



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS
AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE FITOSANIDAD FITOPATOLOGÍA

***Fusarium* spp. AGENTES CAUSALES DE LA MALFORMACIÓN
VEGETATIVA Y FLORAL DEL MANGO (*Mangifera indica* L.) Y SU
TRANSMISIÓN POR *Frankliniella* spp. y *Scirtothrips* spp.**

MARIBEL REYES OSORNIO

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis, titulada: “*Fusarium spp.* AGENTE CAUSAL DE LA MALFORMACIÓN VEGETATIVA Y FLORAL DEL MANGO (*Mangifera indica L.*) Y SU TRANSMISIÓN POR *Frankliniella spp.* y *Scirtothrips spp.*” Realizada por la alumna: MARIBEL REYES OSORNIO, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS EN
FITOPATOLOGÍA
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO
Y DIRECTOR



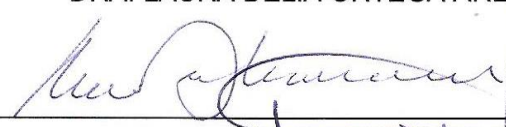
DR. J. ANTONIO MORA AGUILERA

ASESOR



DRA. LAURA DELIA ORTEGA ARENAS

ASESOR



DR. ROBERTO M. JOHANSEN NAIME

ASESOR



DR. ANGEL LAGUNES TEJEDA

ASESOR



DR. DANIEL TÉLIZ ORTIZ

Montecillo, Texcoco, México, Agosto de 2013.

1. GENERAL SUMMARY

From commercial mango orchards in the states of Guerrero and Michoacán, Mexico, thrips species were collected by aleatory sampling of trees. The samples were used to identify species, determine their phoretic relationship with *Fusarium* spp., transmission of these fungi and to establish aseptically breed colonies of thrips in bioclimatic chambers. Specimens of thrips belonging to two genera and 11 species were obtained, seven from the genus *Scirtothrips* and four from *Frankliniella*. Thrips species were collected from floral and vegetative tissues, asymptomatic or malformed. *Frankliniella difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravae* and *S. silvicola* are registered for the first time associated whit mango orchards in Guerrero, Mexico. It was observed that 46 to 100% of thrips incubated on modified PDA were externally infested by *Fusarium* spp., whether or not the plants parasitized by these insects presented malformation. However, in samples collected from areas with high incidence of disease, 100% thrips were contaminated by *Fusarium* spp., either from asymptomatic or malformed tissues. Specimens of *Scirtothrips* spp. and *Frankliniella* spp. naturally infected by *Fusarium* spp. transmitted the disease with similar efficiency (28.6%) at all infestation densities (3, 5, 10 and 20 trips/ plant). The fungal isolates were recovered from infected plants. Thrips proceeding from aseptical colonies (Free of *Fusarium* spp.) were unable to transmit the disease.

Key words: *Fusarium*, thrips, transmission, phoresy, *Frankliniella*, *Scirtothrips*.

2. RESUMEN GENERAL

De huertas comerciales de mango de Guerrero y Michoacán, México, se colectaron trips por muestreo aleatorio de árboles para identificación de especies, determinar su relación forética con *Fusarium* spp., transmisión de estos hongos, agentes causales de malformación vegetativa y floral de mango, y fundación de colonias de trips en condiciones asépticas en cámaras bioclimáticas. Se obtuvieron ejemplares de trips pertenecientes a dos géneros y 11 especies, siete pertenecientes a *Scirtothrips* y cuatro a *Frankliniella*. Los trips fueron recolectados de tejidos vegetativos y florales, asintomáticos o malformados. Se reporta por primera vez a *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravae* y *S. silvicola* asociados al cultivo de mango en Guerrero, México. Se observó que 46 a 100% de los ejemplares incubados en medio PDA modificado estuvieron infestados externamente por *Fusarium* spp., independiente de que las plantas parasitadas por tisanópteros presentaron o no malformación. Sin embargo, en muestras recolectadas de regiones con alta incidencia de la enfermedad, 100 % los trips incubados presentaron contaminación por *Fusarium* spp., tanto los procedentes de tejidos asintomáticos como de malformados. Especímenes de *Scirtothrips* spp. y *Frankliniella* spp. provenientes de la región de alta incidencia y naturalmente infestados por *Fusarium* spp. transmitieron la enfermedad con eficiencia similar (28.6%) en cuatro tratamientos de densidad de infestación (3, 5, 10 y 20 trips/ planta). Los aislamientos del hongo fueron recuperados de las plantas infectadas. Trips procedentes de la cría aséptica (libres de *Fusarium* spp.) no transmitieron la enfermedad.

Palabras clave: *Fusarium*, trips, transmisión, forésia, *Frankliniella*, *Scirtothrips*.

DEDICATORIA

A MI FAMILIA: Marco Antonio Guzmán Moreno y Marquito -mi hijo- por su comprensión, apoyo y cariño y porque son lo más importante en mi vida.

A MI PADRE: Maurilio, por ser una gran persona, por su apoyo y cariño.

A MIS HERMANOS y HERMANAS: Por estar siempre al pendiente de mis necesidades, dándome su apoyo y confianza, pero sobre todo por su incondicional cariño.

A LA FAMILIA ISLAS GALICIA: Por su amistad, orientación y apoyo incondicional.

A MI MADRE: Por ser mi ángel.

Tu partida marcó nuestras vidas, dejándonos llenas de tristeza, pero tu vida marcó nuestro futuro, de enseñanza y sabiduría, porque siempre fuiste el impulso de lo que ahora somos, con tu gran fortaleza, espíritu y fe inquebrantable. Siempre, con un decidido caminar dando lo mejor de ti, convirtiendo tus temores en grandes fortalezas y tus fortalezas en grandes virtudes, que han logrado mantener a la familia unida. Gracias por ser mi ángel.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por facilitarme los recursos económicos para mis estudios de postgrado.

Al Colegio de Postgraduados, especialmente a los maestros, personal administrativo y de laboratorio del área de Fitopatología.

Al Dr. Antonio Mora Aguilera, consejero y director de tesis por su confianza, orientación y gran apoyo para mi formación y realización de esta tesis.

A los doctores Roberto Johansen Naime, Laura Delia Ortega Arenas, Daniel Téliz Ortiz y Angel Lagunes Tejeda, asesores, por su gran orientación y apoyo en el desarrollo y revisión de ésta tesis.

A los doctores Gabriel Otero Colina y al Dr. Mario Alberto Miranda Salcedo. Por su gran colaboración y aporte en ésta tesis.

A los doctores, que contribuyeron en mi formación académica, siendo parte importante de mi desarrollo y logros para la obtención del grado.

CONTENIDO

	Página
1. GENERAL SUMMARY	iii
2. RESUMEN GENERAL	iv
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE FIGURAS	x
3. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
4. OBJETIVO	3
5. HIPÓTESIS.....	3
6. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
7. LITERATURA CITADA.....	11
CAPITULO I: FORESIA DE <i>Fusarium</i> spp. AGENTE CAUSAL DE LA MALFORMACIÓN DEL MANGO, CON ESPECIES DE <i>Frankliniella</i> Y <i>Scirtothrips</i> EN MÉXICO.....	
1.1. SUMMARY	20
1.2. RESUMEN	21
1.3. INTRODUCCIÓN	22
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	24
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
1.6. CONCLUSIONES	32
1.7. AGRADECIMIENTOS.....	33
1.8. LITERATURA CITADA.....	33
CAPITULO II: TRANSMISIÓN DE <i>Fusarium</i> spp. AGENTES CAUSALES DE LA MALFORMACIÓN DEL MANGO, POR ESPECIES DE <i>Frankliniella</i> y <i>Scirtothrips</i>..	
2.1. SUMMARY	45
1.2. RESUMEN	46
2.3. INTRODUCCIÓN	47
2.4. MATERIALES Y MÉTODOS	49
2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
2.6. CONCLUSIONES	71
2.7. LITERATURA CITADA.....	72

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	77
1. Conclusiones	77
2. Recomendaciones.....	78

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Riqueza y composición de especies de tisanópteros asociados al cultivo de mango (<i>Mangifera indica</i>), en tres regiones productoras de Guerrero, México.....	39
Tabla 1.2. Trips (incubados en PDA) asociados a <i>Fusarium</i> spp. en huertos comerciales de mango (<i>Mangifera indica</i>) de tres regiones productoras de Guerrero, México.....	40
Tabla 1.3. Otros géneros fungosos asociados a trips fitófagos (incubados en PDA) en huertos comerciales de mango enfermos por proliferación vegetativa y floral, en Guerrero, México.....	42
Tabla 2.1. Asociación de especies de <i>Frankliniella</i> y <i>Scirtothrips</i> con <i>Fusarium</i> spp. en huertos comerciales de mango (<i>Mangifera indica</i>) de tres regiones productoras de Guerrero, México.....	62
Tabla 2.2. Transmisión de malformación (<i>Fusarium</i> spp.) del mango y daños de alimentación, por especies de <i>Scirtothrips</i> y <i>Frankliniella</i> con infestación natural y desarrollados asépticamente en cámara de crecimiento controlado.....	66
Tabla 2.3. Especies de <i>Scirtothrips</i> utilizados para fundación y cría aséptica de una colonia en una cámara de desarrollo controlado. Montecillo, Texcoco, México.....	69

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Tallo vegetativo sano de mango (A), Inflorescencia de mango normal (B), planta que muestran malformación de yemas axilares (C), Inflorescencia con malformación (D), filodios (Foto internet) (E), inflorescencia con gran número de flores abortadas (F), Inflorescencia seca unida al tallo (G), virescencia de inflorescencia a filodios (H).....	5
Figura 1.1.	Riqueza y composición de <i>Frankliniella</i> spp. y <i>Scirtothrips</i> spp. en tres regiones productoras de mango (<i>Mangifera indica</i>) en Guerrero, México en tejidos vegetativo (Veg.) y floral (Fl.), asintomáticos (Veg-, Fl-) o enfermos (V+, Fl+). Guerrero, México, 2012.....	43
Figura 1.2.	2-9. 2, incubación de trips en medio selectivo PDA modificado, en 2 prevalecen colonias de <i>Rhizopus</i> sp. y <i>Penicillium</i> sp. creciendo sobre <i>Fusarium</i> sp. en ejemplares colectados de Arcelia, y en 3, colonias de <i>Fusarium</i> spp., sobre trips de Huamuxtitlán, Gro., México. 4-6, esporas fungosas sobre el cuerpo de <i>Scirtothrips</i> sp. (mc) microconidios de <i>Fusarium</i> sp. (es) esporangiosporas de <i>Rhizopus</i> sp. 4, en pata, 5, tórax, y 6, abdomen de una larva (6). 7-9, 7, planta sana, 8, brotes vegetativos apicales con defoliación severa por trips durante la época seca (primavera), 9, malformación de tallos que tuvieron infestación severa por trips en la etapa previa de crecimiento. Michoacán, México. 2005.....	44
Figura 2.1.	Escala diagramática de severidad por alimentación de <i>Frankliniella</i> spp. y <i>Scirtothrips</i> spp., en plantas de mango infestadas artificialmente en cámaras de crecimiento controlado. I-VIII. Clases de severidad. I. planta no infestada. II-VII. Infestación por individuos desarrollados asépticamente en cámaras de cría. VIII. Planta con malformación, parasitada con trips naturalmente infestados por <i>Fusarium</i> spp. A. Jaula plástica de infestación-inoculación (las etiquetas se describen en el texto principal) Orificio cubierto con tela satén (sa), orificio para introducción de trips (or) sellado	

	con corcho (000), punta de micropipeta (mp), cojín con sílica gel (si), ligas de hule (li), palillo de madera (pm), tapa circular de Fomi (fo), tallo de la planta (ta), cinta de Parafilm (pa).....	57
Figura 2.2.	Trips de los generos <i>Frankliniella</i> spp. y <i>Scirtothrips</i> spp., asociados al cultivo de mango (<i>Mangifera indica</i>) en las regiones productoras de Tecpan de Galeana, Arcelia y Huamuxtitlán, Guerrero, México.....	59
Figura 2.3.	Asociación de trips a la malformación del mango. A-G. Síntomas reproducidos por infestación de 3 (A), 5 (B) y (C), 10 (D) y (E) y 20 (F) y (G) trips contaminados por <i>Fusarium</i> spp., capturados en Huamuxtitlán, Gro., región con alta incidencia de la enfermedad. H. Planta inoculada con <i>Fusarium</i> spp., por infiltración. I. Tratamientos de infestación en charolas individuales. J, K. L. Fasciculación, achaparramiento y necrosis foliar causados por trips criados asépticamente. M, N. Microconidios (mc) de <i>Fusarium</i> spp., en pata (M) y tórax (N). Ñ, O. Vista posterior (C) y anterior (O) de una caja Petri con trips incubados en PDA modificado contaminados principalmente por <i>Fusarium</i> spp.....	65
Figura 2.4.	Supervivencia de <i>Scirtothrips</i> spp. y <i>Frankliniella</i> spp., en cuatro densidades de infestación (3, 5, 10 y 20 trips/ Pta.) a 72 h de confinamiento en jaulas de infestación utilizadas para transmisión de <i>Fusarium</i> spp. a plantas de mango. Especímenes provenientes de región de alta incidencia (derecha) y ausencia (centro) de malformación y de una cría libre de <i>Fusarium</i> (izquierda). Montecillo, Texcoco, Estado de México. 2011.....	67

3. INTRODUCCIÓN GENERAL

El mango (*Mangifera indica* L.), originario de India, se cultiva en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales del mundo y es la especie de mayor importancia económica de la familia Anacardiaceae (Kumar, 1993). México ocupa el sexto lugar en producción de mango a nivel internacional y es el principal país exportador, seguido por India y Brasil (FAO, 2012). En México, el cultivo del mango constituye una fuente importante de empleo por la gran cantidad de mano de obra que demanda el sistema de producción. En 2011 se cosecharon 175, 673.90 ha, con una producción de 1, 536,654 ton y valor de \$ 4, 059 MDP. Sinaloa, Chiapas, Guerrero, Nayarit y Michoacán son los principales estados productores con el 81.17% del volumen nacional (SAGARPA, 2012). El 85.8% de la producción se distribuye a nivel nacional, generalmente consumida como fruta fresca, aunque también es dirigida a la industria.

Las principales enfermedades del mango reportadas a nivel mundial son: la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), cenicilla (*Oidium mangiferae*), muerte descendente (*Lasiodiplodia theobromae*), roña (*Elsinoe mangiferae*), pudrición texana (*Phymatotrichopsis omnivora*) y malformación vegetativa y floral (MVF) (*Fusarium* spp.) (Kumar *et al.*, 1993; Ireta-Ojeda y Guzmán-Estrada, 2002; Rodríguez-Escobar y Osorio-Acosta, 2004; Vega-Piña, 2006). La MVF destaca por su importancia económica y complejidad de manejo sanitario. Fue descrita por Nirvan (1953), quién documentó mayor severidad en plantas juveniles de vivero. La malformación vegetativa, de la cual se aisló originalmente a *F. moniliforme* en India, se asocia a alteraciones cuantitativas y cualitativas de citocininas y a la producción de metabolitos producidos por el género *Fusarium* que actúan como factores de patogenicidad como la toxina T-2 (del grupo tricoticenos) (Ghosal *et al.*, 1978; Cossette, *et al.*, 1992). Distintas investigaciones reportan como agentes causales o asociados de la MVF, a *F. subglutinans* (*Gibberella fujikuroi* var. *subglutinans*) (Summanwar *et al.*, 1966; Chakrabarti y Ghosal, 1989; Kumar y Beniwal, 1992; Ploetz y Gregory, 1993; Freeman *et al.*, 2000; Lahav *et al.*, 2001; Marasas *et al.*, 2006), *F. mangiferae* y *F. sterilihyphosum* (Britz *et al.*, 2002; Iqbal *et al.*, 2006), *F. moniliforme* var. *subglutinans* (Kumar *et al.*, 1993; Akhtar *et al.*, 1999; Marasas *et al.*, 2006), *Fusarium oxysporum* (Bhatnagar y Beniwal, 1977) y *F. proliferatum* (Zhan *et al.*, 2010).

En México se ha consignado a *F. oxysporum*, *F. subglutinans*, *F. mexicanum*, *F. mangiferae* y *F. sterilihyphosum* como patógenos de la MVF (Mora-Aguilera *et al.*, 2003; Rodríguez-Alvarado *et al.*, 2007; Otero *et al.*, 2010).

