. En frutos con desarrollo cercanos a madurez se presentan infecciones quiescentes que originan manchas irregulares oscuras que pudren rápidamente la pulpa del fruto cuando está en senescencia. En tallos vegetativos tiernos, el hongo causa manchas necróticas hundidas o canchales (Jeffries *et al.*, 1990; Fitzell y Peak, 1984; Holguín *et al.*, 2009) (Figura 5).

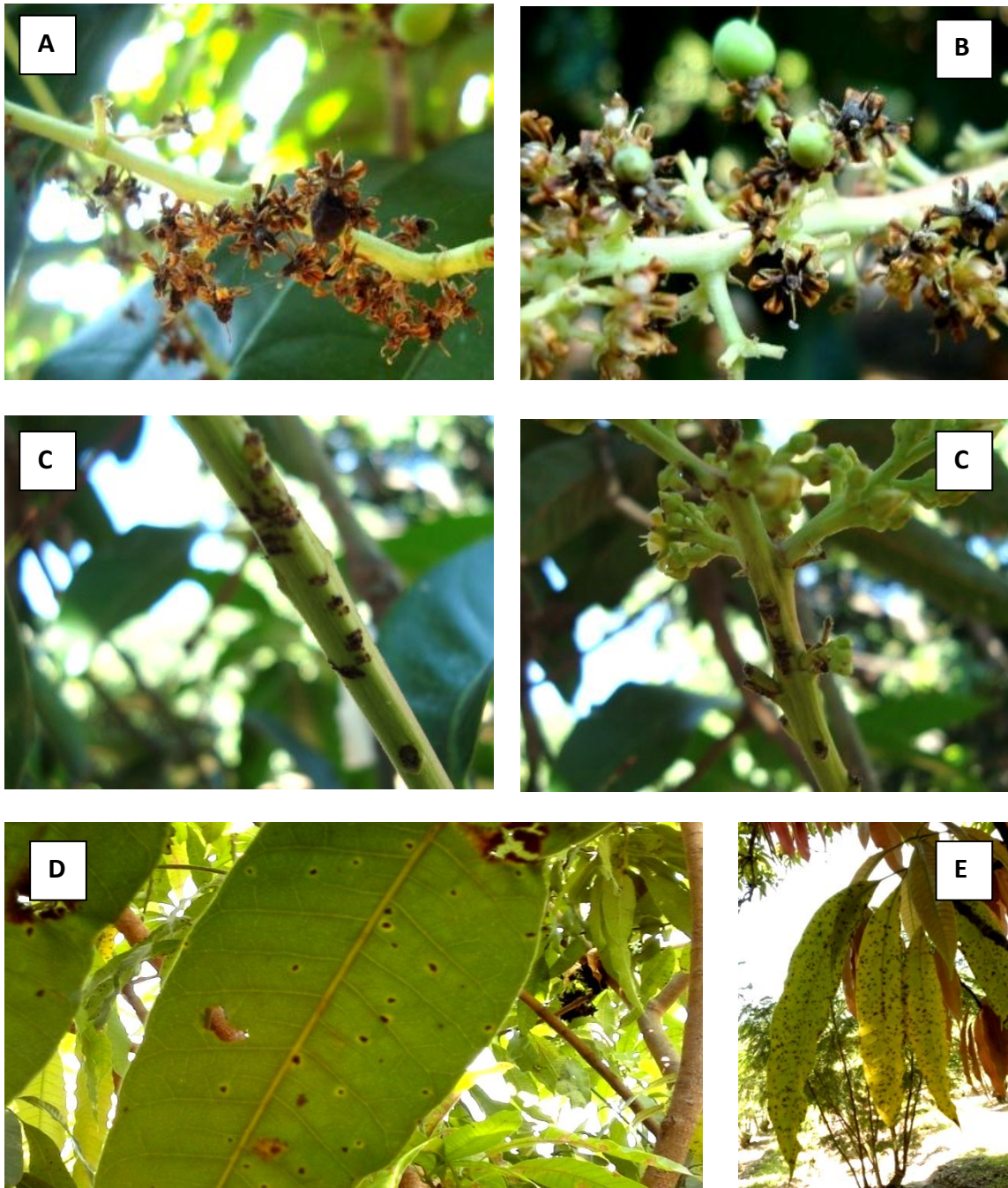


Figura 5. Síntomas de antracnosis (*C. gloeosporioides*) en mango (*Mangifera indica*) cv. Manila. Tizón floral y de fruto (A - B); Cancro de tallos vegetativos y reproductivos (C- D); Manchas foliares angulares (E- F).

Epidemiología

C. gloeosporioides produce conidios y ascosporas en acérvulos o peritecios en hojas, inflorescencias infectadas y frutos abortados o momificados, que son diseminados principalmente por salpique de agua de lluvia o viento. Después de la deposición sobre tejido susceptible, los conidios y ascosporas emiten un tubo germinativo y posteriormente forman apresorios melanizados que se constituyen como infecciones latentes (Jeffries *et al.*, 1990). Se desarrolla (germinación, formación de tubos germinativos y apresorios) óptimamente entre 25°C y 30°C de temperatura y 90 a 100 % de humedad relativa. Aun cuando la penetración puede ser por aberturas naturales, la penetración directa (hifa de penetración) es más común. Los órganos infectados constituyen reservorio de propágulos para infecciones (Estrada *et al.*, 2000; Osorio, 2008; Sangeetha y Rawal, 2009).

En Iguala, Gro., la severidad estuvo significativamente influenciada por la incidencia, densidad de esporas y precipitación pluvial, y exhibió curvas del progreso temporal de incidencia y severidad de tipo monomolecular y Gombertz (Acosta, 2002). En Michoacán, las epidemias de antracnosis floral fueron descritas adecuadamente por el modelo Weibull ($r^2 \geq 0.93$); la densidad de conidios se relacionó positivamente con la severidad ($r=0.74$) (Guillén, 2000).

Manejo

El control de las enfermedades se ha basado tradicionalmente en cuatro principios: exclusión, erradicación, protección y resistencia genética; La combinación del control genético, cultural, químico y legal conduce al control integral (Téliz, 1992). El manejo integrado de la enfermedad puede incluir variedades tolerantes, fungicidas protectores y curativos, podas sanitarias y de ventilación, incorporación de materia orgánica, riego optimizado, fertilización balanceada, reducción de fuentes de inóculo y adelanto de floración. Para disminuir la frecuencia y mejorar la eficiencia de los fungicidas es conveniente desarrollar modelos de predicción de riesgo de infección basados en factores abióticos relevantes como temperatura y humedad ambiental, así como también etapas susceptibles del hospedante, periodos de protección, tipo y modo de acción de los fungicidas (Acosta *et al.*, 2003; Guillen, 2000).

En México, el control químico de la antracnosis se ha basado principalmente en el uso de fungicidas benzimidazoles (Vega, 1994). Sin embargo, se han detectado frecuentes casos de resistencia de *C. gloeosporioides* a fungicidas de este grupo químico (Hsin *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2003). En contraste, compuestos triazoles, imidazoles, estrobilurinas y protectores multisitio han mostrado efectos satisfactorios y bajo riesgo de resistencia (Nieto *et al.*, 2003; Gutiérrez *et al.*, 2003; Sundravada *et al.*, 2009).

CENICILLA (*Oidium mangiferae* Berthet.)

Importancia y etiología

La cenicilla del mango, enfermedad causada por *O. mangiferae*, se encuentra ampliamente distribuida en todas las regiones productoras del mundo. No se le conoce su estado perfecto, presenta micelio septado, con hifas de 4.1-8.2 μm de diámetro. Los conidióforos emergen del micelio superficial, no ramificado, miden 64-163 μm de longitud y producen en la punta conidios unicelulares, hialinos y elípticos. El tamaño de los conidios es de 33-43 μm de longitud y 18.22 μm de ancho, los cuales son transportados individualmente y algunas veces en pares, pero se pueden formar cadenas de 20-40 conidios (Palti, 1974; Ploetz, 1994). *O. mangiferae* ocasiona pérdidas de 80 a 90 % en el rendimiento e incide desde la floración hasta la formación de frutos pequeños. Puede persistir en etapas vegetativas posteriores a la floración en zonas frías y elevadas (Nelson, 2008; Joubert, 1991).

Síntomas

La enfermedad se presenta comúnmente en inflorescencias, en raquis primarios y secundarios, flores y frutos pequeños; los síntomas iniciales consisten en pequeñas manchas blanquecinas polvosas sobre los órganos infectados, que provocan necrosis y aborto de flores y frutos. Los sépalos son más susceptibles que los pétalos, la colonización puede comenzar antes de antesis por lo que la cenicilla es evidente únicamente en sépalos pero no en pétalos; las flores afectadas no abren y caen prematuramente. La caída de flores infectadas sin fertilizar reduce significativamente el rendimiento. En algunos cultivares, los flujos vegetativos jóvenes son susceptibles, con la infección se presenta deformación y enrollamiento de hojas en desarrollo con presencia de lesiones necróticas grisáceas alargadas, en el envés cubiertas por micelio y a lo largo de la nervadura central (Boesewinkel, 1980; Guillén *et al.*, 2003; Nelson, 2008) (Figura 6).

Epidemiología

Los conidios de *O. mangiferae* son diseminados por el viento y permanecen en la época fría sobre hojas y brotes muertos. La infección máxima puede observarse a 26°C y 100% de humedad relativa; sin embargo, la enfermedad puede desarrollarse desde 15 a 32°C y de 15.5 a 100% de humedad (Khaild y Alam, 2000). Las esporas producen tubos germinativos que infectan superficialmente las células del huésped. El hongo produce abundante micelio con esporas, conidióforos y conidios sobre el tejido afectado que resulta en el síntoma de cenicilla. La supervivencia del hongo se da de un ciclo a otro en plantas u órganos infectados, y las poblaciones pueden crecer rápidamente durante los nuevos flujos de crecimiento de la planta (Grupta, 1989; Guillen *et al.*, 2003).

En Michoacán, el modelo Weibull describió adecuadamente las epidemias de la enfermedad ($r^2 \geq 0.92$) y el incremento de la severidad fue directamente proporcional con el incremento en la densidad de conidios en el aire ($r=0.97$) (Guillén *et al.*, 2003). En la costa del Pacífico Mexicano la severidad se relacionó con temperatura y humedad relativa 13-25°C y 22-60% ($r=0.95$) (Guillén *et al.*, 2004). Las etapas fenológicas de yema hinchada a inflorescencias con raquis secundarios y terciarios fueron tolerantes; inicio de floración y floración plena, susceptibles; y frutos en estado de amarre a frutos con 2 cm de diámetro, muy susceptibles (Guillén *et al.*, 2003). En Sudáfrica se documentó una relación positiva entre incidencia y volumen de esporas en el ambiente, así como con el inicio de síntomas una semana después del comienzo de liberación de esporas; así mismo, la concentración horaria de conidios aéreos se correlacionó positivamente con la temperatura y negativamente con la humedad relativa y foliar (Joubert, 1991). El mayor número de conidios atrapados se registró entre las 11:00 y las 16:00 h (Schoeman *et al.*, 1995).

