

Epidemiología de la Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México

Anthracnose Epidemiology [Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Penz. And Sacc.] on Mango cv. Ataulfo (Mangifera indica L.) in the Soconusco, Chiapas, Mexico

Graciela Huerta-Palacios, Departamento de Entomología Tropical, **Francisco Holguín-Meléndez**, Laboratorios institucionales, **Flor Azucena Benítez-Camilo**, Posgrado ECOSUR, **Jorge Toledo-Arreola**, Departamento de Entomología Tropical, El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), km 2.5 Carr. Antiguo Aeropuerto, Tapachula, Chiapas, México CP 30700. Correspondencia: ghuerta@ecosur.mx.

(Recibido: Marzo 22, 2009 Aceptado: Junio 22, 2009)

Huerta-Palacios, G., Holguín-Meléndez F., Benítez-Camilo, F.A. y Toledo-Arreola, J. 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

Resumen. Se describe la fluctuación de la antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* en follaje de mango cv. Ataulfo, su relación con el desarrollo de brotes en el hospedante y la cantidad de conidios capturados en tres tipos de trampas, bajo las condiciones climáticas del Soconusco, Chiapas, México. El estudio se desarrolló durante los meses de diciembre del 2001 a septiembre de 2002. Los resultados indicaron que la enfermedad crece durante todo el año, afectando hojas jóvenes y maduras, con un patrón de distribución al azar en la copa de los árboles. El mayor incremento de la enfermedad se presentó de diciembre a abril, con igual tasa de crecimiento sobre hojas jóvenes (0.016) y maduras (0.015). Un análisis de regresión múltiple mostró que los parámetros climáticos de mayor correlación con la severidad de la enfermedad fueron la temperatura mínima de punto de rocío (TminPR) y la humedad relativa mínima (HRmin), con correlación positiva y negativa respectivamente. Estas variables explicaron el 83% de las variaciones en el desarrollo de la antracnosis, mientras que las lluvias torrenciales comunes en esta región, coincidieron con una menor incidencia de la enfermedad y solo explicaron el 25% de las variaciones. Valores de TminPR entre 21 a 24°C durante diciembre y abril, propiciaron la condensación de agua sobre hojas, flores y frutos, favoreciendo la infección y dispersión por arrastre de conidios (síntoma de lagrimo) y salpique.

Palabras clave adicionales: clima, hospedero, trámpeo de conidios, humedad relativa, temperatura, precipitación pluvial.

Abstract. The present study is aimed to describe the anthracnose fluctuation caused by *Colletotrichum gloeosporioides* on Ataulfo mango foliage and its relationship with host shoot development and caught conidia quantity, under the climatic conditions from the Soconusco, Chiapas, Mexico. The study was performed from December 2001 to September 2002. The results indicate that the disease increases throughout the year, affecting young and mature leaves with a random distribution pattern into the canopy. The greatest disease increase was observed from December to April, with a similar growth rate between young (0.016) and mature (0.015) leaves. A multiple regression analysis revealed that the most correlated climatic parameters with disease severity were the minimal Temperature of Dew Point (mTDP) and the minimal Relative Humidity (mRH) with a positive and a negative correlation, respectively. Such variables explained 83% of the anthracnose development variations, as the common heavy rains on the region matched with the lowest incidence of the disease and explained only 25% of the variations. mTDP, with values ranging from 21 to 24°C during December and April enabled water condensation over leaves, flowers and fruit and enhanced the infection and dispersion of conidia dragging (tearing symptom) and splashing.

Additional keywords: weather, host, spores trapping, relative humidity, temperature, pluvial precipitation.

INTRODUCTION

Mango anthracnose (*Mangifera indica* L.) caused by the fungi *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc., causes a severe economical loss on several tropical and subtropical regions worldwide (Jeffries *et al.*, 1990; Ploetz, 1994; Prusky *et al.*, 2000). It has been reported in Mexico as a disease that affects leaves, flowers and fruit within the mango productive regions, being the

La antracnosis del mango (*Mangifera indica* L.), producida por el hongo *C. gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc., causa graves pérdidas económicas en diversos cultivos de regiones tropicales y subtropicales del mundo (Jeffries *et al.*, 1990; Ploetz, 1994; Prusky *et al.*, 2000). En México, se ha reportado como una enfermedad que afecta hojas, inflorescencias y frutos en las regiones productoras de mango, siendo el daño más importante en poscosecha (García, 1976; Mosqueda-Vázquez *et al.*, 1996; Allende-Molar *et al.*, 2003; Benítez-Camilo *et al.*, 2003). Contrario a esto, en el Soconusco, Chiapas; el daño más fuerte es el atizonamiento de inflorescencias en el cv. Ataulfo, que se presenta durante los meses de noviembre a febrero, después que la época de lluvias termina (Benítez-Camilo *et al.*, 2003).

Una práctica que se generalizó a principios de los 90's fue la inducción forzada de la floración del mango Ataulfo, aplicando nitrato de potasio (2 ó 3 %) durante el mes de octubre, para inducir la floración en noviembre y cosechar los frutos durante enero y febrero. Esto ha permitido obtener un beneficio adicional en el precio de la fruta, por ser el primer mango que llega al mercado. Con el paso del tiempo y de manera gradual se observó una falta de prendimiento de frutos y atizonamiento de flores, a tal punto que en los últimos años la producción de mango temprano ha sido casi nula. Con relación a esto, Benítez-Camilo *et al.* (2003) mencionan que aplicaciones de cantidades iguales de inóculo de *Colletotrichum*, sobre panículas presentes en noviembre y enero, causaron en promedio 75.1% y 58.8% de atizonamiento, respectivamente, sugiriendo que esta disminución en severidad fue ocasionada por cambios de temperatura y humedad.

La aplicación de fungicidas de contacto alternados con sistémicos a los 15 días de iniciada la floración y durante la fructificación, es una práctica común en la región. Sin embargo, este programa de aplicaciones no ha proporcionado un control satisfactorio de la enfermedad. Esto coincide con lo observado en Filipinas y Malasia, donde se presentó atizonamiento en flores y una fuerte disminución en el prendimiento de los frutos de mango, cuando la floración coincide con humedad relativa alta (Jeffries *et al.*, 1990). En la isla de Dominica, probaron que aplicaciones de fungicidas posteriores a la floración no controlaron eficientemente dicha enfermedad (Prior y Rider, 1987). Por otro lado, en Florida, E.U.A. se reportó, que las aplicaciones hechas después de la floración no proporcionaron un control adecuado y contribuyeron a la aparición de cepas tolerantes a los fungicidas (Spalding, 1982).

En México, son escasos los estudios sobre la epidemiología de la antracnosis en mango. Algunos antecedentes sobre el tema, fueron generados por Acosta-Ramos *et al.* (2003), quienes describieron el efecto del manejo integrado sobre la incidencia de enfermedades y calidad del fruto en mango cv. Haden, en el estado de Guerrero. Pero no existen antecedentes acerca de la relación de dicha enfermedad en mango cv. Ataulfo, bajo las condiciones climáticas del Soconusco, Chiapas, México, que puedan apoyar al desarrollo de una estrategia más eficiente de manejo. El presente trabajo tuvo como objetivo estudiar la fluctuación de la antracnosis sobre follaje, su relación con variables climáticas y la producción de follaje nuevo, con la finalidad de observar si hay acumulación de inóculo en follaje antes de la floración.

most relevant damage the one revealed on post-harvest (García, 1976; Mosqueda-Vázquez *et al.*, 1996; Allende-Molar *et al.*, 2003; Benítez-Camilo *et al.*, 2003). Concerning the region of the Soconusco, Chiapas, Mexico, against all this, the heaviest damage is derived from Ataulfo flower blighting, which is revealed from the months of February to November, once the rain season is over (Benítez-Camilo *et al.*, 2003).

A practice which became most commonly utilized at the beginning of the '90's, was the flowering induction forced of the Ataulfo mango, by means of nitrate potassium application (2 or 3%), on October, looking forward to inducing its flowering by November and harvest the fruit in January and February. This has permitted to obtain an additional increase on the price of the fruit, because it turns into the first mango to ever reach the market. Eventually, and on a gradual basis, a lack of fruit set and flower blighting has been observed, to a point that the early mango production has recently become almost void. Regarding this particular issue, Benítez-Camilo *et al.* (2003) mention that equal amounts of *Colletotrichum* inoculum applied on the panicles, present in November and January, caused a 75.1% and 58.8% average blighting, respectively. This reveals that such severity decrease was caused by both temperature and humidity changes. The alternate application of contact and systemic fungicides every 15 days after flowering and during fructification is a common practice in the region. Nevertheless, such application program has not provided a satisfactory control of the disease. This is consistent with what has been reported in the Philippines and Malaysia, where a blighting on flowers and a heavy decrease on mango fruit set was revealed when the flowering coincides with a high relative humidity (Jeffries *et al.*, 1990). It has been proved, on the Island of Dominica, that the fungicide applications later to flowering were not able to control such disease efficiently (Prior and Rider, 1987). Furthermore, it has been reported from Florida, USA, that applications performed after flowering did not provide an adequate control of the disease, but contributed to an apparition of tolerant strains to the fungicide (Spalding, 1982).

Studies focused on mango Anthracnose epidemiology are very limited in Mexico. Some antecedents on the subject were generated by Acosta-Ramos *et al.* (2003), who described the effect of the integrated management over disease incidence and fruit quality on mango cv. Haden, in the state of Guerrero. However, there are no previous records with regards to the relation of such disease in mango cv. Ataulfo, under the climatic conditions of the Soconusco region in the state of Chiapas, Mexico. The present study is aimed to study the anthracnose fluctuation over foliage, its relation with climatic variables, as well as with the production of new foliage, looking forward to revealing if there is any inoculum accumulation in foliage after blossom.

