

Effects of climatological factors on fluctuation of spores in mango trees cv. Aaulfo, in Guerrero, México

Efecto de factores climatológicos sobre la fluctuación de esporas en árboles de mango cv. Aaulfo en Guerrero, México

David Heriberto Noriega-Cantú, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Iguala, Carretera Iguala-Tuxpan km. 2.5 Iguala, Guerrero. CP 40000, **Juan Pereyda-Hernández**, Universidad Autónoma de Guerrero. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carretera Iguala-Teloloapan, Iguala, Guerrero. CP 40040, **Eduardo Raymundo Garrido-Ramírez***, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas, Km 3.0 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, Ocozocoautla, Chiapas. CP 29140. *Autor para correspondencia: egarrido_ramirez@hotmail.com.

Recibido: 26 de Octubre, 2016.

Aceptado: 9 de Febrero, 2017.

Noriega-Cantú DH, Pereyda-Hernández J, Garrido-Ramírez ER. 2017. Effects of climatological factors on fluctuation of spores at mango trees cv. Aaulfo, Guerrero, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35: 227-241.
DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1610-1

Primera publicación DOI: 28 de Marzo, 2017.

First DOI publication: March 28, 2017.

Resumen. Se determinó la fluctuación estacional de esporas de los principales hongos patógenos del mango en San Jerónimo, Guerrero, México. Durante el período de octubre 2011 a diciembre 2012 se cuantificaron las esporas totales de *Colletotrichum* sp., *Cladosporium* sp. y *Lasiodiplodia* sp. a nivel de copa de los árboles de mango. Las esporas totales capturadas se presentaron durante todo el periodo de estudio, con variación mensual; detectando picos poblacionales en septiembre y octubre, durante la etapa de prefloración, con 1,844 esporas

Abstract. The seasonal fluctuation of spores of the principal pathogens of mango was determined in San Jerónimo, Guerrero, Mexico. During the period October 2011 to December 2012 quantifications of total spores of *Colletotrichum* sp., *Cladosporium* sp. and *Lasiodiplodia* sp., were made at tree canopy level. Captured total spores occurred throughout the study period, with monthly variation; detecting peaks in September and October during the pre-flowering stage, with 1,844 total spores/week. Other peaks are in the second week of November, the third week of January and April, flowering and fruit growth, with 531, 648 and 1,139 total spores/week respectively. Low populations occur in May, June, July and August, during vegetative growth. The largest populations of *Cladosporium* sp., spores (1,533 spores/week), were in October coinciding with *Colletotrichum* sp., (160 spores/week). To *Lasiodiplodia* sp. the highest concentration was in September with 92 spores/week. The relative humidity was correlated with populations of

totales/semana. Otros picos fueron en la segunda semana de noviembre, la tercera semana de enero y abril, en floración y crecimiento de frutos, con 531, 648 y 1,139 esporas totales/semana respectivamente. Las bajas poblaciones ocurrieron en mayo, junio, julio y agosto, durante el crecimiento vegetativo. La mayor población de esporas de *Cladosporium* sp. (1,533 esporas/semana) y *Colletotrichum* sp. (160 esporas/semana) fue en octubre, mientras que para *Lasiodiplodia* sp. fue en septiembre (92 esporas/semana). La humedad relativa fue correlacionada con poblaciones de *Colletotrichum* sp. ($\alpha < 0.011$), *Lasiodiplodia* sp. ($\alpha < 0.009$) y esporas totales ($\alpha < 0.035$). El Punto de rocío fue correlacionado con *Colletotrichum* sp. ($\alpha < 0.008$) y esporas totales ($\alpha < 0.059$). La tasa de lluvia mostró una correlación positiva con *Colletotrichum* sp. ($\alpha < 0.002$) y *Lasiodiplodia* sp. ($\alpha < 0.031$). Utilizando esta información se proponen modificaciones al manejo convencional de enfermedades como antracnosis, atizomamiento y pudrición del pedicelo.

Palabras clave: *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Lasiodiplodia*, clima.

México es el quinto país productor de mango en el mundo y el segundo como exportador con 19.6 % (232,643 ton), después de la India con 24 % (286,775 ton) (FAO, 2016). A nivel nacional el estado de Guerrero aporta el 20 % (356,291 ton) de la producción nacional, lo que lo ubica como primer productor de mango, seguido de Sinaloa (302,091 ton), Nayarit (252,394 ton), Chiapas (215,008 ton), Michoacán (155,360 ton), Oaxaca (146,029 ton) y Veracruz (118,544 ton). La substancial colaboración en la producción nacional, implica que el cultivo del mango tiene una importancia económico-social para Guerrero, ya que de esta actividad dependen directamente productores

Colletotrichum sp. ($\alpha < 0.011$), *Lasiodiplodia* sp. ($\alpha < 0.009$) and total spores ($\alpha < 0.035$). The dew point was correlated with *Colletotrichum* sp. ($\alpha < 0.008$) and total spores ($\alpha < 0.059$). The rain rate was positively correlated with *Colletotrichum* sp. ($\alpha < 0.002$) and *Lasiodiplodia* sp. ($\alpha < 0.031$). Using this information, modifications are proposed to the conventional management of diseases such as anthracnose and peduncle blight and rot.

Key words: *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Lasiodiplodia*, weather.

Mexico is the country with the fifth largest production of mango worldwide, and the second largest exporter, with 19.6 % (232,643 ton), after India with 24 % (286,775 ton) (FAO, 2016). Nationwide, the state of Guerrero provides 20 % (356,291 ton) of the country's production, placing it as the first producer of mango, followed by Sinaloa (302,091 ton), Nayarit (252,394 ton), Chiapas (215,008 ton), Michoacán (155,360 ton), Oaxaca (146,029 ton) and Veracruz (118,544 ton). The substantial collaboration in the national production implies that the production of mango has an economic and social importance for Guerrero, since rural producers depend directly on this activity, and suppliers and people who can use the workforce depend on it indirectly. The region with the highest production and surface planted in the state of Guerrero is the Coast (SAGARPA, 2016); 33 % of its surface is covered with the variety Manila, followed by Ataulfo and Haden, and 30 and 16 %, respectively. The presence of mango diseases caused by pathogenic fungi and their impact on the production and quality of fruits has been widely studied by several authors (Ploetz, 2003; Acosta-Ramos *et al.*, 2003; Guillén-Sánchez *et al.*, 2007; Huerta-Palacios *et al.*, 2009; Noriega-Cantú *et al.*, 1999).

rurales e indirectamente proveedores y personas que pueden emplear su mano de obra. La región de mayor producción y superficie sembrada en el estado de Guerrero es la Costa del estado (SAGARPA, 2016); el 33 % de la superficie está cubierta con variedad Manila, seguidas por Ataulfo y Haden, con 30 y 16 %, respectivamente.