Una plaga de alta importancia económica en el cultivo de mango son los trips (Thysanoptera: Thripidae), aun cuando se ha documentado una importante diversidad de especies (Rocha *et al.*, 2012; Ruiz *et al.*, 2013) en Florida, E.U.A. y México destacan por su importancia económica *Frankliniella cephalica*, *Selenothrips rubrocinctus* y *Scirtothrips* spp. (Farrar y Davis, 1991; Johansen, 2002). Otras especies importantes documentadas fuera de América son: *Scirtothrips dorsalis*, *S. mangiferae*, *F. occidentalis* y *Thrips palmi* (Lewis, 1997). En cultivos comerciales de mango el uso de insecticidas es indispensable para el control de esta plaga, sin embargo, una de las razones del ineficiente control químico de trips ha sido su tolerancia natural desarrollada por el constante uso de la mayoría de los ingredientes activos de los insecticidas, utilizados en su control (Brodsgaard, 1989). En años recientes se han reportado en los estados de Michoacán y Chiapas, poblaciones altas de trips causando daños severos en mango (Mora, 2000; Johansen, 2002; Santiesteban-Hernández *et al.*, 2011). En general, las investigaciones realizadas para estimar el impacto de esta plaga hacen énfasis en los daños directos causados por su alimentación durante la estación de crecimiento (Rocha *et al.*, 2012). Sin embargo, en Michoacán se ha observado que daños severos por trips durante una estación de crecimiento están asociados cualitativamente, intensificando la incidencia de la MVF del ciclo siguiente (¹Mora, comunicación personal). Un estudio que apoya el papel de estos insectos como transmisores de enfermedades en plantas es el de Farrar y Davis (1991) quienes demostraron la capacidad de *F. occidentalis* para transmitir mecánicamente esporas de *F. oxysporum*, agente causal de la pudrición de la mazorca en maíz; Lewis (1997), reportó a *Thrips tabaci* asociado a la transmisión de mildiús en vid (*Vitis vinifera*), fresa (*Fragaria vesca* L.), rosa (*Rosa* spp.), melón (*Cucumis melo* L.), trébol (*Trifolium repens* L.) y onagra (*Oenothera biennis*); así como a *Hercinothrips femoralis* y *Thrips obscuratus* como acarreadores de uredinias de *Puccinia graminis* y de esporas de *Monilinia fruticola*; Marullo (1995), demostró que *Chirothrips manicatus*, *Limothrips denticornis* y *Stenothrips graminum* se alimentan de conidios de hongos patógenos y propuso la

¹Mora, A. Profesor investigador del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México (aguilera@colpos.mx).

capacidad de estos conidios para permanecer vivos en el tracto digestivo y la posibilidad de ser transmitidos durante la alimentación o por las heces de estos insectos.

El ácaro de las yemas del mango (*Aceria mangiferae*) se ha encontrado íntimamente relacionado con la enfermedad (Hassan, 1944, Summanwar, 1970; Wahba, 1986). Actualmente, está aceptado que los ácaros no causan la enfermedad, pero juegan un papel importante en la transmisión debido a las heridas que causan en los meristemas (Summanwar, 1970; Wahba, 1986; Pinkas y Gazit, 1992; López, 2008).

4. OBJETIVO

Estudiar la participación de especies de *Frankliniella* y *Scirtothrips* como portadores y potenciales transmisores de *Fusarium* spp.

5. HIPÓTESIS

Especies de *Frankliniella* y *Scirtothrips* son portadores de esporas de hongos y potenciales transmisores de la malformación vegetativa y floral causada por *Fusarium* spp. en mango.

6. REVISIÓN DE LITERATURA.

Distribución e importancia económica de la malformación vegetativa. La malformación vegetativa se presentó por primera vez en India en 1891, actualmente se encuentra distribuida en Pakistán, Egipto, Sudáfrica, Brasil, Israel, Centro América, México, Venezuela, USA, Sudan, Uganda, Swazilandia, Cuba, Australia, Bangladesh y Emiratos Árabes Unidos (Peterson, 1986; Meah y Khan, 1992; Kumar y Beniwal, 1992; Burhan 1991; Marasas, 2006). En México, la enfermedad se registró por primera vez en 1958 (Morales y Rodríguez, 1961). En la Costa del Pacífico los daños en los cultivares mejorados de tipo petacón y los criollos son más severos que

en los cultivares del golfo. La mayor severidad se ha detectado a alturas comprendidas entre los 200 y 750 m.s.n.m. (Mora, 2000).

Las pérdidas en la producción ocasionadas por ésta enfermedad no se han estimado adecuadamente, debido a que no está en función directa de la severidad de la enfermedad (Kumar y Beniwal, 1987), sin embargo, un árbol con malformación de la inflorescencia no produce fruta, teniendo pérdidas en la producción hasta del 86% en una huerta (Kumar, 1983). Al norte de la India han sido afectados hasta el 50% de los árboles, causando grandes pérdidas en la producción (Singh y Dhillon, 1990). En Sudáfrica, se han reportado huertas de mango, hasta con un 73% de la enfermedad, con una severidad progresiva de hasta el 70% en los árboles afectados (Rijkenberg y Crookes, 1984). En México se registró por primera vez en Veracruz en 1958 y posteriormente en Morelos y Guerrero. En 1980 la enfermedad se reportó en el 100% de huertos comerciales en Morelos, Veracruz, Oaxaca y Tamaulipas causando pérdidas en la producción hasta del 30%. Actualmente, se ha dispersado a la mayoría de los estados productores en las regiones del Golfo y Pacífico con incidencias \geq el 70%, aunque su severidad es mayor en las regiones del trópico seco mexicano (Noriega-Cantú *et al.*, 1999).

Síntomas de malformación vegetativa en mango. Los síntomas típicos en plantas de vivero son variables tales como la pérdida de dominancia apical e hinchazón de brotes vegetativos en la axila de la hoja o en la extremidad, en plantas jóvenes se producen acortamiento de entrenudos con hojas pequeñas y escamosas dando una apariencia conocida como arracimado (Ploetz, 2004). También, si se genera la malformación particularmente en el ápice, se estresan y mueren jóvenes, (Kumar y Beniwal, 1992). Presentan menos sistema radicular primario, con pocas raíces terciarias (Schlosser, 1971). En los brotes vegetativos de árboles se produce crecimiento arracimado y se secan eventualmente, pero puede brotar otra vez en la próxima estación mostrando un desarrollo normal. El desarrollo de la malformación vegetativa, en la mayoría de las ramas del árbol, ocasiona una considerable reducción o nula floración (Kumar y Beniwal, 1992) a diferencia de una inflorescencia normal con amarre de frutos (Figura 1).

En una panícula con malformación, las flores se agrandan, causando aborto y nula producción de fruto (Kumar y Beniwal, 1992). La malformación vegetativa se asocia a

alteraciones cuantitativas y cualitativas de las citocininas, así como a la micotoxina diacetoxicirpenol y T-2 (del grupo tricoticenos) aislada de *F. moniliforme* (también llamado *F. moniliforme* por Wollenweber y Reinking en India (Ghosal *et al.*, 1978)).

Las panículas enfermas adquieren una coloración verde intensa continua (Hifny *et al.*, 1978) presentando un incremento de flores masculinas y aborto en las flores hermafroditas restantes. Los tallos pueden convertirse en filodios; cuando los síntomas son severos, se pierde dominancia apical, y presenta gran cantidad de tallos laterales y entrenudos cortos, que le confieren una apariencia de conglomerado dentro de la inflorescencia (Figura 1).



Figura 1. Tallo vegetativo sano de mango (A), Inflorescencia de mango normal (B), planta que muestran malformación de yemas axilares (C), Inflorescencia con malformación (D), filodios (Foto internet) (E), inflorescencia con gran número de flores abortadas (F), Inflorescencia seca unida al tallo (G), virescencia de inflorescencia a filodios (H).

Epidemiología de la malformación vegetativa. La “malformación vegetativa” fue asociada a virus, ácaros, hongos y desbalances fisiológicos, sin embargo, numerosos trabajos coinciden en señalar a diferentes especies de *Fusarium* como agentes causales de la enfermedad. Entre las especies reportadas se encuentran: *F. subglutinans* (*F. moniliforme*) reportado en América (Summanwar *et al.*, 1966; Nelson *et al.*, 1983; Varma *et al.* 1974; Ploetz, 2004; Britz *et al.*, 2002), *F. sterilihyphosum* en América y Sud África; *F. mangiferae* en Sud África, Egipto y Florida (Lima *et al.*, 2009), *F. mexicanum*, *F. guttiforme*, *F. circinatum*, *F. bulbicola* en América, *F. pseudocircinatum* y *F. verticillioides* reportados en África (Otero-Colina, 2010); *F. subglutinans* produce sustancias reguladoras del crecimiento, además de toxinas y enzimas que sirven al hongo como agente de patogenicidad. En los árboles, el daño producido por la

enfermedad trae como consecuencia desbalances hormonales y nutricionales severos (Kumar y Beniwal, 1992; Singh *et al.*, 1991).

Hassan, (1944) ya relacionaba a la enfermedad con las altas poblaciones del ácaro (*Aceria mangifera*) presente en las yemas del mango, posteriormente se reportó al ácaro (*Aceria mangiferae*) como agente transmisor y a *Fusarium subglutinans* como el agente causal de la malformación vegetativa (Pinkas y Gazit, 1992; López, 2008). Actualmente está aceptado que los ácaros no causan la enfermedad, pero tienen un papel importante en la transmisión por las heridas que causan en los meristemas (Summanwar, 1970; Wahba, 1986).

Trips del mango y su importancia. Entre las especies más polífagas de los trips, Thysanoptera: Thripidae, destacan: *Thrips tabaci* (Lindeman): “Trips del tabaco o de la cebolla” y *Frankliniella occidentalis* (Pergande): “Trips occidental de las flores”. (Brodsgaard, 1989; Van Driesche, 1999).

En Florida (EUA) y México las especies de trips reportadas como plagas en mango son: *Frankliniella cephalica* y *Selenothrips rubrocinctus*. En flores de mango ataulfo provenientes de Chiapas, México, se reportaron las siguientes especies: *Aeolothrips microstriatus* Hood, *Franklinothrips orizabensis* Johansen, Thripidae *Arorathrips mexicanus* (Crawford), *Frankliniella borinquen* Hood, *Frankliniella cephalica* (Crawford), *Frankliniella gardeniae* Moulton, *Frankliniella gossypiana* Hood, *Frankliniella invasor* Sakimura, *Frankliniella parvula* Hood, *Frankliniella williamsi* Hood, Tubulifera Phlaeothripidae *Haplothrips gowdeyi* (Franklin), *Karnyothrips flavipes* (Jones) y *Karnyothrips texensis* Hood (Rocha *et al.*, 2012). La importancia en la alimentación de los trips es que succionan el follaje tierno causando destrucción celular, enrollamiento de la hoja hacia el haz, retraso del crecimiento y deformación con defoliación prematura severa en la mayoría de los brotes tiernos, causando achaparramiento.

En los frutos pequeños ocurre una deformación y presentan picaduras como escamas y lesiones epidérmicas, afectando la calidad comercial del fruto destinado al mercado de exportación (Johansen, 2002). En años recientes, se han reportado poblaciones altas de trips como plagas severas en Michoacán y Chiapas. El impacto cuantitativo o cualitativo del daño en

el vigor y sanidad del crecimiento vegetativo anual y la floración del ciclo siguiente no se ha documentado en México (Téliz, 1998). En el ciclo 2003, en Lázaro Cárdenas, Mich., los trips causaron severos daños de necrosis en inflorescencias. Los Brotes asintomáticos (durante varios ritmos consecutivos) con infestación natural por trips desarrollan consistente y sistemáticamente proliferaciones en la siguiente estación de crecimiento.

Características generales del genero *Frankliniella* spp. Es uno de los géneros más grandes con 180 especies aproximadamente, dentro de las cuales, más del 90% son neotropicales (Valle, 2004). Algunas especies de este género se han reportado en mango en los estados de Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Morelos, Michoacán (Johansen, 2002).

El género *Frankliniella* (Crawford) se caracteriza por tener la cabeza más ancha que larga, cedas interocelares y postocelares, frecuentemente bien desarrolladas, ocelos casi presentes en forma macróptera, algunas veces ausentes en braquípteras. Antenas de ocho segmentos robustos, III y IV con conos sensoriales bifurcados; cono bucal moderadamente robusto, redondeado a agudo. Protórax más ancho que largo, con dos sedas prominentes en los ángulos anteriores y dos en los posteriores. Alas anteriores completamente desarrolladas con dos venas cubiertas uniformemente de sedas. Terguito abdominal VIII con o sin peine de microtriquias en el margen posterior. Hembras con ovopositor bien desarrollado, color más claro; esternitos abdominales III-VII con áreas glandulares que varían en tamaño y forma (Valle, 2004).

Características generales del genero *Scirtothrips* spp. Los *Scirtothrips* se han encontrado en algunas de las variedades de mango como: Manila, Tommy Atkins y Haden, en las costas de Guerrero, Michoacán y Oaxaca, además, en *Avena sativa* L., *Citrus* spp., *Persea americana* (Valle, 2004). También, se encontraron en inflorescencias de *Mangifera indica* L., y en Tetela de Juárez, Morelos, de acuerdo con Sánchez-Rocancio *et al.* (2001). Éste género comprende casi 60 especies en el mundo, todas fitófagas, varias son plagas importantes, de cuerpo pequeño y con frecuencia de color claro (Valle, 2004).

El género *Scirtothrips* tiene la cabeza más larga que ancha, no prolongada de enfrente, ojos compuestos; ocelos presente; sedas de la cabeza, relativamente cortas. Antenas de ocho

segmentos III y IV con conos sensoriales bifurcados; segmento VI no pedicelado. Cono bucal de tamaño moderado.

En el protórax presentan un par de sedas posteriores más largas que cualquiera de las otras sedas marginales. Pronoto transversal estriado. Alas anteriores angostas con dos venas longitudinales; vena anterior con hilera de sedas interrumpida; vena posterior con varias sedas apicales. Segmentos abdominales I-VIII con numerosas microsedas sobre los lados. Terguito abdominal VIII con peine de sedas completo en el margen posterior. Hembra con ovopositor bien desarrollado; machos aparentemente, sin áreas glandulares sobre los esternitos abdominales (Johansen y Mojica-Guzmán, 1999). Se han encontrado tanto en plantas de mango como en *Persea americana* Miller cv. Hass en la Región Michoacana de Uruapan-Tancítaro (Johansen *et al.*, 2002) las siguientes especies de *Scirtothrips*: *S. admangiferaffinis*, *S. apatzinganensis*, *S. chamelaensis*, *S. danieltelizi*, *S. dieterenkerlini*, *S. hecorgonzalezi*, *S. mangiferaffinis*, *S. mangoaffinis*, *S. mangofrequentis*, *S. mangoinfestans*, *S. mangorum*, *S. mangonoxius*, *S. martingonzalezi*, *S. novomangorum*, *S. perseae*, *S. uruapaniensis* y *S. willihennigi*. Ahora bien, las especies *S. martingonzalezi*, *S. danieltelizi*, *S. mangoaffinis*, *S. mangiferaffinis*, *S. hecorgonzalezi*, *S. mangofrequentis* y *S. uruapaniensis*.

Transmisión. Los trips vectores de virus de plantas pertenecen a los géneros: *Frankliniella*, *Thrips*, y *Microcephalothrips* y transmiten cuatro grupos de virus incluyendo a los bunyavirus (la familia Bunyaviridae, del género Tospovirus), ilarvirus y sobemovirus y carmovirus (Wijkamp *et al.*, 1993).

Algunas especies de trips son conocidas como transmisoras de hongos y bacterias, de forma no persistente, mecánicamente por transporte en la superficie de su cuerpo y otras se alimentan de esporas e hifas. Muchas enfermedades severas de importancia económica, como mildius, royas y monilinia son transmitidas por los trips, el rol de vectores de hongos y bacterias no ha sido muy estudiado, habiendo poca información que documente la transmisión. El principal caso que se ha reportado es el de *Frankliniella occidentalis* asociada a la transmisión mecánica de *Fusarium* que causa la enfermedad pudrición de la mazorca en el maíz (Farrar y Davis, 1991).

Control de *Fusarium* spp.

Manejo nutricional: El uso de fertilizantes en árboles enfermos, como forma de remediar el desequilibrio nutricional causado por el hongo, ha tenido resultados variados (Tripathi, 1954); en algunos casos, el uso de nutrientes ha mejorado el estado alimenticio de los árboles y ha llevado a un incremento en el rendimiento de la fruta. Chakrabarti y Ghosal (1989) encontraron que rociando las partes de la planta enferma con el mangiferin-Zn²⁺® y los quelatos mangifera-Cu²⁺®, la infección por *Fusarium* spp. disminuía por el equilibrio normal del mangiferin y de los microelementos restablecidos en los tejidos enfermos. Por otro lado, la inyección del tronco con phoselyl-AI+ mezcla de Zn+ y B incrementó el rendimiento en los frutales después de dos años (Darvas, 1987).

Poda: La poda de los brotes y panículas malformadas es un tratamiento eficaz en la supresión de enfermedad. Aunque el éxito es dependiente de la etapa y el grado de la infección en los árboles que reciben el tratamiento (Campbell y Marlatt, 1986; Darvas, 1987; Kumar y Beniwal, 1993).