MATERIAL AND METHODS

Area of study. The present study was performed from December 2001 to September 2002, at the Pampuapa farm, located in the municipality of Tapachula, Chiapas, Mexico on the km 278 of the Arriaga-Tapachula coastal road. A

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El presente trabajo se llevó a cabo de diciembre del 2001 a septiembre del 2002, en la Finca Pumpuapa, ubicada en el municipio de Tapachula, Chiapas, México, en el km 278, carretera costera Arriaga-Tapachula. En esta localidad hay una estación de lluvias que se presenta de mayo a noviembre, con un rango de precipitación pluvial de 2400-5000 mm y temperatura promedio de 26°C (García, 2004). El estudio se realizó en un huerto de árboles injertados con cv. Ataulfo, de 12 años de edad, plantados bajo un arreglo topológico de marco real y una densidad de 56 árboles por ha, con microaspersión durante los meses de enero a mayo, inducción de floración por aspersión de nitrato de potasio (KNO_3 , al 2 ó 3%) en octubre, y aplicación de fungicidas de noviembre a febrero.

De una población de 135 árboles, se seleccionaron en forma aleatoria 5 árboles y en cada uno de ellos se marcaron 12 ramas, distribuidas hacia los cuatro puntos cardinales y a tres diferentes alturas: 1.5, 2.5 y 4.0 m del suelo, respectivamente.

Descripción de síntomas. Se tomaron muestras de diferentes tipos de lesiones y se colocaron en cámara húmeda por 24 a 48 h, posteriormente fueron observadas al microscopio compuesto para identificar y corroborar la presencia del agente causal. El porcentaje de área foliar afectada por la enfermedad fue medido en las hojas ubicadas entre el primer nudo y la punta de los brotes.

Parámetros de la epidemia. En 60 ramas marcadas, se registró el porcentaje de tejido foliar afectado por antracnosis, el estado fenológico del brote y la cantidad de conidios de *C. gloeosporioides* presentes en tres tipos diferentes de trampas caza conidios. El follaje enfermo de mango se midió semanalmente, utilizando una escala con diferentes porcentajes de área foliar dañada: 0-1, 3-5, 7-10, 15-20, 25-40, 45-60 y 70-100. Se utilizaron fotografías de brotes enfermos, para estimar el área foliar total y el área dañada, según la metodología propuesta por Zadoks y Schein (1979) y Stubbs *et al.* (1986).

Con el fin de registrar las fechas de brotación y los cambios subsecuentes que tuvieron los brotes, cada semana se registró, el desarrollo de los brotes. Se consideraron brotes jóvenes, aquellos que presentaron hojas de color amarillo-rojizo a verde claro, brillantes, de consistencia suave y flexible y brotes maduros, los de hojas de color verde claro a oscuro, de textura coriácea y poco flexibles. También, se llevó un registro diario de las principales variables climáticas. La cantidad de conidios de *C. gloeosporioides*, se estimó utilizando tres tipos de trampas: 1) La tipo "roto-rod" marca Ted Brown Associates, para cuantificar conidios diseminados por el viento (Whitney, 1976; Sterling y Lewis, 1998). Esta cuenta con dos varillas de plástico de 6 cm de longitud x 2 mm de ancho, una de las caras fue impregnada con vaselina para que los conidios fueran atrapados (Fig. 1). Para determinar la hora de trámpero al inicio de la época sin lluvias (noviembre) y con lluvia (junio), se hicieron muestreos cada hora a partir de las 6:00 a.m. hasta las 6:00 p.m. Con este fin, se colocó una pértiga de 5 m de largo en el centro del huerto, con tres trampas roto-rod fijadas a 1.5, 2.5 y 4.0 m de altura. La cantidad de conidios por metro cúbico de aire y por hora, se estimó usando las indicaciones del fabricante y con base en estos datos se determinó la hora de trámpero.

rainfall is present in this region from May to November, with a range of 2400-5000 mm and a 26°C average temperature (García, 2004). The study was performed in an orchard of cv. Ataulfo grafted trees of 12 years old planted by a topological arrangement of real frame and with a density of 56 trees per ha, with a micro-aspersion irrigation from January to May, flowering induction by nitrate potassium aspersion (KNO_3 at 2 to 3%) in October, as well as a fungicide application from November to February.

From a 135 trees population 5 trees were randomly selected having 12 branches marked from each one of the trees, distributed towards the four cardinal points and at three different heights: 1.5, 2.5 and 4.0 m from the ground, respectively.

Symptoms description. Sampling was carried out from different types of lesions and placed in a moist chamber for a period ranging from 24 to 48 h. They were observed throughout with a compound microscope to identify and confirm the presence of the causal agent. The percentage of foliar area affected by the disease was measured from the leaves located between the first joint and the ends of the shoots.

Epidemic parameters. The percentage of foliar tissue affected by anthracnose was registered on 60 branches which had been previously marked, as well as the phenological state of the shoot and the amount of *C. gloeosporioides* conidia present in three different types of conidia hunting traps. The mango diseased foliage was measured on a weekly basis, using a scale with different percentages of the damaged foliar area: 0-1, 3-5, 7-10, 15-20, 25-40, 45-60 y 70-100. Photographs of diseased shoots were taken to estimate the total foliar area and the damaged area, in accordance with the methodology proposed by Zadoks and Schein (1979) and Stubbs *et al.* (1986).

Looking forward to having a record of the dates of blossom as well as of the subsequent changes performed by the shoots, their development was registered on a weekly basis. The shoots which presented leaves that faded from a yellowish-reddish color to light green, shiny, of soft consistency and flexible were considered young shoots; those that faded from a light green tone to dark, of leathery texture with a little flexibility were considered mature shoots. A daily record of the main climatic variables was performed as well. The quantity of *C. gloeosporioides* conidia was estimated by using three different types of traps: 1) The type of "roto-rod" Ted Brown Associates brand to quantify the conidia disseminated by the wind (Whitney, 1976; Sterling and Lewis, 1998). This trap has two plastic sticks of 6 cm length and 2 mm width. One of the faces was saturated with Vaseline so the conidia could be trapped (Fig 1). Sampling had to be performed every hour from 6 am to 6 pm, aiming to determine the time of the trapping at the beginning of the dry season (November) and the rain season (June). Consequently, a 5 m pole was placed right in the middle of the orchard with three roto-rod traps set at 1.5, 2.5 and 4.0 m high. The total amount of conidia by cubic meter of air and by hour were estimated by following the instructions provided by the manufacturer; based on such data the time of trapping was finally set. 2) Several slides were set among tree branches in horizontal position and with a thin Vaseline cover on their upper face, looking forward to quantify the conidia disseminated by

2) Para cuantificar los conidios diseminados por salpique o escurrimiento de agua, se colocaron portaobjetos entre las ramas de los árboles, en posición horizontal y con una capa delgada de vaselina en su cara superior y, 3) Trampas tipo “banderitas” de 1 x 1.5 cm, para cuantificar la diseminación de conidios por aire y salpique de agua. Estas fueron hechas con cinta transparente con pegamento en las dos caras, adherida a una aguja entomológica, que al estar insertada en un tubo capilar de 2 cm de alto, permitió que la trampa girara por la acción el viento (Fig. 1).

Los dos últimos tipos de trampas fueron colocados a una altura de 1.5 m, en dirección a los puntos cardinales en cada uno de los cinco árboles sujetos a estudio y ahí permanecieron por siete días, al término de los cuales se estimó la cantidad de conidios por cm^2 , contando 15 campos de microscopio por trampa (Whitney, 1976; Pérez *et al.*, 1999).

Los factores climáticos que se utilizaron fueron humedad relativa máxima y mínima, días con humedad relativa igual o mayor a 90%, oscilación de la humedad relativa, temperatura máxima, mínima y promedio, temperatura máxima y mínima de punto de rocío, precipitación pluvial total por semana y promedio por hora, evaporación, tensión de vapor, insolación, presión atmosférica y su oscilación semanal. Estos datos fueron registrados por la estación meteorológica nacional del observatorio sub-centro de la CNA-SAGARPA en Tapachula, Chiapas; ubicada en las mismas isobaras, isoyetas e isoterms del sitio de estudio.

Distribución de la enfermedad en los árboles. Los porcentajes de tejido dañado por antracnosis, en cada una de las 60 ramas, se acumularon y se estandarizaron a una escala con máximo de 1000, considerando como máximo la cantidad de enfermedad acumulada por rama. Esta operación se hizo para las diferentes alturas (1.5, 2.5 y 4.0 m) y en cada uno de los puntos cardinales. Con estos datos, se calculó: a) La velocidad de crecimiento ($r =$

splashing or water draining, and 3) “Little flags” type of traps of 1 x 1.5 cm were used to quantify the amount of conidia disseminated through the air and by splashing. These were made with transparent tape glued on both sides, attached to an entomological needle, which after being inserted in a 2 cm high capillary tube, allowed the trap to spin around due to the action of the wind (Fig 1).

The last two types of traps were set at a height of 1.5 m, towards the cardinal points in each one of the five trees submitted to study, remaining there for seven days. At the end of this period the amount of conidia by cm^2 was estimated, taking 15 microscope fields per trap into account (Whitney, 1976; Pérez *et al.*, 1999). The climatic factors used were maximum and minimum relative humidity, days with a relative humidity equal or over 90%, relative humidity oscillation, maximum, minimum and average temperature, dew point maximum and minimum temperature, weekly total pluvial precipitation and average per hour, evaporation, steam tension, isolation, atmospheric pressure and its weekly oscillation. This data was registered by the National Meteorological Station from the sub-center observatory of the CNA-SAGARPA in Tapachula, Chiapas, located within the same isobars, isohyets and isotherms of the study site.

