



Malformación del mango, una amenaza para el cultivo en Michoacán

*Sylvia Patricia Fernández-Pavía¹, Gerardo Rodríguez-Alvarado¹,
Juan Carlos Álvarez-Hernández¹ y Mónica Ochoa García²*

¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH.
²Escuela de Ciencias Agropecuarias, UMSNH.

Resumen

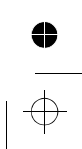
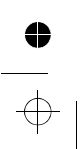
La “escoba de bruja” o malformación, es la enfermedad más importante del mango en el ámbito mundial. Existen numerosos estudios sobre esta enfermedad, pero aún se desconocen aspectos sobre el ciclo de la enfermedad, epidemiología y formas eficientes de control. En Michoacán, la malformación del mango es el principal factor limitante, lo que ha ocasionado que un número creciente de agricultores remueva sus huertas por ser improductivas. En esta revisión se presenta información sobre sintomatología, etiología y control de la “escoba de bruja” del mango.

Palabras clave: Malformación vegetativa, malformación floral, *Fusarium mangiferae*.

Abstract

Malformation is the most important disease of mango worldwide. Although there are numerous reports on this disease, many aspects of the disease cycle, epidemiology, and efficient control measures are still unknown. In Michoacán, mango malformation is the most important limiting factor for this crop, forcing an increasing number of growers to remove their orchards because of the low yields obtained. This review presents information on symptoms, etiology and control of mango malformation.

Keywords: Vegetative malformation, floral malformation, *Fusarium mangiferae*





Introducción

Mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los cultivos frutícolas de mayor importancia en México. En el ámbito mundial, la India ocupó el primer lugar en superficie cosechada con 1,600,000 hectáreas, seguido por China con 433,600, Tailandia con 285,000, Indonesia con 273,000, y México en quinto lugar con 173,837 hectáreas, durante el 2005 (FAO, 2005). En cuanto a producción de fruto en el mismo periodo, la India produjo 10,800,000 toneladas, China 3,673,000, Tailandia 1,800,000, Pakistán 1,673,900 y México 1,503,010 toneladas (FAO, 2005).

En la República Mexicana, el estado de Guerrero ocupó el primer lugar con 22,039 hectáreas de superficie cosechada, seguido por Sinaloa con 21,327 y Michoacán en tercer lugar con 21,325 hectáreas durante el año 2005. En cuanto a producción de fruto, Guerrero ocupó el primer lugar con 312,498 toneladas, Michoacán con 126,934 y Sinaloa con 117,873 toneladas. En Michoacán el rendimiento promedio es de 5.9 toneladas por hectárea y el valor de la producción para el año 2005 fue de \$493, 900,194 (SAGARPA, 2005).

Se estima que el 60 % de la producción nacional de mango se destina para el consumo como fruta fresca en el país, del 3 al 5 % se industrializa, del 5 al 7% se exporta y el resto de la producción se pierde por problemas de poscosecha (Chávez, 1994).

La enfermedad malformación o “escoba de bruja” del mango ocurre en la mayoría de las regiones productoras de mango en el mundo; hay reportes de su presencia en Israel, Estados Unidos, en los países de América Central, Brasil, Sudáfrica, Pakistán, India y países del Medio Oriente (Kumar y Beniwal, 1992). Se considera que ésta es la enfermedad más importante del mango en el ámbito mundial (Kumar y col., 1993). Esta enfermedad es considerada como el factor limitante fitosanitario más importante del cultivo del mango en Michoacán, ya que ocasiona reducciones de la producción de entre el 40 al 50 % (Vega y Miranda, 1993). Vega (1994) reportó malformación en mango en los municipios de Apatzingán, Buenavista, Gabriel Zamora, Mújica, Nuevo Urecho, Parácuaro y Tepalcatepec, y detectó una mayor incidencia en Parácuaro. Se ha reportado también la presencia de esta enfermedad en los municipios de Lázaro Cárdenas, Nueva Italia y Taretan (Vega y col., 2005; Rodríguez-Alvarado y col., 2006b).

Sintomatología de la enfermedad

La enfermedad se caracteriza por presentar malformación vegetativa y/o malformación floral (Kumar y Beniwal, 1987).

Malformación vegetativa

La malformación vegetativa se presenta en plántulas y en árboles maduros. Los síntomas en las plántulas aparecen cuando éstas tienen cinco o más meses de edad. Inicialmente, las yemas vegetativas de las axilas de las hojas o del brote apical de la plántula



Malformación del mango, una amenaza...

afectada se hinchan y se pierde la dominancia apical, lo cual resulta en la activación de numerosas yemas. Estas yemas producen hojas muy pequeñas y rudimentarias, con una región reducida entre cada nudo. Las hojas pequeñas se amontonan evitando que se distingan los brotes de sus ramas. Este crecimiento anormal le da una apariencia arbustiva a la malformación vegetativa.

En otros casos, los brotes deformes que emergen de las yemas axilares hinchadas tienen a su vez ramificaciones secundarias las cuales presentan hojas pequeñas y rudimentarias en los entrenudos; a esta sintomatología se le llamó inicialmente “escoba de bruja” (“witch’s broom”) (Kumar y Beniwal, 1992; Kumar y col., 1993).