Uso de fungicidas: Puesto que *Fusarium* spp., se encuentra en forma sistémica en los tejidos malformados, es necesario el uso de fungicidas sistémicos. Se ha tenido cierto éxito en la reducción de la severidad de la enfermedad con el uso del benomil en aerosol (Siddiqui *et al.*, 1987; Pinkas y Gazit, 1992), también se ha observado esta reducción con la inyección del tronco o el uso del carbendazim a suelo, solo o con prácticas culturales como poda de la raíz, disminuyendo la población de *Fusarium* en la rizósfera del suelo hasta el 99% y en tejidos dañados el 56%, aun así la enfermedad no es controlada, en términos de la recuperación de plantas enfermas de vivero de suprimir nuevas infecciones (Kumar y Beniwal, 1992).

Hormonas de crecimiento: El desequilibrio de auxinas y de antiauxinas observado en plantas enfermas, ha generado interés en la investigación sobre las hormonas de crecimiento como agentes potenciales de control para la malformación. Rajan (1986) encontró que en árboles normalmente improductivos, se obtuvo buen rendimiento después de rociarlos con 200 ppm de NAA, incrementando el porcentaje de flores perfectas, siendo variado el nivel de control entre

variedades. De igual forma, se han realizado pruebas con los llamados anti-malformadores (metabisulfite de potasio, nitrato de plata, ácido ascórbico, glutatión reducido) para incrementar el rendimiento y el control de las proliferaciones en la diferenciación del brote floral (Singh y Dhillon, 1990).

Depredadores: Hoddle *et al.*, (2000) menciona que *Franklinotrips* sp., es considerado como depredador de varias especies de trips. Por otro lado, insectos como *Orius laevigatus*, *Theridiidae urticae*, *Neoseiulus cucumeris*, *N. californicus*, *Phytoseiulus persimilis*, son algunas de las especies que ejercen control sobre trips en una interacción directa entre el número de individuos predador-herbívoro (Venzon *et al.*, 2001).

Control químico trips: En poblaciones de *F. occidentalis* se han detectado diferentes niveles de resistencia a grupos químicos como organofosforados, carbamatos, piretroides y lactona macrocíclica (abamectina) (Immaraju *et al.*, 1992; Brodsgaard, 1994; Zhao *et al.*, 1994). En pruebas realizadas por García (2012) se evaluó aceite mineral, azufre, spinosad e imidacloprid para controlar la escama blanca (*A. tubercularis*) y trips (*F. invasor* y *F. cephalica*) obteniendo un control regular de estos; el mismo autor menciona que el control químico de trips se facilita cuando las plantas de mango no están en floración o fructificación, siendo en estas etapas cuando los trips autorregulan su población.

Manejo integrado: De las técnicas utilizadas en el manejo integrado, Pinkas y Gazit (1992) y Varma *et al.*, (1972) mencionan las siguientes: podar los árboles en la huerta, combinado el uso de fungicidas (benomil y captan) y de insecticidas en aerosoles, así como una fertilización balanceada; sin embargo, en pruebas realizadas por Kumar y Beniwal, (1992) y Noriega-Cantú *et al.*, (1999) se encontró que aún con el uso de diferentes técnicas de control, la infección reaparece en el suelo de los árboles de mango.

7. LITERATURA CITADA

- Akhtar, K. P., I. A. Khan, M. J. Jaskani, M. Asif, y M. A. Khan. 1999. Isolation and characterization of *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* and *Gibberella fujikuroi* var. *subglutinans* from malformed mango. Sultan Qaboos Univ. **Research Journal of Agricultural Science** 4: 19-25.
- Bhatnager, S. S. y Beniwal, S. P. S. 1977. Involvement of *Fusarium oxysporum* in causation of mango malformation. **Plant Disease** Report 61: 894-898.
- Britz, H., Steenkamp, E. T., Coutinho, T. A., Wingfield, B. D., Marasas, W. F. O., y Wingfield, M. J. 2002. Two new species of *Fusarium* section *Liseola* associated with mango malformation. **Mycology** 94:722-730.
- Brodsgaard, H. F. 1989. *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera; Thripidae) a new pest in Danish glasshouses. A review. **Tidsskrift Planteavl.** 93:83-91.
- Brødsgaard, H. F. 1994.** Insecticide resistance in European and African strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) tested in a new residue-on-glass test. **Journal Economic Entomological.** 87: 1141-1146.
- Burhan, M. J. 1991. Mango malformation disease recorded in United Arab Emirates. **FAO Bulletin. Department Agriculture** 39:46-47.
- Campbell, C. W. y R. B. Marlatt. 1986. Current status of mango malformation disease in Florida, **Interamerican Society for Tropical Horticulture** 30:223-26.
- Chakrabarti, D. K. y S. Ghosal. 1989. The disease cycle of mango malformation induced by *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* and the curative effects of mangiferin. Metal chelates. **Journal of Phytopathology** 125: 238-46.

- Cossette, B., W. Smoragiewicz, A. Boutard y G. Bouchard. 1992. La Détection des Mycotoxines Trichothecenes. **Travail et Santé** 8: 2-6.
- Darvas, J. M. 1987. Control of mango blossom malformation with trunk injection. South Africa. **Mango Growers' Yearbk.** 7:21-24.
- FAO. 2012. Food and Agriculture Organization. Statisticals Database Internet. Disponible en <http://faostat.fao.org/default.aspx>. (Consulta Junio 2013).
- Farrar, J. J. y R. M. Davis. 1991. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. **Phytopathology** 81:661-666.
- Freeman, S., M. Maimon y Y. Pinkas. 2000. Etiology of mango malformation disease using GUS transformants of *Fusarium subglutinans*. **Acta Horticultura** 509: 751-758.
- García, P. 2012. Control químico en mango (*Mangifera indica* L.) contra escama blanca y trips en Tierra Blanca, Veracruz, México. **Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.** 32 p.
- Ghosal, S., Biswas, K. y B. K. Chattopadhyay. 1978. Differences in the chemical constituents of *Mangifera indica*, infected with *Aspergillus Niger* and *Fusarium moniliforme*. **Photochemistry** 17:689-694.
- Hassan, A. S. 1944. Notes on *Eriophyes mangiferae* S. N. (Acarina). **Bulletin Society Found Entomological** 28:179-80.
- Hoddle, M. S., L. Robinson, K. Drescher y J. Jones. 2000. Developmental and reproductive biology of a predatory *Franklinotrips* n. sp. (Thysanoptera: Aeolothripidae). **Biological Control** 18:27-38.
- Hyfny, H. A. A., M. El-Barkouki y G. S. El-Banna. 1978. Morphological and physical aspects of the floral malformation in mangoes. **Egyptian Journal of Horticulture** 5:43-52

- Iqbal, Z., A. A. Dasti y A. Saleem. 2006. Role of *Fusarium mangifera* in causation of mango malformation disease. **Journal of Research (Science)**. Bahauddin Zakariya University Multan, 17: 9-14.
- Immaraju, J. A., Paine, T. D., Bethke, J. A., Robb, K. L. y Newman, J. P. 1992. Western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) resistance to insecticides in coastal California greenhouses. **Journal Economic Entomological** 85: 9-14.
- Ireta-Ojeda, A. y C. Guzmán-Estrada. 2002. Guía técnica para la producción de mango en Sinaloa. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Valle de Culiacán. **Folleto Técnico # 22** 150 p.
- Johansen, R. M. 2002. Los trips (Insecta: Thysanoptera) del mango p. 186-210. *In*: Mora A. A., O. D. Téliz y S. A. Reboucas (eds.). **El mango: Manejo y comercialización**. Colegio de Postgraduados, México.
- Johansen, R. M. y A. Mojica-Guzmán. 1999. The genus *Scirtothrips* Shull, 1909 (Thysanoptera: Thripidae, Sericothripini), in Mexico. **Folia Entomológica Mexicana** 104: 23-108.
- Kumar, J. 1983. Studies on symptomatology, etiology and control of mango malformation. Ph Dthesis. G. B. Plant Univ. **Agriculture and Technology, Pantnagar, India**. 199 p.
- Kumar, J. y S. P. S. Beniwal, 1987. Vegetative and floral malformation, two symptoms of the same disease on mango. **FAO Plant Protection Bulletin** 35: 21-23.
- Kumar, J. y S. P. S. Beniwal, 1992. Mango malformation p. 357-393. *In*: J. Kumar, H.S. Chawbe, V. S. Singh y A. N. Mukhopadhy **Plant Diseases of International Importance. V3**. 3:357-93. New York: Prentice Hall. 456 p.
- Kumar, J., U. S. Singh y S. P. S. Beniwal. 1993. Mango malformation: one hundred year of research. **Annual Review of Phytopathology** 31: 217-232.

- Lahav, C., A. Sztejnberg, M. Maymon, Y. Danisov y S. Freeman. 2001. Mango malformation disease: presence and identification of the casual organism *Fusarium subglutinans* in main branches of mature trees and saplings grafted with infected scions, and importance of sanitation treatments in orchards. **Alon Hanotea** 55: 301-304.
- Lewis, T. 1997. **Thrips as crop pests**. CAB Internacional 719 p.
- Lima, C. S., J. H. A. Monteiro, N. C. Crespo, S. S. Costa, J. F. Leslie y L. P. Pfenning. 2009. VCG and AFLP analyses identify the same groups in the casual agents of mango malformation in Brazil. **European Journal of Plant Pathology** 123: 17-26.
- López, E. M. E. 2008. El papel del acaro *Aceria mangifera* (Sayed) en la malformación vegetativa del mango o escoba de bruja. Tesis Doctoral. **Colegio de Postgraduados, Montecillo**, Texcoco, Edo., de México. 61 p.
- Marasas. W. F. O., Ploetz, R. C., Wingfield, M. J., Wingfield, B. D. y Steenkamp, E. T. 2006. Mango Malformation Disease and the Associated *Fusarium* species. **Phytopathology**. 96:667-672.
- Marullo, R. 1995. Possible dissemination of pest fungi by thrips. p. 201-202. *In*: Parker B. L. M. Skinner & T. Lewis (eds.). **Thrips Biology and Management**. Plenum Press, New York.
- Meah, B. y A. A. Khan. 1992. Mango diseases in Bangladesh. **Annual Programs Reports**. pp. 1-28.
- Mora, A. J. A. 2000. Patogénesis y epidemiología de la "Escoba de bruja" (*Fusarium subglutinans* (Wollemweb y Reinking) y *F. oxysporum* (Scklecht)). Tesis de Doctorado en Ciencias. **Colegio de Postgraduados Montecillo**. Texcoco, México.

- Mora-Aguilera, A., D. Teliz-Ortiz y G. Mora-Aguilera. 2003. Progreso temporal de “escoba de bruja” (*Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en Michoacán. México. **Revista Mexicana de Fitopatología** 21: 1-12.
- Morales, E. y H. Rodríguez. 1961. Breves anotaciones sobre una nueva plaga en árboles de mango. México. **Fitófilo** 1:7-11.
- Nelson, P. E., T. A. Toussoun y W. F. O. Marasas. 1983. *Fusarium* Species: an Illustrated Manual for Identification, Pensilvania State University Press. University Park. 193 pp.
- Nirvan, R. S. 1953. Bunchy top of young mango seedlings. **Science and Culture** 18 (7): 335-336.
- Noriega-Cantú, D. H., D. Téliz, G. Mora-Aguilera, J. Rodríguez-Alcazar, E. Zavaleta-Mejía, G. Otero-Colinas, y C. L. Campbell. 1999. Epidemiology of mango malformation in Guerrero, Mexico, with traditional and integrated management. **Plant Diseases** 83:223-228.
- Otero-Colina, G., G. Rodríguez-Alvarado, S. Fernández-Pavía, M. Maymon, R. C. Ploetz, T. Aoki, K. O'Donnell y S. Freemann. 2010. Identification and characterization of a novel etiological agent of mango malformation disease in Mexico, *Fusarium mexicanum*. **Phytopathology** 100: 1176-1184
- Peterson, R. A. 1986. Mango diseases. **Australian Mango Research Workshop**. First, Melbourne, pp. 233-47 Melbourne: CSIRO.
- Pinkas and Gazit, S. 1992. Mango malformation control strategies. *In*: International Mango Symposium. **Mango Symposium**. Fourth. Miami. 22 p.
- Ploetz, R. 1994. Mango anthracnose. p. 35–36 *In*: R. C. Ploetz, G. A. Zentmyer, W. T. Nishijima, K. G. Rohr-bach, y H. D. Ohr (eds.), **Compendium of tropical fruit diseases**. The American Phytopathological Society, Minneapolis, Minn.

- Ploetz, R. C y S. Freeman. 2009. Foliar, floral and soil borne diseases. 231-302. *In*: R.E. Litz. (Ed). **The mango botany, production and uses**. Second edition. CABI.
- Ploetz, R. C. 2004. The major diseases of mango: strategies and potential sustainable. **Acta Horticulture** 645: 137-150.
- Ploetz, R. C. y N. F. Gregory. 1993. Mango malformed in Florida: Distribution of *Fusarium subglutinans* in affected trees and relationship among strains within and among different orchards. **Acta Horticulture** 341: 388-394.
- Rajan, S. 1986. Biochemical basis of Mango (*Mangifera indica* L.) malformation. PhD thesis. **Indian Agricultural Research Institute Delhi**. India. 67 pp.
- Rijkenberg, F. H. J. y C. A. Crookes, 1984. Mango flower malformation. S. Afr. Mango Growers' Assoc. **Yearbk** 4:30.
- Rocha, H. F., F. Infante, J. Quilantán, A. Goldarazena y J. E. Funderburk. 2012. 'Ataulfo' mango flowers contain a diversity of thrips (Thysanoptera). **Florida Entomologist** 95: 171-178.
- Rodríguez-Alvarado, G., S. P. Fernández-Pavía, R. C. Ploetz, y M. Valenzuela-Vázquez. 2007. A *Fusarium* sp. different from *Fusarium oxysporum* and *F. mangiferae* is associated with mango malformation in Michoacán, Mexico. **New Disease Reports**. pp. 16, 37.
- Rodríguez-Escobar, G. y F. Rodríguez-Acosta. 2004. Principales enfermedades del mango. *In*: INIFAP -CP-Veracruz (Eds.). Tecnología para la producción forzada de mango "Manila" con calidad fitosanitaria en Veracruz. INIFAP-CIRGOC-Campo Experimental Cotaxtla. Memoria Técnica # 15. División Agrícola 33-44.
- Ruiz-De La Cruz, J., A. Vásquez-López, A. P. Retana-Salazar, J. A. Mora-Aguilera y R. Johansen-Naime. 2013. A new species of Aeolothrips (Thysanoptera: Aeolothripidae) from mango crops in Oaxaca, México. **Florida Entomologist** 96: 29-35.

- SAGARPA, 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Disponible en: www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351. (Consultado noviembre 22, 2012).
- Sánchez-Roncancio, M. Y., H. González-Hernández, R. N. Johansen, A. Mojica-Guzmán y S. Anaya-Rosales. 2001. Trips (Insecta Thysanoptera) asociados a frutales de los Estados de México y Morelos, México. **Folia Entomológica Mexicana** 40: 169-187.
- Santiesteban-Hernández, A., A. Virgen-Sánchez, Y. Henaut y L. Cruz-López. 2011. Presencia de *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae) en inflorescencias de mango “Ataulfo” en el Soconusco, Chiapas, México. **Acta Zoologica Mexicana** 27: 497-499.
- Schlosser, E. 1971. Mango malformation: Incidence of “bunchy top” on mango seedlings in West Pakistan. **FAO Plant Protection Bulletin** 19: 41-42.
- Siddiqui, S., J. K. Sandooja, N. Mehta y R. Yamadagni. 1987. Biochemical changes during malformation in mango cultivars as influenced by various chemicals. **Pesticides** 21:17-19.
- Singh, Z. B. S. Dhillon y C. L. Arora. 1991. Nutrient levels in malformed and healthy tissues of mango (*Mangifera indica* L.) **Plant Soil** 133:9:15.
- Singh, Z. y B. S. Dhillon. 1990. Floral malformation, yield and fruit quality of *Mangifera indica* L. in relation to ethylene. **Journal Horticulture Science**. 65:215-20.
- Summanwar, A. S. 1970. Role of *Fusarium moniliforme* in causing malformation of mango. **Plant Disease. Proceedings First International Symposium Plant Pathology**. 621-631.
- Summanwar, A. S., Raychaudhuri, S. P. y Pathak, S. C. 1966. Association of the fungus *Fusarium moniliforme* Sheld, with the malformation in mango (*Mangifera indica* L.). **Indian Phytopathol** 19:227-228.