La presencia de enfermedades del mango, causadas por hongos fitopatógenos y su impacto en la producción y calidad de los frutos ha sido ampliamente estudiada por varios autores (Ploetz, 2003; Acosta-Ramos *et al.*, 2003; Guillén-Sánchez *et al.*, 2007; Huerta-Palacios *et al.*, 2009; Noriega-Cantú *et al.*, 1999).

Colletotrichum gloesporioides (Penz.) Penz. and Sacc., es el agente causal de la antracnosis del mango y causa graves pérdidas económicas a los productores de este y otros cultivos de regiones tropicales y subtropicales del mundo. Se reporta como un patógeno que afecta hojas, inflorescencias y frutos en las regiones productoras de México, siendo el daño más importante en poscosecha (Ploetz, 2003; Acosta-Ramos *et al.*, 2003). Fitzell y Peak (1984) determinaron que las esporas son la fuente de inóculo más importante en Australia, los cuales se producen sobre ramas terminales, inflorescencias momificadas, brácteas florales y hojas. Bajo condiciones de laboratorio las esporas se producen en un amplio rango de temperatura (10-30 °C) y humedades relativas de 95-97 %. 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 termina la época de lluvias (Benítez-Camilo *et al.*, 2003).

Cladosporium tenuissimum Cooke se reporta como agente causal de la necrosis en flores, pedicelos y frutos pequeños en las panículas inoculadas de mango cv. Haden, este patógeno se reporta por primera vez a lo largo de la costa de los estados de

Colletotrichum gloesporioides (Penz.) Penz. and Sacc. is the causal agent of anthracnose in mango, and it causes severe economic losses to farmers of this and other crops in tropical and subtropical regions of the world. It is reported as a pathogen that affects leaves, inflorescences and fruits in the producing regions in Mexico, with the most important damage in postharvest (Ploetz, 2003; Acosta-Ramos *et al.*, 2003). Fitzell and Peak (1984) determined that spores are the most important source of inoculant in Australia, and are produced on terminal branches, mummified inflorescences, flower bracts, and leaves. Under laboratory conditions, spores are produced in a wide range of temperatures (10-30 °C) and relative humidity of 95-97 %. In the Soconusco, Chiapas, the greatest damage was the blighting of inflorescences in the cv. Ataulfo, which takes place between November and February, after the rainy season has ended (Benítez-Camilo *et al.*, 2003).

Cladosporium tenuissimum Cooke is reported as the causal agent of necrosis in flowers, peduncles and small fruits in the inoculated panicle of cv. Haden mango. This pathogen was reported for the first time along the coast of the states of Guerrero and Michoacán, Mexico. The organs affected were covered with a gray cotton-like mycelium, and a grayish-olive green sporulation. After its identification, the molecular characteristics represented *C. tenuissimum* (Guillén-Sánchez *et al.*, 2007).

Lasiodiplodia theobromae Pat. is reported as the main causal agent of peduncular rotting in Costa Rica, and is considered the second most important disease after anthracnose; the fungus colonizes branch tissues endophytically before the establishment of inflorescences and weeks after flowering, it can reach the fruit's peduncle, despite indications that these infections remain latent until the fruit ripens and the symptoms of the disease begin (González *et al.*, 1999). Acosta-Ramos *et al.* (2003)

Guerrero y Michoacán, México. Los órganos afectados se cubrieron con un micelio algodonoso gris y una esporulación olivácea verde gris. Después de la identificación, las características moleculares representaron a *C. tenuissimum* (Guillén-Sánchez *et al.*, 2007).

Lasiodiplodia theobromae Pat. es reportado como el principal agente causal de la pudrición peduncular en Costa Rica y es considerada como la segunda enfermedad más importante después de la antracnosis; el hongo logra colonizar endófitamente el tejido de ramas antes del establecimiento de las inflorescencias y semanas después de la floración puede alcanzar el pedicelo del fruto, no obstante indican que estas infecciones permanecen latentes hasta que la fruta madura e inician los síntomas de la enfermedad (González *et al.*, 1999). Acosta-Ramos *et al.* (2003) lo reportan como el patógeno que causa la pudrición del pedicelo, una de las principales enfermedades de los frutos de mango en postcosecha en México. Así también, Ali *et al.* (2004), lo reportaron como el agente causal de la declinación o muerte descendente de las ramas, acompañado de abundante exudación de goma rojiza en tallos y ramas, con un bronceado de los tejidos vasculares. El conocimiento de la disponibilidad y dispersión de inóculo de los hongos fitopatógenos, así como de los factores ambientales que favorecen la liberación de esporas es fundamental para determinar los períodos de riesgo de infección y para implementar medidas preventivas de control. El objetivo de este trabajo fue estudiar la fluctuación estacional de esporas de los principales hongos fitopatógenos del mango en Guerrero y su relación con las variables climáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó por un periodo de 14 meses, de la etapa previa a la floración hasta la producción

report it is the pathogen that causes the rotting of the peduncle, one of the main diseases of mango fruit in postharvest in Mexico. Likewise, Ali *et al.* (2004) report it as the causal agent of the declination or descending death of branches, along with an abundant exudation of a reddish sap in stems and branches, with a tanning of vascular tissues. The knowledge of the availability and dispersion of inoculant of pathogenic fungi, as well as of the environmental factors that favor the release of spores is crucial to determine the periods of risk of infection and to implement preventive control measures. The aim of this investigation was to study the seasonal fluctuation of spores of the main pathogenic fungi of mangoes in Guerrero and their relation with weather conditions.

MATERIALS AND METHODS

The work was carried out in a period of 14 months, from the stage before flowering to the summer production and the beginning of the next flowering cycle (October 2011 to December 2012), in a mango orchard (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo, aged eight years, with distances between trees of 7 x 7 m, in San Jerónimo, in the municipality of Benito Juárez, in the Costa Grande region, in Guerrero, (18° 15' 38.3" North and 99° 28' 53" from West, 30 m above sea level), which presents a warm subhumid climate (Aw1) (García, 1988).

Management of the orchard

The orchard was managed as follows: fertigation of N, P, and K, with the formula 120-40-80 fractioned in three applications; biofertilizer, *Rhizophagus irregularis* (= *Glomus intraradices*), and *Azospirillum brasilenses*, 1.3 kg ha⁻¹; dolomite (Ca 53 % y Mg 44 %) 980 kg ha⁻¹; foliar fertilizer,

de verano y el inicio del siguiente ciclo de floración (octubre 2011 a diciembre 2012), en un huerto de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo, de ocho años de edad, con distancias entre árboles de 7x7 m, en la localidad de San Jerónimo, municipio de Benito Juárez, en la Región de la Costa Grande de Guerrero, (18° 15' 38.3" Norte y 99° 28' 53" de Oeste, a 30 m de altitud), que presenta un clima cálido subhúmedo (Aw1) (García, 1988).