Las plántulas muy jóvenes que desarrollan síntomas de malformación en el ápice, permanecen pequeñas y mueren. Las plántulas maduras que son afectadas pueden desarrollarse normalmente en las partes de la planta localizadas arriba del área afectada con la malformación. En los casos en que la infección aparece como una malformación localizada en la axila de una hoja, si la malformación es removida la plántula puede continuar creciendo normalmente. En los casos en que la infección es sistémica, los síntomas vuelven a aparecer en diferentes partes de la plántula, aún después de remover los tejidos malformados (Kumar y Beniwal, 1992; Kumar y col., 1993).

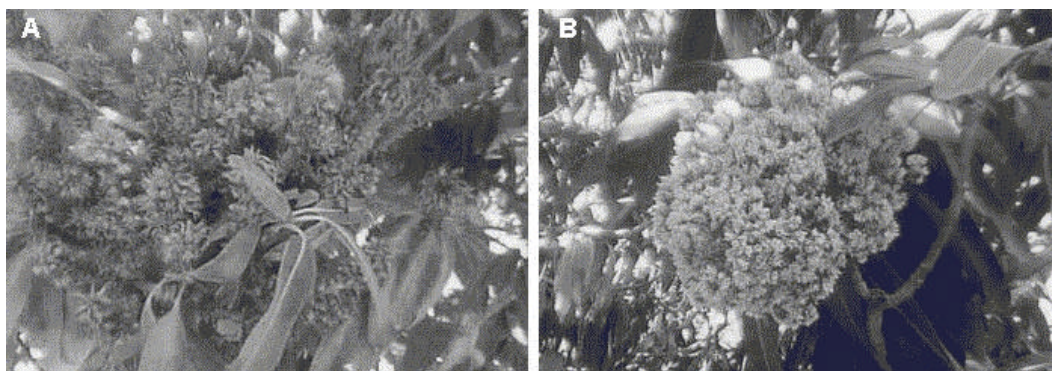


Figura 1. Síntomas de la enfermedad “escoba de bruja” o malformación vegetativa (A) y malformación floral (B) causada por *Fusarium spp.* en árboles de mango. Estos síntomas se observan en árboles enfermos en huertas de mango en Michoacán.

En los árboles de mango infectados las yemas axilares se hinchan y producen brotes pequeños con muchas hojas deformes y pequeñas, lo que le da una apariencia arbustiva y compacta a la deformación (Fig. 1A). Estos brotes malformados normalmente se secan y permanecen unidos a las ramas como masas secas de tejido. En algunos casos, esas masas secas de tejido producen brotes malformados durante la etapa siguiente de crecimiento. En los árboles que presentan la mayoría de sus ramas con malformación vegetativa, no se producen inflorescencias en las yemas terminales de los brotes, o las inflorescencias y la

producción de frutos ocurre en cantidades reducidas. Generalmente, una rama con malformación vegetativa produce inflorescencias malformadas (Kumar y Beniwal, 1992; Kumar y col., 1993).

Malformación floral

Normalmente, las inflorescencias (panículas) sanas emergen de las yemas terminales y producen flores hermafroditas y flores masculinas de 6 a 8 mm en diámetro. En contraste, las panículas infectadas presentan flores individuales más grandes y las ramificaciones son más numerosas, por lo que las flores aparecen amontonadas e hipertrofiadas, lo cual le da la apariencia de malformación a la panícula (Fig. 1B). Las panículas deformes son inicialmente de color verde más oscuro que las panículas sanas, pero posteriormente, cuando se secan se vuelven de color amarillo claro a color paja. Además, la sobreproducción y alargamiento de sus brotes florales incrementan el peso de las panículas infectadas (Kumar y Beniwal, 1992; Kumar y col., 1993).

Las panículas con síntomas severos producen más flores que las panículas normales, pero la mayoría de estas flores permanecen cerradas. Estas flores presentan ovarios no funcionales, o si se producen frutos, éstos se desprenden antes de obtener un diámetro de 0.5 a 1.0 cm (Kumar y Beniwal, 1992).

Las panículas malformadas pueden mostrar variación en la sintomatología, dependiendo del cultivar, grado de hipertrofia y severidad de los síntomas. El grado de infección puede variar de árbol a árbol y de rama a rama en un árbol infectado. Un tipo de síntoma pueden dar la apariencia de panículas malformadas compactas, grandes o pequeñas, y otro tipo de síntoma puede dar la apariencia de panículas malformadas más abiertas con la forma típica de "escoba de bruja". Es común observar panículas enfermas y sanas en el mismo árbol y aún ramas de un árbol que presenten los dos tipos de panícula. En ocasiones se observan panículas sanas que pueden tener algunas flores malformadas o panículas enfermas con algunas ramificaciones sanas. Pueden presentarse casos en los cuales es difícil distinguir si la panícula está infectada debido al escaso número de flores deformes (Kumar y col., 1993).