Manejo

Una estrategia de manejo integral ofrece mayores posibilidades de éxito y puede incluir asociación de prácticas culturales como destrucción de residuos de cosecha y follaje caído, control de maleza, podas para mejorar ventilación y captación de luz, nutrición balanceada y aplicación de fungicidas (Nelson, 2008). Se ha reportado desarrollo de resistencia en muchas especies de hongos a ingredientes activos comúnmente utilizados como carbendazim, benomilo y thiabendazol (Smith 1988; De Waard, 1994; Hsin *et al.*, 2009; Gutiérrez *et al.*, 2003) En contraste, moléculas del grupo de los triazoles (myclobutanil, propiconazol, tebuconazol, triadimefon, penconazol y hexaconazol), morfolinás (fenipropimorf, fenipropidín espiroxamina), estrobilurinas (axozystrobin, trifloxystrobin, Kresoxim-methyl) (Reuveni *et al.*, 1998), anilopirimidinas (cyprodynil) y fenoxiquinolinás (quinoxifen) se han usado con resultados satisfactorios y nulo o inexistente desarrollo de resistencia, al igual que fungicidas protectores multisitio como ditiocarbamatos, quinomethionatos y azufre (Chavan *et al.*, 2009; Hollomon *et al.*, 1997; Wicks y Hitch, 2002; Tiemann, 1997). No obstante, la agresividad alta del patógeno, así como la presencia de tejido susceptible en distintos flujos vegetativos o florales en la misma estación de crecimiento, condiciona la rotación de ingredientes activos para el control con bajo riesgo de resistencia. Debido a que la intensidad del daño depende de la susceptibilidad de variedades cultivadas, del número e intensidad de flujos de crecimiento y clima, entre otros factores relevantes es indispensable generar estudios por zonas de importancia económica del cultivo para mejorar la eficiencia de control. Una región agroclimática es una zona con características interrelacionadas entre el clima y los sistemas de cultivos y su entendimiento ayuda a elegir mejores decisiones de manejo agronómico (White *et al.*, 2001). La epidemiología permite conocer la influencia de factores inherentes al patógeno, hospedante y ambiente en el desarrollo de enfermedades así como evaluar la eficiencia de prácticas fitosanitarias de manejo. Es importante indicar, que no existen trabajos realizados para desarrollar estrategias de control químico de

antracnosis que incluyan una adecuada rotación de fungicidas en concordancia con la fenología de la planta y evalúen su efectividad en un contexto epidemiológico en la región.



Figura 6. Síntomas de cenicilla (*O. mangiferae*) en mango (*Mangifera indica*) cv. Manila. Invasión floral y de fruto (A - B); manchas foliares (C- E) (Fotos por Nelson, 2008).

OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el desarrollo temporal de epidemias de antracnosis y cenicilla bajo tratamientos de control químico basados en la rotación de diferente grupo químico, distinto modo de acción y secuencia de aplicación; así como determinar la relación de factores meteorológicos en el desarrollo del patógeno y enfermedad en Técpan de Galeana, región del trópico subhúmedo de Guerrero, México.

HIPÓTESIS

El manejo fitosanitario implementado disminuirá la severidad de los síntomas de antracnosis y cenicilla, el mejor tratamiento será aquel que mediante una aplicación profiláctica proteja durante más tiempo las etapas fenológicas susceptibles de infección y las condiciones óptimas de desarrollo de la enfermedad serán temperaturas y humedad relativa mayores a 25 °C y 80%.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica

La investigación se realizó durante el ciclo productivo 2010-2011 en el comercial "Las Tunas" con árboles cv. Manila de 14-15 años de edad establecidos en marco real de 10 x 10 m ubicado en Técpan de Galeana (17° 16'N, 100° 33'O) en la Costa Grande de Gro., México, con altitud de 20 m. La precipitación y temperatura media anual es de 1199mm y 27.1°C (trópico subhúmedo) y el suelo fue franco arenoso de color rojizo (SMN, 1971-2012). En el huerto se modificó el manejo agronómico tradicional del productor, y consistió en: a) poda sanitaria; b) fertilización química mayor y foliar de acuerdo a análisis de suelo y planta; c) riegos semanales; d) recolección y eliminación de residuos de cosecha o frutos infectados sobre el suelo (inóculo); e) inducción de brotación floral (KNO₃, 3%). Adicionalmente, se aplicaron cinco tratamientos experimentales para control químico de antracnosis y cenicilla por flujo floral o vegetativo basados en la rotación de ingredientes activos de distinto grupo químico y modo de acción (Cuadro 2 y figura 7). La programación de fungicidas se apoyó en el modelo de fenología floral propuesto por Guillén (2000) que consideró desde yemas hinchadas hasta fruto con un diámetro de 8mm, sin embargo, en este estudio se amplió el registro hasta frutos con diámetro ≈15mm. Los ingredientes sistémicos se aplicaron cada 15 días y los de contacto cada ocho días. Las aspersiones se realizaron con una parihuela agrícola marca Swissmex® con capacidad de 500 L, y caudal de 34.2 L/min a 20 bar, motor 5.5 HP (4.1 kw) a 3,600 rpm, 2 mangueras de 50 m con pistolas pulverizadoras, los fungicidas utilizados se aplicaron en dosis comerciales: azoxystrobin 0.25g/L, myclobutanil 0.08g/L, cyprodinil+fludioxonil 0.075ml/L; 0.05ml/L,

quinoxifen 0.05ml/L, oxiclóruo de cobre 2.5g/L, mancozeb 0.8g/L, captan 1.25g/L, clorotalonil 2.88g/L y azufre elemental 1.35ml/L.

Diseño experimental y evaluación de severidad

Se seleccionaron árboles con diámetro del tronco y volumen de follaje similar, se evaluaron cinco tratamientos de control químico en tres flujos de crecimiento (vegetativo y floral). Se usó un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde un árbol fue la unidad experimental. Para evaluar la severidad de cada flujo floral se usaron las escalas logarítmicas de cinco y siete clases propuesta por Guillén (2000), que consideraron la proporción de área foliar afectada (donde 0= tejido sano y 5= $\geq 5\%$ de área dañada) así como flores y frutos con necrosis (donde 0= tejido sano y 7= 100% de panículas necróticas) para el caso de antracnosis (Cuadro 1); y para cenicilla de seis y nueve clases elaborada en el programa Dos log v.1.0 para Windows®, que consideró la proporción de área foliar afectada (donde 0= tejido sano y 6= $\geq 40\%$ de área dañada) así como racimos florales formados sobre raquis primarios y secundarios con signos del hongo (donde 0= tejido sano y 9= 90% de daño en panículas) (Cuadro 3). En cada árbol experimental se etiquetaron aleatoriamente cinco inflorescencias y cinco brotes vegetativos por fecha debido a la ausencia de efectos de orientación (Guillén, 2000). Las evaluaciones en estos tejidos se realizaron semanalmente a partir de la detección de yemas hinchadas y hasta que los frutos alcanzaron 8-15mm ϕ . Se estimó la severidad por fecha con la fórmula:

$$S_i = \frac{\sum_{k=1}^k X_{ki} * N_{ki}}{N_i}$$

Donde, S= severidad al momento i, X_{ki} = nivel de daño k en momento i, N_{ki} = # inflorescencias con nivel del daño k en momento i, N_i = # inflorescencias evaluadas en momento i.

Cuadro 1. Escala logarítmica para evaluación de antracnosis (Guillén, 2000) utilizada durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Clase	Antracnosis	
	Hoja	Inflorescencia
	^z Severidad (% de área foliar afectada)	^z Severidad (% de material vegetal afectado)
0	0	0
1	>0 - 1.20	>0 - 3
2	>1.2 - 1.94	>3 - 11
3	>1.94 - 3.13	>11 - 33
4	>3.13 - 5.0	>33 - 67
5	>5.0	>67 - 89
6		>89 - 97
7		>97 - 100







^z= Estimación de rangos de severidad con el software Dos log para Windows®



Figura 7. Croquis del sitio en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Trampa de esporas  Estación meteorológica  Árboles experimentales 

Cuadro 2. Fenología, manejo agronómico modificado y control químico experimental de antracnosis (*C. gloeosporioides*) del mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales, basado en el uso y rotación de ingredientes activos de distinto grupo químico en el huerto comercial “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Desarrollo fenológico floral (Guillen,2002)																			
Yemas hinchadas (Y)		Yemas abiertas (Y ¹)			Edo. protegido (Ep)		Floración plena (Fp)					Fruto tamaño chícharo (Fch)			Desarrollo de fruto (Df)				
																			
Ritmos Florales		Ritmo 1					Ritmo 2					Ritmo 3							
Fenología floral		Y,Y ¹	Ep	Fp	Fch	Df	Y,Y ¹	Ep	Fp	Fch	Df			Y,Y ¹	Ep	Fp	Fch	Df	
Meses		Noviembre/2010				Diciembre		Enero/2011			Febrero		Mar	Abr	Mayo			Junio	
Medidas		t1a	C ¹	S ^{1a}	C ¹	S ^{2a}	t1b	Cu+S	Cu+S	Cu+S	Cu+S	Cu+S			t1c	C ²	S ^{1c}	C ²	S ^{2c}
Manejo químico (tratamientos)	Antracnosis y cenicilla	t2a	S ^{1a}	C ¹	S ^{2a}	C ¹	t2b	Clo+S	Clo+S	Clo+S	Clo+S	Clo+S			t2c	S ^{1c}	C ²	S ^{2c}	C ²
		t3a	S ^{1a}	C ¹	C ¹	S ¹	t3b	Ma+S	Ma+S	Ma+S	Ma+S	Ma+S			t3c	S ^{1c}	C ²	C ²	S ^{1c}
		t4a	C ¹	S ^{1a}	S ^{2a}	C ¹	t4b	Ca+S	Ca+S	Ca+S	Ca+S	Ca+S			t4c	C ²	S ^{1c}	S ^{2c}	C ²
		t5a	Testigo	Testigo	Testigo	Testigo	t5b	Testigo	Testigo	Testigo	Testigo	Testigo			t5c	Testigo	Testigo	Testigo	Testigo
		Fertilización	Mayor: N P K				Foliar	Foliar	Mayor: N P K			Foliar	Foliar			Mayor: N P K			Foliar
Podas						+					+						+		
Destrucción de inóculos	+						+						+	+					
Estimulo de floración (KNO ₃)	+						+					+	+						
Riego	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

C¹=oxicloruro de cobre + azufre, S^{1a}=azoxystrobin, S^{2a}=myclobutanil, Cu+S= oxicloruro de cobre + azufre, Clo+S= clorotalonil + azufre, Ma+S= mancozeb + azufre, Ca+S= captan + azufre, C²= clorotalonil + azufre, S^{1c}= (cyprodinil+fludioxonil), S^{2c}=quinoxifen.

Cuadro 3. Escala logarítmica para evaluación de cenicilla (*Oidium mangiferae*), utilizada durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Clase	Cenicilla	
	Hoja	Inflorescencia
	^z Severidad (% de área dañada)	^z Severidad (% inflorescencias con raquis primarios, secundarios o frutos con signos)
0	0	0
1	>0 - 2	>0 - 1.6
2	>2 - 4	>1.6 - 3.5
3	>4 - 10	>3.5 - 7.4
4	>10 - 21	>7.4 - 15
5	>21 - 40	>15 - 28
6	>40	>28 - 46
7		>46 - 65
8		>65 - 80
9		>80 - 90

^z= Estimación de rangos de severidad con el software Dos log para Windows®

Análisis temporal y efecto de tratamientos

Las curvas del progreso acumulado de la enfermedad por tratamiento se describieron de acuerdo al modelo de distribución Weibull (Pennypecker *et al.*, 1980), área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE) estimada con el método de integración trapezoidal (Campbell y Madden, 1990) y realizaron análisis de varianza y separación de medias de la severidad final (y_t), tasa (b^{-1}) y ABCPE mediante el modelo LSD con una confiabilidad del 95% con el software SAS® v.9.1.3 (SAS Intitute Inc, 2003).