- Téliz, D. O. 1998. El mango y su manejo integrado en Michoacán. **Colegio de Posgraduados. Montecillo**, Texcoco, México. 55 p. (ISBN-968-832-247-2).
- Tripathi, R. D. 1954. Bunchy top and malformation disease mango. **Indian Journal of Horticulture** 11:122-124.
- Valle de la Peña., M. 2004. Trips en aguacate: Efectividad biológica de productos no convencionales y hongos entomopatógenos contra trips en Michoacán, México. Tesis de Maestría. **Protección Vegetal. Chapingo**, México. p 93.
- Van Driesche, R. 1999. Western flower thrips in greenhouses: A review of its biological control and other methods Department Entomologic, of Massachusetts, Amherst, Massachusetts, USA. Available at <http://www.biocontrol.ucr.edu/WFT.html>. Accessed 14 May 2003.
- Varma, A., S. P. Raychaudhuri, V. C. Lele y A. Ram 1972. Towards the understanding of the problem of mango malformation. **Acta Horticulture** 24: 237-237.
- Varma, A., V. C. Lele, S. P. Raychaudhuri, A. Ram y A. Sang. 1974. Mango malformation: A fungal disease. **Phytopathol** 70: 254-257.
- Vega-Piña, A. 2006. Principales enfermedades del mango. 235-277. *In*: Vázquez-Valdivia, V., y M. H. Pérez-Barraza (Eds.). **El cultivo del mango: principios y tecnología de producción. Libro Técnico # 1**. INIFAP CIRPAC-Campo Experimental Santiago Ixcuintla.
- Venzon, M., A. Pallini y A. Janssen. 2001 Interactions Mediated by Predators in Arthropod Food Webs. **Neotropical Entomology** 30: 1-9
- Wahba, M. L., M. A. M. El-Enany y A. M. I. Farrag. 1986. Five mango varieties as affected by malformation phenomenon and bud mite infestation in Egypt. **Agricultural Research Review** 61: 193-201.

- Wijkamp, I., J. v. lent, R. kormelink, R. Goldbach y D. Peters. 1993. Multiplication of tomato spotted wilt virus in its insect vector *Frankliniella occidentalis*. **Journal of General Virology** 74: 341-349.
- Zhan, R. L., S. J. Yang, H. F. Liu, Y. L. Zhao, J. M. Chang y Y. B. He. 2010. Mango Malformation Disease in South China Caused by *F. proliferatum*. **Jornal Phytopathology** 158: 721-725.
- Zhao, G., Liu, W., Brown, J. M., and Knowles, Ch. O. (1994) Insecticide resistance in field and laboratory strains of western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). **Journal Economic Entomological** 88: 1164-1170.

**CAPITULO I: FORESIA DE *Fusarium* spp. AGENTE CAUSAL DE LA
MALFORMACIÓN DEL MANGO, CON ESPECIES DE *Frankliniella* Y *Scirtothrips* EN
MÉXICO**

1.1. SUMMARY

The phoretic relationship of plant parasitic thrips with *Fusarium* spp. was determined by incubation of thrips in modified PDA culture medium. Seven species of *Scirtothrips* and four of *Frankliniella* were collected and identified from asymptomatic and diseased vegetative stems and inflorescences. *Frankliniella bispinosa* and *F. cephalica* were the most represented but with low diversity index and less evenness. *Frankliniella difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravae* and *S. silvicola* are registered for the first time associated with mango orchards in Guerrero, Mexico. The association of *Fusarium* spp. with *Frankliniella* and *Scirtothrips* species is suggested to be accidental. Thrips populations infested only by *Fusarium* spp. fluctuated between 46 and 100%, no matter the disease was present or absent in the studied regions. Thrips from Huamuxtitlan, where disease incidence is $\geq 80\%$, were 100% infested with *Fusarium* spp. Infestation of *Fusarium* combined with other genera (*Gliocladium*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Colletotrichum*, *Basipetospora*, *Nodulisporium* and *Penicillium*), was $\geq 95\%$. Up to five fungal genera, including *Fusarium*, were isolated from a single specimen incubated on PDA. The trips carried *Fusarium* spp. conidia adhered to the cuticle of any body part. Thrips species did not show preference for health condition or specific feeding tissues. Three isolates of *Fusarium* spp. collected from thrips in Arcelia and Huamuxtitlan, Gro., were found by RAPD's to correspond to a species genetically very close to *F. sterilihyphosum* which was deposited in GenBank with accession numbers GU737267 to GU737538.

Keywords: *Mangifera indica*, phoresis, Thysanoptera.

1.2. RESUMEN

La relación forética de *Fusarium* spp. con trips fitófagos del mango se determinó por incubación de cuerpos de trips en medio de cultivo PDA modificado. Se identificaron siete especies de *Scirtothrips* y cuatro de *Frankliniella* recolectadas de tallos vegetativos e inflorescencias sanas o enfermas. *Frankliniella bispinosa* y *F. cephalica* fueron las de mayor representación, aunque con bajo índice de diversidad y menor equidad. Se registró por primera vez a *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravae* y *S. silvicola* asociados a huertos de mango en Guerrero, México. La asociación de *Fusarium* spp. con especies de *Frankliniella* y *Scirtothrips* no es accidental. La proporción de trips infestados sólo por *Fusarium* spp. fluctuó de 46 a 100%, independientemente de la presencia o ausencia de malformación, y en Huamuxtitlán, región con incidencia $\geq 80\%$ de la enfermedad, fue de 100%. La infestación de *Fusarium* combinado con otros géneros (*Gliocladium*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Colletotrichum*, *Basipetospora*, *Nodulisporium* y *Penicillium*) fue \geq a 95%. Hasta cinco géneros fungosos, incluido *Fusarium*, se aislaron de un mismo espécimen incubado en PDA. Los trips portaron esporas de *Fusarium* spp. adheridas a la cutícula de cualquier parte del cuerpo. No se observó preferencia de especies de trips por tejidos específicos de alimentación y su condición sanitaria. Tres aislamientos obtenidos de trips procedentes de Arcelia y Huamuxtitlán, Gro., México, presentaron similitud (RAPD's) con una especie muy cercana a *F. sterilihyphosum*, la cual, fue depositada en el Gen Bank con números de acceso GU737267 a GU737538.

Palabras clave: *Fusarium*, *Scirtothrips*, *Frankliniella*, forosis, mango *Mangifera indica*).

1.3. INTRODUCCIÓN

Frankliniella spp. y *Scirtothrips* spp. (Thysanoptera: Thripidae) tienen distribución cosmopolita (Rugman-Jones *et al.*, 2006) y son considerados plagas globales (Mound 2005) y polífagas que atacan cultivos en espacios protegidos y al descubierto (Mound & Teulon 1995). En México, son plagas importantes del follaje e inflorescencias del mango (*Mangifera indica* L. 1753) en Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Johansen & Mojica-Guzmán, 1999; Sánchez-Roncancio *et al.*, 2001; Johansen, 2002).

En general, las investigaciones realizadas para estimar el impacto de estas plagas hacen énfasis en los daños directos causados por la alimentación durante época de infestación (Kirk 1997; Rocha *et al.*, 2012). Sin embargo, en huertos comerciales de Michoacán, México, se ha observado consistentemente que brotes vegetativos asintomáticos con infestación natural severa por trips desarrollan deformaciones vegetativas y florales en las siguientes estaciones de crecimiento. Estas deformaciones corresponden morfológicamente a la *escoba de bruja* (Mora-Aguilera *et al.*, 2003), o *mango malformation* o *bunchy top*, causada por hongos del género *Fusarium* (Marasas *et al.*, 2006). En evaluaciones previas se registró que 92 a 100% de trips recolectados de tejidos vegetativos o florales con malformación e incubados en PDA modificado exhibieron contaminación externa por *Fusarium* spp. (²Mora *et al.*, 2002, datos no publicados). Similarmente, se demostró que *Fusarium oxysporum* (Schlechtendahl, 1824) presenta una relación forética con *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895) y el ataque de estos insectos es indispensable para que se presente la pudrición de mazorca en maíz (*Zea mays* L. 1753) en

²Mora, A. Profesor investigador del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México (aguilera@colpos.mx).

California, USA (Farrar & Davis 1991). Lewis (1997) reportó la asociación de *Thrips tabaci* Liderman 1888 con el mildiú en vid (*Vitis vinifera* L. 1753, fresa (*Fragaria vesca* L. 1753), rosa (*Rosa* spp.), melón (*Cucumis melo* L. 1753, trébol (*Trifolium repens* L. 1753 y onagra (*Oenothera biennis* L. 1753, así como a *Hercinothrips femoralis* O. M. Reuter 1891 y *Thrips obscuratus* Crawford 1941 como portadores de uredinias de *Puccinia graminis* Pers. 1794 y esporas de *Monilinia fruticola* G. Winter 1883. Marullo (1995) demostró que *Chirothrips manicatus* Haliday 1836, *Limothrips denticornis* Haliday 1836 y *Stenothrips graminum* Uzel 1895 se alimentan de conidios de hongos fitopatógenos, los cuales, permanecen viables en el tracto digestivo y son transmitidos a nuevos huéspedes durante la alimentación o por las heces.

El ácaro de las yemas del mango (*Aceria mangiferae* Sayed 1946) está íntimamente relacionado con la malformación del mango (Peña *et al.*, 2005). Este organismo no causa la enfermedad pero se sugiere su importancia al acarrear esporas de *Fusarium* spp., y facilitar la infección debido a las heridas que causa en las yemas (Summanwar, 1970; Wahba, 1986), principal nicho de alimentación del ácaro (Mound, 2005) y de infección por el hongo (Kumar *et al.*, 1993). Es posible que otras especies de artrópodos que se presentan en alta densidad en los mismos tejidos y causan heridas durante la alimentación puedan estar involucrados en la transmisión. Esta investigación exploró la relación forética de *Fusarium* spp., agente causal de la malformación vegetativa y floral, con especies fitófagas de los géneros *Frankliniella* y *Scirtothrips* en huertos de mango en México.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de tejido de mango y trips. Brotes vegetativos anuales e inflorescencias asintomáticas o enfermas se recolectaron en tres huertos comerciales de mango para extracción de trips y aislamiento de hongos. Los muestreos se realizaron en Arcelia (18° 53' N, 102° 11' O, a 390 msnm) y Huamuxtitlán (17° 4' N, 98° 26' O, a 960 msnm), Gro., dos municipios representantes del trópico seco con alta incidencia de malformación, así como en Tecpan de Galeana (17° 06' N, 100° 27' O, a 52 msnm), Gro., en la región del trópico subhúmedo donde la enfermedad no se ha reportado. En cada región se muestrearon aleatoriamente árboles y órganos (hasta 30 muestras por tipo de tejido y condición sanitaria) durante la época seca (enero-abril de 2012). Cada muestra se depositó en una bolsa de papel y está dentro de una plástica, para traslado al laboratorio. Ahí fueron examinadas bajo microscopio estereoscópico para separar con pincel fino y registrar el número de trips presentes; una parte de la población se conservó en seco para observación al microscopio electrónico de barrido y determinar la relación forética con *Fusarium* spp., y el resto se conservó en alcohol al 70% para identificación taxonómica.

Morfología de trips y observación al microscopio electrónico. Los ejemplares destinados al estudio morfológico se montaron en laminillas de acuerdo a metodología de Johansen & Mojica-Guzmán (1997) con algunas modificaciones. Los especímenes se deshidrataron progresivamente en una serie de alcoholes al 70, 80, 96 y 100%, con un periodo de reposo por 10 min/ concentración y transfirieron a aceite de clavo por 3-5 min para aclarado. Posteriormente, se montaron individualmente en una gota de bálsamo de Canadá sobre un portaobjetos. Las preparaciones se secaron a temperatura ambiente (22 ± 3 °C) durante dos meses. La

determinación se realizó en el Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM) con las claves taxonómicas de Johansen & Mojica-Guzmán (1999); Moulton (1948) y Ortíz (1977). Los ejemplares estudiados se depositaron en las colecciones entomológicas del Colegio de Postgraduados (CP) en Texcoco, Estado de México y del Departamento de Zoología-IBUNAM, México, D. F. Los 100 ejemplares de trips por localidad destinados al estudio de microscopia electrónica se montaron en portaobjetos siguiendo la metodología propuesta por Bozzolla y Rusell (1999), con modificaciones que consistieron en secar los especímenes al vacío por 72 h para después montarlos en portaobjetos metálicos de 1 cm de diámetro, con cinta conductora de cobre y cubrirse con una capa de oro de 70 nm en una ionizadora JEOL™. La fotodocumentación se realizó con un microscopio de barrido JEOL JSM 6390™ en la Unidad de Microscopía Electrónica del CP.

Análisis de datos. Con los datos de densidad de trips por órgano y tejido se determinó la abundancia e índices de diversidad (Shanon & Weaver, 1949) y equidad (Pielou, 1975) con el software Species Diversity and Richness, Ver. 4.0.2 (Pisces Conservation Ltd. 2007).

Foresia *Fusarium* - trips e identificación de hongos. Especímenes adultos y larvas extraídos con pincel fino, de tejidos vegetativo y floral, enfermo y asintomático, se incubaron en cajas Petri (60 ejemplares/ tejido; 20 ejemplares/ caja-tejido) de 10 cm Ø con medio de cultivo a base de papa dextrosa agar (PDA, Difco, Detroit, Mi[®]), adicionado con antibióticos (neomicina, 2.05 g, clorhidrato de tetraciclina 0.10 g, estreptomina 0.10 g/ 1 L de agua destilada) y tergitol[®] (0.1 mL/ L) para aislamiento y cuantificación de colonias fungosas. Las cajas se incubaron por 4-6

días a 22 °C (\pm 3 °C) hasta esporulación de hongos. Posteriormente, los hongos aislados se transfirieron a cajas con PDA por medio de la técnica de punta de hifa o cultivo monospórico e incubaron a 22 °C (\pm 3 °C)/ 10 días para identificación con las claves de Barnett & Hunter (1998). Los cuerpos de trips adultos se extrajeron del medio de cultivo, se lavaron dos veces con agua destilada y montaron en laminillas según el procedimiento descrito anteriormente para su identificación. El estudio se realizó en el Laboratorio de Enfermedades de Frutales del Instituto de Fitosanidad del CP y Departamento de Zoología del IBUNAM.

Aislamiento y purificación del DNA de *Fusarium* spp. El DNA de cultivos monospóricos de *Fusarium* sp., aislados de trips en PDA adicionado con antibióticos, se extrajo a partir de 100-200 mg de micelio según el método descrito por Freeman *et al.*, (1993). El DNA se disolvió en 100 μ L de buffer 1^x TE (0.1 nM EDTA) para obtener una concentración aproximada de 200 a 500 μ g/ mL y se diluyó a una concentración final de 50 ng/ μ L para reacción de PCR.

Identificación de especies relevantes de *Fusarium*. De 11 colonias de *Fusarium* spp., obtenidas de trips y aisladas mediante cultivos monospóricos en PDA modificado como se describió previamente, se extrajo ADN a partir de 100-200 mg de micelio según método descrito por Freeman *et al.*, (1993). El ADN se disolvió en 100 μ L de buffer 1^x TE (0.1 nM EDTA) para obtener una concentración aproximada de 200 a 500 μ g/ mL y se diluyó a una concentración final de 50 ng/ μ L para reacción de PCR. El ADN se amplificó por RAPD y PCR con los primers (GACA)₄, (GACAC)₃, (AGG)₅ y (CAG)₅ (Freeman *et al.* 1993). Los productos de PCR se corrieron por electroforesis en gel de agarosa 1.8% y los patrones de bandas obtenidos se compararon con aislamientos conocidos de referencia (*Fusarium mexicanum* Aoki *et al.*, 2010),

Fusarium sp. 2 y 3 y *F. pseudocircinatum* Nirenberg & O'Donnell 1998), identificados por Otero-Colina *et al.*, (2010) y de los cuales, se contó con material vivo de respaldo.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza y diversidad de especies de trips. En las recolectas realizadas en las tres regiones de Gro., México, se obtuvieron ejemplares representantes de dos géneros y 11 especies; siete pertenecieron a *Scirtothrips* y cuatro a *Frankliniella*. De éstas, *F. bispinosa* (16.06 y 14.60%) y *F. cephalica* (10.95 y 9.49%) en tejidos floral y vegetativo, respectivamente, fueron las de mayor representación. Los valores de los índices de diversidad de Shannon & Weaver (H') y de equidad fueron similares en las tres localidades de estudio, con ligera tendencia a favor de la localidad de Huamuxtitlán (1.53 y 1.70 bits/individuo, tejido floral y vegetativo, respectivamente), mientras que la menos diversa fue Arcelia (trópico seco) con valores de 0.90 para tejido floral y 0.90 para vegetativo. En Arcelia, también se observó la menor equidad específica al registrar magnitudes de 0.36 (Flor) y 0.38 (Veg.), distantes del 1.0 de Pielou (Magurran, 1988), valor máximo que considera una distribución uniforme de los individuos entre las especies (Newman, 2003) (Tabla 1.1).

No se observaron tendencias respecto a la preferencia de especies por tejidos específicos de alimentación y su condición sanitaria (vegetativos o florales, sanos o enfermos) (Figura 1.1). Mound (1997) menciona que en plantas cultivadas que son expuestas a la aplicación constante de insecticidas; algunas especies de trips desaparecen rápidamente y pueden ser sustituidas rápidamente por *F. occidentalis*, la cual, ha estado expuesta continuamente a la aplicación de

insecticidas, con el consiguiente desarrollo de resistencia. En Arcelia, Gro., en contraste con Tecpan de Galeana y Huamuxtitlán, los huertos comerciales de mango están inscritos en un programa de exportación, por lo que reciben mayores aspersiones de pesticidas, aspecto que podría definir una relación directa entre la diversidad y el manejo sanitario. Es posible que la gama de hospedantes en cada región también determine la composición y equidad de las especies. En Arcelia predomina el mango como monocultivo, mientras que en Tecpan de Galeana y Huamuxtitlán estos huertos se encuentran intercalados con cultivos de cítricos (*Citrus* spp.), banano (*Musa sapientum* L. 1759, papayo (*Carica papaya* L. 1753), diversas especies de sapotáceas (*Pouteria* spp.) y coco (*Cocos nucifera* L., 1753), entre otros hospedantes.