Etiología de la enfermedad

La determinación del agente causal de la malformación fue objeto de controversias por muchos años. Se ha sugerido que la causa puede ser de origen viral (Kausser, 1959), por problemas nutrimentales (Prasad y col., 1965), por desequilibrio hormonal (Singh and Dhillon, 1989), por fitoplasmas (Kumar and Beniwal, 1992) o por factores desconocidos (Kumar and Beniwal, 1992). Sin embargo, la mayor controversia es en cuanto a si la enfermedad es causada por ácaros o por hongos. Desde los años 1950s se sugirió que la enfermedad era causada por ácaros (Narasimhan, 1954) ya que se ha detectado una alta correlación entre las poblaciones del ácaro *Aceria mangiferae* en las yemas del mango y la incidencia de tejidos malformados en los árboles estudiados (Narasimhan, 1954; Sternlicht y Goldenberg,

1976; Noriega y col., 1988; Kumar y col., 1993). Además, se ha reportado que la aplicación de acaricidas reduce la severidad de la enfermedad (Kumar y col. 1993).

Por otra parte, existe evidencia que indica que *A. mangiferae* no está involucrado directamente en la aparición de los síntomas de malformación en mango. Ploetz y Prakash (1997) reportan que en Australia existe una abundancia del ácaro; sin embargo, en ese país el mango está libre de dicha enfermedad. Asimismo, hay trabajos que muestran que los árboles de mango pueden tener una alta infestación de ácaros sin mostrar síntomas de malformación (Bindra y Bakhetia, 1971; Covarrubias, 1978; Kumar y Beniwal, 1992; Vega y Miranda, 1993).

Por lo anterior, otros autores han sugerido que los ácaros no son el agente causal de la malformación del mango, sino que podrían actuar como vectores de la enfermedad al transportar sobre su cuerpo las esporas del hongo responsable de la enfermedad, y así ayudar indirectamente en el proceso de infección al causar heridas en las yemas (Wahba y col., 1986; Pinkas y Gazit, 1992). La importancia que tienen las heridas causadas por los ácaros en los brotes de mango durante el proceso de infección por el hongo es aún desconocido (Ploetz, 1993); sin embargo, la evidencia de ácaros transportando esporas de *Fusarium* sobre sus cuerpos ha sido previamente reportada (Raychauduri, 1992; Noriega, 1996). Noriega (1996) sembró en un medio nutritivo ácaros colectados de yemas de mango y detectó que un 40% de los ácaros analizados estaban infestados con el hongo. Lo anterior sugiere que ocurre un transporte directo del hongo a las yemas por los ácaros; sin embargo, no deben descartarse otros factores que podrían estar involucrados en el movimiento de esporas a los sitios de infección en el árbol, tales como el viento y las hormigas (Díaz-Balderas y Romero-Cova, 1980; Noriega, 1996).

Se ha recomendado que es indispensable llevar a cabo experimentos de inoculación con ácaros libres de *Fusarium* y con ácaros inoculados con esporas del hongo para determinar con exactitud que función tienen los ácaros en el desarrollo y diseminación de la malformación del mango (Noriega, 1996).

Desde hace más de 40 años existen evidencias de que un hongo es el agente causal de la malformación del mango. Grupos de investigadores en la India usando pruebas de patogenicidad fueron los primeros en mostrar que *Fusarium moniliforme* (nombrado posteriormente como *F. subglutinans* y recientemente considerado *F. mangiferae*) causaba la malformación floral (Summanwar y col., 1966) y la malformación vegetativa (Varma y col., 1974). Posteriormente otros autores en Egipto (Ibrahim y col., 1975), EUA (Ploetz y Gregory, 1993), Israel (Freeman y col., 1999), África del Sur (Manicom, 1989) y México (Díaz-Balderas y Romero-Cova, 1980; Noriega, 1996) han realizado investigaciones que demuestran la asociación consistente del hongo con el tejido enfermo de mango y han reproducido la enfermedad en diversas pruebas de patogenicidad. En México, Díaz-Balderas y Romero-Cova (1980) reportaron que *F. oxysporum*, aislado de tejidos malformados de mango, reprodujo los síntomas observados en campo en plantas de mango mantenidas en invernadero después de 48 días de haber sido inoculadas. Noriega (1996) realizó inoculaciones a plantas de mango criollo mantenidas en invernadero, utilizando jeringas hipodérmicas



Malformación del mango, una amenaza...

cas para inyectar suspensiones de conidias de *F. oxysporum* o *F. subglutinans* en la yema apical de las plantas. Los primeros síntomas de malformación se observaron cuatro meses después de las inoculaciones con los hongos. Siete meses después de las inoculaciones, *F. oxysporum* causó malformación en un 94 % de las plantas inoculadas y *F. subglutinans* en un 87.5 %. Ambos hongos fueron reaislados de los tejidos enfermos en proporciones de 84 % para *F. oxysporum* y 82.5 % para *F. subglutinans*.