Registro meteorológico

La temperatura (°C), precipitación (mm), humedad relativa (HR%), punto de rocío (°C), dirección y velocidad del viento (km/h) se registraron cada dos horas con una estación meteorológica computarizada Vantage Pro2 Weather Station® (Davis Instruments Hayward CA) equipada con módulo y software Wheatherlink® para Windows®, v.7.1. La configuración se realizó con computadora portátil, los datos se exportaron a Microsoft Excel® para proceso.

Muestreo estacional de esporas

Para estimar la densidad conidial de *C. gloeosporioides* y *Oidium mangiferae* en el aire se usó una trampa volumétrica creada por el Grupo Interdisciplinario de Investigación del Mango (Mora *et al.*, 2003). La trampa se colocó a 1.5 m sobre el nivel del suelo. La succión de aire se realizó con motor de ventilador de uso industrial con carcasa plástica de 8 x 8 cm a 12v con capacidad volumétrica de 2.3-3.5 L de aire/min. Dentro de la trampa, las esporas se impactaron sobre una cinta adhesiva adherida alrededor de un tambor mecánico giratorio con periodicidad a siete días. Cada cinta de 3.5 x 30.3 cm se seccionó a partir de rollos de polipropileno transparente y autoadhesivo (Contac®) y colocaron por su parte no adhesiva sobre una hoja de higrotermógrafo (plantilla de trapeo semanal) para diferenciar los días individuales de trapeo y ajustó alrededor del tambor. Las cintas se removieron semanalmente, cada sección de 39.5mm de la plantilla correspondió a un intervalo de trapeo de 24 h y se examinaron con un microscopio compuesto a 40x (Master Olympus®) para cuantificación diaria y semanal de esporas.

Análisis de correlación

Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r) entre la severidad y densidad conidial de *C. gloeosporioides* y *O. mangiferae* en el aire con temperatura, humedad relativa, precipitación, punto de rocío, velocidad y dirección del viento en los siguientes intervalos en números de horas/semana: temperatura (<20, 20-26.9, 27-29.9, 30-34.9 y $\geq 35^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (<60%, 60-89.9% y $\geq 90\%$), punto de rocío (<15, 15-19.9, 20-24.9, $\geq 25^{\circ}\text{C}$) velocidad promedio (<1.0, 1-1.9, $\geq 2\text{km/h}$) y dirección del viento.

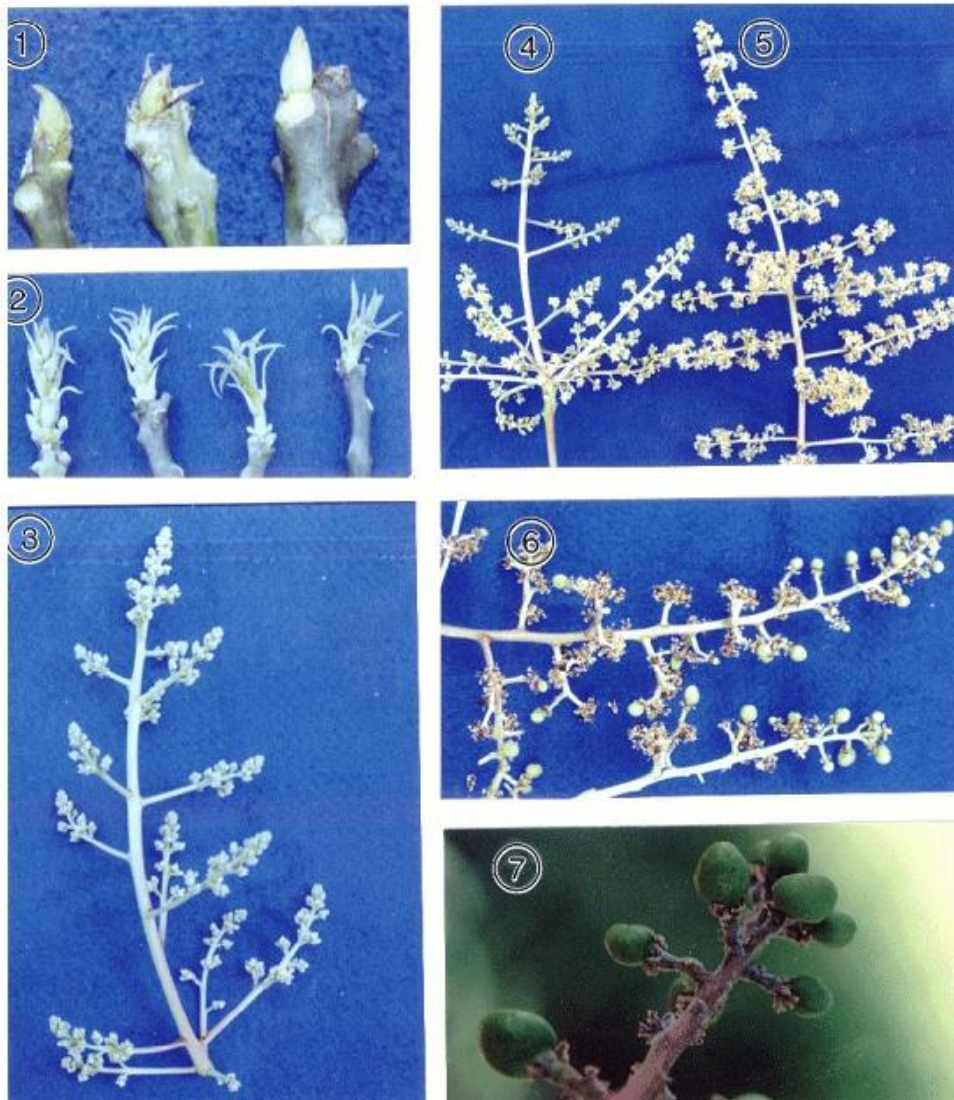


Figura 8. Modelo de fenología floral del mango (*Mangifera indica*) propuesto por Guillén (2000). Etapas: (1) Yemas hinchadas o yemas abiertas, (2) estado protegido, (3) inflorescencias con raquis secundarios y terciarios, (4) inicio de floración, (5) floración plena, (6) amarre y (7) frutos tamaño (8-15 mm Ø).

RESULTADOS

ANTRACNOSIS

Evaluación de la enfermedad y análisis temporal

Las escalas de severidad usadas (cuadro 1) en este experimento permitieron estimar el desarrollo temporal de las epidemias de antracnosis (Figura 9) y confirmaron la floración plena, amarre inicial (frutos 3-5mm Ø) y frutos de 8-15mm de diámetro como las etapas fenológicas críticas de infección (Figura 8). Los primeros síntomas se manifestaron 23 días después de la detección de yemas hinchadas (floración plena) y definieron el inicio del crecimiento de las epidemias debido a la disponibilidad significativa de tejido susceptible. La severidad máxima en inflorescencias fluctuó entre las clases 3 a 6 (11-97%) en inflorescencias y 2 a 4 (1.2-5.0%) en brotes vegetativos y se alcanzó 42 y 50 días después de los síntomas iniciales. Se ha documentado que los periodos de incubación de *C. gloeosporioides* fluctúan entre cinco y siete días en condiciones favorables de temperatura $\geq 30^{\circ}\text{C}$ y de humedad relativa $\geq 90\%$ (Estrada *et al.*, 2000). Para ambos tejidos (brotes florales y vegetativos), la severidad más alta se detectó en el tratamiento cinco (testigo experimental) (Figura 9). El modelo de Weibull permitió estimar adecuadamente las epidemias florales y vegetativas en Tépán de Galeana (trópico subhúmedo) ($r_{\text{Fl}}=0.95-0.99$; $r_{\text{Veg}}=0.90-0.98$) (Cuadro 4 y 5).

Cuadro 4. Efecto de tratamientos sobre parámetros γ del progreso temporal de epidemias de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en inflorescencias durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Tépcan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo (2010-2011).

Tratamientos	Secuencia	Weibull (r^2)	γ_f	(b^{-1})	ABCPE
Floración I (inducida)					
t1a	C ¹ +S ^{1a} +C ¹ +S ^{2a}	0.99	3.95b	0.15a	169.50b
t2a	S ^{1a} +C ¹ +S ^{2a} +C ¹	0.99	3.75b	0.21a	152.25c
t3a	S ^{1a} +C ¹ +C ^{2a} +S ¹	0.99	3.75b	0.25a	148.75c
t4a	C ¹ +S ^{1a} +S ^{2a} +C ¹	0.99	3.95b	0.15a	168.00b
t5a	Testigo experimental	0.99	5.25 ^a	0.18a	187.25 ^a
C ¹ =oxicloruro de cobre + azufre, S ^{1a} =azoxystrobin, S ^{2a} =myclobutanil					
Floración II (inducida)					
t1b	Cu+S	0.99	3.90b	0.19b	142.50b
t2b	Clo+S	0.98	3.60c	0.23a	121.50d
t3b	Ma+S	0.97	3.75cb	0.19b	141.00b
t4b	Ca+S	0.99	3.75cb	0.18b	129.25c
t5b	Testigo experimental	0.99	4.95 ^a	0.18ba	162.75 ^a
Cu+S= oxicloruro de cobre + azufre, Clo+S= clorotalonil + azufre, Ma+S= mancozeb+ azufre, Ca+S= captan + azufre					
Floración III (natural)					
t1c	C ² +S ^{1c} +C ² +S ^{2c}	0.96	4.00b	0.24a	172.75b
t2c	S ¹ +C ^{2c} +S ² +C ^{2c}	0.95	4.00b	0.24a	162.00c
t3c	S ¹ +C ^{2c} +C ² +S ^{2c}	0.96	4.00b	0.25a	164.25c
t4c	C ² +S ^{1c} +S ^{2c} +C ²	0.97	4.00b	0.26a	167.00c
t5c	Testigo experimental	0.99	5.10a	0.29a	199.50 ^a
C ² = clorotalonil + azufre ,S ^{1c} =(cyprodinil+fludioxonil), S ^{2c} =quinoxifen					

γ_f =coeficiente de determinación del modelo de Weibull, r^2 ajustada=coeficiente de determinación ajustado del modelo de Weibull, γ_f =incidencia final, ABCPE= área bajo la curva del progreso de la enfermedad, b^{-1} = tasa de incremento de la enfermedad.

* Valores con misma letra no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 5. Efecto de tratamientos sobre parámetros ν del progreso temporal de epidemias de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en follaje durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Tépcan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo (2010-2011).

Tratamientos	Secuencia	Weibull (r^2)	y_f	(b^{-1})	ABCPE
Floración I (inducida)					
t1a	C ^{1a} +S ^{1a} +C ^{1a} +S ^{2a}	0.95	3.5 ^a	0.07a	1.45b
t2a	S ^{1a} +C ¹ +S ^{2a} +C ¹	0.92	3.85 ^a	0.24a	1.35ba
t3a	S ^{1a} +C ¹ +C ^{2a} +S ¹	0.90	3.65 ^a	0.06a	1.15b
t4a	C ¹ +S ^{1a} +S ^{2a} +C ¹	0.98	3.75 ^a	0.09a	1.50ba
t5a	Testigo experimental	0.94	3.5 ^a	0.06a	1.65a
C ^{1a} =oxicloruro de cobre + azufre, S ^{1a} =azoxystrobin, S ^{2a} =myclobutanil					
Floración II (inducida)					
t1b	Cu+S	0.91	1.85bc	0.11b	0.10b
t2b	Clo+S	0.97	2.40ba	0.25a	0.00b
t3b	Ma+S	0.90	2.25ba	0.15b	0.00b
t4b	Ca+S	0.97	1.55c	0.12b	0.00b
t5b	Testigo experimental	0.92	2.75 ^a	0.14b	0.35a
Cu+S= oxicloruro de cobre + azufre, Clo+S= clorotalonil + azufre, Ma+S= mancozeb+ azufre, Ca+S= captan + azufre					
Floración III (natural)					
t1c	C ^{2c} +S ^{1c} +C ^{2c} +S ^{2c}	0.96	2.35ba	0.08a	0.0b
t2c	S ^{1c} +C ^{2c} +S ^{2c} +C ^{2c}	0.98	2.25b	0.09a	0.0b
t3c	S ^{1c} +C ^{2c} +C ^{2c} +S ^{2c}	0.96	1.85b	0.09a	0.0b
t4c	C ^{2c} +S ^{1c} +S ^{2c} +C ^{2c}	0.91	2.20b	0.09a	0.0b
t5c	Testigo experimental	0.90	3.10 ^a	0.09a	0.2a
C ^{2c} = clorotalonil + azufre, S ^{1c} =(cyprodinil+fludioxonil), S ^{2c} =quinoxifen					

ν^2 = Coeficiente de determinación del modelo de Weibull, r^2 ajustada= coeficiente de determinación ajustado del modelo de Weibull, y_f = incidencia final, ABCPE= área bajo la curva del progreso de la enfermedad, b^{-1} = tasa de incremento de la enfermedad.