Disease distribution on the trees. The percentage of anthracnose damage tissue on each one of the 60 branches, were accumulated and standardize at a maximum scale of 1000, considering as the maximum the total amount of the disease accumulated by each branch. This operation was performed for different heights (1.5, 2.5 y 4.0 m) and in each one of the cardinal points. The following was calculated with this data: a) The rate of the disease ($r = 1 / t_2 - t_1 [\ln(X_2/1-X_2) - \ln(X_1/1-X_1)]$; Van der Plank, 1963) during the exponential phase of the disease; b) The area under the disease progress curve (AUDPC = $[(X_1 + X_2)/2](t_2 - t_1)$) (Jeger and Viljanen-Rollinson, 2001) and c) The maximum disease accumulation.

Both, severity and disease progress by cardinal point (4) and height (3) were submitted to a factorial variance analysis 4 x 3 (ANOVA) with a random block arrangement. The analysis was performed with the statistical program “Statistical 7”, version for Windows (Stat Soft, 2003).

Host phenological development and its relation with the disease. The formation of new tissue was registered every week, being grouped in accordance with the dates of new leaves emission and becoming correlated with the level of disease which prevailed during its development. The disease progress was calculated in the logarithmic phase of each development curve; the differences between the amounts of observed disease from the young and mature shoots were determined by an ANOVA.

Inoculum fluctuation and its relation with the disease. All data was set from one to four weeks back in time, with regards to the data concerning the disease, performing a correlation analysis in order to discover the best relation between disease incidence in time and the amount of captured conidia.

Effects of the climatic factors in disease development. Weather variables data were set one to four weeks back in time with regards to the data derived from the disease in order to detect the best relations between disease progress

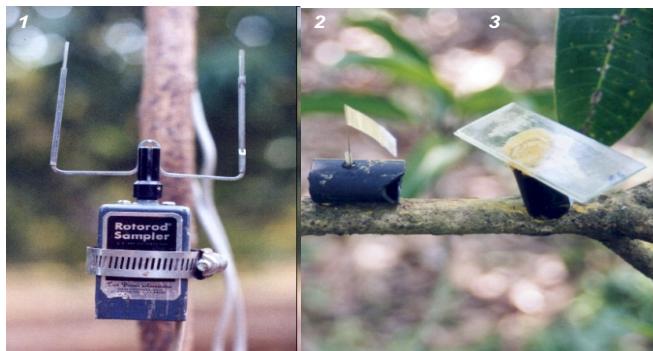


Fig. 1. Tipos de trampas caza conidios: 1) La tipo “roto-rod” marca Ted Brown Associates, cuantifica conidios en viento, 2) “Banderitas” de 1 x 1.5 cm, cuantifica conidios por aire y salpique de agua y, 3) Portaobjetos con una capa delgada de vaselina en su cara superior, cuantifica los conidios diseminados por salpique o escurrimiento de agua.

Fig. 1. Types of traps conidia hunters: 1) The “roto-rod” type brand Ted Brown Associates, quantifies aerial conidia, 2) “Little flags” of 1 x 1.5 cm, quantify aerial conidia and water splashing, and 3) Slides with a thin Vaseline layer on its upper side, quantify disseminated conidia by either splashing or water runoff.

Con estos datos, se calculó: a) La velocidad de crecimiento ($r = 1/t_2-t_1[\ln(X_2/1-X_2)-\ln(X_1/1-X_1)]$; Van der Plank, 1963) durante la fase exponencial de la enfermedad, b) El área bajo la curva del progreso de la enfermedad ($\text{ABCPE} = [(X_1 + X_2)/2](t_2-t_1)$) (Jeger y Viljanen-Rollinson, 2001) y c) La enfermedad máxima acumulada.

Los datos de severidad y la velocidad de crecimiento de la enfermedad por punto cardinal (4) y altura (3), fueron sometidos a un análisis de varianza factorial 4×3 (ANOVA) con distribución en bloques al azar. El análisis se hizo con el programa estadístico "Statistica 7", versión para Windows (Stat Soft, 2003).

Desarrollo fenológico del hospedante y su relación con la enfermedad. La formación del tejido nuevo se registró cada semana, se agruparon de acuerdo a las fechas de emisión de hojas nuevas, y se correlacionaron con la cantidad de enfermedad que prevaleció durante su desarrollo. En la fase logarítmica de cada curva de crecimiento se calculó la velocidad de crecimiento y mediante un ANOVA se determinó si había diferencias entre la cantidad de enfermedad observada sobre brotes jóvenes y maduros.

Fluctuación del inóculo y su relación con la enfermedad. Para encontrar la mejor relación entre la incidencia de la enfermedad en el tiempo y la cantidad de conidios capturados, se recorrieron los datos, hacia atrás en el tiempo, de una a cuatro semanas con respecto a los datos de la enfermedad y se hizo un análisis de correlación.

Efecto de los factores climáticos en el desarrollo de la enfermedad. Para detectar las mejores relaciones entre el desarrollo de la enfermedad y los elementos del clima, se recorrieron los datos de las variables climatológicas hacia atrás en el tiempo, de una a cuatro semanas con respecto a los datos de la enfermedad, se hizo un análisis de regresión simple, para seleccionar los elementos que explicaron mejor las variaciones del fenómeno. Por último, se hizo un análisis de regresión múltiple, para definir cuales parámetros fueron los que contribuyeron en mayor grado al desarrollo de la antracnosis. Todos los análisis estadísticos se hicieron con el programa estadístico "Statistica 7" (Stat Soft, 2003).

RESULTADOS

Daños por antracnosis en mango cv. Ataulfo. En brotes jóvenes se presentaron lesiones de antracnosis, a 1 mm de diámetro, de color café amarillento, que se tornaron a color café oscuras, casi negras y de bordes regulares. Al unirse forman conglomerados de lesiones con aspecto de salpicadura o escurrimiento. Este tipo de lesiones ocasionaron el enrollamiento ó distorsión de las hojas, la muerte del ápice de hojas tiernas y del brote completo. Las hojas tiernas se distorsionan, se ponen de color negro y se secan; quedan adheridas a las ramas por un tiempo y después caen. En hojas maduras o viejas se observaron lesiones típicas que se produjeron cuando las hojas fueron jóvenes y manchas necróticas de 3 a 4 cm de diámetro, con círculos concéntricos de color café claro y oscuro. Este tipo de lesiones causó un necrosamiento de aproximadamente 25% en la superficie de las hojas, lo que provocó una severa defoliación durante los meses de septiembre a noviembre. Bajo condiciones de alta humedad relativa, se observó crecimiento de micelio en los bordes de las manchas, que

and climate elements. A simple regression analysis was performed to select the elements that provided a better explanation for such phenomenon variations. Finally, a multiple regression analysis was performed, looking forward to defining which parameters contributed the most to develop anthracnose. All of the statistic analyses were performed with the "Statistical 7" (Stat Soft, 2003) statistical program.

RESULTS

Anthracnose epidemic on mango cv. Ataulfo. Anthracnose lesions ranging from to 1 mm diameter of brown yellowish color, which turned from dark brown to almost black with regular edges, were present on young shoots, forming a lesion conglomeration as they are brought together, with a splashing or run off aspect. This type of injuries caused the leaves to either roll up or distortion, as well as the death of the apex of tender leaves or the complete shoot. Tender leaves present a distortion, turn black and dry up; they remained attached to the branch for some time and then fall off. Typical lesions were observed on mature or old leaves, which were produced when the leaves were still young, along with necrotic spots of 3 to 4 cm diameter, with light to dark brown concentric circles. This type of lesions caused the death of approximately 25% from the surface of the leaves, causing a severe defoliation from September to November. Under high relative humidity conditions, a mycelium growth on the edges of the spots was observed, invading the healthy tissue and increasing the size of the lesions, (Fig. 2A). It was common to observe exuded of salmon pink color over the lesions.

The flower of the mango cv. Ataulfo is a very susceptible tissue to the attack of *C. gloeosporioides*; it can present lesions in a dark brown freckle shape over the receptacle, the peduncle, the pistil, the stamen and / or the sepals, but rarely over the petals (Fig. 2B, C and D). Even though its damage can hardly be appreciated at first glance, it can cause the sudden death of the flower, which falls off as an abscission ring is formed in the middle of the peduncle. The difference between the flowers that fall off because of a physiological death and the ones that fall off due to anthracnose can only be determined by placing the wilted flowers on top of young healthy leaves, inducing lesion development by incubating them in a moist chamber or by acervulus detection in a stereoscopic microscope. When the fallen flowers remained held by the young leaves, they developed typical anthracnose lesions, which were also observed on the main rachis of the panicle as well as on their little branches, but blighting was hardly ever evident. Such flower sudden fall avoids the fruit set.

As the infection takes place after fruit set, the smaller fruit revealed scab and crack symptoms caused by *Colletotrichum* and eventually fell off. The infections on fruit of a higher size remained latent until ripening. When such fruit are infected by spore runoff from the rachis, branches or from withered flowers that keep in touch with the fruit, a tear-stained patters is produced (tear-stained, Fig. 2E y F).

Disease distribution on mango cv. Ataulfo trees. The variance analysis of maximum accumulated disease (for 168 days), disease rate (r) and the area under the disease progress curve (AUDPC), revealed the lack of significant

invadió el tejido sano incrementando el tamaño de las lesiones (Fig. 2A). Fue común observar exudados de color rosa salmón, sobre las lesiones.