Freeman y col. (1999) demostraron de manera clara que *F. subglutinans* es el causante de la malformación en mango. Freeman y col. (1999) transformaron un aislamiento de *F. subglutinans* obtenido de panículas malformadas de mango, con el gen marcador GUS (β -glucuronidasa) y el gen para resistencia al antibiótico higromicina. Obtuvieron cinco transformantes estables que expresaban ambos genes incorporados, los cuales utilizaron por separado en dos tipos de pruebas de patogenicidad. Un experimento consistió en inocular una suspensión de conidias con una aguja hipodérmica en las yemas apicales en dormancia de plántulas de mango mantenidas en invernadero. Un segundo experimento consistió en inocular el hongo sin causar heridas, colocando una suspensión de conidias sobre las yemas. Los cinco transformantes de *F. subglutinans*, al igual que el aislamiento original de *F. subglutinans* sin transformar, causaron los síntomas de la malformación en tejidos floral y vegetativo 6 a 8 semanas después de la inoculación. El micelio teñido con GUS fue observado dentro de los órganos infectados de las plantas de mango (Freeman y col., 1999).

Relación taxonómica de las especies de *Fusarium* involucradas en la malformación del mango

El nombre de *Fusarium subglutinans* se ha utilizado para determinar a un grupo taxonómico de hongos que producen estructuras reproductivas asexuales, los cuales causan enfermedades en varios cultivos (piña, pino, mango, entre otros). Algunos de estos hongos son capaces de producir estructuras reproductivas sexuales en ensayos de apareamiento, por lo que se les ha colocado taxonómicamente como parte de un complejo de especies dentro del género *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Ito in Ito & K. Kimura (Leslie, 1995; Britz y col., 1999), en donde cada uno representa un linaje distinto (Leslie, 1995; O'Donnell y col., 1998, 2000; Britz y col., 1999; Steenkamp y col., 1999, 2000). Esos linajes son difíciles de distinguir usando caracteres morfológicos convencionales (Nelson y col., 1983), pero pueden ser distinguidos usando pruebas de apareamiento y de patogenicidad (Leslie, 1995). Recientemente, se han utilizado técnicas moleculares para comparar las secuencias de los genes de β -tubulina (O'Donnell y col., 1998; Steenkamp y col., 2000), de la histona *H3* (Steenkamp y col., 1999, 2000), y del factor EF-1 α de alargamiento de la traducción de elongación y de la calmodulina (O'Donnell y col., 2000), y así distinguir rápidamente los diferentes linajes de *F. subglutinans*.

En estudios comparativos de las secuencias de los genes de la histona *H3* y la β -tubulina realizados con aislamientos de *F. subglutinans* a partir de tejidos malformados de mango en Sudáfrica, se detectaron dos grupos de aislamientos filogenéticamente distintos



Malformación del mango, una amenaza...

(Steenkamp y col., 1999, 2000). Un grupo representa un linaje no descrito del complejo *G. fujikuroi*, mientras que el segundo grupo es co-específico con aislamientos previamente reportados como causantes de la malformación en mango (Steenkamp y col., 2000). Britz y col (2002) analizaron los aislamientos estudiados en los reportes anteriores junto con aislamientos de *Fusarium* obtenidos de malformaciones de mango en diferentes áreas geográficas del mundo, utilizando características morfológicas y de apareamiento. Estos autores encontraron que todos los aislamientos pueden agruparse taxonómicamente en tres grupos; a uno de los grupos pertenecen los aislamientos llamados *F. subglutinans* obtenidos en Egipto, Florida (EUA), Israel, Malasia y Sudáfrica (Britz y col., 2002) y para el cual los autores proponen el nombre de *Fusarium mangiferae*. El segundo grupo corresponde a aislamientos obtenidos de plantas malformadas en Sudáfrica (Britz y col., 2002), en Brasil (Zheng y Ploetz, 2002) y recientemente en Michoacán, México (Rodríguez-Alvarado y col. 2006a), proponiendo la especie *F. sterilihyphosum* para dicho taxon. El grupo restante incluye tres aislamientos obtenidos en tejido malformado de mango en Malasia. Aun cuando las características morfológicas de este grupo son diferentes a los anteriores, el escaso número de colectas no permite asignarle un nuevo taxón (Marasas y col., 2006) (Cuadro 1).

CUADRO 1			
Características morfológicas diferenciales de tres especies de <i>Fusarium</i> asociadas con la malformación del mango (Marasas y col., 2006).			
Características morfológicas	<i>F. mangiferae</i>	<i>F. sterilihyphosum</i>	<i>Fusarium sp.</i>
Tasa de crecimiento (mm/día a 25° C)	3.4	4.8	¿?
Hifa enrollada estéril	No	Si	No
Conidióforos postrados	Si	Si	No
Longitud de macroconidia	43 a 61 μ m	28 a 47 μ m	19 a 29 μ m

Medidas de control

Se han realizado diversos estudios para tratar de controlar la malformación floral usando fungicidas, nutrimentos, reguladores del crecimiento vegetal y podas de las partes afectadas con malformación; sin embargo los resultados han variado y en algunos reportes no se ha podido comprobar su eficacia para controlar la enfermedad (Kumar y Beniwal, 1992).