* Valores con misma letra no son estadísticamente diferentes.

Efecto de tratamientos.

El tratamiento 3a y 3c ($S^{1a}+C^1+C^1+ S^{2a}$; $S^{1c}+C^2+C^2+S^{2c}$), donde, S^{1a} =myclobutanil, C^1 =oxicloruro de cobre + azufre, S^{2a} = azoxystrobin, C^2 =clorotalonil + azufre, S^{1c} =quinoxifen, S^{2c} =(cyprodinil+fludioxonil), registró los valores inferiores en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} (Cuadro 4 y 5) en los flujos uno y tres (donde se aplicaron tratamientos con fungicidas sistémicos) y siendo el más consistente en ambas flujos de crecimiento. Sin embargo, cuando fue necesario aplicar únicamente ingredientes de contacto en el segundo flujo de crecimiento para reducir el riesgo de resistencia por uso excesivo de sistémicos; aquí, el tratamiento 2b (Clo+S), donde Clo= clorotalonil, S= azufre, registró los valores menores en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} en el flujo 2 (Tablas 2 y 3). Lo anterior sugiere que la estrategia más efectiva para reducir la intensidad de las epidemias se obtiene al iniciar el tratamiento preventivo con un ingrediente sistémico evaluado, independientemente de su grupo químico. Sin embargo, cuando es necesaria la aplicación de ingredientes de contacto, para evitar el riesgo de resistencia por el uso excesivo de sistémicos, se sugiere utilizar (Clo+S), tratamiento 2, que registró los valores más bajos en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} . En contraste, el testigo experimental registró la mayor cantidad enfermedad en las tres emisiones florales y vegetativas (Cuadros 4 y 5).

Análisis de correlación

En Tépán de Galeana, la severidad en inflorescencias y brotes vegetativos se acentuó cuando se registraron temperaturas $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.79-0.88$ y $r_{Veg}=0.80-0.95$); humedad relativa $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.66-0.86$; $r_{Veg}=0.67-0.94$) y densidad de esporas de *C. gloeosporioides* en el aire ($r_{FI}=0.62-0.87$; $r_{Veg}=0.75-0.95$); por otro lado, la densidad estacional de esporas en el aire se correlacionó significativamente con temperatura $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r=0.72$), humedad relativa $< 60\%$ ($r=0.66$), punto de rocío $< 15^\circ\text{C}$ ($r=0.68$) y viento $< 1\text{km/h}$ ($r=0.55$) con dirección oeste (270°) ($r=0.58$) (Cuadro 6 y Figura 11).

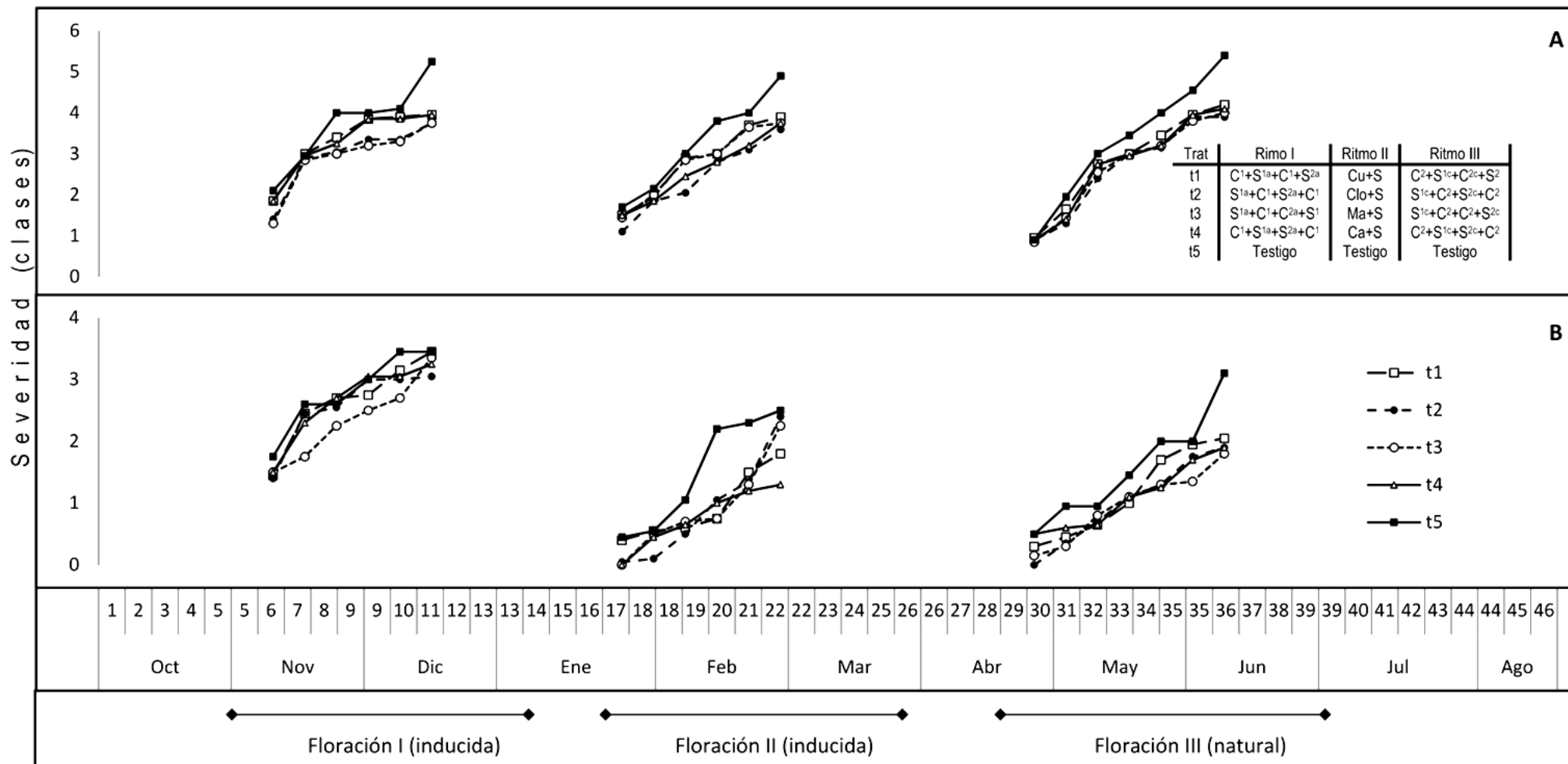


Figura 9. Curvas del progreso temporal de epidemias florales (A) y vegetativas (B) de antracnosis (*C. gloeosporioides*) de mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales en cinco tratamientos en el huerto comercial “Las Tunas”, Tecpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo (2010-2011).

C¹=oxicloruro de cobre + azufre, S^{1a}=azoxystrobin, S^{2a}=myclobutanil, Cu+S= oxicloruro de cobre + azufre, Clo+S= clorotalonil + azufre, Ma+S= mancozeb+ azufre, Ca+S= captan + azufre, C²= clorotalonil + azufre, S^{1c}= (cyprodinil+fludioxonil), S^{2c}=quinoxifen.

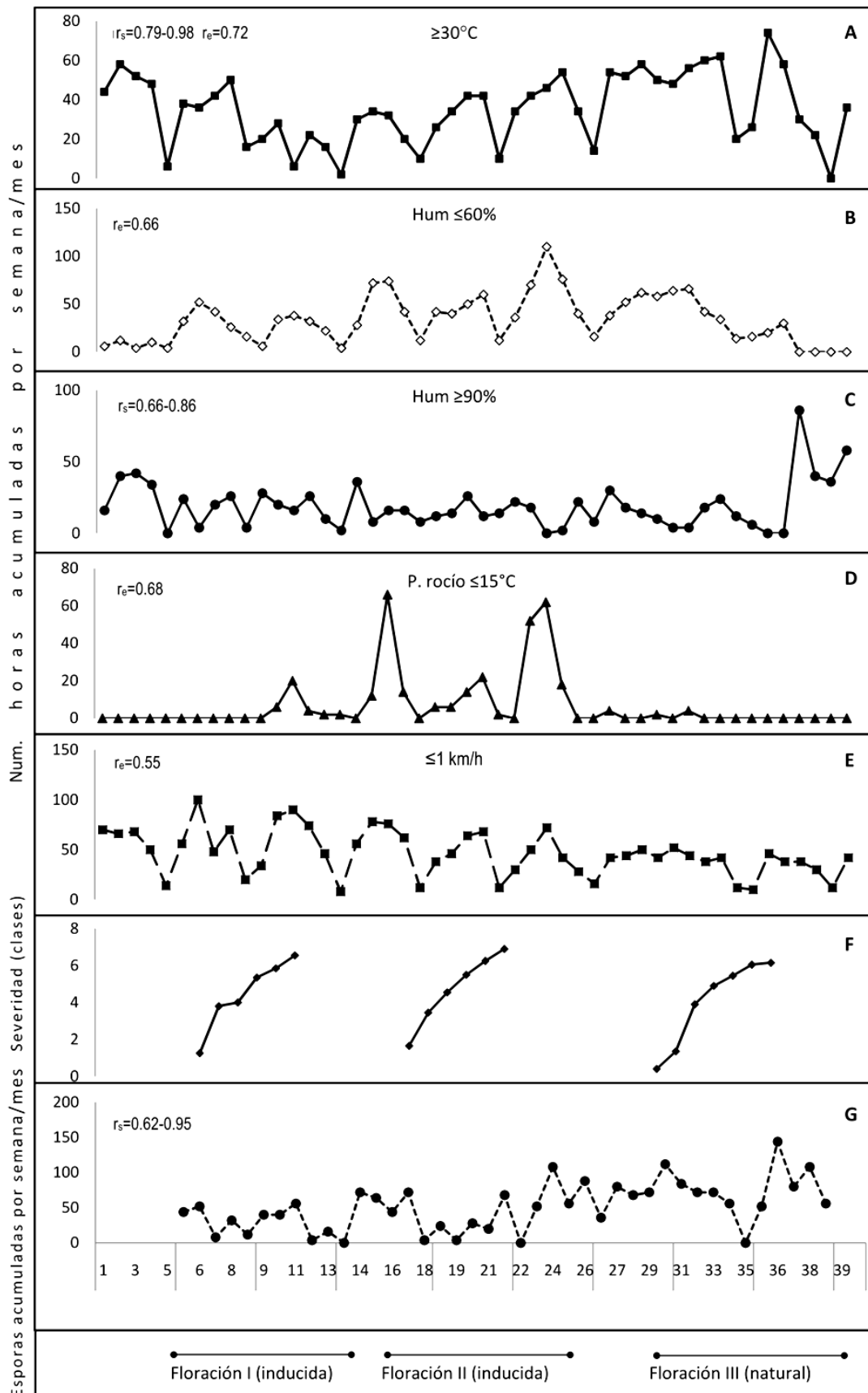


Figura 10. Esporas de *C. gloeosporioides* monitoreadas (F), severidad de antracnosis en inflorescencias (E) y su relación con temperatura (A), humedad relativa (B), punto de rocío (C) y velocidad del viento (D), durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Tecpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

r_s = Coeficiente de correlación (Pearson) con severidad r_e = Coeficiente de correlación (Pearson) con densidad de esporas.