Manejo de la huerta

En la huerta se utilizó el siguiente manejo: aplicación en fertirriego de N, P y K, con la fórmula 120-40-80 fraccionado en tres aplicaciones; biofertilizante, *Rhizophagus irregularis* (= *Glomus intraradices*) y *Azospirillum brasilenses*, 1.3 kg ha⁻¹; dolomita (Ca 53 % y Mg 44 %) 980 kg ha⁻¹; fertilizante foliar, 2 L ha⁻¹ de micronutrientes quelatados, con tres aspersiones; manejo periódico de riegos, 6 horas cada tercer día durante noviembre a mayo, por sistema de microaspersión, manteniendo a capacidad de campo el área de goteo del árbol; manejo de plagas y enfermedades con siete aplicaciones de fungicidas e insecticidas químicos.

Dispersión de esporas

Durante un período de 14 meses de estudio se examinó la abundancia de esporas en el aire, a nivel de la copa de los árboles, en la huerta experimental, utilizando una trampa volumétrica tipo Burckard con un registro de 7 días (Gadoury y MacHardy, 1983). La trampa de esporas se colocó en el centro de la parcela experimental, a 2 m de altura en el primer tercio de la copa del árbol. Las esporas fueron impactadas sobre un tambor cilíndrico, cubierto por una cinta transparente donde fueron depositadas, la cinta fue cortada en secciones de 39.5 mm correspondientes a cada período de 24 horas y montada sobre un portaobjetos. El conteo

2 L ha⁻¹ of chelated micronutrients, with three applications; periodical irrigation management, 6 hours every three days between November and May, using a micro spraying system, keeping the tree's drip area within field capacity; management of pests and diseases with seven doses of chemical fungicides and insecticides.

Spreading of spores

In a period of 14 months of study, we examined the abundance of spores in the air, at the treetop level, in the experimental orchard, using a Burckard volumetric trap with a 7-day register (Gadoury and MacHardy, 1983). The spore trap was placed in the center of the experimental field, at a height of 2 m in the first third of the tree canopy. The spores were impacted on a cylindrical drum covered by transparent tape where they were deposited; the tape was cut into 39.5 mm sections that corresponded to each 24-hour period, and placed on a slide. Spores were counted in three transects at a 400x magnification, calculating the average observed per day. At least five spores were observed, another three transects were counted, and the average was calculated to report the concentration of spores accumulated in seven days. The trap was operated on a daily basis during flowering, setting and growth of the fruits.

The weather data were obtained using a Davis Vantage PRO2 weather station, which recorded the variables of temperature, relative humidity, wind speed and dew point. The weather variables were used to calculate the number of hours with relative humidity equal to or higher than 90, 80, 70, and 60 %, cold hours at 20 and 18 °C (HF20 and HF18).

Isolation of fungi

From November to December 2011 and January 2012, five trees were chosen at random,

de esporas fue realizado en tres transectos a 400x de aumento, calculando el promedio observado por día. Cuando menos de cinco esporas fueron observadas, otros tres transectos fueron contados y se calculó el promedio; para reportar la concentración de esporas acumuladas en siete días. La trampa fue operada diariamente durante la floración, amarre y crecimiento de los frutos.

Los datos meteorológicos fueron obtenidos usando una estación meteorológica Davis Vantage PRO2, registrándose las variables temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento y punto de rocío. Con las variables climatológicas se realizaron los cálculos para estimar el número de horas con humedad relativa igual o mayor a 90, 80, 70 y 60 %, horas frío a 20 y 18 °C (HF20 y HF18).

Aislamientos de hongos

De noviembre a diciembre 2011 y enero 2012, se seleccionaron cinco árboles al azar tomando en cuenta el tamaño, edad y apariencia uniforme, en los cuales se seleccionaron cuatro ramas, orientadas en cada punto cardinal, a una altura de 1.0 A 1.8 m, muestreando mensualmente una inflorescencia por rama, con síntomas de atizonamiento, las cuales se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología de la Universidad Autónoma de Guerrero, para el aislamiento de hongos presentes en raquis y pétalos de las inflorescencias afectadas. Los aislamientos fueron realizados sobre cajas Petri conteniendo papa-dextrosa-agar (PDA) y se obtuvieron subcultivos desde los márgenes de las colonias en crecimiento. Se realizaron cultivos monoconidiales por la técnica de rayado en placa de agar. La identificación morfológica de los aislamientos obtenidos se realizó con las claves de Ellis (1971), Barnett y Hunter (1998) y Heuchert *et al.* (2005).

considering size, age, and uniform appearance, from which four branches were chosen, each pointing at a different cardinal point, at a height of 1.0 to 1.8 m, sampling one inflorescence per branch monthly, with symptoms of smutting and which were transferred to the Plant Pathology Lab of the Universidad Autónoma de Guerrero for the isolation of fungi present in rachis and petals of the affected inflorescences. The isolations were carried out over Petri dishes with potato-dextrose-agar (PDA) and subcultures were obtained from the edges of the cultures in growth. Monoconidial cultures were carried out using the streak agar plate technique. Morphometric identification of obtained isolates was carried out by using the codes by Ellis (1971), Barnett and Hunter (1998), and Heuchert *et al.* (2005).

Statistical analysis

Descriptive statistics were used to analyze the fluctuation of the weekly spore population. Correlation analyses (Pearson) were carried out between the density of the spores and the environmental variables, using the program SAS version 9.3 for Windows (SAS Institute 2010).

RESULTS

In the trees of the experimental plot there were 6 flowering stages, which appeared in the period between late November and early February. Fruit setting was recorded between December 2012 and February 2013 and the fruit was harvested in March-April.

Análisis estadístico

Se usaron estadísticas descriptivas para el análisis de fluctuación de las poblaciones de esporas semanales. Se realizaron análisis de correlación (Pearson) entre la densidad de esporas y las variables ambientales, utilizando el programa SAS versión 9.3 para Windows (SAS institute 2010).

RESULTADOS

En los árboles de la parcela experimental se tuvieron 6 flujos de floración, los cuales se presentaron en el periodo de finales de noviembre hasta principios de febrero. El amarre de frutos se registró desde diciembre 2012 hasta febrero 2013 y la cosecha de la fruta se efectuó en marzo-abril.