Aplicación de nutrimentos y poda de tejidos con malformación

Algunos investigadores consideraron en el pasado que los síntomas de la enfermedad eran causados por un balance nutricional inadecuado del árbol (Prasad y col., 1965). Así, se llevaron a cabo tratamientos de aspersiones o inyecciones al tronco con soluciones



Malformación del mango, una amenaza...

de boro, calcio, cobre, hierro, magnesio, manganeso, potasio, sodio y zinc, sin ninguna reducción en los síntomas (Tripathi, 1955). También, se ha reportado que la intensidad de la enfermedad se reduce al incrementar los niveles de nitrógeno (Prasad y col., 1965), mientras que se incrementa en plantas a las que se les proporciona fósforo y potasio o solamente potasio. Sin embargo, otros investigadores encontraron un incremento en la enfermedad al aplicar niveles altos de nitrógeno (Bindra y Bakhetia, 1971).

La remoción de ramas con panículas deformadas ha sido una práctica recomendada en países productores de mango como la India, desde los años 50s (Narasimhan, 1959). En Sudáfrica (Darvas, 1987) y los Estados Unidos (Campbell y Marlatt, 1986) es una práctica recomendada para controlar la “escoba de bruja”. La eficiencia de esta práctica cultural ha sido cuestionada por algunos investigadores quienes consideran que el éxito de la poda depende del grado de infección del árbol podado (Kumar y Beniwal, 1992). Otros investigadores consideran que ocurre una acumulación alta de los propágulos del hongo en las inflorescencias enfermas, con una disminución gradual hacia la parte de las ramas más cercanas al tronco del árbol (Ploetz, 1994). De esta manera, al podar una rama con panículas deformes se estaría reduciendo la cantidad de inóculo en esa rama por un tiempo, pero el hongo se desarrollaría gradualmente con el paso del tiempo en el crecimiento nuevo de las ramas, hasta llegar a los niveles necesarios para ocasionar los síntomas de deformación (Kumar y col., 1993). Sin embargo, si se remueven los tejidos enfermos del árbol y se destruyen, se estarán reduciendo los niveles de inóculo en la huerta (Ploetz, 2001). Al repetir la poda por 2 o 3 años consecutivos, y posteriormente en años alternados, la enfermedad se podría reducir a niveles muy bajos (Ploetz, 2003).

Control químico

Debido a que *Fusarium* spp. ha sido constantemente encontrado en tejidos malformados de mango, se han reportado diversos estudios sobre el uso de fungicidas sistémicos. Se han reportado resultados poco satisfactorios con aspersiones de Benomil en la India (Siddiqui y col., 1987), Israel (Pinkas y Gazit, 1992) y México (Vázquez-Valdivia y col., 1996); inyecciones al tronco o aplicación al suelo con carbendazim, solo o en combinación con poda de raíces no redujo la enfermedad en los árboles tratados (Kumar y Beniwal, 1992).

Las anti-malforminas (meta bisulfito de potasio, nitrato de plata y ácido ascórbico) han sido reportadas como eficaces para el control de “escoba de bruja” (Kumar y Beniwal, 1992), con aspersiones en la etapa de diferenciación de la yema floral (Singh y Dhillon, 1989) o durante el desarrollo de las panículas deformes (Ram y Bist, 1984). Sin embargo, otros autores han cuestionado dichos resultados (Kumar y Beniwal, 1985, Salazar-García y col., 2002).

El descubrimiento de que un desequilibrio hormonal está involucrado en la malformación de los tejidos, ha hecho que las hormonas de crecimiento sean consideradas como agentes potenciales de control de la escoba de bruja (Kumar y Beniwal, 1992). Así, en la India se recomienda asperjar los árboles con la auxina sintética NAA (ácido naftalen acético)



Malformación del mango, una amenaza...

a 200 ppm en la etapa de diferenciación floral para reducir la malformación floral e incrementar los rendimientos (Majumdar y col., 1970). Sin embargo, se ha cuestionado la eficiencia de este tratamiento (Khader, 1989).

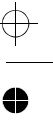
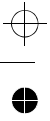
CUADRO 2

Actividades propuestas para un manejo integrado del mango en Michoacán (GIIM, 1998).