Cuadro 6. Análisis de correlación de severidad de antracnosis, densidad estacional de esporas de *C. gloeosporioides* y factores ambientales durante tres flujos florales en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Factor		Esporas /semanal /mes (r)	Severidad de antracnosis (r)					
			F11	F12	F13	Veg1	Veg2	Veg3
Temp (°C)	≥30	0.72	0.79	0.88	0.86	0.80	0.95	0.92
HR (%)	≤60	0.66						
	≥90		0.86	0.86	0.66	0.67	0.94	0.73
P. rocío (C°)	≤15	0.68						
Esporas /semanal /mes			0.87	0.64	0.62	0.87	0.75	0.95

r= Coeficiente de correlación de Pearson.

CENICILLA

Evaluación de la enfermedad y análisis temporal

Las escalas de severidad usadas (Cuadro 3) en este experimento permitieron estimar el desarrollo temporal de las epidemias de antracnosis (Figura 11) y confirmaron amarre inicial (frutos 3-5mmØ) y frutos de 8-15mm de diámetro como las etapas fenológicas críticas de infección (Figura 8). Los primeros síntomas se manifestaron 26 y 30 días después de la detección de yemas hinchadas y definieron el inicio del crecimiento de las epidemias, debido a la disponibilidad significativa de tejido susceptible. La severidad máxima en inflorescencias fluctuó entre las clases 0 y 6 y se alcanzó 40 días después de los síntomas iniciales (Figura 11). Se ha documentado que las condiciones de óptimas de desarrollo de *O. mangiferae* son $\geq 26^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $\geq 60\%$ (Khaild y Alam, 2000), estas condiciones fueron prevalentes para Técpan de Galeana (trópico subhúmedo), Guerrero que registró valores ambientales de $\geq 30^{\circ}\text{C}$ y 95% de humedad relativa durante los meses noviembre a diciembre 2010 y enero a julio de 2011. En ambos casos la severidad más alta se detectó en el tratamiento cinco (testigo). Todas las epidemias fueron descritas adecuadamente por el modelo Weibull; 34 epidemias se ajustaron con una $r^2 \geq 0.90$ y solamente dos lo hicieron con una $r^2 \geq 0.85$ (Cuadros 7 y 8).

Cuadro 7. Efecto de tratamientos sobre parámetros γ del progreso temporal de epidemias de cenicilla (*O. mangiferae*) en inflorescencias durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Tratamientos	Tipo	Weibull (r^2)	γ_f	(b^{-1})	ABCPE
Floración I (inducida)					
t1a	C ¹ +S ^{1a} +C ¹ +S ^{2a}	0.97	5.40b	0.17a	151.00cb
t2a	S ^{1a} +C ¹ +S ^{2a} +C ¹	0.99	4.95c	0.06a	145.75c
t3a	S ^{1a} +C ¹ +C ^{2a} +S ¹	0.98	5.15cb	0.18a	154.25cb
t4a	C ¹ +S ^{1a} +S ^{2a} +C ¹	0.98	5.35b	0.18a	159.00b
t5a	Testigo experimental	0.99	6.55a	0.21a	229.00a
C ¹ =oxicloruro de cobre + azufre, S ^{1a} =azoxystrobin, S ^{2a} =myclobutanil					
Floración II (inducida)					
t1b	Cu+S	0.99	5.50c	0.33a	190.25c
t2b	Clo+S	0.98	5.45c	0.44a	178.75d
t3b	Ma+S	0.97	5.85b	0.22a	211.00b
t4b	Ca+S	0.99	5.90b	0.23a	206.25b
t5b	Testigo experimental	0.99	6.90a	0.39a	240.25a
Cu+S=oxicloruro de cobre + azufre, Clo+S= clorotalonil + azufre, Ma+S=mancozeb+ azufre, Ca+S= captan + azufre					
Floración III (natural)					
t1c	C ² +S ^{1c} +C ² +S ^{2c}	0.96	5.25cb	0.22a	203.50b
t2c	S ¹ +C ^{2c} +S ² +C ^{2c}	0.95	4.85d	0.23a	181.50c
t3c	S ¹ +C ^{2c} +C ² +S ^{2c}	0.96	5.10c	0.27a	200.50b
t4c	C ² +S ^{1c} +S ^{2c} +C ²	0.97	5.30b	0.40a	203.75b
t5c	Testigo experimental	0.99	6.15 ^a	0.36a	249.25a
C ² = clorotalonil + azufre, S ^{1c} =(cyprodinil+fludioxonil), S ^{2c} =quinoxifen					

γ_f = coeficiente de determinación del modelo de Weibull, r^2 ajustada= coeficiente de determinación ajustado del modelo de Weibull, γ_f = incidencia final, ABCPE= área bajo la curva del progreso de la enfermedad, b^{-1} = tasa de incremento de la enfermedad.

* Valores con misma letra no son estadísticamente diferentes.

Cuadro 8. Efecto de tratamientos sobre parámetros ν del progreso temporal de epidemias de cenicilla (*O. mangiferae*) en follaje durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo (2010-2011).

<i>Tratamientos</i>	<i>Tipo</i>	<i>Weibull (r²)</i>	<i>y_f</i>	<i>(b⁻¹)</i>	<i>ABCPE</i>
Floración I (inducida)					
t1a	C ¹ +S ^{1a} +C ¹ +S ^{2a}	0.85	1.85a	0.11a	40.25ba
t2a	S ^{1a} +C ¹ +S ^{2a} +C ¹	0.89	1.35dc	0.08ba	31.75bc
t3a	S ^{1a} +C ¹ +C ^{2a} +S ¹	0.93	1.00d	0.08ba	26.5ba
t4a	C ¹ +S ^{1a} +S ^{2a} +C ¹	0.93	1.45bc	0.07ba	36.75c
t5a	Testigo experimental	0.93	1.75ba	0.05b	47.5a
C ¹ =oxicloruro de cobre + azufre, S ^{1a} =azoxystrobin, S ^{2a} =myclobutanil					
Floración II (inducida)					
t1b	Cu+S	0.99	1.25b	0.09a	11.75c
t2b	Clo+S	0.95	1.05b	0.10a	20.25b
t3b	Ma+S	0.90	1.10b	0.05a	24.50b
t4b	Ca+S	0.98	1.10b	0.07a	27.00b
t5b	Testigo experimental	0.92	1.80 ^a	0.05a	44.50a
Cu+S=oxicloruro de cobre + azufre, Clo+S= clorotalonil + azufre, Ma+S=mancozeb+ azufre, Ca+S= captan + azufre					
Floración III (natural)					
t1c	C ² +S ^{1c} +C ² +S ^{2c}	0.95	1.00b	0.08bc	18.50cb
t2c	S ¹ +C ^{2c} +S ² +C ^{2c}	0.96	0.60c	0.08c	11.50c
t3c	S ¹ +C ^{2c} +C ² +S ^{2c}	0.94	1.05b	0.10bac	19.25cb
t4c	C ² +S ^{1c} +S ^{2c} +C ²	0.93	1.05b	0.14ba	20.25b
t5c	Testigo experimental	0.97	1.65 ^a	0.14a	38.75a
C ² = clorotalonil + azufre, S ^{1c} =(cyprodinil+fludioxonil), S ^{2c} =quinoxifen					

ν^2 = coeficiente de determinación del modelo de Weibull, r^2 ajustada= coeficiente de determinación ajustado del modelo de Weibull, y_f = incidencia final, y_s = severidad media, ABCPE= área bajo la curva del progreso de la enfermedad, b^{-1} = tasa de incremento de la enfermedad.

* Valores con misma letra no son estadísticamente diferentes.

Efecto de tratamientos.

Durante el presente experimento se presentaron tres flujos florales (FI1, FI2, FI3) y vegetativos (Veg1, Veg2, Veg3). En los flujos uno y tres (donde se aplicaron tratamientos con fungicidas sistémicos) en FI1 el tratamiento 2, $S^{1a}+C^1+S^{2a}+C^1$ donde, C^1 =oxicloruro de cobre + azufre, S^{1a} =azoxystrobin, S^{2a} =myclobutanil, registró los valores más bajos en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} ($Y_f=4.95$, $ABCPE=145.75$, $b^{-1}=0.06$), en Veg 1 el tratamiento 3, ($S^{1a}+C^1+C^{2a}+S^1$) registró los valores más bajos ($Y_f=1.00$, $ABCPE=26.5$, $b^{-1}=0.08$). Sin embargo, en el tercer crecimiento el tratamiento 2, ($S^1+C^{2c}+S^2+C^{2c}$) donde, C^2 = clorotalonil + azufre, S^{1c} = (cyprodinil+fludioxonil), S^{2c} =quinoxifen, fue el más efectivo indistintamente de la etapa fenológica evaluada (FI3 y Veg3) ($Y_f=4.85$, $ABCPE=181.50$, $b^{-1}=0.23$) y ($Y_f=0.60$, $ABCPE=11.50$, $b^{-1}=0.08$). En contraste, el testigo experimental registró la mayor cantidad enfermedad en las tres emisiones florales (Cuadros 7 y 8). Sin embargo, cuando fue necesario aplicar únicamente ingredientes de contacto en el segundo flujo de crecimiento para reducir el riesgo de resistencia por uso excesivo de sistémicos; en (FI2) el tratamiento 2, (Clo+S) donde, Clo= clorotalonil, S= azufre, fue el mejor ($Y_f=5.45$, $ABCPE=178.75$, $b^{-1}=0.44$) y en Veg 2 el tratamiento 1, (Cu+S) donde, Cu+S=oxicloruro de cobre + azufre, registró los valores inferiores ($Y_f=1.25$, $ABCPE=11.75$, $b^{-1}=0.09$). Lo anterior sugiere que la estrategia más efectiva para reducir la intensidad de las epidemias se obtiene al iniciar el tratamiento preventivo con un ingrediente sistémico evaluado, independientemente de su grupo químico. Sin embargo, cuando es necesaria la aplicación de ingredientes de contacto, para evitar el riesgo de resistencia por el uso excesivo de sistémicos, se sugiere utilizar Clo+S y Cu+S, tratamiento 2, que registró los valores más bajos en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} . En contraste, el testigo experimental registró la mayor cantidad enfermedad en las tres emisiones florales y vegetativas (Cuadros 7 y 8).

Análisis de correlación

La severidad se acentuó cuando se registraron temperaturas $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.90-0.94$; $r_{Veg}=0.82-0.93$); humedad relativa $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.70-0.80$; $r_{Veg}=0.54-0.92$) y densidad de esporas de *O. mangiferae* en el aire ($r_{FI}=0.62-0.87$; $r_{Veg}=0.75-0.95$). La densidad estacional de esporas en el aire se correlacionó significativamente con temperatura de $20-26.9^\circ\text{C}$ ($r=0.65$), humedad relativa $60-89.9\%$ ($r=0.65$), punto de rocío de $15-19.9^\circ\text{C}$ ($r=0.63$); vientos de $1-1.9$ km/h ($r=0.70$) con dirección ONO (330°) ($r=0.88$) (Cuadro 9 y Figura 12).