Dispersión de esporas

La Figura 1 muestra la fluctuación de esporas totales capturadas, donde se observa la presencia de esporas durante casi todo el ciclo, de floración, cosecha y crecimiento vegetativo, con una clara variación mensual. Al final de la etapa de crecimiento vegetativo de verano, en prefloración, se registró la más alta población con 1,844 esporas durante septiembre y octubre. En la etapa de floración y crecimiento de frutos, la mayor captura se presentó en la tercera semana de abril con 1,139 esporas, seguida por la tercera y segunda semana de enero y noviembre con 648 y 531 esporas respectivamente. Las más bajas poblaciones ocurrieron en mayo, junio, julio y agosto, cuando se presenta el crecimiento vegetativo de verano y gran parte del periodo de lluvias.

También se muestra la dispersión de esporas de *Colletotrichum* sp., *Cladosporium* sp. y *Lasiodiplodia* sp. Las esporas de *Colletotrichum* sp. y

Dispersion of spores

Figure 1 shows the total fluctuation of spores captured, where we can notice the presence of spores throughout almost all the cycle of flowering, harvest, and vegetative growth, with a clear monthly variation. At the end of the stage of vegetative growth, in preflowering, the highest population was recorded, with 1,844 spores in September and October. In the stage of flowering and fruit growth, the highest capture took place in the third week of April with 1,139 spores, followed by the third and second weeks of January and November with 648 and 531 spores, respectively. The lowest populations were found in May, June, July, and August, when the vegetative growth of summer and most of the rainy season takes place. Also shown are the spore dispersions of *Colletotrichum* sp., *Cladosporium* sp., and *Lasiodiplodia* sp. The *Colletotrichum* sp. and *Cladosporium* sp. Spores have similar dispersions during the planting cycle, although *Cladosporium* sp. displayed a greater amount of spores caught. The highest peaks of both fungi appeared in September, October, April, and early June; practically since preflowering, the beginning of flowering until the end of the fruit harvest. In the case of *Lasiodiplodia* sp., the greatest spore populations appeared in September, October, and April, in preflowering, at the end of the fruit setting period and in the middle of the period of harvesting. These greater populations of spores from three fungi corresponds to the lowest temperatures in the dew point of 23.7, 23.7, 20.1, 18.2, and 23.1 °C corresponding to September, October, January, April, and June, where the existing water vapor begins to condense upon reaching these temperatures to form dew or fog. These increases also coincide with the humidity values above 75 % (Figure 2), excellent conditions for the formation and the release of spores.

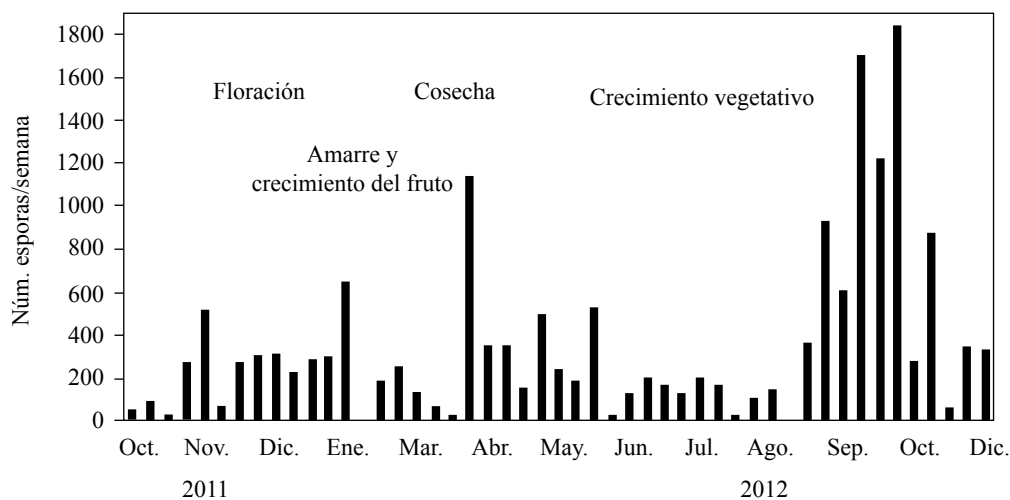


Figura 1. Captura de esporas totales durante octubre 2011 a diciembre 2012, en la huerta de mango Aaulfo, San Jerónimo, Municipio Benito Juárez. Guerrero, México.
Figure 1. Total capture of spores from October 2011 to December 2012, in the Aaulfo mango orchard, San Jerónimo, Municipality of Benito Juárez. Guerrero, Mexico.

Cladosporium sp., tienen dispersiones similares durante el ciclo del cultivo, no obstante, *Cladosporium* sp. mostró mayores cantidades de esporas atrapadas. Los picos más altos de ambos hongos se presentaron en septiembre, octubre, enero, abril y principios de junio; prácticamente desde prefloración, inicio de la floración hasta finales de la cosecha de fruta. En el caso de *Lasiodiplodia* sp., las mayores poblaciones de esporas se presentaron en septiembre, octubre y abril, en prefloración, al final del periodo de amarre de fruta y a mediados del periodo de cosecha. Estas mayores poblaciones de esporas de los tres hongos, corresponde a las temperaturas más bajas de punto de rocío de 23.7, 23.7, 20.1, 18.2 y 23.1 °C correspondientes a septiembre, octubre, enero, abril y junio, en donde el vapor de agua existente comienza a condensarse al alcanzar estas temperaturas, para la formación de rocío o niebla. Estos incrementos también coinciden con los valores arriba del 75 % de humedad (Figura 2). Condiciones excelentes para la formación y liberación de esporas.

The highest spore populations were found in the genus *Cladosporium* with 1,533 spores/week in October, which coincided with the period for *Colletotrichum* with 160 spores/week. On the other hand, the highest concentration for *Lasiodiplodia* was observed in September, with 92 spores/week. In these months, the phenological state of mango is preflowering.

The correlation analysis was applied considering the quantification of *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Lasiodiplodia* spores, total spores, and the weather parameters reported on the same evaluation period. The correlation coefficient was significant in three weather variables (Table 1). The weather variables that best explain the fluctuation of spores were relative humidity, the dew point and the rainfall present during the weeks of spore sampling. The weather parameter with a high correlation was relative humidity, for the fungus *Colletotrichum* ($\alpha \leq 0.011$), followed by *Lasiodiplodia* ($\alpha \leq 0.009$), and total spores ($\alpha \leq 0.035$). The dew point was positively correlated with *Colletotrichum*