La flor del mango cv. Ataulfo es un tejido muy susceptible al ataque de *C. gloeosporioides*, puede presentar lesiones en forma de pizca de color café oscuro, sobre el receptáculo, el pedúnculo, el pistilo, los estambres y/o los sépalos, pero rara vez sobre los pétalos (Fig. 2B, C y D). A pesar de un daño poco evidente a simple vista, causa la muerte repentina de las flores, las cuales caen al formarse un anillo de abscisión a la mitad del pedúnculo. La diferenciación entre flores caídas por muerte fisiológica y la provocada por antracnosis, solo puede establecerse, al colocar flores marchitas sobre hojas jóvenes sanas, e inducir el desarrollo de las lesiones incubándolas en cámara húmeda, o mediante la detección de ácervulos al microscopio estereoscópico. Cuando las flores caídas, quedaron retenidas sobre hojas jóvenes, desarrollaron lesiones típicas de antracnosis.

En el raquis principal de la panícula y en los raquídeos también se observaron lesiones típicas de antracnosis, pero en pocas ocasiones hubo atizonamiento. Esta caída repentina de las flores evita el prendimiento de los frutos.

Cuando la infección ocurre después del prendimiento, los frutos pequeños** mostraron síntomas de roña y quebraduras causadas por *Colletotrichum* y posteriormente cayeron.

Las infecciones en frutos de mayor tamaño, permanecen latentes hasta la maduración. Cuando estos frutos son infectados por escrurrimiento de esporas provenientes del raquis, de ramas o de flores marchitas que quedan en contacto con el fruto, se produce un manchado por lagrimeo (tear-stained, Fig. 2E y F).

Distribución de la enfermedad en árboles de mango cv. Ataulfo. El análisis de varianza de enfermedad máxima acumulada (durante 168 días), tasa de la enfermedad (*r*), y el área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE), reveló que no existen diferencias significativas entre los puntos cardinales, ni entre alturas, hecho que indicó que la enfermedad se encuentra distribuida al azar en la copa de los árboles, y no existe preferencia, ni condiciones microclimáticas que favorezca el desarrollo del patógeno, en algún sitio en particular (Cuadro 1).

Desarrollo fenológico del hospedante y su relación con la severidad de la enfermedad. Durante el periodo de estudio, solo el 42% de las ramas marcadas emitieron brotes nuevos, que se presentaron en tres flujos vegetativos: El primero se observó del 28 de diciembre al 1 de marzo, el segundo del 31 de mayo al 21 de junio, y el tercero del 9 de agosto al 23 de agosto. De manera general, cuando hubo emisión de brotes, la enfermedad se incrementó de manera significativa. Aun así, la severidad de la enfermedad fue ligeramente mayor sobre brotes maduros que en brotes jóvenes (Cuadro 2), este efecto fue producido por la frecuente caída de hojas jóvenes fuertemente dañadas, mientras que el tejido infectado en brotes maduros permanece. La estimación de la tasa de crecimiento en tejido joven (0.016) fue ligeramente mayor que en brotes maduros (0.015), pero la diferencia no fue significativa. La floración (no representada en la Fig. 3) se inicio en noviembre y finalizó a mediados de febrero del siguiente año. Este hecho indica que hay tejido susceptible de ser infectado por *C. gloeosporioides* durante todo el año (Fig. 3).

differences neither among the cardinal points nor heights. Such fact indicated that this disease is distributed at random on the canopy and that there are neither specific preferences nor micro-climatic conditions favoring this pathogen development in a particular place (Table 1).

Host phenological development and its relation with disease severity. Only 42% of the marked branches emitted new shoots over the period of study, which were presented on three vegetative flushes: The first was observed from December 28th to March 1st; the second from May 31st to June 21st, and the third from August 9th to August 23rd. Whenever a shoot emission took place, on a regular basis, the disease revealed a significant increase. However, the disease severity was slightly higher on mature shoots than on younger (Table 2); this effect was produced by a frequent falling of young leaves severely damaged, while the infected tissue on mature shoots prevails. The estimation of growth rate on young tissue (0.016) was slightly higher on mature shoots (0.015), but such difference was not relevant. The flowering (not represented on Fig. 3) started in November and finished by middle of February of the following year. Such fact indicates that there is susceptible tissue to be infected by *C. gloeosporioides* throughout the year (Fig. 3). A simple correlation analysis among the presence of young, mature shoots and disease severity, revealed that both types of shoots explained 67% of the variation percentage of the severity of the disease over foliage ($R^2=0.67, P=0.000$).

Inoculum fluctuation and its relation with anthracnose. The spores trapping with the three different types of traps reflected the inoculum fluctuation over the year, but only in the case of the “little flags” trap type revealed a positive and significant correlation, explaining 23% of the disease variations ($r = 0.48$;



Fig. 2. Lesiones de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en mango cv. Ataulfo (*Mangifera indica*). A) Hojas maduras, B) Inflorescencias, C y D) Sépalos y pétalos, E) Escurrimento en fruto joven y, F) Roña inducida por antracnosis en frutos pequeños.

Fig. 2. Anthracnose injuries (*Colletotrichum gloeosporioides*) in mango cv. Ataulfo (*Mangifera indica*). A) mature leaves, B) flowers, C and D) Sepals and petals, E) Tear staining in young fruit and, F) Scab induced by anthracnose in small fruits.

Un análisis de correlación simple entre presencia de brotes jóvenes, maduros y la severidad de la enfermedad, mostró que ambos tipos de brotes explican el 67% de las variaciones del porcentaje de severidad de la enfermedad sobre el follaje ($R^2=0.67, P=0.000$).

Fluctuación del inóculo y su relación con la antracnosis. El trampeo de esporas con los tres tipos de trampas reflejaron la fluctuación de inóculo durante el año, pero solo en el caso de la trampa “tipo banderitas” se obtuvo una correlación positiva y significativa, que explicó el 23% de las variaciones de la enfermedad ($r = 0.48; R^2=0.23, P = 0.001$). La presencia de conidios de *C. gloeosporioides* se detectó desde diciembre (cuando se inició el estudio) hasta la tercera semana del mes de marzo, cuando la enfermedad presentó un crecimiento exponencial (Fig. 4). Durante los meses de abril y mayo no se detectó la presencia de conidios y coincidió con el período de bajo crecimiento de la enfermedad, registrándose una fluctuación entre 25 y 35%. Una vez que las lluvias se establecieron en junio,

$R^2=0.23, P = 0.001$). The *C. gloeosporioides* conidia presence was detected from December (when the study first began) to the third week of March, when the disease presented an exponential growth (Fig. 4). No conidia presence was detected from April to May, which coincides with the period when the disease revealed a low level of growth, with a registered fluctuation between 25 and 35%. Once the rains were established in June, the conidia presence was detected again, but the disease revealed a drastic decrease from 23 to 3%. The amount of conidia trapped on the different types of traps was very different. The roto-rod trap type captured a maximum of 1,722 conidia/m³/hour, on February 23rd, 2002; with the slide trap 41,819 conidia/cm²/week, on February 23rd and with the little flags traps 908 conidia/cm²/week, on January 11th.

Elements of climate and anthracnose severity. The simple correlation analysis between some of the climatic variables and the disease severity, revealed that among the parameters that best explained the disease fluctuations are the minimum Relative Humidity (minRH) and maximum Relative Humidity (maxRH), present 14 days prior severity measurement, with a negative correlation that explains 50% and 49% of the severity variations observed ($r = -0.71, R^2=0.50$), ($r = -0.70$ y $R^2=0.49$). The pluvial precipitation explains 25% ($r = 0.50 R^2=-0.25$). The highest disease growth was registered when the minRH (observed during the day) remained between 40 and 53% from December to March (period with no rainfall) a decreased when it was higher than 55% from June to October (rainfall period). Concerning the maxRH, the severity increase coincided with the presence of humidity from 80-90% during the nights with no rainfall, with a drastic decrease when it is over 90% or lower than 80% from June to October, which is the rainfall period (Fig. 5). It is also observed in this figure that both variables had a distribution pattern similar to the precipitation pattern, which consists of 6 months with no rainfall from November to the beginning of May, and 6 months with monsoon rainfall type from May to October. Furthermore, an Anthracnose drastic decrease was registered in June, which coincides with the presence of rainfall, but with a higher Anthracnose increase when there is none from December to March, a period when a relative humidity remained in the environment. The multiple regression analysis by the stepwise method, selected the Dew Point minimum Temperature (DPminT) after five steps, positively correlated with the disease and with the minimum Relative Humidity (minRH), with a negative correlation, as the most influential variables (Table 2). The multiple regression equation generated using these two variables explains 83% of the severity variations revealed. It can be observed on Fig. 5 that the phase of the epidemic growth (represented on severity percentage) coincides with a DPminT between 21-24°C and a minRH which is not lower than 40%, nor higher than 53%, prevails and decreases when the DPminT was higher than 24.5°C and the minRH was higher than 55%.