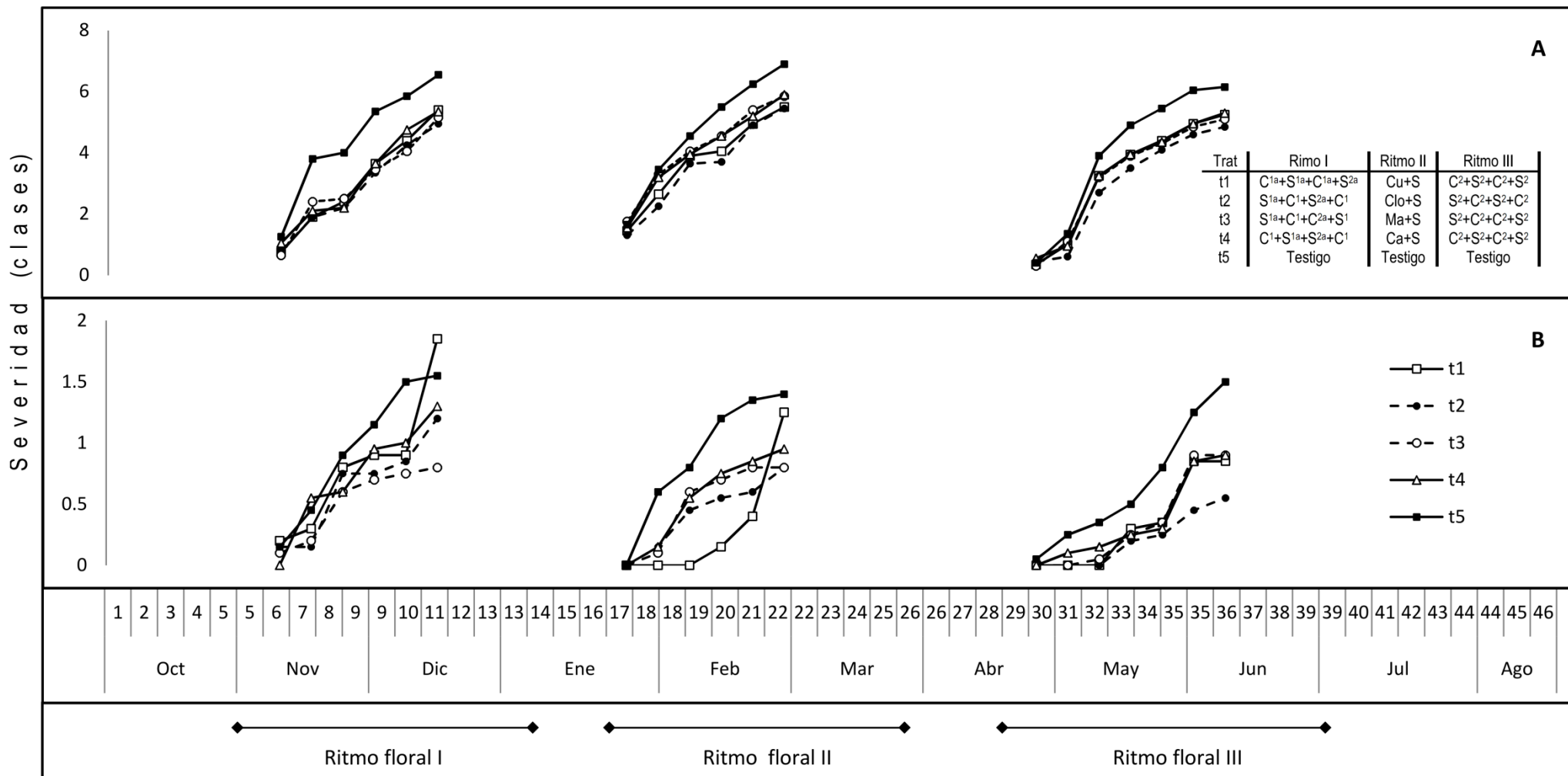


Figura 11. Curvas del progreso temporal de epidemias florales (A) y vegetativas (B) de cenicilla (*O. mangiferae*) de mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales en cinco tratamientos en el huerto comercial “Las Tunas”, Tecpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo (2010-2011).

C¹=oxicloruro de cobre + azufre, S^{1a}=azoxystrobin, S^{2a}=myclobutanil, Cu+S= oxicloruro de cobre + azufre, Clo+S= clorotalonil + azufre, Ma+S= mancozeb+ azufre, Ca+S= captan + azufre, C²= clorotalonil + azufre, S^{1c}= (cyprodinil+fludioxonil), S^{2c}=quinoxifen.

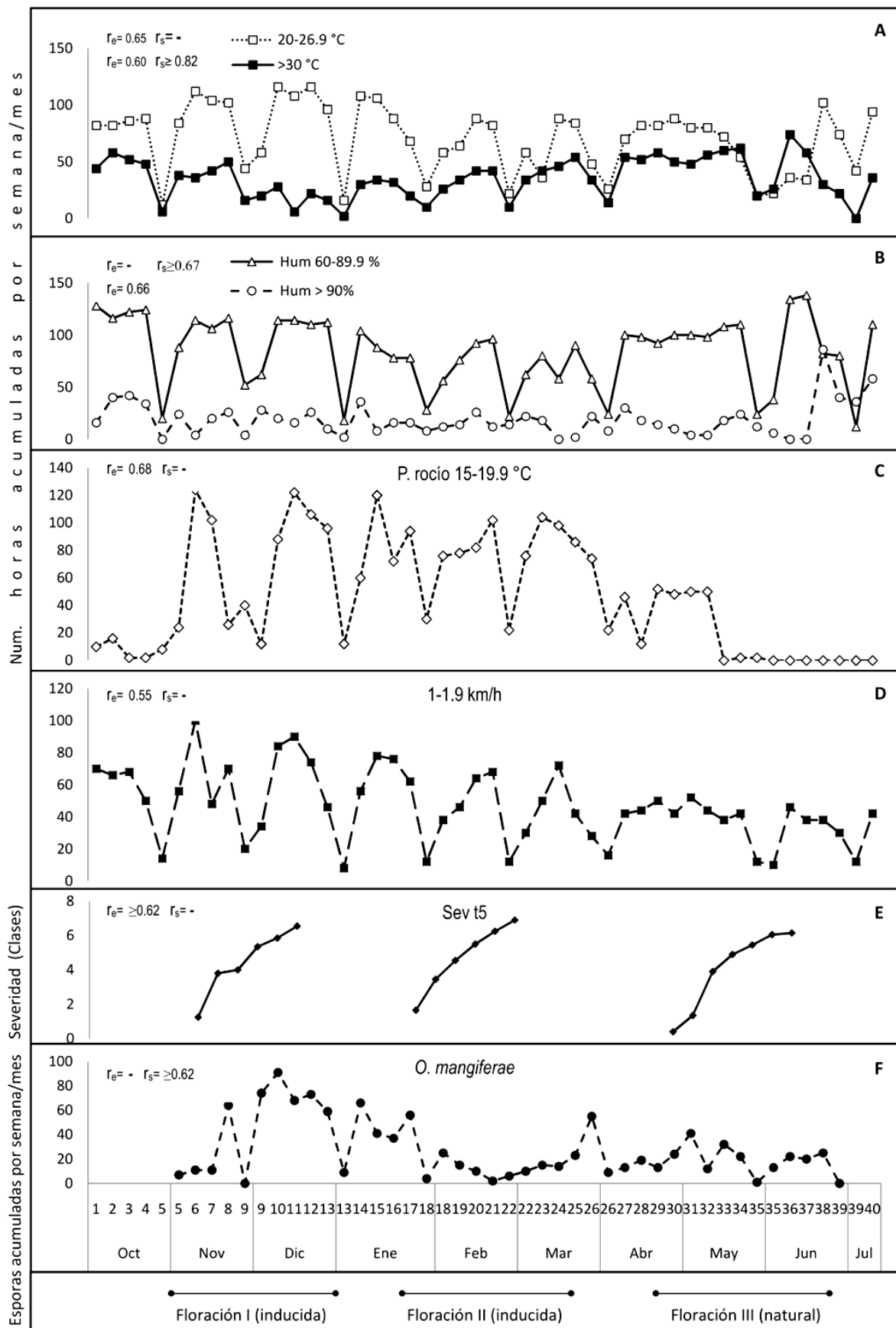


Figura 12. Esporas de *O. mangiferae* monitoreadas (F), severidad de cenicilla en inflorescencias (E) y su relación con temperatura (A), humedad relativa (B), punto de rocío (C) y velocidad del viento (D), durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) “Las Tunas”, Tecpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

r_e = Relación con esporas de *O. mangiferae* mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r), r_s = Relación con severidad de cenicilla en inflorescencias mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r), - = dato sin correlación

Cuadro 9. Análisis de correlación de severidad de cenicilla, densidad estacional de esporas de *O. mangiferae* y factores ambientales durante tres flujos florales en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Tépcan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

Factor		Esporas /semanales /mes (r)	Severidad de cenicilla (r)					
			F11	F12	F13	Veg1	Veg2	Veg3
Temp (°C)	20-26.9	0.65						
	≥30		0.91	0.94	0.90	0.93	0.82	0.90
HR (%)	60-89.9	0.65						
	≥90		0.80	0.80	0.70	0.54	0.92	0.82
P. rocío (C°)	15-19.9	0.63						
Esporas /semanales /mes			0.88	0.89	0.63	0.96	0.71	0.62

r= Coeficiente de correlación de Pearson.

DISCUSIÓN

Las escalas utilizadas fueron efectivas al facilitar la evaluación eficiente de la severidad como reportó Guillén (2000) y discriminar la efectividad de control entre fungicidas. Las condiciones de temperatura y humedad necesarias para el desarrollo de antracnosis fueron prevalentes en Tépán de galeana ($\geq 30^{\circ}\text{C}$ y $\geq 90\%$), durante el periodo invierno 2010-primavera 2011 (Estrada *et al.*, 2000). Aun cuando las epidemias vegetativas no afectan directamente flores y frutos en formación, son muy importantes como fuente de inóculo para inflorescencias en brotaciones mixtas (florales y vegetativas) o frutos en formación temprana o tardía, además de que contribuyen a incrementar el inóculo en los ciclos siguientes por lo que debe establecerse su importancia epidémica e incluirse en los programas regulares de control.

El mango florece normalmente entre diciembre y febrero en las regiones tropicales y subtropicales del hemisferio norte (Osuna *et al.*, 2000); sin embargo, la presencia periódica de vientos fríos del pacífico y golfo de México en las zonas costeras modifican significativamente la fenología de la planta ya que existe una relación positiva entre el descenso de temperatura menor a 20°C y los procesos de iniciación y diferenciación foral (Osuna *et al.*, 2000). Adicionalmente la mayor humedad de los vientos marinos favorece al mayor número de epidemias. Por ejemplo, en Tépán de Galeana (trópico subhúmedo), se registraron temperaturas $\leq 20^{\circ}\text{C}$ con mayor frecuencia y persistencia (h/semana) entre enero y marzo de 2010 que originaron hasta tres flujos de crecimiento de distinta intensidad y duración que promovieron mayor número de epidemias en el experimento (30; 15 florales y 15 vegetativas) (Figuras 11 y 13). Además, la eficiencia y oportunidad de aplicación de prácticas de manejo, como inductores de brotación floral (KNO_3 , 3%) también influirán en la fenología; aplicaciones inadecuadas de este promotor afectará la proporción de brotes vegetativos y florales en cada flujo de crecimiento (Yeshitela *et al.*, 2004) y por ende la intensidad de las epidemias por tipo de tejido. Por esta razón, en lugares donde hay más de una etapa de epidemias (más de un flujo vegetativo o floral) por ciclo reproductivo o agronómico se hará mayor uso de fungicidas sistémicos y será indispensable diversificar las aplicaciones utilizando distintas combinaciones y secuencias de aplicación de fungicidas sistémicos y de contacto para reducir el riesgo de resistencia como sugirieron Muiño *et al.* (2007) y Sampath *et al.* (2007).