Poda fitosanitaria	Poda de ramas con malformación a 80 cm del síntoma. Destruir los restos del material podado. Protección a las heridas de la poda. Eliminación del inóculo mediante la aspersión de fungicidas
Incorporación de materia orgánica	Favorece el desarrollo de organismos antagonistas en el suelo. Mejora las condiciones estructurales y retención de humedad del suelo. Incorpora nutrientes.
Control de vectores	Directos o indirectos como ácaros (azufre u otros acaricidas), hormigas (banda de plástico y Folidol polvo al 2%), trips (insecticidas específicos), evitar heridas.
Manejo del riego	Mediante riegos frecuentes para evitar variaciones drásticas de humedad y la tensión de los árboles.
Fertilización equilibrada	Por medio de estudios nutrimentales para corregir las deficiencias o excesos. Partir de la base de la fórmula 110 – 60 – 120 + micronutrientes, especialmente con alto contenido de calcio.
Protección a los brotes nuevos	Mediante el monitoreo de la presencia de plagas y enfermedades para realizar medidas de protección preventivas de forma puntual y adecuada.
Monitoreo ambiental	Instalación de trampas de esporas y estaciones agroclimáticas para relacionar incidencia o severidad de la enfermedad con las condiciones agrometeorológicas de cada región.
Condiciones favorables a la enfermedad	Humedad muy variable (baja humedad y alta temperatura), desequilibrio nutrimental, amonio como fuente de nitrógeno, niveles bajos de potasio, niveles altos de fósforo, compuestos clorados.
Condiciones desfavorables a la enfermedad	Nitratos como fuente de nitrógeno, incremento del pH, equilibrio nutrimental (Ca, Fe, Mn, Zn, Mo y Bo), riego adecuado, Benomil, Propiconazol.
Adelanto de la floración	En el momento adecuado (brotes maduros), utilizar nitrato de potasio al 3% en forma foliar, favorecer el amarre de fruto con giberelinas o ácido fosforito al 2%. Evitar los excesos de fertilización.
Resultados de la aplicación del MIM	En huertas con alta incidencia de "escoba de bruja". Mayor floración sana (25%). Mayor amarre de fruto (32%). Mayor producción: MIM 17 ton/ha, Testigo 8 ton/ha. Costos de cultivo: MIM 17% menor que el Testigo. Beneficio neto: MIM 254%.

Manejo integrado de la enfermedad

En países como Israel y Sudáfrica se recomiendan la utilización del control químico y prácticas culturales para manejar la malformación en plantaciones de mango. En México, se propuso un esquema de manejo integrado del mango para Michoacán (MIM) (GIIM, 1998).



Malformación del mango, una amenaza...

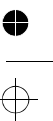
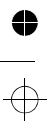
En esta propuesta se presenta una estrategia de control de la enfermedad en Michoacán, basada en información epidemiológica obtenida en huertos de dos localidades del municipio de Gabriel Zamora, Michoacán (Cuadro 2). Los autores reportan incrementos en la producción en árboles bajo un manejo integrado, comparado con árboles en tratamientos testigo (Cuadro 2); sin embargo, también reportan que los árboles manejados con MIM presentaron un incremento en la incidencia de panículas enfermas, en relación con los árboles testigo (GIIM, 1998). La poca utilización de este programa de manejo integrado por los agricultores en Michoacán podría explicarse por la escasa difusión que ha tenido, o por el alto número de panículas enfermas que parece generar en los primeros años de su aplicación en las huertas de mango.

Conclusiones

Aún se desconocen muchos aspectos sobre la malformación del mango, incluyendo su biología, mecanismos de infección, modos de diseminación y patogénesis. En los últimos años se ha confirmado a *Fusarium mangiferae* como el agente causal de la enfermedad en diversas regiones del mundo, y se han aislado nuevas especies de *Fusarium* asociadas con tejidos malformados de mango. Además, se ha realizado una diversidad de experimentos sobre formas de control; sin embargo, las medidas de control reportadas han sido controversiales o imprácticas para una aplicación a gran escala en huertas con problemas severos de escoba de bruja. Aun así, las medidas de control más recomendadas para tratar de mantener la enfermedad en niveles bajos de incidencia son: el uso de material propagativo libre de la enfermedad para establecer huertas nuevas, la inspección periódica de las huertas y erradicación de plantas que muestren síntomas de la enfermedad durante el crecimiento vegetativo y la poda de brotes con síntomas de malformación.

Literatura citada

- Bindra, O. S. and Bakhetia, D. R. C. 1971. Investigation on the etiology and control of mango malformation. Indian J. Hortic. 28:80-85.
- Britz, H., Coutinho, T. A., Wingfield, M. J., Marasas, W. F. O., Gordon, T. R., and Leslie, J. F. 1999. *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini* represents a distinct mating population in the *Gibberella fujikuroi* species complex. Appl. Environ. Microbiol. 65:1198-1201.
- Britz, H., Steenkamp, E. T., Coutinho, T. A., Wingfield, B. D., Marasas, W. F. O., and Wingfield, M. J. 2002. Two new species of *Fusarium* section *Liseola* associated with mango malformation. Mycologia 94: 722-730.
- Campbell, C. W. and Marlatt, R. B. 1986. Current status of mango malformation disease in Florida. Proc. Interam. Soc. Trop. Hortic. 30:223-226.
- Chávez, M. 1994. El cultivo del mango. Páginas 2-6. En: Tecnología de producción del mango. INIFAP-CIPAC. 53 p.



Malformación del mango, una amenaza...