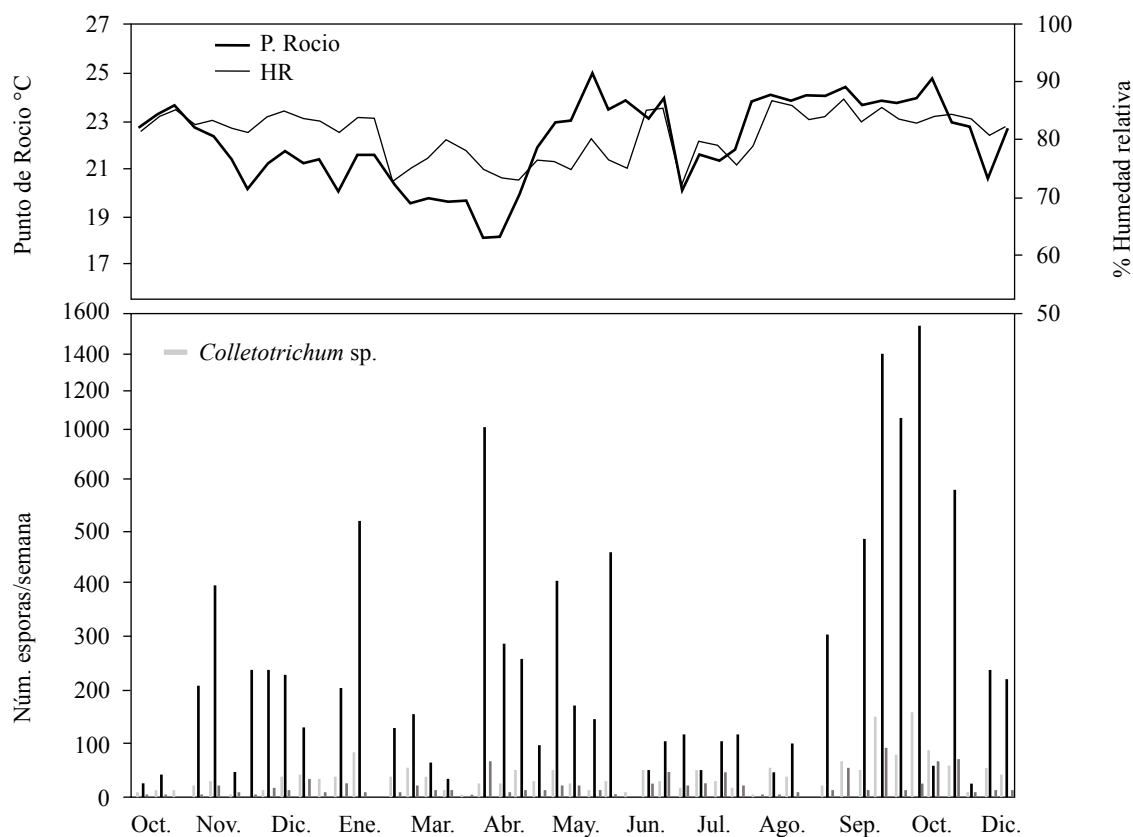


Figura 2. Dispersión de esporas de *Colletotrichum sp.*, *Cladosporium sp.*, *Lasiodiplodia sp.*, temperatura de punto de rocío y humedad relativa durante octubre 2011 a diciembre 2012, en la huerta de mango Ataulfo. San Jerónimo Mpio. Benito Juárez, Guerrero, México.

Figure 2. Dispersion of *Colletotrichum sp.*, *Cladosporium sp.*, *Lasiodiplodia sp.* spores, temperature of dew point and relative humidity from October 2011 to December 2012, in the Ataulfo mango orchard. San Jerónimo, Municipality of Benito Juárez, Guerrero, Mexico.

Las mayores poblaciones de esporas fueron del género *Cladosporium* con 1,533 esporas/semana en octubre, lo cual coincidió en el mismo periodo con *Colletotrichum* con 160 esporas/semana. En cambio, *Lasiodiplodia* su mayor concentración se presentó en septiembre con 92 esporas/semana. En estas fechas el estado fenológico del mango es en prefloración.

El análisis de correlación fue aplicado tomando en cuenta la cuantificación de esporas de *Colletotrichum*, *Cladosporium*, *Lasiodiplodia*, esporas totales y los parámetros climatológicos reportados sobre ese mismo periodo de evaluación. El coeficiente

($\alpha \leq 0.008$) and total spores ($\alpha \leq 0.059$). Rainfall took place between May and October 2012 and the rate of rainfall was calculated by measuring the interval of time between each increase in precipitation; this variable showed a positive correlation with the populations of *Colletotrichum* ($\alpha \leq 0.002$) and *Lasiodiplodia* ($\alpha \leq 0.031$).

Isolation of inflorescences. The fungi *Colletotrichum sp.* and *Lasiodiplodia sp.* showed the highest frequency of 51 and 19 % in rachis respectively and 58 and 16 % in petals for both fungi. Meanwhile, *Cladosporium sp.* assumed a low

de correlación fue significativo en tres variables climatológicas (Cuadro 1). Las variables de clima que mejor explican la fluctuación de esporas fueron la humedad relativa, el punto de rocío y la tasa de lluvia presente durante las semanas de muestreo de las esporas. El parámetro climatológico con alta correlación fue humedad relativa, para el hongo *Colletotrichum* ($\alpha \leq 0.011$), seguido por *Lasiodiplodia* ($\alpha \leq 0.009$) y esporas totales ($\alpha \leq 0.035$). El punto de rocío fue correlacionado positivamente con *Colletotrichum* ($\alpha \leq 0.008$) y esporas totales ($\alpha \leq 0.059$). Las lluvias se presentaron desde mayo a octubre en 2012 y se calculó la tasa de lluvia, midiendo el intervalo de tiempo entre cada incremento de las precipitaciones, esta variable mostró una correlación positiva con las poblaciones de *Colletotrichum* ($\alpha \leq 0.002$) y *Lasiodiplodia* ($\alpha \leq 0.031$).

frequency of isolation in the rachis of 3 % and was not isolated from the petals. *Colletotrichum* sp. had an average isolation of 54.7 %, *Lasiodiplodia* sp., of 17.2 %, and *Cladosporium* sp., of 1.4 % per inflorescence (Table 2). The isolations were identified morphometrically; the *Colletotrichum* conidia were straight, cylindrical, with an obtuse apex and a truncated base; average size was 13.2 x 4.2 μm , which corresponded to the values indicated by Sutton (1992) for *Colletotrichum gloeosporioides*. In the case of *Lasiodiplodia* conidia, average size was 22.82 x 11.06 μm , located in the range indicated by Punithalingam (1976) for *Lasiodiplodia theobromae*. The measurement of *Cladosporium* conidia was carried out in digital images taken from a scanning electron microscope (Jeol® model 5800 LV), measuring, on average,

Cuadro 1. Análisis de correlación entre la concentración de esporas y los factores meteorológicos, aplicando la prueba de Pearson. Ciclo 2011-12. San Jerónimo Municipio Benito Juárez, Guerrero, México.

Table 1. Analysis of correlation between the concentration of spores and weather factors, applying Pearson's correlation coefficient. Cycle 2011-12. San Jerónimo, Municipality of Benito Juárez, Guerrero, Mexico.