Efecto de tratamientos

El control de antracnosis y cenicilla en México se basa principalmente en el uso de fungicidas benzimidazoles; sin embargo, en estos productos se han detectado mayores casos de resistencia (Gutiérrez *et al.*, 2003; Hsin, 2009; Vega, 1994). Los mejores resultados en esta investigación se obtuvieron con myclobutanil, azoxystrobin, quinoxifen, y cyprodinil+fludioxonil y confirmaron resultados obtenidos por Gengotti *et al.* (2008), Nieto *et al.* (2003); Sundravadana *et al.* (2009), Tsai *et al.* (2006) y Wong y Midland, (2007); además que son productos autorizados para uso en mango en México (SAGARPA, 2010; MRL, 2010). Sin embargo, este trabajo no sólo se apoya en la selección de distintos

ingredientes activos de efectividad documentada y distinto modo de acción, sino también en su combinación y secuencia de aplicación para proponer una estrategia apoyada con bases epidemiológicas para un manejo más racional y compatible con el ambiente. Se registro que el mejor control en el caso del trópico subhúmedo de Guerrero, México; se obtiene al iniciar con la aspersion profiláctica de un fungicida sistémico y alternar su uso con clorotalonil combinados con azufre (Acosta *et al.*, 2003) La rotación de ingredientes activos y oportunidad de aplicación deberá basarse en la presencia de etapas fenológicas susceptibles (floración plena, amarre inicial y frutos con un diámetro de 8-15mm), independientemente del número de flujos forales en las regiones de cultivo. Es importante considerar que para mejorar el manejo químico, debe combinarse con prácticas culturales que reduzcan la humedad ambiental en el huerto como poda de ventilación, evitar riego excesivo, mejorar drenaje, control oportuno de maleza así como eliminar fuentes de inóculo (Acosta *et al.*, 2003; Arauz, 2000).

En esta investigación los mejores resultados se obtuvieron al iniciar las aplicaciones con un ingrediente sistémico (independientemente del grupo químico) seguido de un contacto, y confirmaron resultados previos obtenidos por Rivas y Carrizales (2007) en Venezuela quienes demostraron que al aplicar un fungicida sistémico, cuando hay tejido susceptible, seguido de otro del mismo tipo o de contacto se obtienen los mejores resultados para disminuir la severidad de la enfermedad. Esta estrategia es de capital importancia para el control de antracnosis y cenicilla. Sin embargo, debido a las escasas investigaciones que incluyen este tipo de enfoque, se sugiere desarrollar trabajos similares para ajustar la eficiencia de la estrategia probada. Es importante señalar que en este estudio las condiciones climáticas y disponibilidad de inóculo no se constituyeron como limitantes durante los periodos de emisión de tejido susceptible en las dos zonas de trabajo, por lo que obliga a un control preventivo y más prolongado de la enfermedad a través de los distintos flujos de crecimiento, vegetativo o floral, y justifica el uso de estrategias basado en aspersion profiláctica de fungicidas de distinto grupo químico, modo de acción y secuencia de aplicación.

Análisis de correlación

Para el caso de antracnosis la esporulación y severidad se correlacionaron con temperatura $\geq 30^{\circ}\text{C}$ por lo que este se consideró un factor determinante para el patosistema mango-antracnosis. Se observó que el inóculo estuvo disponible durante todo el periodo de estudio en la región (Figuras 10 y 12), por lo que la severidad de epidemias de antracnosis dependerá del tejido susceptible y ambiente favorable. En general, la temperatura y humedad en el trópico subhúmedo ($\geq 30^{\circ}\text{C}$ y $\geq 90\%$), fueron adecuados para el desarrollo de la enfermedad (Estrada *et al.*, 2000), por lo que la esporulación tendrá presión constante en la severidad ($r_{\text{F}}=0.66-0.86$; $r_{\text{veg}}=0.67-0.94$) durante los flujos de crecimiento de invierno-primavera de México. Estos resultados fueron similares a los reportados por Holguín *et al.* (2009) quienes demostraron que la severidad en brotes vegetativos coincidió con niveles de humedad de 80-90% y punto de rocío ($22-26^{\circ}\text{C}$) y coincidieron parcialmente con Acosta (2002) quien documentó que la

severidad de antracnosis dependió de la densidad de esporas, incidencia y precipitación ($r=0.96$). De manera similar, en Michoacán, la densidad de conidios se relacionó positivamente con la severidad ($r=0.74$), además, las epidemias fueron descritas adecuadamente por el modelo Weibull ($r^2 \geq 0.93$) (Guillén, 2000). Estos resultados fueron similares a los presentados por Estrada *et al*, (2000) en Filipinas y Sangeetha *et al*, (2009) en India quienes documentaron que temperatura de 25-30°C y humedad $\geq 90\%$ favorecen la esporulación del hongo. Para el caso de cenicilla los estados fenológicos de floración plena, amarre inicial de frutos y frutos tamaño 8-15mm fueron las etapas susceptibles resultados que coinciden con los de Guillen *et al*, (2003) así también los resultados fueron similares en gran medida con lo reportado por (Khalid y Alam, 2000) en Pakistán quienes encontraron que los conidios son dispersados por el viento y germinan óptimamente a 20-25 °C y 60-90 % de humedad relativa. De igual forma lo reportado en el presente estudio fue coincidente lo presentados por Guillen *et al*, 2003 en Michoacán, México quienes reportaron que la severidad máxima de la cenicilla coincidió con períodos temperaturas de 20-25°C y humedad relativa de 60-80%. Es importante mencionar que el presente estudio se efectuó en la época seca (ausencia de lluvias) por lo que la correlación de severidad y densidad de esporas con precipitación no pudo realizarse, sin embargo este factor es esencial y debe incluirse en estudios futuros. No obstante, esta investigación evidencia la capacidad de *C. gloeosporioides* para causar infecciones en la etapa de floración con humedades tan bajas (<60%) como las registradas en el trópico seco.

CONCLUSIONES

Las escalas fenológicas utilizadas definieron la floración plena, amarre inicial de frutos y frutos con 8-15mm de diámetro como etapas críticas de infección. El inicio de las epidemias en ambas enfermedades se registró 20-23 días posteriores a la presencia de yemas hinchadas y los niveles máximos de severidad y se alcanzaron 40-50 días después de los primeros síntomas. El modelo de Weibull describió adecuadamente ($r^2 \geq 0.89$) las epidemias de antracnosis y cenicilla en los distintos flujos vegetativos y florales.

Los mejores tratamientos fueron el 2 y 3, ($S^{1a}+C^1+ S^{2a}+ C^1$, $S^{1a}+C^1+C^1+ S^{2a}$) donde, S^{1a} =myclobutanil, C^1 = oxiclورو de cobre + azufre, S^{2a} = azoxystrobin, que registraron los valores más bajos en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} , por lo que la estrategia más efectiva para reducir la intensidad de las epidemias se obtiene al iniciar el tratamiento preventivo con un ingrediente sistémico, independientemente de su grupo químico. Sin embargo, cuando es necesaria la aplicación de ingredientes de contacto para evitar el riesgo de resistencia por el uso excesivo de sistémicos, se sugiere utilizar (Clo+S), donde Clo= clorotalonil + azufre, tratamiento 2, que registró los valores más bajos en los parámetros Y_f , ABCPE y b^{-1} (Cuadros 4, 5 7 y 8).

Para el caso de antracnosis en Tépán de Galeana, la severidad en inflorescencias y brotes vegetativos se acentuó cuando se registraron temperaturas $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.79-0.88$ y $r_{Veg}=0.80-0.95$); humedad relativa $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.66-0.86$; $r_{Veg}=0.67-0.94$) y densidad de esporas de *C. gloeosporioides* en el aire ($r_{FI}=0.62-0.87$; $r_{Veg}=0.75-0.95$); por otro lado, la densidad estacional de esporas en el aire se correlacionó significativamente con temperatura $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r=0.72$), humedad relativa $\leq 60\%$ ($r=0.66$), punto de rocío $\leq 15^\circ\text{C}$ ($r=0.68$) y viento $\leq 1\text{km/h}$ ($r=0.55$) con dirección oeste (270°) ($r=0.58$). En cenicilla la severidad se acentuó cuando se registraron temperaturas $\geq 30^\circ\text{C}$ ($r_{FI}=0.90-0.94$; $r_{Veg}=0.82-0.93$); humedad relativa $\geq 90\%$ ($r_{FI}=0.70-0.80$; $r_{Veg}=0.54-0.92$) y densidad de esporas de *O. mangiferae* en el aire ($r_{FI}=0.62-0.87$; $r_{Veg}=0.75-0.95$). La densidad estacional de esporas en el aire se correlacionó significativamente con temperatura de $20-26.9^\circ\text{C}$ ($r=0.65$), humedad relativa $60-89.9\%$ ($r=0.65$), punto de rocío de $15-19.9^\circ\text{C}$ ($r=0.63$); vientos de $1-1.9\text{ km/h}$ ($r=0.70$) con dirección ONO (330°) ($r=0.88$) (Cuadros 6 y 9).

LITERATURA CITADA

Acosta RM. 2002. La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) del Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden: Patogenicidad, Control Químico, Manejo y Epidemiología. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Edo. de México. 131p.

Acosta MR, Noriega DH, Nieto DG, Téliz DO. 2003. Efecto del manejo integrado del mango (*Mangifera indica* L.) en la incidencia de enfermedades y en la calidad de frutos. Revista Mexicana de Fitopatología 21:46-55.

Arauz, LF. 2000. Mango anthracnose: Economic impact and current options for integrated management. Plant Disease 84:600-611.

Becerra-Leor, EN. 1995. Enfermedades del cultivo de mango. 84-86 p. In. Mata, B.I. y Mosqueda, V.R. 1995. La Producción de Mango en México. Noriega editores. México.

Boesewinkel HJ. 1980. The identity of mango mildew, *Oidium mangiferae*. Phytopathol Z 99:126–130.

Campbell CW and Madden LV. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, Inc. New York, U.S.A. 532 p.

Chavan RA, Deshmukh VD, Tawade SV and Deshmukh JD. 2007. Efficacy of Fungicides For Managing powdery Mildew of Mango. International Journal of Plant Protection 2:71-72

De Waard MA. 1994. Resistance to fungicides which inhibit sterol 14^odemethylation, an historical perspective. 3-10 p. In. Heaney S, Slawson D, Hollomon DW, Smith M, Russell PE, Parry DW. Eds. fungicide resistance. British Crop Protection Council, Farham, Surrey.

Dodd JC, Prusky D and Jeffries P. 1997. Fruit Diseases. Pp: 257-280. In: Litz RE (Ed.). The Mango, Botany, Production and Uses. CAB International. Wallingford. UK. 587p.

Estrada AB, Dodd JC and Jeffries P. 2000. Effect of humidity and temperature on conidial germination and appressorium development of two Philippine isolates of the mango anthracnose pathogen *Colletotrichum gloeosporioides*. Plant Pathology 49:608-618.