Scirtothrips spp. y *Frankliniella* spp. son plagas importantes del aguacate (*Persea americana* Mill. 1768) y mango en Sinaloa, Oaxaca y Michoacán, México (Johansen & Mojica-Guzmán 1999; Johansen 2002). Esta investigación constituye el primer reporte en mango de *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravae*, *S. silvicola* en Guerrero y confirma a *S. mangofrequentis*, *S. danieltelizi*, *S. perseae*, *F. cephalica* y *F. invasor* registradas en mango en esta entidad federativa (Damián-Nava *et al.*, 2011). *Scirtothrips perseae* y *F. occidentalis* destacan por su hábito polífago y distribución cosmopolita (Marullo 1995; Mound & Marullo 1996; Lewis 1997; Nakahara 1997; Johansen 2002; Mound 2005). Ambas especies se encontraron en el trópico seco (Arcelia y Huamuxtitlán), región caracterizada por incidencias de malformación vegetativa y floral $\geq 70\%$ (Noriega-Cantú *et al.*, 1999). En el trópico subhúmedo (Tecpan de Galeana), zona donde la enfermedad no se ha reportado, prevalecieron principalmente especies de *Scirtothrips*; sin embargo, Damián-Nava *et al.* (2011) encontraron especies de *Frankliniella* en esta región. Es conveniente resaltar que *F. bispinosa* es una plaga muy

importante en los cultivos de cítricos (*Citrus* spp.), mango y aguacate, en Florida, USA., (Peña *et al.*, 2005; Childers y Nakahara 2006); y junto con *F. occidentalis* y *F. cephalica* constituyen vectores importantes del Tomato Spotted Wild Virus (TSWV) en más de un millar de especies botánicas de importancia económica (Avila *et al.*, 2006; Riley *et al.*, 2011).

Foesia *Fusarium* - trips e identificación de hongos. La incubación de cuerpos de *Frankliniella* spp., y *Scirtothrips* spp., en medio selectivo (Figura 1.2; 2, 3) mostró la portabilidad de hongos de los géneros *Fusarium*, *Gliocladium*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Colletotrichum*, *Basipetospora*, *Nodulisporium* y *Penicillium*, aunque sólo 46 a 100% de los ejemplares estuvieron infestados externamente por *Fusarium* spp., independientemente de la presencia (Huamuxtitlán y Arcelia) o ausencia (Tecpan de Galeana) de plantas con malformación. La frecuencia con que se aisló *Fusarium* spp. no mostró una relación directa con la condición sanitaria (asintomáticos o enfermos) de los tejidos. Sin embargo, en Huamuxtitlán, región con incidencia de malformación \geq al 70%, fue del 100% en todas las especies de tisanópteros, colectadas en tejidos asintomáticos y enfermos. La proporción de insectos infestados por *Fusarium* spp., sólo o combinado con otros hongos, fue superior a 95% (Tabla 1.2); cuando se consideró la portabilidad de géneros distintos a *Fusarium* fluctuó 33 a 80% (Tabla 1.3). Las larvas o adultos pueden portar esporas de *Fusarium* spp. adheridas a cualquier parte del cuerpo (patas, alas, tórax, espinas, etc.) (Figura 1.2; 4, 5, 6). Un solo individuo de una especie (como *F. cephalica* o *S. perseae*) puede portar hasta cinco géneros fungosos (incluido *Fusarium*) con distinta frecuencia. Estos resultados muestran que la relación forética de *Fusarium* con trips fitófagos del mango es común y sugieren que la composición de especies fungosas sobre un trips adulto puede asociarse a factores como región de estudio, gama de hospedantes, fenología de la

planta, sanidad y tipo de órganos de alimentación (inflorescencias o tallos vegetativos) y época del año (estación seca o lluviosa) que determinan focos de infestación para estos artrópodos. También, la diversidad y equidad de especies de trips dependerá de condiciones agroecológicas como el clima y hospedantes (Mound, 2005). Sin embargo, debe evaluarse la capacidad de estos insectos (en el contexto de los postulados de Koch) para transmitir la malformación, considerando factores como la densidad y composición del inóculo (*Fusarium* spp.), insectos desarrollados asépticamente en cámaras de cría y reinfestación controlada, susceptibilidad varietal y reproducción de síntomas, discriminando los daños causados por la alimentación, entre otros aspectos relevantes. Se ha demostrado que *F. oxysporum* presenta una relación forética con *F. occidentalis* y el ataque de estos insectos es indispensable para que se presente la pudrición de mazorca en maíz (*Z. mays*) en California, USA., además, de modificar su tasa epidémica (Farrar & Davis, 1991). Otros artrópodos también puede estar involucrados en la transmisión de *Fusarium* spp., por ejemplo, Martínez *et al.* (2005) reportaron a *Oebalus mexicanus* (Sailer 1944) (Hemiptera: Pentatomidae) asociado consistentemente a la transmisión de *Fusarium moniliforme* Sheld 1904 en sorgo (*Sorghum* spp.) al portar al hongo externa e internamente y transmitirlo al alimentarse.

Este documento postula que los trips podrían facilitar la infección por *Fusarium* spp. en mango debido a que son portadores de esporas, pueden presentarse en alta densidad alimentándose de tejidos vegetativos juveniles, incluidos meristemos, y a que durante la alimentación producen heridas (Johansen, 2002), principal vía de infección por el hongo (Kumar *et al.* 1993). *Fusarium* sp. requiere un período de incubación de tres a cuatro meses para inducir malformaciones vegetativas en mango (Noriega-Cantú *et al.*, 1999; Mora-Aguilera *et al.*, 2003).

Por lo anterior, si antes de una siguiente brotación vegetativa ocurre una infestación severa de trips portadores de especies patógenas como *F. subglutinans* (Woolenweb & Reinking) Nelson Toussoun & Marasas, 1983, *F. mangiferae*, *F. sterilihyphosum* Britz, Marasas & Wingfield, *F. proliferatum* (Natsushima) Nirenberg, 1976, *F. mexicanum*, etc. (Otero-Colina et al. 2010; Ploetz & Freeman, 2009; Britz et al. 2002; Zheng & Ploetz 2002) durante el siguiente flujo vegetativo podría incrementarse la incidencia, como se ha observado en los flujos de verano y primavera, en tallos que tuvieron infestaciones severas por trips en la época seca e invierno en el estado de Michoacán, México (Figs. 1.2; 7, 8, 9).

El aislamiento de *Fusarium* spp., a partir de trips extraídos de tejidos sanos en Tecpan de Galeana, indica que estos insectos participan consistentemente en la dispersión de este género, sin ser indispensable que existan árboles de mango con malformación ya que está documentada la capacidad de los trips para realizar vuelos cortos o desplazarse a grandes distancias ayudados por el viento (Cerneli *et al.*, 1993; Mound, 1994). Por otra parte, el género *Fusarium* posee una diversidad amplia de especies (patógenas y saprofitas) y gama de hospedantes como papayo (*C. papaya*), cítricos (*Citrus* spp.), zapote (*Diospyros digyna* Jacq. 1798) zapote-mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn 1967) en los agroecosistemas tropicales de México (Galletti *et al.*, 2000; Vásquez-López *et al.*, 2012).

La asociación constante de trips con inóculo de *Fusarium* spp., sugiere que esta plaga contribuye a modificar las epidemias de esta enfermedad durante la época seca de México (enero-mayo). Este aspecto no excluye un posible papel complementario con *A. mangiferae*, plaga

endémica que habita las yemas vegetativas y florales del mango y también está íntimamente asociado como portador de esporas de *Fusarium* spp. (Peña *et al.*, 2005).

Identificación de especies relevantes de *Fusarium*. Aunque varios aislamientos obtenidos de trips no fueron identificados a nivel específico, por comparación de patrones de bandas obtenidos mediante RAPD's se determinó la similitud de tres aislamientos procedentes de Arcelia y Huamuxtitlán, Gro., México, con la especie designada como *Fusarium* sp. 3, la cual, si bien no ha sido formalmente descrita, fue obtenida de tejidos de mango malformados en Veracruz, México, y fue determinada por Otero-Colina *et al.* (2010) como cercana a *F. sterilihyphosum*, causante de la malformación del mango en Brasil (Lima *et al.*, 2009).

Entre los hongos asociados a trips se identificaron géneros benéficos (*Paecilomyces* y *Gliocladium*) y fitopatógenos (*Nodulisporium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Colletotrichum*, *Basipetospora* y *Penicillium*). Aunque todos tienen importancia económica, este trabajo se enfocó a documentar la asociación de trips con *Fusarium* spp. por su relevancia como patógeno del mango en México, lo cual representa una aportación original.

1.6. CONCLUSIONES

Se identificaron siete especies de *Scirtothrips* y cuatro de *Frankliniella*. De éstas, *F. bispinosa* y *F. cephalica* fueron las más abundantes. La riqueza y diversidad específica fue similar en las tres regiones de estudio y no se observaron tendencias claras respecto a la preferencia de especies de trips por tejidos específicos de alimentación y condición sanitaria. Se registra por primera vez

en Guerrero, México a *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravae* y *S. silvicola*, asociados al cultivo del mango.

La asociación forética de *Fusarium* spp. con *Frankliniella* y *Scirtothrips* no es accidental. La proporción de trips infestados únicamente por *Fusarium* spp. fluctuó de 46 a 100% y combinado con otros géneros fungosos fue \geq a 95%. Los trips portaron esporas de *Fusarium* spp. adheridas a tórax, abdomen, patas, alas y espinas. Se identificó (RAPD's) una especie cercana a *F. sterilihyphosum*.

1.7. AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Cesáreo Rodríguez Hernández, por su apoyo en la traducción del summary. Esta investigación fue financiada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), con el proyecto FONSEC-48595.

1.8. LITERATURA CITADA

- Avila, Y., J. Tavisky, S. Hague, J. Funderburk, S. Reitz & T. Momol. 2006. Evaluation of *Frankliniella bispinosa* (Thysanoptera: Thripidae) as a vector of the *Tomato spotted wilt virus* in pepper. **Florida Entomologist** 2: 204-207.
- Barnett, H. L. & B. B. Hunter. 1998. **Illustrated genera of imperfect fungi**. Fourth Edition. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 218 p.

- Bozzola, J. J. & L. D. Russell. 1999. **Electron microscopy: principles and techniques for biologists**, 2nd edition. Sudbury, Massachusetts, Jones & Bartlett Chapter 2pp: 14-37.
- Britz, H., E. T. Steenkamp, T. A. Coutinho, B. D. Wingfield, W. F. O. Marasas & M. J. Wingfield. 2002. Two new species of *Fusarium* section Liseola associated with mango malformation. **Mycology** 94: 722- 730.
- Cerneli, M. & A. Montage. 1993. Situación actual de *Thrips palmi* Kerny (Thysanoptera, Thripidae) en Venezuela. **Revista Manejo Integrado de Plagas. Turrialba, Costa Rica** 29: 22-23.
- Childers, C. C. & S. Nakahara. 2006. Thysanoptera (thrips) within citrus orchards in Florida: A species distribution, relative and seasonal abundance within trees and on vines and ground cover plants. **Journal of Insect Science** 54: 331-371.
- Damián-Nava, A., C. Morales-de la Cruz, R. M. Johansen-Naime, E. Hernández-Castro, D. Ángel-Ríos & J. Pérez-Salgado. 2011. Identificación de trips (Insecta: Thysanoptera) en mango (*Mangifera indica* L.) en la zona costera del estado de Guerrero, México. **Entomología Mexicana** 10: 320-324.
- Farrar, J. J. & M. R. Davis. 1991. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. **Phytopathology** 81: 661-666.
- Freeman, S., M. Pham & R. J. Rodriguez. 1993. Genotipificación molecular de *Colletotrichum* especies basado en arbitrariamente priming PCR, ADN A + T ricos, y los análisis de ADN nuclear. **Experimental Mycology** 17: 309-322.
- Galletti, L., H. J. Berger, R. A. Montealegre, R. Herrera & J. Oyarzún. 2000. Identificación de hongos causantes de pudriciones en postcosecha de brevas e higos. **Boletín de Plagas de Sanidad Vegetal** 26: 439-443.

- Johansen, R. M. 2002. Los trips (Insecta: Thysanoptera) del mango p. 186-210. *In*: Mora A. A., O. D. Téliz y S. A. Reboucas (eds.). **El mango: Manejo y comercialización**. Colegio de Postgraduados, México.
- Johansen, R. M. & A. Mojica-Guzmán. 1997. Importancia agrícola de los trips. P. 11-18. *In*: **Manual sobre Entomología y Acarología Aplicada**. Memorias del seminario-curso Introducción a la entomología y acarología aplicada. Mayo 22 al 24. Sociedad Mexicana de Entomología, Puebla, Pue.
- Johansen, R. M. & A. Mojica-Guzmán. 1999. The genus *Scirtothrips* Shull, 1909 (Thysanoptera: Thripidae, Sericothripini), in Mexico. **Folia Entomológica Mexicana** 104: 23-108.
- Kirk, W. D. J. 1997. Feeding. p. 119-174. *In*: Lewis T (ed.). **Thrips as Crop Pests**. CAB International, Wallingford, UK. New York.
- Kumar, J., U. S. Singh & S. P. S. Beniwal. 1993. Mango malformation: one hundred year of research. **Annual Review of Phytopathology** 31: 217-232.
- Lewis, T. 1997. **Thrips as crop pests**. CAB Internacional 719 p.
- Lima, C. S., J. H. A. Monteiro, N. C. Crespo, S. S. Costa, J. F. Leslie, & L. P. Pfenning. 2009. VCG and AFLP analyses identify the same groups in the casual agents of mango malformation in Brazil. **European Journal of Plant Pathology** 123: 17-26.
- Magurran, A. E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Croom Helm, London. 179 p.
- Marasas, W. F. O., R. C. Ploetz, M. J. Wingfield, B. D. Wingfield & E. T. Steenkamp. 2006. Mango malformation disease and the associated *Fusarium* species. **Phytopathology** 96: 667-672.
- Martínez, J. L., A. Pescador, R. Lezama, O. Rebolledo, J. Molina y M. A. López, 2005. Asociación de la chinche apestosa *Oebalus mexicanus* con el hongo *Fusarium moniliforme*

- causante del tizón de la panoja del sorgo, en la Ciénaga de Chapala, Jalisco, México. **Redalyc** 9: 1-7.
- Marullo, R. 1995. Possible dissemination of pest fungi by thrips. p. 201-202. *In*: Parker B., L., M. Skinner & T. Lewis (eds.). **Thrips Biology and Management**. Plenum Press, New York.
- Mora-Aguilera, A., D. Teliz-Ortiz & G. Mora-Aguilera. 2003 Progreso temporal de “escoba de bruja” (*Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en Michoacán. México. **Revista Mexicana de Fitopatología** 21: 1-12.
- Moulton, D. 1948. The genus *Frankliniella* Karny, with keys for the determination of species (Thysanoptera). **Revista de Entomología (Rio de Janeiro)** 19: 55-114.
- Mound, L. A. 1994. Thrips and gall induction: a search for patterns. P. 131-149. *In*: M. A. J. Williams (ed.). **Plant Galls: Organisms, Interactions, Populations**. Oxford: Clarendon Press.
- Mound, L. A. 2005. Thysanoptera: diversity and interactions. **Annual Review of Entomology** 50: 247-269.
- Mound, L. A. & R. Marullo. 1996. The thrips of Central and South America: An Introduction (Insect: Thysanoptera). **Memories on Entomology International** 6: 1-487.
- Mound, L. A. & D. A. Teulon. 1995. Thysanoptera as phytophagous opportunists. p. 3-19. *In*: B. L. Parker, M. Skinner and T. Lewis (eds.). **Thrips biology and management**. Plenum Press. New York.
- Nakahara, S. 1997. Annotated list of the *Frankliniella* species of the world (Thysanoptera: Thripidae). **Contributions on Entomology International** 4: 355-389.
- Newmann, M. & F. Starlinger. 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *Forest Ecology and Management* 145: 91-106.