Tipo de espora	Humedad Relativa	Punto de Rocío	Tasa de Lluvia
<i>Colletotrichum</i> sp.	0.397*	0.408	0.458
	0.011**	0.008	0.002
	40***	40	40
<i>Cladosporium</i> sp.	0.292	0.264	0.150
	0.066	0.099	0.353
	40	40	40
<i>Lasiodiplodia</i> sp.	0.406	0.280	0.340
	0.009	0.079	0.031
	40	40	40
Esporas Totales	0.333	0.300	0.213
	0.035	0.059	0.186
	40	40	40

*Coeficiente de correlación; **nivel de significancia; ***número de observaciones en el análisis de correlación / *Correlation coefficient; **level of significance; ***number of observations in the analysis of correlation.

Aislamientos de inflorescencias

Los hongos *Colletotrichum* sp. y *Lasiodiplodia* sp. mostraron la más alta frecuencia de 51 y 19 % en raquis respectivamente y 58 y 16 % en pétalos para ambos hongos. Mientras que *Cladosporium* sp. asumió una baja frecuencia de aislamiento en los raquis de 3 % y no se aisló de los pétalos. *Colletotrichum* sp. tuvo un promedio de aislamiento de 54.7 %, *Lasiodiplodia* sp. de 17.2 % y *Cladosporium* sp. de 1.4 % por inflorescencia (Cuadro 2). Los aislamientos fueron identificados morfométricamente, los conidios de *Colletotrichum* fueron rectos, cilíndricos, con ápice obtuso y base truncada; el tamaño promedio fue 13.2 x 4.2 µm, que corresponden a los valores indicados por Sutton (1992) para *Colletotrichum gloesporioides*. En el caso de conidios de *Lasiodiplodia* el tamaño promedio fue 22.82 x 11.06 µm, ubicado en el rango indicado por Punithalingam (1976) para *Lasiodiplodia theobromae*. La medición de conidios de *Cladosporium* se realizó en imágenes digitales de microscopio electrónico de barrido (Jeol® modelo 5800 LV), midiendo en promedio 4.8 x 1.78 µm, con variación de 1.5 - 1.6 x 0.28 - 0.62 µm. Estos valores indican una variación reducida, pero son 1.05 y 1.15 µm menos al tamaño de esporas reportado por Guillén-Sánchez *et al.* (2007) para *Cladosporium tenuissimum*, que hicieron mediciones en fotomicroscopio y por tanto con diferente

4.8 x 1.78 µm, with a variation of 1.5 - 1.6 x 0.28 - 0.62 µm. These values indicate a reduced variation, but they are 1.05 and 1.15 µm less than the size of spores reported by Guillén-Sánchez *et al.* (2007) for *Cladosporium tenuissimum*, who carried out measurements in a photomicroscope, and therefore with a different treatment to the study material, which explains the numerical differences recorded.

DISCUSSION

Mango anthracnose, the causal agents of which are *C. gloesporioides* (Morales and Rodriguez, 2009) and *C. acutatum* (Rivera-Vargas *et al.*, 2006), constitutes one of the most important diseases worldwide, since it affects both vegetative and reproductive organs, and it causes important post-harvest losses by causing rotting in the fruits (Acosta-Ramos *et al.*, 2003; Ploetz, 2003; Benítez-Camilo *et al.*, 2003). In an epidemiological study, Huerta *et al.* 2009 made similar observations with *Colletotrichum gloesporioides*; they reported that the greatest increase in anthracnose took place between December and April, when the minimum temperature at dew point (TminPR) as between 21 and 24 °C, which propitiate the condensation of water on leaves, flowers, and fruits, favoring the infection and dispersion by spore's drag (tearing symptom) and spattering. This study

Cuadro 2. Frecuencia de hongos en inflorescencias atizonadas de mango Ataulfo de la localidad de San Jerónimo Municipio Benito Juárez, Guerrero, México, Ciclo 2011-12.

Table 2. Frequency of fungi in Ataulfo mango smutted inflorescences in San Jerónimo, Municipality of Benito Juárez, Guerrero, Mexico, Cycle 2011-12.

Tipo de espora	Frecuencia (%) aislamientos de Raquis	Frecuencia (%) aislamientos de Pétalos	Frecuencia (%) aislamientos de inflorescencia
<i>Colletotrichum</i> sp.	51	58	54.7
<i>Lasiodiplodia</i> sp.	19	16	17.2
<i>Cladosporium</i> sp.	3	0	1.4

tratamiento al material de estudio, lo cual explica las diferencias numéricas registradas.

DISCUSIÓN

La antracnosis del mango cuyo agente causal es *C. gloeosporioides* (Morales and Rodriguez, 2009) y *C. acutatum* (Rivera-Vargas *et al.*, 2006), constituye una de las más importantes enfermedades a nivel mundial debido a que afecta tanto órganos vegetativos como reproductivos y ocasiona importantes pérdidas postcosecha al causar pudriciones en los frutos (Acosta-Ramos *et al.*, 2003; Ploetz, 2003; Benítez-Camilo *et al.*, 2003). En un estudio epidemiológico Huerta *et al.* 2009 realizaron observaciones similares, con *Colletotrichum gloeosporioides* quienes reportaron que el mayor incremento de la antracnosis se presentó de diciembre a abril, cuando los valores de temperatura mínima de punto de rocío (TminPR) fue entre 21 a 24 °C, las que propiciaron la condensación de agua sobre hojas, flores y frutos, favoreciendo la infección y dispersión por arrastre de esporas (síntoma de la-grimeo) y salpique. En este estudio se encontró que los valores de temperatura de punto de rocío fueron entre 18.2 y 23.7 °C, correspondientes a los meses de septiembre, octubre, enero, abril y junio; en estas fechas, el estado fenológico es de prefloración, emisión de flores, amarre de frutos hasta la cosecha. Este rango más amplio de temperaturas de punto de rocío observado puede estar relacionado con los requerimientos específicos de temperatura de germinación de esporas y formación de apresorios de *C. gloeosporioides* de mango de diferentes localidades (Dodd *et al.*, 1991; Arauz, 2000).

Recientemente se reportó a *Cladosporium tenuissimum* como patógeno en mango (Guillén-Sánchez *et al.*, 2007), en un estudio en el cv. Haden en el estado de Guerrero y Michoacán, quienes

found that the dew point temperature values were between 18.2 and 23.7 °C, recorded in September, October, January, April, and June; in these months, the phenological state is preflowering, flower blossoming, fruit setting until harvest. This wider dew point temperature range observed can be related to the specific temperature requirements for spore germination and formation of *C. gloeosporioides* appressoria in mango in different locations (Dodd *et al.*, 1991; Arauz, 2000).