FAOSTAT, 2010. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://faostat.fao.org/DesktopDefault.aspx?PageID=339&lang=es> (consulta, marzo 2012).

Fitzell RD. 1979. *C. acutatum* as a cause of anthracnose of mango in New South Wales. Plant Diseases Report 63:1067-1070.

Fitzell RD, Peak CM and Darnell RE. 1984. A model for estimating infection levels of anthracnose disease of mango. Annals of Applied Biology 104:451-458.

Gengotti S, Ceredi G, Antoniaci L, Paoli E, Montuschi C (2008) Evaluation of some fungicides against anthracnose (*Colletotrichum acutatum*) on open field strawberry. Giornate Fitopatologiche 2:407-412.

Guillén, S.D. 2000. Epidemiología de Cenicilla (*Oidium mangiferae* Berthet) y Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) del Mango en Michoacán. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Instituto de Fitosanidad. Montecillo, Edo. de México.42p.

Guillén D, Téliz D, Mora G, Mora A, Sánchez P y González V. 2003. Desarrollo temporal de epidemias de cenicilla (*Oidium mangiferae* Berthet) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) en Michoacán, México. Revista Mexicana de Fitopatología 21:181-188.

Guillén D, Téliz D, Mora A, Nieto D, Cárdenas E, Siebe C y Villanueva, J. 2004. La severidad de la cenicilla (*Oidium Mangiferae* Berthet) del mango (*Mangifera indica* L.) y su relación con las emisiones de ceniza de una central termoeléctrica. Revista Mexicana de Fitopatología 22:90-99

Gutiérrez O, Gutiérrez JG, Nieto DA, Teliz DO, Zavaleta EM, Delgadillo FS, Vaquera HH (2003) Evaluación de resistencia a Benomil, Thiabendazol y Azoxystrobin para el control de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.) en postcosecha. Revista Mexicana de Fitopatología 21: 228-232.

Gupta JH. 1989. Perpetuation and epidemiology of powdery mildew of mango. Horticultural Experiment and Training Centre, Saharanpur, India. 231:528-533.

Holguín MF, Huerta PG, Benítez CF y Toledo AJ. 2009. Epidemiología de la antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 27:93-105.

Hsin CW, Chuan CW, Tsu PM, Ren YH, Wen HJ (2009) Specific detection of benzimidazole resistance in *Colletotrichum gloeosporioides* from fruit crops by PCR-RFLP. Special issue on Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 3:17-24.

Hollomon, DW and Keith JB. 2009. Combating plant Diseases-the Darwin connection. Pest Management Science 65: 1156–1163.

Hollomon DW, Wheeler IE, Dixon K, Longhurst C and Skylakakis G. 1997. Defining the resistance risk of a new powdery mildew fungicide quinoxifen. Pesticide Science 51:347-351.

Holguín MF, Huerta PG, Benítez CF, Toledo AJ (2009) Epidemiología de la antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. And Sacc.] en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 27:93-105.

Hsin CW, Chuan CW, Tsu PM, Ren YH, Wen HJ (2009) Specific detection of benzimidazole resistance in *Colletotrichum gloeosporioides* from fruit crops by PCR-RFLP. Special issue on Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 3:17-24.

Jeffries P, Dodd JC, Jeger MJ, and Plumbley RA. 1990. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit crops. Plant Pathology 39:343-366.

Joubert MH. 1991. Implications of epidemiological studies on strategies for control of powdery mildew and anthracnose. Yearbook South African Mango Growers Association 11:26-28.

Khalid P and Alam SS. 2000. Powdery Mildew of Mango: A Review. Faisalabad, Pakistan. Pakistan Journal of Biological Sciences 3(7):1119-1122.

Mora AA, Reubças SJA y Téliz OD. 2002. Mango: Manejo y Comercialización. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. México. 239p.

Mora AA, Téliz DO, Mora AG, Sánchez PG, Mercado JJ (2003) Progreso temporal de escoba de bruja (*Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en Michoacán, México. Revista mexicana de fitopatología 21:1-12.

MRL 2010. Maximum Residue Limit Database. Available at: <http://www.fas.usda.gov/http/mrl.asp>. Accessed on May 28, 2012.

Nelson SC. 2008. Mango Powdery Mildew. College of Tropical Agriculture and Human Resources. Department of Plant and Environmental Protection Sciences. Plant Disease. 46p.

Muiño BL, Pérez L, Pollanco AA, Ponciano I, Lorenzo ME, Martín EL, González MV, Arébalo RA, Rodríguez JN, Albelo MT, Santana Y (2007) El monitoreo y manejo de la resistencia a los fungicidas en Cuba. Fitosanidad 11:91-100.

Nieto D, Gutiérrez JG, Gutiérrez O, Teliz D, Zavaleta E, Delgadillo F y Vaquera H. 2003. Evaluación de resistencia a Imazalil, Prochloraz y Azoxystrobin en aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. y control de la antracnosis del mango. Revista Mexicana de Fitopatología 21:379-383.

Osorio J, Hio J, Martínez E y Aguirre J. 2008. Estudios de epidemiología y control no convencional de la antracnosis del mango. Informe técnico final. Corpoica.

Osuna ET, Engleman EM, Becerril RE, Mosqueda VR, Soto HM, Castillo MA (2000) Iniciación y diferenciación foral en mango "Manila". Agrociencia 34:573-581.

Palti J, Pinkas Y and Chorin M. 1974. Powdery mildew of mango. Plant Disease Reporter 58: 45-49.

Pennypecker SP, Knodle HD, Antle CD, Madden LV (1980) A flexible model for studying plant disease progression. Phytopathology 70:232-235.

Ploetz RC. 1994. Compendium of Tropical Fruit Diseases. APS. Press. St Paul Minnesota, USA. 33-34 pp.

Reuveni, M., and Reuveni, R and Harpaz M. 1998. Integrated of powdery mildew on field-grown mango trees bay foliar sprays of mono potassium phosphate fertilizer, sterol inhibitor fungicides and the strobilurin Kresoxym-methyl. European Journal of Plant Pathology 104: 853–860.

Rivas BA y Carrizales L. 2007. Control químico de la antracnosis del mango (*Mangifera indica* L.) en pre y postcosecha en el municipio cedeño, estado monagas, Venezuela. Bioagro 19(1): 19-25.

SAGARPA 2010. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Available at: <http://www.senasica.gob.mx/?doc=22993>. Accessed on July 11, 2010.

SIAP. 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Disponible en: www.siap.gob.mx/index (consulta, febrero 2012).

Sampath AK, Eswara NR, Hariprasad KR, Charitha MD (2007) Evaluation of Fungicidal Resistance Among *Colletotrichum gloeosporioides* Isolates Causing Mango Anthracnose in Agri Export Zone of Andhra Pradesh, India. Plant Pathology Bulletin 6:157-160.

Sangeetha, C.G., and Rawal, R.D. 2009. Temperature requirement of different isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from Mango. American-Eurasian Journal of Scientific Research 41:20-25.

Schoeman MH, Manicom BQ and Wingfield MJ. 1995. Epidemiology of powdery mildew on mango blossoms. Plant Disease 79:524-528.

SMN 1971-2012. Sistema Meteorológico Nacional. Disponible en: www.siap.gob.mx/index (Consulta, Mayo, 2012).

Smith CM. 1988. History of benzimidazoles use and resistance. 23-24 p. In. Fungicide resistance in North America, Delp, C. J. Ed. American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota.

Sundravadana S, Alice D, Kuttalam S and Samiyappan R. 2009. Efficacy of azoxystrobin on *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. growth and on controlling mango anthracnose. Journal of Agricultural and Biological Science 2(3):10-15.

Téliz, D. 1992. Conceptos fitopatológicos: Control o Manejo de enfermedades? ¿La enfermedad o el Cultivo o el Hombre?. Revista Mexicana de Fitopatología 10:24-28.

Tiemann R, Berg D, Kramer W and Pontzen R. 1997. Biochemistry of a new fungicide KWG 4168 (Spiroxamine). Pflanzenschutz Nachr Bayer 50:29-48.

Tsai JN, Ann PJ, Hu CY, Cheng SF (2006) Evaluation of fungicides for suppression of mycelial growth and conidial germination of *Colletotrichum* species isolated from mango, pomelo and banana fruit. Plant Pathology Bulletin 15:39-54.

Vega, PA (1994) Enfermedades del mango (*Mangifera indica* L.) en el valle de Apatzingán, SARH-INIFAP. México. 26p.

White DH, Lubulwa G, Menz K, Zuo H, Wint W, Slingenbergh J (2001) Agroclimatic classification systems for estimating the global distribution of livestock numbers commodities. *Environment international* 27:181-187.

Wong FP, Midland SL (2007) Sensitivity distributions of California populations of *Colletotrichum cereale* to the DMI fungicides propiconazole, myclobutanil, tebuconazole, and triadimefon. *Plant Disease* 91:1547-1555.

Wicks TJ and Hitch CJ. 2002. Integration of strobilurins and other fungicide for the control of powdery mildew on grapes. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 8:132–139.

Yeshitela T, Robbertse PJ, Stassen PJ (2004) Potassium nitrate and urea sprays affect flowering and yields of 'Tommy Atkins' (*Mangifera indica*) mango in Ethiopia. *New Zeland Journal of Crop and Horticultural Science* 32:209-215.

APÉNDICE

<i>pH</i>	<i>MO %</i>	<i>N mg kg⁻¹</i>	<i>P mg kg⁻¹</i>	<i>K mg kg⁻¹</i>	<i>Ca mg kg⁻¹</i>
5.85	1.48	10.3	184.3	280	958
<i>Mg mg kg⁻¹</i>	<i>Fe mg kg⁻¹</i>	<i>Cu mg kg⁻¹</i>	<i>Zn mg kg⁻¹</i>	<i>Mn mg kg⁻¹</i>	<i>B mg kg⁻¹</i>
197	33.39	1.79	1.46	6.02	0.77
<i>Dap tm³</i>	<i>Arena %</i>	<i>Limo %</i>	<i>Arcilla %</i>	<i>Textura</i>	
1.35	69.3	20.8	10.0	Franco arenoso	

Anexo 1. Características físico químicas de suelo registradas bajo análisis de laboratorio en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

<i>N %</i>	<i>P %</i>	<i>K %</i>	<i>Ca %</i>	<i>Mg %</i>
2.13	0.12	0.68	5.43	0.13
<i>Cu mg kg⁻¹</i>	<i>Zn mg kg⁻¹</i>	<i>Mn mg kg⁻¹</i>	<i>B mg kg⁻¹</i>	<i>Fe mg kg⁻¹</i>
4.42	32.50	515.38	22.54	310.35

Anexo 2. Características físico químicas de material vegetal registradas bajo análisis de laboratorio en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.



Anexo 3. Trampa volumétrica creada por el GIIMA (Mora, 2003), empleada para la captura de esporas de *C. gloeosporioides* y *O. mangiferae* en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.

La trampa contiene un ventilador de trabajo continuo que succiona aire y funciona con energía solar o eléctrica.



Anexo 4. Preparación de cintas y plantillas para trampa de esporas y diagrama que muestra la colocación de un tambor giratorio de higrotermógrafo con periodicidad a siete días. Las esporas se impactan sobre una cinta adhesiva que se ajusta alrededor del tambor.



Anexo 5. Estación meteorológica computarizada Vantage Pro2 Weatherstation® (Davis Instruments Hayward CA) instalada en el huerto experimental de mango (*Mangifera indica*) durante tres flujos florales en el huerto comercial de mango (*Mangifera indica*) "Las Tunas", Técpan de Galeana, Gro. cv. Manila. Ciclo productivo 2010-2011.