DISCUSSION

Damage by anthracnose in mango cv. Ataulfo. This mango variety originated itself naturally in the Soconusco, Chiapas, Mexico. Its origin denomination was granted by the Instituto

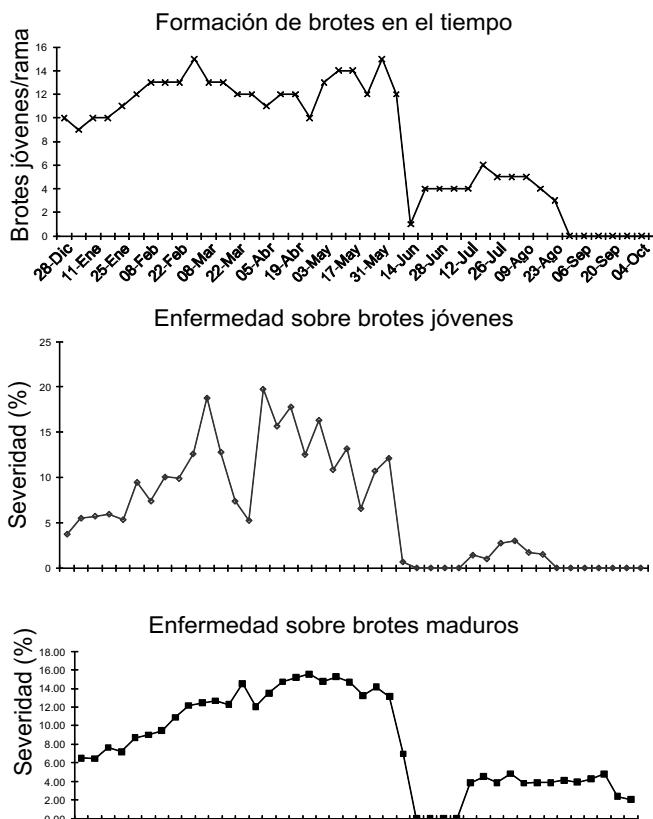


Fig. 3. Progreso de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) sobre brotes jóvenes y maduros y su relación con la formación de flujos vegetativos registrados del 28 de diciembre al 1 de marzo, del 12 de abril al 31 de mayo y del 21 de junio al 23 de agosto del 2002, en mango cv. Ataulfo (*M. indica*) en el Soconusco, Chiapas, México.

Fig. 3. Anthracnose Progress (*Colletotrichum gloeosporioides*) over young and mature shoots and their relation with the formation of vegetative flush registered from December 28th to March 1st, from April 12th to May 31st and from June 21st to August 23rd 2002, in mango cv. Ataulfo(*M. indica*) at the Soconusco, Chiapas, México.

la presencia de conidios volvió a detectarse, pero la enfermedad tuvo una disminución drástica de 23 a 3%. La cantidad de conidios atrapados con los diferentes tipos de trampa, fue muy disímil. La trampa tipo roto-rod capturó un máximo de 1,722 conidios/m³/hora, el 23 de febrero de 2002; con trampa de portaobjetos 41,819 conidios/cm²/semana, el 23 de febrero y con las de banderitas 908 conidios/cm²/semana, el 11 de enero.

Elementos del clima y severidad de antracnosis. El análisis de correlación simple entre algunas de las variables climáticas y la severidad de la enfermedad, mostró que entre los parámetros que explican mejor las fluctuaciones de la enfermedad se encuentran, la humedad relativa mínima (HRmin) y máxima (HRmax) presentes 14 días antes de la medición de severidad,

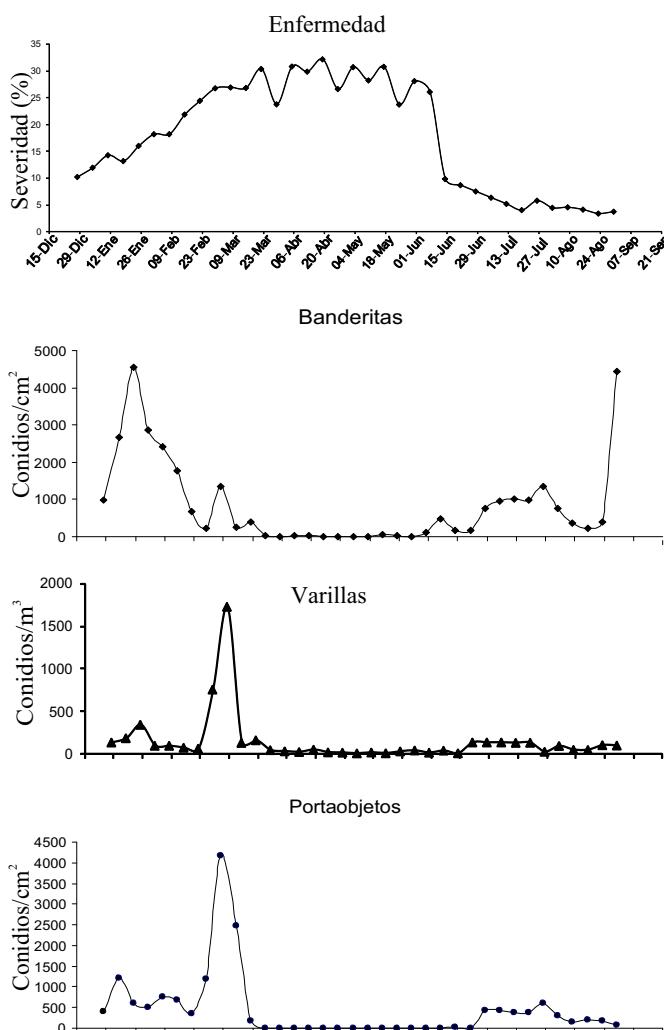


Fig. 4. Número de conidios de *Colletotrichum gloeosporioides*, atrapados con tres tipos de trampas caza esporas y su relación con la enfermedad durante el período de diciembre de 2001 a agosto de 2002, en el Soconusco, Chiapas, México.

Fig. 4. Number of *Colletotrichum gloeosporioides* conidia trapped with three types of spore hunting traps and their relation with the disease from December 2001 to August 2002 period, at the Soconusco, Chiapas, México.

Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) and its production is mainly for exportation. Even though the damage caused by the fungi *C. gloeosporioides* is mentioned in the technical manuals generated to improve cv. Ataulfo production, it actually mentions only the post-harvest damage caused by the fungi, but this pathogen was never related with flower wilt, lack of fruit set, falling and scab of small fruit, as a pre-harvest damage (Mosqueda-Vásquez, 1996; Sandoval *et al.*, 1993). It has been determined by the study hereby that the damage caused by anthracnose is particularly severe on new shoots emission and flowering, when it coincides with the periods of high relative humidity, which are present after the rainfall period has finished. The water condensation produced at night on the surface of the leaves makes the spores pass from the foliage to the flowers, where the fungi may cause wilt and falling of the flowers, which derives on a low fruit set. A similar damage was reported by Dodd *et al.* (1991), as he studied the effect caused by the climatic factors on mango cv. Carabao anthracnose progress in the Philippines.

The infections caused by *C. gloeosporioides* after fruit set, produce sunken lesions in the young fruit causing its falling, thus (Estrada *et al.*, 2000, Dodd *et al.*, 1991). Regarding the mango cv. Ataulfo case, lesions on small fruit (2 cm.), are scab like, show abundant *Colletotrichum* acervuli and they also end up falling off the tree. The low fruit set present on mango cv. Ataulfo, on both of the induced and natural flowering presented on November and December, were due to pre-harvest losses which, in accordance to Jeffries *et al.* (1990), cause the *Colletotrichum* species in developed fruit, mainly on the tropics.

Effects of the host on the disease. The results derived from the study hereby proved that the interactions among the host, weather and inoculums, which prevailed on different areas of the mango trees, favored the disease progress similarly, which are the reason its distribution on the foliage was uniform. The continuous presence of susceptible tissues (on both young and mature foliage), has indicated that *C. gloeosporioides* has no restrictions with regards to host tissues availability. This particular fact provided some explanation of the anthracnose increase as the crop begins to age, being consistent with what has been reported by several researchers when they studied the anthracnose epidemic on mango cv. Brown's in Alstonville, USA (Fitzell and Peak, 1984; Fitzell *et al.*, 1984). The decrease on anthracnose percentage during new shoots emission was caused, at a certain level, by the falling of young leaves strongly damaged by anthracnose and because of a quick increase of new tissue free of anthracnose damage, which decrease the diseased tissue / healthy tissue relation. Something similar was observed when the anthracnose epidemic was studied on citric flowers (Denham y Waller, 1981).

When mango cv. Ataulfo flowering is induced by nitrate potassium application in October, the flower shoot emission coincides with the accelerated growth phase of the disease present on young foliage from December to April. It is noteworthy that fungicide application every 15 days, after flowering has already initiated, does neither prevent nor stop *C. gloeosporioides* infections, inducing a severe lack of fruit set on the flowering produced by the end of December.