- Covarrubias, A. R. 1978. Deformación floral y vegetativa del mango. CEEIF. CONAFRUT. (Xalapa, Ver.) 44: 84-52.
- Darvas, J. M. 1987. Control of mango blossom malformation with trunk injection. S. Afr. Mango Growers` Yearbook 7:21-24.
- Díaz-Balderas, V. y Romero-Cova, S. 1980. Etiología de la deformación o escoba de bruja del mango en el estado de Morelos. Agrocienca 39: 35-40.
- FAO. 2005. Estadísticas de la Producción de Mango (FAOSTAT) . faostat.fao.org/faostat/servlet/XtServlet3?Areas=%3E862&Items=571&Elements=51&Years=2005&Format=Table&Xaxis=Years&Yaxis=Countries&Aggregate=&Calculate=&Domain=SUA&ItemTypes=Production.Crops.Primary&language=EN
- Freeman, S., Maimon, M., and Pinkas, Y. 1999. Use of GUS transformants of *Fusarium subglutinans* for determining etiology of mango malformation disease. Phytopathology 89:456-461.
- GIIM (Grupo Interdisciplinario de Investigación en Mango). 1998. El Mango y su Manejo Integrado en Michoacán. D. Téliz (ed.). Colegio de Postgraduados. Montecillo. México. 55 p.
- Ibrahim, A. N., Satour, M. M., El-Tobshy, Z. M., and Abdel Sattar, M. A. 1975. Pathological and histological note on mango malformation in Egypt. Curr. Sci. 44:443-444.
- Kausar, A. G. 1959. Malformation of inflorescence in mango. Punjab Fruit J. 22: 19-21.
- Khader, S. 1989. Effect of deblossoming on mango malformation and fruit quality. Indian J. Agric. Sci. 59:667-668.
- Kumar, J. and Beniwal, S. P. S. 1985. Control of malformation disease of mango. Second Int. Mango Symp., Bangalore, India, 20-24 May. p. 96-97.
- Kumar, J. and Beniwal, S. P. S. 1987. Vegetative and floral malformation: Two symptoms of the same disease of mango. FAO Plant Prot. Bull. 35:21-23.
- Kumar, J. and Beniwal, S. P. S. 1992. Mango Malformation. Páginas 357-393. In: Plant Diseases of International Importance. Diseases of Fruit Crops. Volume III. J. Kumar, H. S. Chaube, U. S. Singh, and A. N. Mukhopadhyay (eds.) Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey.
- Kumar, J., Singh, U. S. and Beniwal, S. P. S. 1993. Mango Malformation: One hundred years of research. Annu. Rev. Phytopathol. 31:217-232.
- Leslie, J. F. 1995. *Gibberella fujikuroi*: available populations and variable traits. Can. J. Bot. 73: 282-291.
- Majumdar, P. K., Singh, G. C., and Singh, R. N. 1970. Effect of exogenous application of α naphthyl acetic acid on mango malformation. Indian J. Hort. 27:130-131.
- Manicom, B. Q. 1989. Blossom malformation of mango. South African Mango Grower's Association Yearbook 10: 11-12.

Malformación del mango, una amenaza...

- Marasas, W. F. O., Ploetz, R. C., Wingfield, M. J., Wingfield B. D. and Steenkamp, E. T. 2006. Mango malformation disease and the associated *Fusarium* species. *Phytopathology* 96: 667-672.
- Narasimhan, M. J. 1954. Malformation of panicles in mango incited by *Eriophyes*. *Curr. Sci.* 23: 297-298.
- Narasimhan, M. J. 1959. Control of mango malformation disease. *Curr. Sci.* 28:254-255.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A., and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium* species: an illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, USA. 193 p.
- Noriega, C. D. H. 1996. "Escoba de bruja" del mango: etiología, histopatología, epidemiología y manejo integrado. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 72 p.
- Noriega, C. D. H., Marbán, M. N., Rodríguez, A. J., y de Zarate, L. G. 1988. Efecto de productos químicos sobre fitonematodos asociados a la raíz y el ácaro *E. mangiferae* (Sayed) involucrado en la "escoba de bruja" del mango (cv. Haden) en Iguala, Gro., México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 6: 61-72.
- O'Donnell, K., Cigelnik, E., and Nirenberg, H. I. 1998. Molecular systematics and phylogeography of the *Gibberella fujikuroi* species complex. *Mycologia* 90:465-493.
- O'Donnell, K., Nirenberg, H. I., Aoki, T., and Cigelnik, E. 2000. A multigene phylogeny of the *Gibberella fujikuroi* species complex: detection of additional phylogenetically distinct species. *Mycoscience* 41:61-78.
- Pinkas, Y. and Gazit, S. 1992. Mango malformation-control strategies. 4th International Mango Symposium, Miami 5-10 July (Abstr.), p. 17.
- Ploetz, R. C. 1993. Distribution and prevalence of *Fusarium subglutinans* in mango trees affected by malformation. *Can. J. Bot.* 72: 7-9.
- Ploetz, R. C. 1994. Distribution and prevalence of *Fusarium subglutinans* in mango trees affected by malformation. *Can. J. Bot.* 72: 7-9.
- Ploetz, R. C. 2001. Malformation: a unique and important disease of mango, *Mangifera indica* L. In: *Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium*. B. A. Summerell, J. F. Leslie, D. Backhouse, W. L. Bryden and L. Burgess (eds.). APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Ploetz, R. C. 2003. Diseases of Mango. In: *Diseases of Tropical Fruit Crops*. R. C. Ploetz (ed.) CABI Publishing, Cambridge, MA. 527 p.
- Ploetz, R. C. and Gregory, N. 1993. Mango malformation in Florida: distribution of *Fusarium subglutinans* in affected trees, and relationships within and among strains from different orchards. *Acta Hortic.* 341:388-394.