Cladosporium tenuissimum was recently reported as a mango pathogen (Guillén-Sánchez *et al.*, 2007), in a study on the cv. Haden in the states of Guerrero and Michoacán, showing that *C. tenuissimum* caused necrosis in flowers, peduncle and small fruits in the inoculated panicles. They also reported that the affected organs are covered with a cottony grey mycelium and a grayish-olive green sporulation. The organs were susceptible from flowering until fruition. This report indicates the presence of the same causal agent in mango cv. Ataulfo, causing similar damages to those recorded in cv. Haden. Until recently, *Cladosporium* sp. was only pointed out to be an opportunistic and endophytic fungus, and an important contaminant of environments and cultivation media (Morales *et al.*, 2009). However, there are reports on the fluctuation of spores and their relation with the environment, up to this paper, where a similar dispersal was found between *Cladosporium* sp. and *Colletotrichum* sp.; their spore populations increase when the dew point temperature was between 18.2 and 23.7 °C, causing the saturation of humidity in the air, forming dew and/or fog on the surface of the tree, favoring the infection and dispersal of spores from both fungi in the preflowering and flowering stages, up to the harvest of the fruit.

The results of the isolations in smutted inflorescences (rachis and petals) indicate the presence of well-known mango pathogenic fungi

demonstraron que *C. tenuissimum* causó necrosis en las flores, pedicelos y frutos pequeños en las panículas inoculadas. También reportaron que los órganos afectados se cubren con un micelio algodonoso gris y una esporulación olivácea verde gris. Los órganos fueron susceptibles desde la floración hasta la fructificación. Este reporte indica la presencia del mismo agente causal en mango cv. Ataulfo, causando daños semejantes con los registrados en el cv. Haden. Anteriormente solo se indicaba a *Cladosporium* sp. como un hongo oportunista, endófito y un importante contaminante de ambientes y medios de cultivo (Morales *et al.*, 2009). No obstante, no se tienen reportes sobre la fluctuación de esporas y su relación con el medio ambiente, hasta lo reportado en este trabajo, donde se encontró una dispersión similar entre *Cladosporium* sp. y *Colletotrichum* sp., sus poblaciones de esporas se incrementan cuando la temperatura de punto de rocío fue entre 18.2 y 23.7 °C lo que provoca la saturación de humedad en el aire, formando el rocío y/o neblina sobre la superficie del árbol y se favorece la infección y dispersión de las esporas de ambos hongos, durante la etapa de prefloración, floración hasta la cosecha de la fruta.

Los resultados de los aislamientos en inflorescencias atizonadas (raquis y pétalos) indican la presencia de reconocidos hongos fitopatógenos del mango: *C. gloesporioides*, y *L. theobromae* (Fitzell y Peak 1984; Arauz, 2000; Ploetz, 2003; González *et al.*, 1999). En cambio, la baja frecuencia de aislamientos de *C. tenuissimum* podría indicar que no hubo colonización en pétalos y/o una distribución heterogénea del hongo en el tejido, pero también puede ser efecto residual de las aplicaciones de fungicidas y la posible presencia de otros microorganismos que interfieran sobre los aislamientos. En este trabajo se confirma la colonización de *C. gloesporioides*, y *L. theobromae* como una importante fuente para el desarrollo del atizonamiento de

C. gloesporioides and *L. theobromae* (Fitzell and Peak 1984; Arauz, 2000; Ploetz, 2003; González *et al.*, 1999). On the other hand, the low frequency of *C. tenuissimum* isolations may indicate that there was no colonization in petals and/or a heterogenous distribution of the fungus in the tissue, but it may also be a residual effect of the applications of fungicides and the possible presence of other microorganisms that interfere with the isolations. This work confirms the colonization of *C. gloesporioides* and *L. theobromae* as an important source for the development of the smut of the inflorescence and scarce fruit setting per inflorescence.

Anthraxnose heavily damages the mango value chain in Mexico, reducing its productivity up to 90 %, and consequently, important economic losses for farmers (Espinosa *et al.*, 2004). In addition, for its control, excessive contact and systemic fungicides are used. One proposal is of an integrated management with eight applications, starting with two applications in vegetative growth and the rest, during flowering and fruit growth (Acosta-Ramos *et al.*, 2003). Another proposal is a program called "INIFAP", in which they propose the use of 4 to 6 fungicide applications, from the beginning of flowering up to the first stages of fruit development (Espinosa *et al.*, 2004). Knowing the stages of greater vulnerability to fungal attacks on mango trees will help adjust fungicide applications, reducing the negative impacts on the field workers, consumers and the environment.

CONCLUSIONS

Spore dispersal in the Ataulfo mango orchard had two important increases in the months corresponding to the final stage of vegetative growth and preflowering. The other increase in spores took place in flowering, fruit setting and

la inflorescencia y escaso amarre de frutos por inflorescencia.

La antracnosis provoca fuertes daños a la cadena de valor de mango en México, disminuyendo su productividad hasta 90 % y por consecuencia fuertes pérdidas económicas de los productores (Espinosa *et al.*, 2004). Adicionalmente para su control se usan excesivas aplicaciones de fungicidas de contacto y sistémicos. Una propuesta de un manejo integrado con ocho aplicaciones, iniciando dos aplicaciones en crecimiento vegetativo y el resto durante la floración y crecimiento de la fruta (Acosta-Ramos *et al.*, 2003). Otra propuesta es un programa denominado "INIFAP", donde proponen usar de 4 a 6 aspersiones de fungicidas, desde el inicio de la floración, hasta los primeros estados de desarrollo de frutos (Espinosa *et al.*, 2004). El conocimiento de las etapas de mayor vulnerabilidad al ataque de hongos en árboles de mango, permitirá un ajuste de las aplicaciones de fungicidas, disminuyendo los impactos negativos en los trabajadores de campo, de los consumidores y el medio ambiente.

CONCLUSIONES

La dispersión de esporas en la huerta de mango Ataulfo tuvo dos importantes incrementos en los meses que corresponde a la etapa final de crecimiento vegetativo y prefloración. El otro incremento de esporas se presentó en floración, amarre y crecimiento de frutos, traslapado con el periodo de cosecha.

Las esporas de *Colletotrichum* sp., *Cladosporium* sp. y *Lasiodiplodia* sp. tuvieron una alta concentración de septiembre a junio, durante la etapa de prefloración, floración, hasta cosecha de la fruta.

La concentración de esporas de *Colletotrichum* sp., estuvo correlacionada positivamente y significativamente con punto de rocío, humedad relativa

growth, overlapped with the harvesting period.

Colletotrichum sp., *Cladosporium* sp., and *Lasiodiplodia* sp. spores had a high concentration between September and June, during the stages of preflowering, flowering, and up to fruit harvest.

The concentration of *Colletotrichum* sp. spores was positively and significantly correlated with dew point, relative humidity and rate of rainfall. Total spores were correlated with relative humidity and dew point.