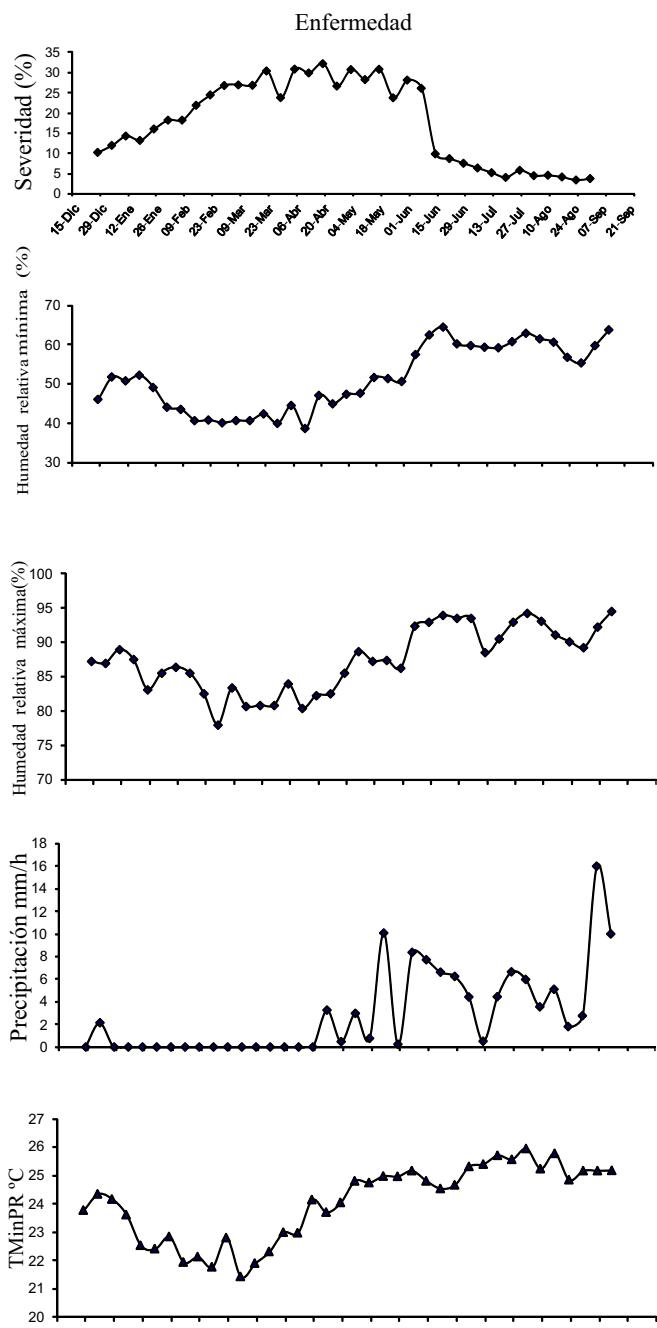


Fig. 5. Progreso de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en el follaje de mango cv. Ataulfo (*Mangifera indica*) y su relación con la humedad relativa mínima, humedad relativa máxima, precipitación y temperatura mínima de punto de rocío, registrada en Diciembre 2001 a Octubre 2002, en el Soconusco, Chiapas, México.

Fig. 5. Anthracnose progress (*Colletotrichum gloeosporioides*) in mango cv. Ataulfo (*Mangifera indica*) foliage and their relation with minimum relative humidity, maximum relative humidity, precipitation and dew point minimum temperature, registered from December 2001 to October 2002, at the Soconusco, Chiapas, México.

The anthracnose damage decreases gradually on the subsequent flowerings given from the end of January to March as the relative humidity decreases as well, and the DPminT increases on February and March.

The pathogen effect over the disease. The increasing number of captured conidia from December to February coincided with the lack of torrential rainfall and with the formation of a higher amount of dew over mango foliage, which favored fungi dissemination by water runoff, splashing and water drop with conidia, causing new lesions. It was rather common to observe during this period leaves with multiple small black lesions, which develop a water runoff shape. This was also reported by Jeffries *et al.* (1990). The slight increase on the amount of captured conidia by the slides and the sticks in July, coincided with the beginning of the rainy season, which was remarkably characterized by the presence of heavy rainfall, but not consistent. This was also observed by Fitzell and Peak in 1984, as they studied mango epidemic anthracnose in Australia. Nevertheless, as the torrential rainfall increased in September and October, the conidia were washed away. Such effect caused a remarkable reduction of the captured conidia. A similar tendency was reported by Madden *et al.* (1996), on an epidemic anthracnose in strawberry crop. The reduced amount of captured spores from March to May could have been influenced by a scarce diseased tissue sporulation, as well as by the low relative humidity which prevailed during such period. It is hard to point out epidemic anthracnose initial inoculum on mango, due to the fact that lesions are continuously produced over the susceptible tissue, which is formed throughout the year. Despite this particular fact, it shall be affirmed that the diseased foliage is the inoculum source which initiates the epidemic over mango flowers, and that the first diseased flowers to fall off the mango trees induce new infections as they make contact with flowers, leaves and young fruit. A similar damage was reported in avocado by Fitzell (1987) and in citrus by Denham and Waller (1981).

It is noteworthy to mention that in July and August an anthracnose increase was present on young shoots, associated with the damage produced by diabrotics (*Coleoptera:Crisomelidae*). This fact plus the trips abundance in early flowerings, raise the assumption that with their activity they contribute to disease dissemination. Despite several authors have reported that it is the insect what promote *C. gloeosporioides* dissemination, only Nemeye *et al.* (1990) proved that the braconid parasitoid (*Heterospilus prosopidis*), a coffee fruit borer parasite (*Hypothenemus hampei* Ferrari) was able to disseminate *C. coffeatum* and *C. gloeosporioides* conidia, causal agents of CBD in coffee and in mango anthracnose (Jeffries *et al.*, 1990).

Climatic effect on anthracnose. At the end of the rainfall season and at the beginning of the period without rain, the high relative humidity level ($> 80\%$) prevailing on the field, combined with DPminT values ranging from 21 to 24°C at night, induced water condensation on mango foliage, to a point that it caused water runoff and splashing, promoting *C. gloeosporioides* conidia dispersion, increasing anthracnose severity on foliage, flowers and developing fruit. The relative humidity from March to May reached 80%; however, a slight

con una correlación negativa que explica el 50 % y 49% de las variaciones de severidad observadas ($r = -0.71$, $R^2 = 0.50$), ($r = -0.70$ y $R^2 = 0.49$), y la precipitación pluvial que explica el 25% ($r = 0.50$ $R^2 = 0.25$).

El mayor progreso de la enfermedad se registró cuando la HRmin (observada durante el día) se mantuvo entre 40 y 53% durante los meses de diciembre a marzo (período sin lluvias) y disminuyó cuando esta fue mayor a 55%, de junio a octubre (período con lluvias). Con respecto a la HRmax, el incremento de la severidad coincidió con la presencia de 80-90% de humedad, durante las noches del período sin lluvia y cae drásticamente cuando esta pasa del 90% o es menor de 80% de junio a octubre, período con lluvias (Fig. 5). En esta misma figura se observa que estas dos variables tuvieron un patrón de distribución similar al patrón de precipitación, que consta de 6 meses sin lluvia, de noviembre a inicios de mayo, y 6 meses con lluvia tipo monzón, de mayo a octubre. Además, la reducción drástica de antracnosis que se registró en junio, coincide con la presencia de lluvias y el mayor progreso de la antracnosis con la ausencia de éstas, de diciembre a marzo, período durante el cual se mantuvo la humedad relativa en el ambiente.

El análisis de regresión múltiple por el método de stepwise, seleccionó después de cinco pasos, la temperatura mínima de punto de rocío (TminPR), correlacionada positivamente con la enfermedad y la humedad relativa mínima (HRmin), con correlación negativa, como las variables más influyentes (Cuadro 2). La ecuación de regresión múltiple generada usando estas dos variables explica el 83% de las variaciones de severidad encontradas. En la figura 5, se puede observar que la fase de crecimiento de la epidemia (representada en % de severidad), coincide con una TminPR entre 21-24°C y una HRmin no menor de 40%, ni mayor de 53%, se mantiene y cae cuando la TminPR fue mayor de 24.5°C y la HRmin fue mayor de 55%.

DISCUSIÓN

Daño por antracnosis en mango cv. Ataulfo. Esta variedad de mango se originó en forma natural en el Soconusco, Chiapas, México, y cuenta con la denominación de origen otorgada por Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) y su producción es principalmente para exportación. A pesar de que en los manuales técnicos generados para mejorar la producción del cv. Ataulfo, se menciona el daño causado por el hongo *C. gloesporioides* en poscosecha, pero no se asoció a este patógeno con el marchitamiento de flores, falta de prendimiento, caída y roña de frutos pequeños, como daño en precosecha (Mosqueda-Vásquez, 1996; Sandoval *et al.*, 1993). En este trabajo se determinó que el daño provocado por la antracnosis es particularmente severo sobre las emisiones de brotes nuevos y durante la floración, cuando coincide con períodos de alta humedad relativa, que se presentan después de finalizar el período de lluvias. La condensación de agua que se produce sobre la superficie de las hojas, durante la noche, hace que las esporas pasen del follaje a las flores, donde el hongo puede causar marchitez y caída de flores, que da como resultado un bajo prendimiento de frutos. Un daño similar fue reportado por Dodd, *et al.* (1991), al estudiar el efecto de los factores climáticos sobre el desarrollo de la antracnosis de mango cv.

Cuadro 1. Parámetros de las curvas del progreso de la antracnosis (*Colletotrichum gloesporioides*) en follaje de mango cv Ataulfo (*Mangifera indica*), en el Soconusco, Chiapas, México, a diferentes alturas del árbol y puntos cardinales.

Table 1. Curve parameters of Anthracnose progress (*Colletotrichum gloesporioides*) in mango cv Ataulfo (*Mangifera indica*) foliage, at the Soconusco, Chiapas, México, at different heights of the tree and cardinal points.

Parámetro	Altura	Este	Norte	Sur	Oeste	Promedio
Severidad	1.5	33.51	39.24	21.65	43.32	34.18
máxima	2.5	38.52	43.82	23.69	30.98	34.25
acumulada (%)	4.0	12.67	39.99	11.5	23.94	22.03
	Promedio	28.23	41.01	18.94	32.74	
Tasa del	1.5	0.014	0.018	0.014	0.015	0.015
progreso de la	2.5	0.016	0.016	0.014	0.018	0.016
enfermedad	4.0	0.012	0.019	0.018	0.016	0.017
	Promedio	0.014	0.018	0.015	0.016	
Área bajo la	1.5	45.46	52.84	29.10	57.77	46.29
curva del	2.5	51.92	59.59	31.97	41.60	46.27
progreso de la	4.0	17.15	53.27	1543	32.82	29.67
enfermedad*	Promedio	38.17	55.24	25.50	44.07	

* Proporción de área foliar enferma/día

** Porcentaje de área foliar enferma/día

dispersion, increasing anthracnose severity on foliage, flowers and developing fruit. The relative humidity from March to May reached 80%; however, a slight increase on DPminT ranging 24-25°C, decreased the level of water condensation, but kept conidia dissemination by dragging, producing tear staining symptoms over young leaves and growing fruit.