- Noriega-Cantú, D. H., D. Téliz-Ortíz, G. Mora-Aguilera, J. Rodríguez-Alcazar, E. Zavaleta-Mejía, G. Otero-Colinas & C. L. Campbell. 1999. Epidemiology of mango malformation in Guerrero, Mexico, with traditional and integrated management. **Plant Disease** 83: 223-228.
- Ortíz, M. S. 1977. El género *Frankliniella* (Thysanoptera) en el Perú. **Revista Peruana de Entomología** 1: 49-62.
- Otero-Colina G., G. Rodríguez-Alvarado, S. Fernández-Pavía, M. Maymon, R. C. Ploetz, T. Aoki, K. O'Donnell & S. Freemann. 2010. Identification and characterization of a novel etiological agent of mango malformation disease in Mexico, *Fusarium mexicanum*. **Phytopathology** 100: 1176-1184.
- Peña, E. J., P. E. Palevsky, G. Otero-Colina, R. Ochoa & W. M. C. Eister. 2005. Mango bud mite, *Aceria mangiferae* bionomics and control under Florida conditions. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society** 118: 228-234.
- Pielou, E. C. 1975. **Ecological diversity**. New York: John Wiley, 165 pp.
- Pisces Conservation LTD. 2007. Species Diversity and Richness, versión 4.0.2. Pisces Conservation Ltd., Pennington, Lymington Hants, UK.
- Ploetz, R. C. & S. Freeman. 2009. Foliar, floral and soil borne diseases. p. 231-302. *In*: R. E. Litz (ed.). **The mango botany, production and uses**. Second edition. (Ed.) CABI.
- Ploetz, R. C. 2004. The major diseases of mango: strategies and potential sustainable. **Acta Horticulturae** 645: 137-150.
- Riley, D. G., S. V. Joseph, R. Srinivasan & S. Diffie. 2011. Thrips vectors of tospoviruses. **Journal of Integrated Pest Management** 1:1-10.

- Rocha, H. F., F. Infante, J. Quilantán, A. Goldarazena, & J. E. Funderburk. 2012. 'Ataulfo' mango flowers contain a diversity of thrips (Thysanoptera). **Florida Entomologist** 95: 171-178.
- Rugman-Jones, P. F., S. M. Hoddle, A. L. Mound & R. Stouthamer. 2006. Phenology, life tables, and reproductive biology of *Tetraleurodes perseae* (Hemiptera: Aleyrodidae) on avocados in southern California. **Journal of Economic Entomology** 5: 1813-1819.
- Sánchez-Roncancio, M. Y., H. González-Hernández, R. N. Johansen, A. Mojica-Guzmán & S. Anaya-Rosales. 2001. Trips (Insecta Thysanoptera) asociados a frutales de los Estados de México y Morelos, México. **Folia Entomológica Mexicana** 40: 169-187.
- Shannon, C. & W. Weaver. 1949. **The mathematical theory of communication**. University of Illinois Press, Urbana, IL. 117 p.
- Summanwar, A. S. 1970. Role of *Fusarium moniliforme* in causing malformation of mango. **Plant Disease. Proceedings 1st International Symposium Plant Pathology**. 621-631.
- Vásquez-López, A., E. Hernández-Castro, A. Mora-Aguilera, C. Nava-Díaz & F. Sánchez-García. 2012. Etiología y epidemiología de la necrosis de flores y frutos juveniles del papayo (*Carica papaya* L.) en Guerrero, México. **Agrociencia** 46: 757-767.
- Wahba, M. L., M. A. M. El-Enany & M. I. A. Farrag. 1986. Five mango varieties as affected by malformation phenomenon and bud mite infestation in Egyptian. **Agriculture Research Review** 61: 193-201.
- Zheng, Q. & R. Ploetz, 2002. Genetic diversity in the mango malformation pathogen and development of a PCR assay. **Plant Pathology** 51:208-216.

Tabla 1.1. Riqueza y composición de especies de tisanópteros asociados al cultivo de mango (*Mangifera indica*), en tres regiones productoras de Guerrero, México.

Especies Tejido	Tecpan		Arcelia		Huamux.		Total trips		(%)	
	F ¹	V ²	F	V	F	V	F	V	F	V
<i>F.</i>										
<i>bispinosa</i> Morgan										
1913	0	0	22	20	0	0	22	20	16.06	14.60
<i>F. cephalica</i>										
Carwford 1910	0	0	10	9	5	4	15	13	10.95	9.49
<i>S. perseae</i>										
Nakahara 1977	3	3	4	3	0	0	7	6	5.11	4.38
<i>F. gardeniae</i>										
Moulton 1948	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1.46
<i>F. minor</i> Moulton										
1948	1	0	0	0	2	3	3	3	2.29	2.19
<i>F. occidentalis</i>										
Pergande 1895	0	0	0	0	5	4	5	4	3.65	2.92
<i>S. mangofrequentis</i>										
Johansen & Mojica										
1999	5	7	0	0	2	1	7	8	5.11	5.84
<i>F. difficilis</i> Hood										
1925	0	0	0	0	3	5	3	5	2.29	3.65
<i>S. danieltelizi</i>										
Johansen & Mojica										
1999	3	5	0	0	0	0	3	5	2.29	3.65
<i>S. bisbravoae</i>										
Johansen & Mojica										
1983	0	2	0	0	0	0	0	2	0	1.46
<i>S. silvicola</i>										
Johansen & Mojica										
1999	2	2	0	0	0	0	2	2	1.46	1.46

Abundancia	14	19	36	32	17	19	---	---	---	---
Núm. especies	5	5	3	3	5	6	---	---	---	---
³ Índice de										
Shannon-Weaver	1.50	1.50	0.90	0.90	1.53	1.70	---	---	---	---
Índice de equidad	0.62	0.62	0.36	0.38	0.64	0.71	---	---	---	---
Total	---	---	---	---	---	137	67	70	---	---

¹F= Tejido floral (inflorescencias); ²V= Tejido vegetativo. ³Índice de diversidad de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver 1949).

Tabla 1.2. Trips (incubados en PDA) asociados a *Fusarium* spp. en huertos comerciales de mango (*Mangifera indica*) de tres regiones productoras de Guerrero, México.

Especimen	No infest.	¹ Infest.	Trips portadores de <i>Fusarium</i> spp.				
			*Trips	² Fl-	² Fl+	² Veg-	² Veg+
			Infest.	%	%	%	%
Arcelia (var. Haden)							
<i>F. bispinosa</i>	3.91	96.09	46.02	45.45	63.64	50.00	25.00
<i>F. cephalica</i>	1.79	98.21	58.75	60.00	40.00	60.00	75.00
<i>S. perseae</i>	5.00	95.00	60.00	40.00	50.00	50.00	100.00
Huamuxtitlán (var. Ataúlfo)							
<i>F. cephalica</i>	0.00	100.00	100.00	³ -	100.00	100.00	100.00
<i>S. gardeniae</i>	0.00	100.00	100.00	-	⁴ 0.00	⁴ 0.00	100.00
<i>F. minor</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00

<i>F. occidentalis</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00
<i>S.</i>							
<i>mangofrequentis</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00
<i>F. difficilis</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00

Tecpan de Galeana (var. Manila)

S.

<i>mangofrequentis</i>	4.17	95.83	46.43	50.00	³ -	43.00	³ -
<i>S. danieltelizi</i>	4.17	95.83	70.00	100.00	-	40.00	-
<i>S. perseae</i>	0.00	100.00	83.33	67.00	-	100.00	-
<i>S. bisbravoae</i>	0.00	100.00	50.00	⁴ 0.00	-	50.00	-
<i>S. silvicola</i>	0.00	100.00	50.00	0.00	-	100.00	-
<i>F. minor</i>	0.00	100.00	100.00	100.00	-	0.00	-

¹Proporción de hongos portados por trips estimada con base en el total de colonias fungosas.

²Inflorescencia asintomática (Fl-) y sintomática (Fl+); tejido vegetal asintomático (Veg-) y

sintomático (Veg+). ³No se encontraron órganos florales o vegetativos asintomáticos o enfermos.

⁴No se encontraron trips parasitando órganos recolectados.

Tabla 1.3. Otros géneros fungosos asociados a trips fitófagos (incubados en PDA) en huertos comerciales de mango enfermos por proliferación vegetativa y floral, en Guerrero, México.

Especímenes	¹ Trips infestados	² <i>Gliocladium</i> sp.	² <i>Paecilomyces</i> sp.	² <i>Basipetospora</i> sp.	² <i>Penicilium</i> sp.	² <i>Rhizopus</i> sp.	² <i>Colletotrichum</i> sp.	² <i>Nodulisporium</i> sp.
Arcelia								
<i>F. bispinosa</i>	75.20	29.31	20.05	12.91	12.01	0.93	0.00	0.00
<i>F. cephalica</i>	73.80	29.00	23.00	14.00	4.00	4.00	0.00	0.00
<i>S. perseae</i>	67.50	33.75	11.25	5.00	17.50	0.00	0.00	0.00
Huamuxtitlán								
<i>F. cephalica</i>	33.33	0.00	0.00	0.00	33.33	0.00	0.00	0.00
<i>S. gardeniae</i>	50.00	0.00	25.00	0.00	25.00	0.00	0.00	0.00
<i>S. minor</i>	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
<i>F. occidentalis</i>	48.48	0.00	0.00	15.15	33.30	0.00	0.00	0.00
<i>S. mangofrequentis</i>	50.00	0.00	50.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
<i>S. difficilis</i>	50.00	0.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00
Tecpan de Galeana								
<i>S. mangofrequentis</i>	72.12	0.00	24.04	20.19	3.85	13.94	6.25	3.85
<i>S. danieltelizi</i>	61.62	14.65	11.11	4.55	0.00	21.21	10.10	0.00

<i>S. perseae</i>	53.57	13.39	0.00	20.54	6.25	0.00	13.39	0.00
<i>S. bisbravae</i>	80.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.00	40.00	0.00
<i>S. silvicola</i>	75.00	41.67	0.00	16.67	0.00	16.67	0.00	0.00
<i>S. minor</i>	66.67	33.33	0.00	33.33	0.00	0.00	0.00	0.00

¹Especímenes portadores de distintos géneros fungosos, excepto *Fusarium spp.* ² % estimado con base en el universo de colonias fungosas aisladas del total de especímenes de trips incubado en medio selectivo. (Considerando que un solo espécimen puede portar hasta cinco colonias de hongos de género distinto).

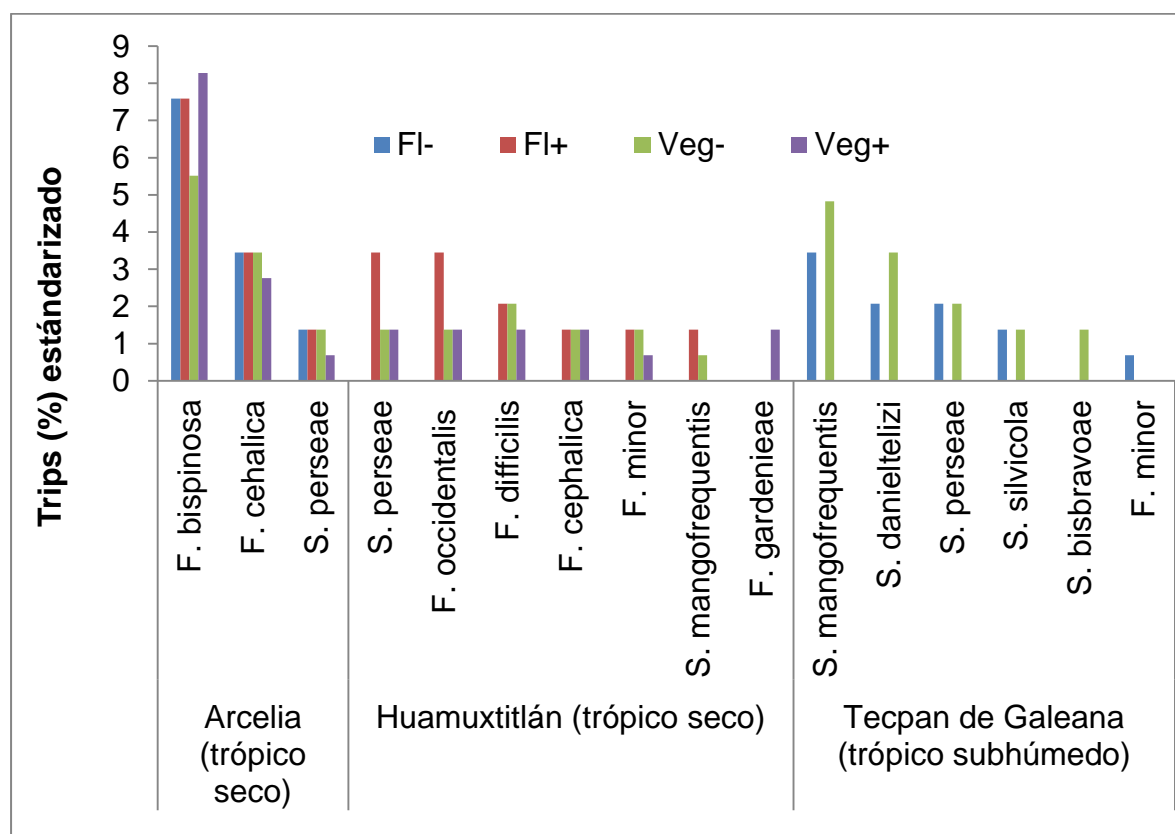
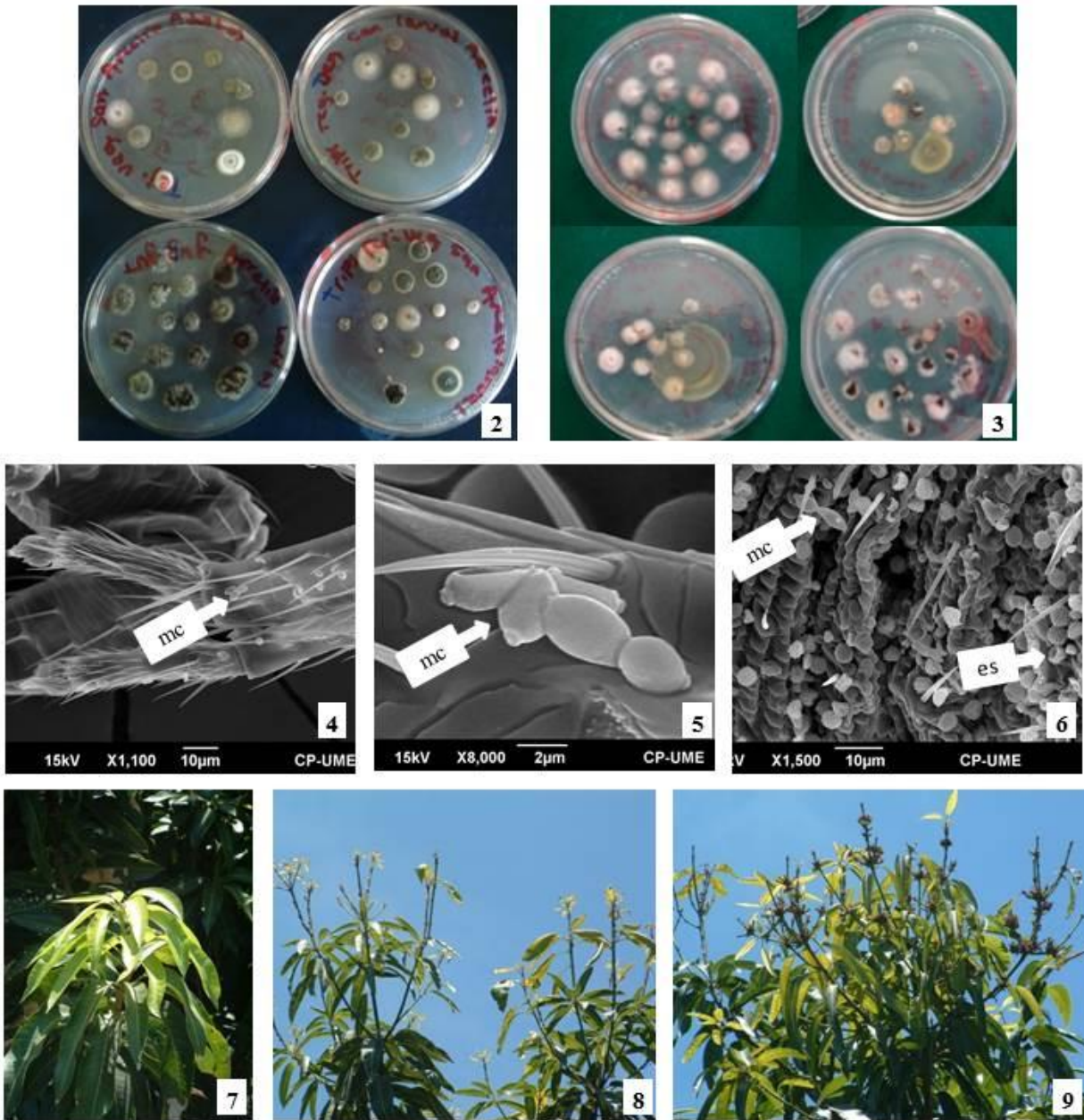


Figura 1.1. Riqueza y composición de *Frankliniella spp.*, y *Scirtothrips spp.* en tres regiones productoras de mango (*Mangifera indica*) en Guerrero, México en tejidos vegetativo (Veg.) y floral (Fl.), asintomáticos (Veg-, Fl-) o enfermos (V+, Fl+). Guerrero, México, 2012.