Malformación del mango, una amenaza...

- Ploetz, R. C. and Prakash, O. 1997. Foliar, floral and soilborne diseases. Páginas: 281-326. In: The Mango: Botany, Production and Uses. R. E. Litz, (ed.) CAB International, Wallingford, UK,
- Prasad, A., Singh, H., and Shukla, T. N. 1965. Present status of mango malformation disease. Indian J. Hortic. 22:254-265.
- Ram, S. and Bist, L. D. 1984. Occurrence of malformin-like substances in the malformed panicles and control of floral malformation in mango. Sci. Hortic. 23:331-336.
- Raychaudhuri, S. P. 1992. Mango malformation. 4th International Mango Symposium, Miami 5-10 July (Abstr.), p. 126.
- Rodríguez-Alvarado, G., Fernández-Pavía, S. and Ploetz, R. C. 2006a. *Fusarium* sp. characterization causing mango malformation in Michoacán, México. APS CPS MSA Joint Meeting. Québec City, Canada. S99.
- Rodríguez-Alvarado, G., Valente-Morales, J. N., Fernández-Pavía, S. y Valenzuela-Vázquez, M. 2006b. Caracterización morfológica de aislamientos de *Fusarium* obtenidos de mango con malformación floral. XXXIII Congreso Nacional de Fitopatología, VIII Congreso Internacional de Fitopatología. Manzanillo, Colima. C-43.
- SAGARPA 2005. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/AAgricola.html>
- Salazar-García, S., Vázquez-Valdivia, V., Urías-López, M. A. y León-de Alba, J. 2002. Efecto de aspersiones al follaje o inyecciones al tronco sobre la "escoba de bruja" (*Fusarium subglutinans*) de mango 'Tommy Atkins'. Rev. Mex. Fitopatol. 20:53-59.
- Siddiqui, S., Sandooja, J. K., Metha, N., and Yamadagni, R. 1987. Biochemical changes during malformation in mango cultivars as influenced by various chemicals. Pesticides 21:17-19.
- Singh, Z. and Dhillon, B. S. 1989. Presence of malformin-like substances in malformed floral tissues of mango. J. Phytopathol. 125:117-123.
- Steenkamp, E. T., Wingfield, B. D., Coutinho, T. A., Wingfield, M. J., and Marasas, W. F. O. 1999. Differentiation of *Fusarium subglutinans* f. sp. *pini* by histone sequence data. Appl. Environ. Microbiol. 65:3401-3406.
- Steenkamp, E. T., Britz, H., Coutinho, T. A., Wingfield, B. D., Marasas, W. F. O., and Wingfield, M. J. 2000. Molecular characterization of *Fusarium subglutinans* associated with mango malformation. Mol. Plant Pathol. 1:187-193.
- Sternlicht, M. and Goldenberg, S. 1976. Mango eriophyd mites in relation to inflorescence. Phytoparasitica 4: 45-50.
- Summanwar, A. S., Raychaudhuri, S. P., and Pathak, S. C. 1966. Association of fungus *Fusarium moniliforme* Sheld. with the malformation in mango. Indian Phytopathol. 19:227-228.



Malformación del mango, una amenaza...

- Tripathi, R. D. 1955. Malformation disease of the mango as related to deficiency of mineral nutrients. *Indian J. Hortic.* 12:173-179.
- Varma, A., Lele, V. C., Raychauduri, S. P., Ram, A. and Sang, A. 1974. Mango malformation: a fungal disease. *Phytopathologische Z.* 79: 254-257.
- Vázquez-Valdivia, V., Pérez-Barraza, M. H. y Salazar-García, S. 1996. Distribución, incidencia y control de la escoba de bruja del mango. Primera Reunión de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Nayarit. Tepic, Nayarit, 12-14 Junio. SICyT, Gob. Edo. Nayarit, CONACYT. Memorias p. 155.
- Vega, P. A. 1994. Enfermedades del mango *Mangifera indica* L. en el valle de Apatzingán. Folleto Técnico 20. SARH-INIFAP-CIPAC-MICHOACAN. Valle de Apatzingán, Michoacán. 26 p.
- Vega, P. A. y Miranda, S. M. 1993. Distribución, incidencia y severidad de la escoba de bruja del mango (*Mangifera indica* L.) en el Valle de Apatzingán, Mich. *Rev. Mex. Fitopatol.* 11:1-4.
- Vega, P. A., Javier, M. J., Treviño, D. C. A., Chávez, C. X., y López, A. A. 2005. El ácaro (*Aceria mangiferae* Sayed) del mango (*Mangifera indica* L.) en diferentes ambientes de Michoacán, México. XXXIII Congreso Nacional de Fitopatología, VII Congreso Internacional de Fitopatología. C-61.
- Wahba, M. L., El Enany, M. A. and Farrag, A. M. 1986. Five mango varieties as affected by malformation phenomenon and bud mite infestation in Egypt. *Agric. Res. Rev.* 61: 193-201.
- Zheng, Q. and Ploetz, R. C: 2002. Genetic diversity in the mango malformation pathogen and development of a PCR assay. *Plant Pathol.* 51: 208-216.