This result coincides with what has been reported previously on mango anthracnose, indicating that rain drops splashing and dew, as well as conidia dragging by water drops are the main dissemination mean for *Colletotrichum* (Fitzell and Peak, 1984; Fitzell *et al.*, 1984). The water drops formation at the Soconusco area in Chiapas, Mexico was due to a high level of relative humidity, as well as to low temperatures revealed at night (18 to 23°C), which coincides the results of the study hereby with what has been reported by Denham and Waller (1981), who pointed out that long periods of relative humidity at night increase anthracnose incidence on citric flowers in Belize from 30 to 65%. Although, Conidia germination, before the presence of dew, revealed a tendency to increase (Waste, 1972).

However, these reports are against to others reporting that the rain is necessary for anthracnose development in mango and that the formation of dew relies on the time of the day that the rainfall takes place (Fitzell and Peak, 1984; Griffiths *et al.*, 1971). As revealed by the study hereby, it was observed that during the heavy rainfall season (> 7.5 mm/h), the anthracnose severity on foliage has a tendency to decrease, which seems to be related with the inoculum washing caused by the rain.

The region of the Soconusco, Chiapas, Mexico has a humid hot weather with an abundant rainfall during the summer, with a minimum of 2500 mm per year, reaching up to 5000 mm in some areas. The rainfall intensity in this region is rather heavy, producing visibility restriction. The impact derived by splashing on some specific areas can reach up to several inches (AIOGDP, 2003). Throughout the development of this study, it was observed that at the beginning of the rainfall season (June

Cuadro 2. Efecto del tejido nuevo sobre el progreso de la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en follaje de mango cv Ataulfo, (*M. indica*) bajo las condiciones del Soconusco, Chiapas, México.

Table 2. Effect of new tissue over anthracnose progress (*Colletotrichum gloeosporioides*) in mango cv Ataulfo (*M. indica*) foliage, under the conditions from the Soconusco, Chiapas, México.

Flujos vegetativos	Proporción de enfermedad en brotes		Tasa (r) de crecimiento de la enfermedad en brotes	
	Jóvenes	Maduros	Jóvenes	Maduros
Primero 28 diciembre-15 marzo	0.075	0.091	0.049	0.043
Primero + Segundo 28 diciembre 7 junio	0.26	0.29	0.027	0.023
Segundo 1 marzo 7 junio	0.26	0.29	0.013	0.012
Tercero 20 julio-16 agosto	0.27	0.35	0.001	0.003
Total	0.27	0.37	0.016	0.015

Carabao, en Filipinas.

Las infecciones causadas por *C. gloeosporioides* posteriores al amarre de los frutos, producen lesiones hundidas sobre frutos jóvenes, causando usualmente su caída (Estrada *et al.*, 2000, Dodd *et al.*, 1991). En el caso del mango cv. Ataulfo, las lesiones en frutos pequeños (2 cm), son similares a la roña, presentan abundantes acérvulos de *Colletotrichum* y también caen.

El bajo prendimiento de frutos que se presenta en la variedad de mango Ataulfo, en las floraciones inducidas y naturales que se presentaron en los meses de noviembre-diciembre, correspondieron a pérdidas de precosecha, que según Jeffries *et al.* (1990), causan las especies de *Colletotrichum*, en frutales desarrollados principalmente en los trópicos.

Efecto del hospedero sobre la enfermedad. Los resultados de este trabajo mostraron que las interacciones entre el hospedero, clima e inóculo, que prevalecieron en las diferentes partes de los árboles de mango, favoreció de manera similar el desarrollo de la enfermedad, por lo que su distribución sobre el follaje fue uniforme. La presencia continua de tejido susceptible (follaje joven y maduro) a través del tiempo, indicó que *C. gloeosporioides* no tiene limitaciones en cuanto a disponibilidad de tejido hospedante. Este hecho explicó en parte, el incremento de antracnosis conforme aumenta la edad del cultivo y coincidió con lo que se ha reportado por otros investigadores, al estudiar la epidemia de antracnosis en mango cv. Brown's en Alstonville, en Estados Unidos (Fitzell y Peak, 1984; Fitzell *et al.*, 1984). La disminución del porcentaje de antracnosis, durante la emisión de brotes nuevos, fue ocasionada en parte, por la caída de hojas jóvenes con fuerte daño de antracnosis, y porque el rápido incremento de tejido nuevo libre de antracnosis, disminuyó la relación de tejido enfermo/tejido sano. Algo similar fue observado cuando se estudió la epidemia de antracnosis en flores de cítricos (Denham y Waller, 1981).

Cuando la floración del mango cv. Ataulfo es inducida mediante la aplicación de nitrato de potasio durante el mes de octubre, la emisión de yemas florales coincide con la fase de crecimiento acelerado de la enfermedad presente en el follaje joven, en los meses de diciembre-abril.

and July) a continuing rainfall of 0.2 a 30.5 mm/h approximately, were present, reducing fungi conidia dispersion, thus. A rainless period that lasted from two to three weeks was present in August (denominated the heatwave); a higher rainfall level was registered from September to October (43.2 mm/h). It usually stops raining from November to May, but there may be some sporadic rains in December and April.

Cuadro 3. Regresión múltiple entre el porcentaje de severidad de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en follaje de mango cv Ataulfo (*Mangifera indica*) y algunos parámetros del clima, registrados del 28 de diciembre de 2001 al 16 de agosto del 2002, en el Soconusco, Chiapas, México.

Table 3. Multiple Regression among anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) severity percentage in mango cv Ataulfo (*Mangifera indica*) foliage and some climate parameters, registered from December 28th 2001 to August 16th 2002, at the Soconusco, Chiapas, México.

Pa rámertos incluidos	Beta	t	P*
Temperatura máxima	-0.0102	-0.0399	0.9683
Temperatura máxima de punto de rocío	-0.2751	-0.9431	0.3526
Temperatura mínima de punto de rocío	1.4427	6.6307	0.0000
Humedad relativa mínima	-0.9317	-2.0393	0.0497
Humedad relativa máxima	0.8620	1.8591	0.0722
Regresión múltiple	R múltiple = 0.9091 R ² = 0.8265 R ² ajustada = 0.7994	1.0541	0.000

* Nivel de probabilidad

Para calcular el coeficiente de correlación, los datos de parámetros de clima se recorrieron 14 días hacia atrás.

Agradecimientos. A Juan Manuel D'Amiano-Poumián, por permitir el acceso a la Finca Pumpuapa para realizar esta investigación y a Jesús Vázquez-Aguilar, Jefe del Observatorio del Servicio Meteorológico Nacional, por los datos climatológicos proporcionados. A la Fundación PRODUCE Chiapas A.C., Por el fincamiento parcial del proyecto "Influencia de la inducción uniforme de brotes vegetativos y reproductivos sobre la producción de mango Ataulfo y la antracnosis". Esta investigación es parte de la tesis de la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural con Orientación en Biotecnología Ambiental del tercer autor, en El Colegio de la Frontera Sur.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Ramos, M., Noriega-Cantú, D.H., Nieto-Angel, D., y Téliz-Ortiz, D. 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.
- Allende-Molar, R., García, R.S., y Carrillo, A. 2003. Enfermedades post-cosecha en mangos cultivados en Sinaloa. <http://www.ciad.mx/boletin/mayjun02/mangos.pdf> (acceso el 10 de junio de 2003).
- [AIODGDP] Asociación Iberoamericana de Organismos Gubernamentales de Defensa y Protección Civil. 2003. Aplicación en red para casos de emergencia (ARCE): Glosario de términos de protección y defensa civil. <http://www.proteccióncivil.org/arce/glosario/glosarce-1.htm>; Marzo 20, 2003.

Cabe señalar que la aplicación de fungicidas cada 15 días, después de haber iniciado la floración, no evita o detiene las infecciones por *C. gloeosporioides*, lo que induce una falta de prendimiento de fruto severa, en la floración que se produce a finales de diciembre. En las floraciones subsecuentes de fines de enero, febrero y marzo, el daño causado por antracnosis, disminuye gradualmente a medida que la humedad relativa disminuye y la TminPR aumenta, durante febrero y marzo.