Figuras 1.2. 2-9. 2, incubación de trips en medio selectivo PDA modificado, en 2 prevalecen colonias de *Rhizopus* sp. y *Penicillium* sp. creciendo sobre *Fusarium* sp. en ejemplares colectados de Arcelia, y en 3, colonias de *Fusarium* spp., sobre trips de Huamuxtitlán, Gro., México. 4-6, esporas fungosas sobre el cuerpo de *Scirtothrips* sp. (mc) microconidios de *Fusarium* sp. (es) esporangiosporas de *Rhizopus* sp. 4, en pata, 5, tórax, y 6, abdomen de una larva (6). 7-9, 7, planta sana, 8, brotes vegetativos apicales con defoliación severa por trips durante la época seca (primavera), 9, malformación de tallos que tuvieron infestación severa por trips en la etapa previa de crecimiento. Michoacán, México. 2005.

CAPITULO II: TRANSMISIÓN DE *Fusarium* spp. AGENTES CAUSALES DE LA MALFORMACIÓN DEL MANGO, POR ESPECIES DE *Frankliniella* y *Scirtothrips*

2.1. SUMMARY

This research explored the participation of thrips in transmission of mango malformation (*Fusarium* spp.). Thrips specimens and mango vegetative and floral tissues, asymptomatic and malformed, were collected from Apaztingán, Michoacán, and three mango producing areas in Guerrero state, all in Mexico. The phoretic relation of *Fusarium* spp. was determined by incubation of thrips in modified PDA medium and observation by scanning electron microscopy. A method was developed to aseptically breed thrips and to transmit the disease at four infestation densities (3, 5, 10 and 20 trips/ plant). Eleven species of thrips in the genera *Scirtothrips* and *Frankliniella* were recorded, among them *F. bispinosa* and *F. cephalica* were the most representative. The phoretic relationship of *Fusarium* spp. with both genera was constant and varied from 46 to 100%. Thrips carried spores of these fungi attached to legs, wings, thorax and spines. 100% specimens proceeding from Huamuxtitlán, Gro., a tropical dry region with high incidence of the disease, phoretically carried *Fusarium* spp. and transmitted the disease in 28.6% of infestation assays. These fungi were reisolated from symptomatic plants. Thrips proceeding from the aseptic colony and from Tecpan de Galeana, Gro., a subhumid region where malformation is not recorded, did not transmit the disease even though they had a *Fusarium* spp. infestation rate of 62.5%. Repeated transfer of *Scirtothrips* specimens through aseptically propagated mango seedlings and incubation at 27°C, 40% RH, is proposed as a biological to aseptically breed thrips. A model to evaluate feeding injuries caused by these phytophagous insects is also proposed.

Key words: *Fusarium*, thrips, transmission, *Frankliniella*, *Scirtothrips*.

2.2. RESUMEN

Esta investigación exploró la participación de trips en la transmisión de la malformación del mango (*Fusarium* spp.). Se recolectaron trips y tejidos vegetativo y floral de mango, asintomáticos y enfermos, de Apatzingán, Michoacán, y tres regiones productoras de Guerrero, todas en México. Se determinó la relación forética de *Fusarium* spp. por incubación de cuerpos de trips en medio PDA modificado y observación al microscopio electrónico de barrido, y se desarrolló un método para la cría aséptica de trips y transmisión de la enfermedad con cuatro densidades de infestación (3, 5, 10 y 20 trips/ planta). Se documentaron 11 especies de trips pertenecientes a los géneros *Scirtothrips* y *Frankliniella*, de las que *F. bispinosa* y *F. cephalica* fueron de mayor representación. La asociación forética de *Fusarium* spp. con ambos géneros colectados en árboles sanos o enfermos fue constante y varió de 46 a 100%. Los trips portaron esporas de estos hongos adheridas a patas, alas, tórax y espinas. El 100% de los especímenes procedentes de Huamuxtitlán, Gro., región de trópico seco con alta incidencia de malformación, portaron foréticamente a *Fusarium* spp. y transmitieron la enfermedad en 28.6% de los ensayos de infestación. El hongo se reaisló de plantas con síntomas. Los trips procedentes de cría aséptica y Tecpan de Galeana, Gro., zona del trópico subhúmedo, donde la malformación no está reportada, no transmitieron la enfermedad, aun cuando estos últimos estuvieron infestados por *Fusarium* spp. en 62.5%. El traslado repetido de especímenes de *Scirtothrips* a plantas de mango propagadas asépticamente e incubación a 27°C y 40% HR se propone como un método biológico para la cría aséptica de trips. También se propone un modelo para evaluar los de daños por alimentación causados por estos insectos fitófagos.

Palabras clave: *Fusarium* spp., trips, Transmisión, *Frankliniella* spp. y *Scirtothrips* spp.

2.3. INTRODUCCIÓN

La malformación del mango es una de las enfermedades de etiología y manejo sanitario más complejas del mango. Fue reportada por primera vez en India en 1891 (Ploetz, 2001). Está presente en Asia, África y América (Kumar *et al.*, 1993; Ploetz, 1994; Freeman *et al.*, 1999; Britz *et al.*, 2002) con incidencias de hasta 95% (Ru-Lin *et al.*, 2010) y reduciendo la producción de 46 a 90% (Kumar *et al.*, 1993). En México se registró inicialmente en 1958 en Veracruz. Actualmente se ha dispersado a la mayoría de los estados productores de las regiones del Golfo y Pacífico con incidencias \geq al 70% y limitando el rendimiento hasta en 30%, aunque su severidad es mayor en el trópico seco mexicano (Noriega-Cantú *et al.* 1999; Chavéz *et al.* 2001). La enfermedad es causada por un complejo de especies del género *Fusarium*, como *F. moniliforme* y *F. moniliforme* var. *subglutinans* (sinónimo: *F. subglutinans*); *F. oxysporum*, *F. subglutinans*, *F. mangiferae*, *F. sterilihyphosum*, *F. nivale*, *F. semitectum*, *F. proliferatum* y *F. mexicanum* (Varman *et al.*, 1974; Nelson *et al.*, 1983; Bhatnagar y Beniwal, 1977; Ploetz, 1994; Britz *et al.*, 2002; Zheng y Ploetz, 2002; Khaskheli *et al.*, 2008; Ploetz y Freeman, 2009; Otero-Colina *et al.*, 2010). *Fusarium* spp. pueden infectar plantas de mango por penetración directa o heridas (Freeman *et al.*, 1999). *Aceria mangiferae* es una plaga endémica asociada íntimamente a la malformación, causa achaparramiento y agallas en brotes vegetativos y florales del mango; actualmente se reconoce que no causa la enfermedad pero se sugiere su participación como posible vector de *Fusarium* spp. y promotor de mayores niveles de infección debido a las heridas extensivas que produce durante su alimentación en yemas (Varma *et al.*, 1974; Freeman *et al.*,

2004), principal nicho de alimentación del ácaro (Mound, 2005) y de infección por el hongo (Kumar *et al.*, 1993; Iqbal *et al.*, 2010).

Los trips (Thysanoptera: Thripidae) constituyen otra plaga de importancia económica en mango; por su distribución cosmopolita destacan los géneros *Frankliniella*, *Scirtothrips* y *Selenothrips* (Mound y Teulon, 1995; Téliz, 1998; Johansen, 2002; Mora *et al.*, 2002; Mound, 2005; Rugman-Jones *et al.*, 2006; Franklin *et al.*, 2012). En México, son plagas importantes en huertos de mango de Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Morelos, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Dañan inflorescencias, follaje tierno y frutos juveniles. En tejido vegetativo succionan la savia foliar, disminuyen la síntesis de clorofila y ocasionan enrollamiento de la hoja hacia el haz, retraso severo del crecimiento y necrosis foliar con defoliación prematura severa (Johansen, 1999; Sánchez-Rocancio *et al.*, 2001; Johansen, 2002).

En general, las investigaciones realizadas para estimar el impacto de los trips hacen énfasis en los daños directos causados por la alimentación durante la estación de crecimiento (Kirk, 1997; Rocha *et al.*, 2012). Sin embargo, en huertos comerciales de Michoacán, Méx., región con alta incidencia de la enfermedad, se ha observado que brotes vegetativos asintomáticos con infestación natural severa por trips desarrollan consistentemente malformaciones vegetativas y florales en los siguientes flujos de crecimiento. Por incubación de especímenes en PDA, se registró que hasta 100% de los insectos capturados de brotes vegetativos o florales de mango con malformación presentan relación forética con *Fusarium* spp. (³Reyes *et al.*, 2013).

³Reyes *et al.*, 2013. Datos no publicados. osornio@colpos.mx

La participación de trips en la transmisión de enfermedades fungosas ha sido poco estudiada. Farrar y Davis (1991) demostraron que *F. occidentalis* porta foréticamente esporas de *F. oxysporum* y que el ataque de estos insectos es indispensable para que se presente la pudrición de mazorca del maíz en California, USA. De manera similar, Lewis (1997) reportó la asociación de *Thrips tabaci* con el mildiú en vid (*Vitis vinifera*), fresa (*Fragaria vesca*), rosa (*Rosa* spp.), melón (*Cucumis melo*), trébol (*Trifolium repens*) y onagra (*Oenathera biennis*); así como a *Hercinothrips femoralis* y *Thrips obscuratus* como acarreadores de uredias de *Puccinia graminis* y esporas de *Monilinia fruticola*.

Los trips son plagas importantes del mango; es posible que el complejo de especies de estos insectos, solos o combinados con otros fitoparásitos endémicos como *A. mangiferae*, contribuya a dinamizar la tasa epidémica de la malformación en las zonas productoras del trópico seco, donde las incidencias de la plaga y enfermedad son altas. Esta investigación exploró la asociación de especies de *Frankliniella* y *Scirtothrips* en la transmisión de *Fusarium* spp., agentes causales de la malformación del mango en México.

2.4. MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de tejido de mango y trips. Brotes vegetativos recientes e inflorescencias asintomáticas o enfermas se recolectaron en tres huertos comerciales de mango para extracción de trips y aislamiento de hongos. Los muestreos se realizaron en Apatzingán, Michoacán (19°06' N, 102°22' O, a 320 msnm), Arcelia (18° 53' N, 102° 11' O, a 390 msnm) y Huamuxtitlán (17° 4' N, 98° 26' O, a 920 msnm), Guerrero, tres municipios representantes del trópico seco con alta incidencia de malformación, así como en Tecpan de Galeana (17° 06' N, 100° 27' O, a 52

msnm), Guerrero, en la región del trópico subhúmedo donde la enfermedad no se ha reportado. En cada región se muestrearon aleatoriamente árboles y órganos (hasta 30 muestras por tipo de tejido y condición sanitaria) durante la época seca (enero-abril de 2012). Cada muestra se depositó en una bolsa de papel y ésta dentro de una plástica, para traslado al laboratorio. Ahí se examinaron con un microscopio estereoscópico para registrar el número de trips presentes; una parte de la población se conservó en alcohol al 70% para identificación taxonómica y el resto se utilizó para fundación de colonias en condiciones asépticas, determinar la asociación forética con *Fusarium* por microscopía de barrido e incubación de especímenes en PDA y evaluar la transmisión de malformación a plantas juveniles de mango. Los trips colectados de Apatzingán se utilizaron exclusivamente para la cría de trips aséptico. El estudio se realizó en invernadero, Unidad de Microscopía Electrónica y Laboratorios de Enfermedades de Frutales y Fisiología Vegetal-Botánica del Colegio de Postgraduados (CP) y en el Departamento de Zoología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM).

Morfología de trips y microscopía electrónica de barrido. Los ejemplares destinados al estudio morfológico se montaron en laminillas de acuerdo al método de Johansen y Mojica-Guzmán (1997) con algunas modificaciones. Los especímenes se deshidrataron progresivamente en una serie de alcoholes al 70, 80, 96 y 100%, con un periodo de reposo por 10 min/ concentración y transfirieron a aceite de clavo por 3-5 min para aclarado. Posteriormente se montaron individualmente en una gota de bálsamo de Canadá sobre entre porta y cubreobjetos. Las preparaciones se secaron a temperatura ambiente ($22 \pm 3^{\circ}\text{C}$) durante dos meses. La determinación se realizó en el Departamento de Zoología-IBUNAM con las claves taxonómicas de Johansen y Mojica-Guzmán (1999), Moulton (1948) y Ortiz (1977). Los ejemplares

estudiados se depositaron en las colecciones entomológicas del Colegio de Postgraduados en Texcoco, Estado de México y Departamento de Zoología-IBUNAM, México, D. F. Los 100 ejemplares de trips por localidad destinados al estudio de microscopia electrónica se montaron en portaobjetos siguiendo la metodología propuesta por Bozzolla y Rusell (1999), con modificaciones que consistieron en secar los especímenes al vacío por 72 h para después montarlos en portaobjetos metálicos de 1 cm de diámetro, con cinta conductora de cobre y cubrirlos con una capa de oro de 70 nm en una ionizadora JEOL™. La documentación fotográfica se realizó con un microscopio de barrido JEOL JSM 6390™.

Plantas para alimentación de colonias de trips. Periódicamente se extrajeron semillas de 14 frutos de mango criollo (poliembriónico) y se eliminó mecánicamente su endocarpio fibroso. Los embriones se desinfestaron con 10 gotas/ L de plata ionizada al 0.35%/ 1 h y sembraron en contenedores con sustrato a base de turba de *Sphagnum* (Peat Moss®) y perlita expandida (Agrolita®) estériles (proporción 2:1); una vez germinadas, las plántulas de cada semilla se separaron y trasplantaron en grupos de siete en charolas plásticas individuales de 30 x 15 x 20 cm (largo, ancho y alto) que contenían el mismo sustrato y se mantuvieron en una cámara de crecimiento (Warren/ Sherer CEL3714®) a 25 °C, 60% HR y fotoperiodo de 12 h. Las plantas se fertilizaron mensualmente con 250 mL/ charola de una solución nutritiva Steiner (1984) al 50% (16 me NO₃⁻, 12; H₂PO₄⁻, 1; SO₄⁻, 7; Ca²⁺, 9; Mg²⁺, 4 y K⁺, 7, pH 5.5 y C.E. < 2 mmhos) y antes de utilizarse como sustrato alimenticio se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 10%/ 30 s, enjuagaron dos veces con agua destilada estéril y secaron con papel sanita estéril.

Plantas para evaluación de transmisión. Se propagaron asépticamente plantas de mango como se describió previamente. Adicionalmente, para eliminar insectos o ácaros que pudieran estar alojados en yemas u otros órganos, las plantas de cada charola se fumigaron con 0.5 µg de fosfuro de aluminio (fosfina) con el método de Bharadwaj y Banerjee (1973). Para favorecer la fumigación, cada recipiente se cubrió con una bolsa plástica de 120 x 60 cm y selló con cinta canela por 72 h. Adicionalmente, las plantas se asperjaron con benomilo (4 g/ 10 L) para eliminar posibles infecciones fungosas pre-existentes. Las plantas permanecieron en cámaras de crecimiento controlado (25 °C y 60% de HR con fotoperiodo de 12 h), se regaron con 600 mL de agua cada cuatro días, complementado con un riego mensual de 250 mL de solución Steiner, hasta su uso a los 90 d de edad.

Aislamiento e identificación de *Fusarium* spp. Para verificar la presencia de *Fusarium* spp. en tejido enfermo, yemas apicales de tallos vegetativos y eje principal de inflorescencias se cortaron en fragmentos de 5 cm, desinfectaron por inmersión en hipoclorito de sodio 1.0%/ 2 min y enjuagaron tres veces en agua destilada estéril. El tejido esterilizado se secó con papel sanita estéril e incubó en cajas Petri con medio a base de papa-dextrosa-agar (PDA) (BD Bioxon[®]) bajo luz natural y temperatura ambiente (22 ±2 °C) por cinco días. Los aislamientos se identificaron con las claves de Leslie y Summerell (2006).

Asociación *Fusarium* - trips. Trips juveniles y adultos extraídos con pincel de tejido vegetativo y floral, enfermo y asintomático, se incubaron en cajas Petri (20 ejemplares/ caja) con medio de cultivo PDA (Difco, Detroit, Mi[®]), adicionado con antibióticos (neomicina 2.05 g, clorhidrato de tetraciclina 0.10 g y estreptomycinina 0.10 g/ 1 L de agua destilada) y tergitol[®] (0.1

mL/ L) para aislamiento y cuantificación de colonias fungosas. Las cajas se incubaron por cuatro a seis días, 22 °C (\pm 3 °C) hasta esporulación; posteriormente, los hongos aislados se transfirieron a cajas con PDA por la técnica de punta de hifa o cultivo monospórico e incubaron a 22 °C (\pm 3 °C)/ 10 días para identificación con las claves de Leslie y Summerell (2006). Los cuerpos de trips adultos que portaron esporas de *Fusarium* se extrajeron (recuperaron) del medio de cultivo, se lavaron dos veces con agua destilada y se sometieron al mismo proceso de montaje en laminillas, descrito anteriormente para su reconocimiento morfológico.