Colletotrichum sp. and *Lasiodiplodia* sp. occurred as the main fungi in inflorescences with symptoms of smutting.

ACKNOWLEDGMENTS

To the Foundation Produce de Guerrero A.C. for the funding of the projects "Management of anthracnose in mango in the Costa Grande Region" and "Technological validation of the management of anthracnose in mango in the potential regions of the state of Guerrero" in the 2011-13 announcement.

~~~~~ End of the English version ~~~~~

y la tasa de lluvia. Esporas totales fueron correlacionadas con humedad relativa y punto de rocío.

*Colletotrichum* sp., y *Lasiodiplodia* sp. ocurrieron como los principales hongos de inflorescencias con síntomas de atizonamientos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce de Guerrero A.C. por el financiamiento de los proyectos "Manejo de la antracnosis en mango en la región de la Costa Grande" y "Validación tecnológica del manejo de la antracnosis en mango en las regiones potenciales del estado de Guerrero" en la Convocatoria 2011-13.

## LITERATURA CITADA

- Arauz, L.F. 2000. Mango Anthracnose: Economic impact and current options for integrated management. *Plant Disease* 84: 600-611. DOI D-2000-0328-01F
- Acosta-Ramos M., Noriega-Cantú D.H., Nieto-Angel D., 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. Disponible en línea <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221107>
- Ali K.M., Mubeen L.A. and Shahzad S. 2004. Pathogenicity of *Lasiodiplodia theobromae* and *Fusarium solani* on mango. *Pakistan Journal Botanical* 36: 181-189. Disponible en línea [https://www.researchgate.net/profile/Saleem\\_Shahzad/publication/266069789\\_Pathogenicity\\_of\\_Lasiodiplodia\\_theobromae\\_and\\_Fusarium\\_solani\\_on\\_mango/links/543d23540cf2c432f742531c.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Saleem_Shahzad/publication/266069789_Pathogenicity_of_Lasiodiplodia_theobromae_and_Fusarium_solani_on_mango/links/543d23540cf2c432f742531c.pdf)
- Benítez-Camilo, F.A., Huerta-Palacios, G., Holguín-Meléndez, 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. Disponible en línea <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221218>
- Dodd, J.C.; Estrada, A.B.; Matcham, J.; Jeffries, P.; 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. DOI: 10.1111/j.1365-3059.1991.tb02421.x
- Espinosa, A. J., Arias S. J. F., Rico P. H. R., Miranda S. M. y Chávez C. X. 2004. Dinámica de daño y control de la antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) en mango en Michoacán. Folleto Técnico No. 2. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Apatzingán, Apatzingán Michoacán, México. 21 p. Disponible en línea [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1258/Dinamica\\_da%c3%b1o\\_1258.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1258/Dinamica_da%c3%b1o_1258.pdf?sequence=1)
- FAO 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT [www.faostat3.org](http://www.faostat3.org), (consulta, marzo 2016)
- Fitzell R.D. and Peak C.M. 1984. The epidemiology of anthracnose disease of mango: inoculum sources, spore production and dispersal. *Annals of Applied Biology* 104: 53-59. DOI: 10.1111/j.1744-7348.1984.tb05586
- Gadoury, D. M., and MacHardy, W. E. 1983. A 7-day recording volumetric spore trap. *Phytopathology* 73:1526-1531. Disponible en línea [http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1983Abstracts/Phyto73\\_1526.htm](http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1983Abstracts/Phyto73_1526.htm)
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México. Offset Larios, 217 p.
- González E., Umaña G., Arauz L.F. 1999. Fluctuación poblacional de *Botryodiplodia theobromae* Pat. en mango. *Agronomía Costarricense* 23: 21-29. Disponible en línea [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v23n01\\_021.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v23n01_021.pdf)
- Guillén-Sánchez D., Yañez-Morales Ma. de J., Téliz-Ortiz D., Siebe-Grabach C. Bautista-Baños S. 2007. Morphological and molecular characterization of *Cladosporium tenuissimum* Cooke (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on mango tree panicles: symptoms, pathogenicity and severity of the fungus. *Fruits* 62: 361-368. doi: 10.1051/fruits:2007032
- Huerta-Palacios G., Holguín-Meléndez F, Benítez-Camilo F.A., 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. Disponible en línea <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61212195002>
- Morales G. J.L., Rodríguez G. M. del P., Azpiroz R.H.S. y Pedraza S.M.E. 2009. Temperatura base *in vitro* de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz aislado de frutos de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en Michoacán, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 9: 414-420. Disponible en línea <http://udoagricola.udo.edu.ve/V9N2UDOAg/V9N2TabladeContenido.pdf>
- Morales R. V. y Rodríguez G. M. 2009. Micobiota endofítica asociada al cultivo del mango 'Haden' (*Mangifera indica* L.) en el oriente de Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 9: 393-402. Disponible en línea <http://udoagricola.udo.edu.ve/V9N2UDOAg/V9N2TabladeContenido.pdf>
- Noriega-Cantú, D.H., Téliz-Ortiz, D., Mora-Aguilera, G., Rodríguez-Alcazar, J., Zavaleta-Mejía, E., Otero-Colinas, G., and Campbell, C.L. 1999. Epidemiology of mango malformation in Guerrero, Mexico, with traditional and integrated management. *Plant Disease* 83:223-228. <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.1999.83.3.223>
- Ploetz, R.C. 2003. Diseases of Mango. Pp. 327-363. In: Ploetz R.C. (ed.) *Diseases of Tropical Fruit Crops*. CABI Publishing. Wallingford, UK. 544 p. <http://dx.doi.org/10.1079/9780851993904.0327>
- Punithalingam, E. 1976. *Botryodiplodia theobromae*. CMI description of pathogenic fungi and bacteria. No. 519. Commonwealth Mycological Institute. Kew, Surrey, England. doi:10.1007/BF01795180
- Rivera-Vargas, L.I, Lugo-Noel, Y., McGovern, R.J., Seiji, T., and Davis, M.J. 2006. Occurrence and distribution of *Colletotrichum* spp. on mango (*Mangifera indica* L.) in Puerto Rico and Florida, USA. *Plant Pathology Journal* 5:191-198 <http://dx.doi.org/10.3923/ppj.2006.191.198>
- SAGARPA 2016. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. [www.infosiap.siap.gob.mx](http://www.infosiap.siap.gob.mx) (consulta, marzo 2016)
- SAS Institute 2010. User's Guide: Statistics, version 9.3, SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Sutton, B.C. 1992. The Genus *Glomerella* and its Anamorph *Colletotrichum*. Pp. 1-26. In: Bailey, J.A & M.J. Jeger (eds). *Colletotrichum: Biology, Pathology and Control*. CAB International, UK, 389 p.