Efecto del patógeno sobre la enfermedad. El incremento del número de conidios capturados, durante los meses de diciembre a febrero coincidieron con la ausencia de lluvias torrenciales y con la formación de una mayor cantidad de rocío sobre el follaje de mango, lo cual favoreció la diseminación del hongo por los escurrimientos, salpique y goteo de agua con conidios, dando origen a nuevas lesiones. Durante esta época fue frecuente observar hojas con múltiples lesiones pequeñas de color negro, que adquieren la forma del agua al escurrir. Esto fue también reportado por Jeffries *et al.* (1990). El ligero incremento en la cantidad de conidios atrapados con los portaobjetos y las varillas, durante el mes de julio, coincidió con el inicio de la temporada de lluvias, lo que se caracterizó por la presencia de lluvias fuertes, aunque discontinuas. Esto último también fue observado por Fitzell y Peak en 1984, al estudiar el desarrollo de la epidemia de antracnosis en mango, en Australia. No obstante, al incrementarse la frecuencia de lluvias torrenciales durante los meses de septiembre y octubre, los conidios fueron lavados. Este efecto produjo una marcada reducción en el número de conidios capturados. Una tendencia similar fue reportada por Madden *et al.* (1996), en una epidemia de antracnosis en el cultivo de fresa. La reducida cantidad de esporas capturadas de marzo a mayo, pudo estar influenciada por la escasa esporulación del tejido enfermo, y la baja humedad relativa que prevaleció durante este período; es difícil señalar fuentes de inoculo inicial en la epidemia de antracnosis sobre mango, debido a que se producen continuamente nuevas lesiones sobre el tejido susceptible, el cual se forma durante todo el año. Aun así podemos mencionar, que el follaje enfermo es la fuente de inoculo que inicia la epidemia sobre las inflorescencias del mango; y que las primeras flores enfermas que caen, inducen nuevas infecciones al entrar en contacto con flores, hojas y frutos jóvenes. En este sentido, un daño similar fue reportado en aguacate por Fitzell (1987), y en cítricos por Denham y Waller (1981).

Cabe señalar, que durante los meses de julio y agosto se presentó un incremento de antracnosis sobre brotes jóvenes, asociado al daño producido por diabrócticas (Coleoptera: Crisomelidae). Este hecho y la abundancia de trips en las floraciones tempranas, hacen suponer que con su actividad, contribuyen a la diseminación de la enfermedad. A pesar de que varios autores han reportado que los insectos promueven la diseminación de *C. gloeosporioides*, solo Nemeye *et al.* (1990), demostró que el parasitoide bracónido (*Heterospilus prosopidis*), parásito de la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari) fue capáz de diseminar los conidios de *C. coffeatum* y *C. gloeosporioides*, agentes causales del CBD en café y la antracnosis en mango.

Efecto del clima sobre la antracnosis. Al finalizar la época de lluvias y al inicio del período sin lluvia, la alta humedad relativa (> 80%) que prevaleció en el campo, combinado con valores de TminPR entre 21 a 24°C durante la noche, propició la

- Benítez-Camilo, F.A., Huerta-Palacios, G., Holguín-Melendez, F., y Toledo-Arreola, J. 2003. Efecto de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc. en la caída de frutos de mango cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21:223-227.
- Dodd, J.C., Estrada, A.B., Matcham, J., Jeffries, P. and Jeger, M.J. 1991. The effect of climatic factors on *Colletotrichum gloeosporioides*, causal agent of mango anthracnose, in the Philippines. *Plant Pathology* 40:568-575.
- Denham, T.G. and Waller, J.M. 1981. Some epidemiological aspects of post-bloom fruit drop disease (*Colletotrichum gloeosporioides*) in citrus.. *Annual Applied Biology* 98:65-77.
- Estrada, A.B., Dodd, J.C., 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.
- Fitzell, R.D. 1987. Epidemiology of anthracnose disease of Avocados. *South African Avocado Growers' Association Yearbook* 10:113-116.
- Fitzell, R.D., and Peak, C.M. 1984. The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculum sources, spore production and dispersal. *Annals Applied Biology* 104:53-59.
- Fitzell, R.D., Peak, C.M., and Darnell, R.E. 1984. A model for estimating infection levels of anthracnose disease of mango. *Annals Applied Biology* 104:451-458.
- García, A.M. 1976. Enfermedades de las plantas en la república Mexicana. Editorial Limusa, México, D.F. 75 p.
- García, A.E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (Adaptado a las condiciones de la República Mexicana) 5a. Ed. Edit. por la Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 90 p.
- Griffiths, E., Gibbs, J.N., and Waller, J.M. 1971. Control of coffee berry diseases. *Annals of Applied Biology* 67:45-74.
- Jeger, M.J., and Viljanen-Rollinson, S.L.H. 2001. The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crops cultivars. *Theoretical Applied Genetic* 102:32-40.
- Jeffries, P., Dodd, J.C., Jeger, M.J., and Plumley, R.A. 1990. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit crops. *Plant Pathology* 39:343-366.
- Madden, L.V., Yang, X., and Wilson, L.L. 1996. Effects of rain intensity on splash dispersal of *Colletotrichum acutatum*. *Phytopathology* 86:864-874.
- Mosqueda-Vázquez, R., de los Santos-de la Rosa, F., Becerra-Leor, E.N., Cabrera-Mireles, H., Ortega-Zaleta, D.A., y del Angel-Pérez, A.L. 1996. Manual para cultivar mango en la planicie costera del Golfo de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Veracruz, Ver. México. Folleto Técnico No. 15. 131 p.
- Nemeye, P.S., Moore, D., and Prior, C. 1990. Potential of parasitoid "*Heterospilus prosopidis*" (Hymenoptera: Braconidae) as a vector of plant-pathogenic *Colletotrichum* spp. *Annals of Applied Biology* 116:11-19.

condensación de agua sobre el follaje de mango, a tal grado que hubo escurrimiento y salpique, que promovió la dispersión de conidios de *C. gloeosporioides*, aumentando la severidad de antracnosis sobre el follaje, flores y frutos en desarrollo. Durante los meses de marzo, abril y mayo, la humedad relativa media fue de 80%, pero un ligero aumento en TMinPR 24-25°C, disminuyó la cantidad de agua condensada, pero mantiene la diseminación de conidios por arrastre, que produce síntomas de "lagrimeo" sobre hojas jóvenes y frutos en desarrollo. Este resultado coincide con reportes previos de antracnosis en mango, que indican que el salpique de las gotas de lluvia y rocío, así como el arrastre de conidios por gotas de agua, son el principal medio de diseminación de *Colletotrichum* (Fitzell y Peak 1984; Fitzell *et al.*, 1984; Jeffries *et al.*, 1990). En el Soconusco, Chiapas, la formación de gotas se debió a alta humedad relativa, y a bajas temperaturas durante la noche (18 a 23°C), coincidiendo los resultados de nuestra investigación con lo mencionado por Denham y Waller (1981), quienes señalaron que períodos prolongados de humedad relativa durante la noche, incrementaron la incidencia de antracnosis de 30 a 65% sobre flores de cítricos en Belice. Por otro lado, en presencia de rocío la germinación de conidios aumentó (Wastie, 1972). Sin embargo, son contrarios a otros reportes que mencionan que la lluvia es necesaria para el desarrollo de la antracnosis en mango y que la formación de rocío depende de la hora en que ocurre la lluvia (Fitzell y Peak 1984; Griffiths *et al.*, 1971). En este trabajo se observó que durante la época de precipitaciones fuertes (> 7.5 mm/h), la severidad de la antracnosis sobre el follaje disminuyó, esto parece estar relacionado con el lavado del inoculo que ocasiona la lluvia.

La región del Soconusco, Chiapas tiene un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, con un mínimo de 2500 mm al año, llegando en algunos lugares a 5000 mm. La intensidad de la lluvia de esta región es fuerte, produce restricción de visibilidad y el impacto de las salpicaduras sobre una determinada superficie, puede alcanzar varias pulgadas (AIOGDPC, 2003). Durante el desarrollo de este trabajo se observó que al inicio de la época de lluvias (junio y julio), se presentaron lluvias continuas de aproximadamente 0.2 a 30.5 mm/h, que limitaron la dispersión de conidios del hongo; en agosto se presentó un período de 2 a 3 semanas, sin lluvia (denominado período de canícula); durante septiembre y octubre se registraron lluvias de mayor intensidad (43.2 mm/h), y de noviembre a mayo deja de llover, aunque hay posibilidad de que se presenten algunas lluvias esporádicas en diciembre y abril.

- Pérez, E., Isea, F., Montiel, A., Marin, M., y Sandoval, L. 1999. Efecto de la distancia de siembra y la altura de muestreo en la colección de conidios de hongos en una plantación de guayabo. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ) 16 Supl. 1:43-48.
- Ploetz, R.C. 1994. Anthracnose. p. 35-36. In: R.C. Ploetz, G.A. Zentmyer, W.T. Nishijima, K.G Rohrbach and H. D. Ohr (eds). Compendium of tropical fruit diseases. APS Press. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, USA. 88 p.
- Prior, C., and Rider, K. 1987. Effect of low volume copper sprays with polyisobutene sticker on mango blossom blight (*Glomerella cingulata*) in Dominica. Tropical Pest Management 33:350-352.
- Prusky, D., Freeman, S., and Dickman, M.B. 2000. *Colletotrichum*. Host specificity, pathology, and host-pathogen interaction. APS Press, The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 393 p.
- Sandoval, E.A., Hernández, O.J., Montecillo, T.J.L., y Quilantán, C.J. 1993. Manual de producción de mango en la costa de Chiapas. INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas, México. 21 p.
- Spalding, D.H. 1982. Resistance of mango pathogens of fungicides used to control post-harvest diseases. Plant disease 66:1185-1186.
- StatSoft, Inc., 2003. STATISTICA (data analysis software system), Version 7. www.statsoft.com.
- Van der Plank, J.E., 1963. Plant Diseases: Epidemics and Control. Academic Press, New York, USA. 349 p.
- Wastie, R.L. 1972. Secondary leaf fall of *Hevea brasiliensis*: Factors affecting the production, germination and viability of spores of *Colletotrichum gloeosporioides*. Annals Applied Biology 72:273-283.
- Whitney, P.J. 1976. Microbial Plant Pathology. Hutchinson, Great Britain; London, England. 161 p.
- Zadoks, J.C., and Schein, R.D. 1979. Epidemiology and Plant Disease Management. Oxford University Press. New York, USA. 427 p.