Fundación de colonia de trips en cámara bioclimática (tratamiento testigo). Dado que gran proporción de trips recolectados de tejidos asintomáticos y enfermos portaron esporas de *Fusarium* spp. adheridas a la cutícula, y que en ensayos previos no se lograron métodos físicos o químicos para su desinfestación completa sin causar la mortalidad de los especímenes (datos no mostrados), se empleó el método biológico de traslado repetido de individuos a través de plantas sanas de mango para promover su limpieza por el proceso de muda. De tallos vegetativos e inflorescencias asintomáticas colectadas en huertos de Apatzingán, se extrajeron 200 ejemplares adultos de los géneros *Scirtothrips* y *Frankliniella*, recolectados por succión según procedimiento propuesto por Funderburk *et al.* (2007) con una micropipeta a la que se había colocado una borla de algodón entre la manguera y base de la punta de la (para reducir riesgos de contaminación en los procesos de absorción y deposición de trips) y depositaron sobre siete plantas juveniles de mango propagadas asépticamente en charolas plásticas (según descripción previa) e incubaron en una cámara bioclimática (Blinder KBWF E5.1[®]) a 27°C, 40% HR y fotoperiodo de 12 h para fundar la colonia. Para mantenimiento alimenticio, una vez que los trips causaron el colapso de los brotes tiernos, cada charola se cambió semanalmente por nuevos contenedores con plantas

juveniles de 20 d de edad. En este proceso se utilizaron simultáneamente dos cámaras bioclimáticas. Inicialmente, los trips se recapturaron por succión de la charola inicial de la fundación y depositaron en un nuevo contenedor de alimentación en la segunda cámara (Warren/Sherer CEL3714[®]), mientras que las plantas con brotes necrosados se desecharon y la cámara se desinfectó por aspersion de alcohol al 96%. Una vez terminada la limpieza, la charola con la colonia en desarrollo se regresó a la Cámara 1 (Blinder KBWF E5.1[®]). Mensualmente, 20 trips extraídos de la colonia se incubaron en cajas Petri con PDA modificado, como se describió previamente, para estimar la descontaminación gradual de *Fusarium* spp.

Jaulas de infestación. Para confinar los trips sobre plantas experimentales se elaboraron jaulas de infestación-inoculación con frascos de plástico de 110 mL de capacidad (Figura 2.1; A). En la pared de cada frasco y a 3.5 cm de la boca se perforó un orificio de ventilación de 2.6 cm Ø y cubrió con tela satén (ES25-0021) (“sa”, Figura 2.1; A). Adicionalmente, se perforó un orificio de 6 mm Ø a 1.0 cm de la base (“or”, Figura 2.1; A) para colocación temporal de una punta de micropipeta de 200 µl (“mp”, Figura 2.1; A) que contenía los trips capturados por succión y finalmente se selló con un corcho (000). En el fondo de cada frasco se colocó un cojín de tela de organdí (organza o muselina) de poliéster de 4 x 2.5 cm relleno con partículas de sílica gel con indicador reactivo (MEYER[®]) adheridas (“si”, Figura 2.1; A) con silicón a la tela para evitar muerte de especímenes por ahogamiento. La jaula se sujetó con dos ligas de hule (“li”, Figura 2.1; A) a un palillo de madera de 45 cm de longitud (“pm”, Figura 2.1; A) y éste se enterró en el sustrato a un lado de la planta por infestar (inocular). Para inducir la alimentación de trips de ápices vegetativos y evitar la aglomeración de tejido en crecimiento y acumulación excesiva de agua por transpiración, se eliminaron aproximadamente 3/4 partes de la lámina foliar del primer

par de hojas juveniles y junto con el ápice del brote se introdujeron en la jaula de infestación. Las heridas de corte se cubrieron con parafina derretida para evitar entrada de otros patógenos, la boca del envase se selló con una tapa circular de etileno acetato de vinilo (Fomi[®]) negro de 2.8 cm Ø (“Fo”, Figura 2.1; A) a la que se realizó un corte central para colocar el tallo de la planta (“ta”, Figura 2.1; A) y se sujetó al frasco con una cinta de Parafilm[®] de 4 x 10 cm (“pa”, Figura 2.1; A).

Infestación-transmisión. Se evaluaron cinco densidades de infestación (0, 3, 5, 10 y 20 insectos/ planta) con trips infestados naturalmente por *Fusarium* spp., recolectados de tejido vegetativo e inflorescencias enfermas procedentes de cada una de las regiones con alta incidencia (Huamuxtitlán) o ausencia de la enfermedad (Tecpan de Galeana). Cada tratamiento se comparó con la densidad homóloga de especímenes del género *Scirtotrips* extraídos de la colonia de cría fundada y mantenida asépticamente (libre de *Fusarium* spp.) (Cuadro 4). Los insectos experimentales se extrajeron por succión, según método propuesto por Funderburk (2007). Para introducirlos en la jaula de infestación (Figura 2.1; A), la punta de la micropipeta que contenía los ejemplares se retiró de la manguera de succión e insertó en el orificio de 6 mm de la jaula de infestación de plástico por 24 h hasta observar la migración completa de los especímenes. Se infestaron siete plantas de 60 días de edad por tratamiento, cada uno dispuesto en charolas de plástico individuales de 30 x 15 x 20 cm (largo, ancho y alto) (Figura 2.3; I). Antes de establecer los tratamientos se verificó la proporción de tisanópteros naturalmente infestados por *Fusarium* o libres del hongo por incubación de 60 especímenes, procedentes de campo o colonia aséptica, en cajas Petri (20 ejemplares/ caja) con PDA modificado (Figura 2.3; Ñ, O). Para tener una referencia del periodo de incubación y patrón de síntomas de la malformación obtenidos

mediante un método de uso común, siete plantas con igual edad y manejo que las utilizadas para infestación, se inocularon en la yema apical por infiltración (Freeman *et al.*, 1999) (con una jeringa hipodérmica para insulina con aguja incorporada y 1 mL de capacidad) de 100 µl de una suspensión de 2×10^6 unidades formadoras de colonias (UFC)/ mL de una mezcla de *F. subglutinans* y *F. mexicanum* de patogenicidad conocida (García-López, 2012). Las charolas de cada tratamiento se colocaron en cámaras bioclimáticas a 25 °C, 60% HR +/-10% y fotoperiodo de 12 h.

Daños por alimentación de *Scirtothrips-Frankliniella* y asociación con *Fusarium* spp.

Después de 30 días de realizada la infestación-inoculación, semanalmente se registró la evolución del daño causado por la alimentación de trips confinados en las jaulas plásticas con base en una escala diagramática de siete clases; donde clase I= planta sana y clase VII= planta con proliferación excesiva de brotes vegetativos y acortamiento de entrenudos, daño más severo que correspondió a plantas que desarrollaron malformación cuando se infestaron con especímenes infestados naturalmente por *Fusarium* spp. (Figura 2.1, Cuadro 2.2). Concluido el desarrollo de síntomas (90 d) las yemas apicales de las plantas de cada tratamiento se seccionaron en fragmentos de 0.5 cm, se desinfestaron con hipoclorito de sodio al 1%/ 2 min e incubaron en PDA para recuperación de *Fusarium* spp. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar, con siete repeticiones y las medias se compararon (LSD, $p \leq 0.05$), utilizando el programa SAS (2002).



Figura 2.1. Escala diagramática de severidad por alimentación de *Frankliniella* spp. y *Scirtothrips* spp., en plantas de mango infestadas artificialmente en cámaras de crecimiento controlado. I-VIII. Clases de severidad. I. planta no infestada. II-VII. Infestación por individuos desarrollados asépticamente en cámaras de cría. VIII. Planta con malformación, parasitada con trips naturalmente infestados por *Fusarium* spp. A. Jaula plástica de infestación-inoculación. Orificio cubierto con tela satén (sa), orificio para introducción de trips (or) sellado con corcho (000), punta de micropipeta (mp), cojín con sílica gel (si),

ligas de hule (li), palillo de madera (pm), tapa circular de Fomi (fo), tallo de la planta (ta), cinta de Parafilm (pa).

2.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de trips. En los muestreos realizados en las tres regiones de Guerrero, México, se obtuvieron ejemplares representantes de dos géneros y 11 especies; siete pertenecieron a *Scirtothrips* y cuatro a *Frankliniella* (Figura 2.2 y Cuadro 2.1). De éstas, *F. bispinosa* (16.06 y 14.60%) y *F. cephalica* (10.95 y 9.49%) en tejidos floral y vegetativo, respectivamente, fueron de mayor representación. Estas especies se han reportado como plagas del aguacate (*Persea americana*) y mango en Sinaloa, Oaxaca, Guerrero y Michoacán, México (Johansen y Mojica-Guzmán, 1999; Johansen, 1999; Johansen, 2002; Damián-Nava *et al.*, 2011). El presente es el primer reporte en mango de *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravoae*, *S. silvicola* en Guerrero. No se observaron tendencias respecto a la preferencia de especies por tejidos de alimentación (vegetativos o florales) y condición sanitaria (sanos o enfermos). *Scirtothrips perseae* y *F. occidentalis* destacan por ser polífagas y cosmopolitas (Lewis, 1997; Nakahara, 1997; Johansen, 2002; Mound y Marullo, 1996; Marullo, 1995; Mound, 2005). Ambas especies se encontraron parasitando árboles comerciales de mango en el trópico seco (Arcelia y Huamuxtitlán), región caracterizada por alcanzar incidencias $\geq 70\%$ de malformación (Noriega-Cantú *et al.*, 1999; Chávez *et al.* 2001). *Frankliniella bispinosa* es una plaga muy importante en los cultivos cítricos (*Citrus* spp.), mango y aguacate (Peña *et al.*, 2005; Childers y Nakahara, 2006) y junto con *F. occidentalis* y *F. cephalica* participan como vectores del Tomato Spotted Wild Virus (TSWV) en más de un millar de especies botánicas de importancia económica (Ávila *et al.*, 2006; Riley *et al.*, 2011).

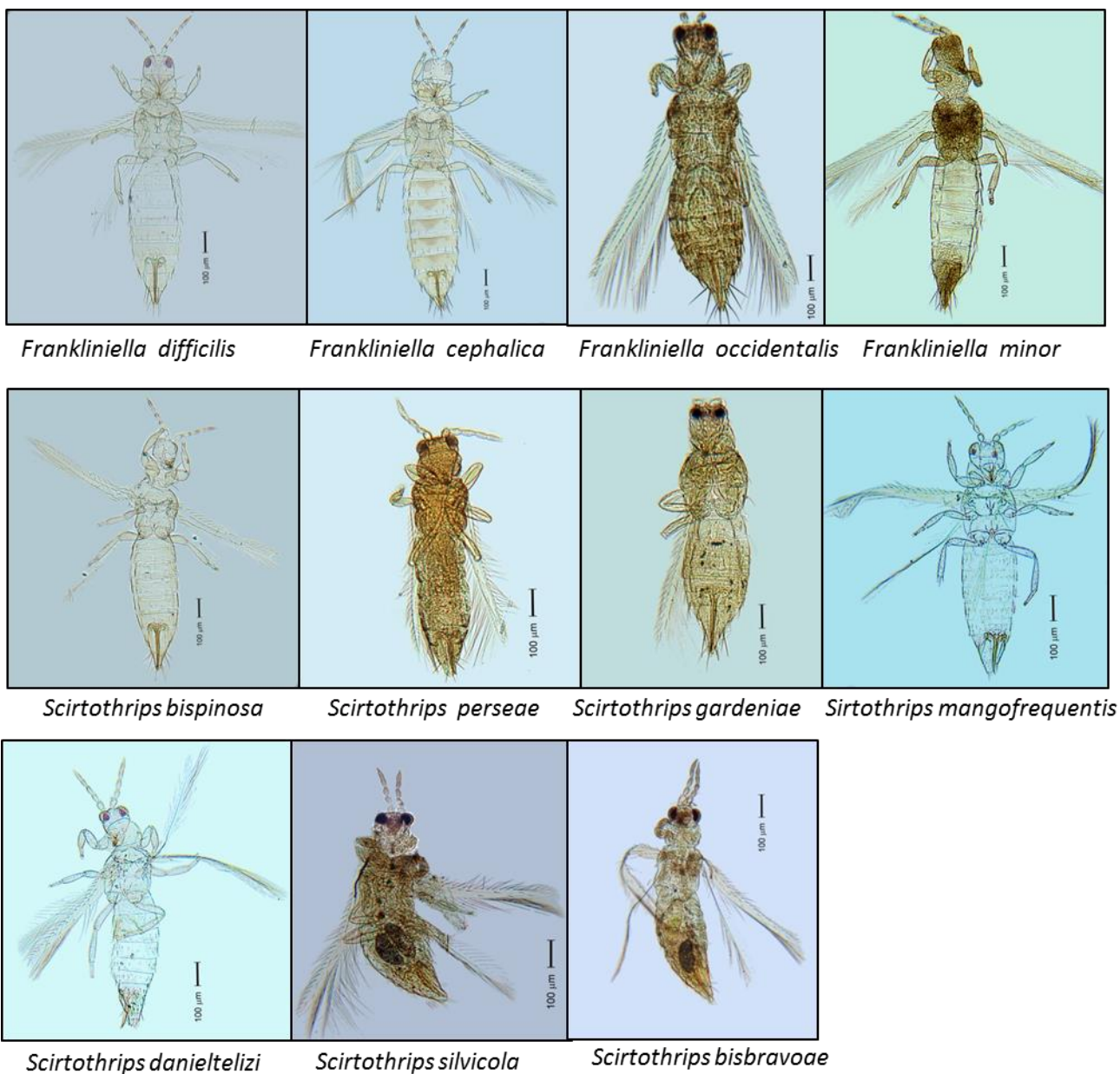


Figura 2.2. Trips de los géneros *Frankliniella* spp. y *Scirtothrips* spp., asociados al cultivo de mango (*Mangifera indica*) en las regiones productoras de Tecpan de Galeana, Arcelia y Huamuxtitlán, Guerrero, México.

Asociación *Fusarium* - trips. La incubación de cuerpos de *Frankliniella* spp., y *Scirtothrips* spp. en medio selectivo (Cuadro 1) fue adecuada para documentar la asociación del hongo con estos insectos y mostró que 46 a 100% de los especímenes estuvieron infestados externamente

por *Fusarium* spp., independientemente de la presencia (Huamuxtitlán y Arcelia) o ausencia (Tecpan de Galeana) de árboles con malformación. Sin embargo, en Huamuxtitlán, región con incidencia de la enfermedad \geq al 70%, fue de 100% en todas las especies de trips recolectadas de tejidos asintomáticos y enfermos. La proporción de aislamientos de *Fusarium* spp. a partir de ejemplares colectados de tejidos asintomáticos o enfermos presento similar tendencia definida. La proporción de trips infestados por *Fusarium* spp., combinado con otros géneros fungosos (*Gliocladium*, *Rhizopus*, *Paecilomyces*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Basipetospora*, *Nodulisporium* y *Penicillium*), fue superior a 95%. Fotografías al microscopio electrónico de barrido mostraron que individuos adultos o larvas de estos insectos pueden portar esporas de *Fusarium* spp. adheridas a cualquier parte del cuerpo (patas, alas, tórax, espinas, etc.) (Figura 2.3; M, N).

De un mismo espécimen (e.g. *F. cephalica* o *S. perseae*) se obtuvieron hasta cinco géneros fungosos, incluido *Fusarium* spp. Por otro lado, su aislamiento a partir de trips recolectados de tejidos sanos en Tecpan de Galeana (Cuadro 2.1), región donde no se ha reportado la malformación, sugiere que la asociación *Fusarium*-trips es constante y que la diversidad y composición de especies fungosas (patógenas o saprofíticas) que un mismo insecto puede portar dependerá de factores que determinan focos de infestación para estos artrópodos como región de colecta, fenología de la planta, sanidad de órganos de alimentación visitados (inflorescencias o brotes vegetativos), época del año (estación seca o lluviosa) o gama de hospedantes comunes en los agroecosistemas tropicales de México, como papayo (*Carica papaya*), cítricos (*Citrus* spp.), zapote (*Diospyros digyna*) y zapote-mamey (*Pouteria sapota*), entre otros (Galletti *et al.*, 2000; Vásquez-López *et al.*, 2012). En México, la malformación del mango se presenta con mayor severidad en el trópico seco; sin embargo, se desconoce por qué la enfermedad está ausente o es

poco probable encontrarla en regiones del trópico húmedo y subhúmedo, donde también puede encontrarse una gama importante de especies de *Fusarium* y poblaciones altas de *Aceria mangiferae* o trips. Aun cuando los otros géneros portados foréticamente (*Colletotrichum*, *Rhizopus*, etc.) tienen importancia económica, este trabajo se enfocó a *Fusarium* spp. por su relevancia sanitaria en el cultivo del mango en México. La participación de trips en la interacción mango-*Fusarium* representa una aportación original de esta investigación.

Transmisión de *Fusarium* spp., por especies de *Frankliniella* y *Scirtothrips*. Únicamente los especímenes recolectados de árboles con malformación en la región de alta incidencia en el trópico seco (Huamuxtitlán) transmitieron la enfermedad en 28.6% (dos plantas/ trat.) en cada tratamiento de densidad de infestación (3, 5, 10 y 20 trips/ planta) (Cuadro 2.2, Figura 2.3 A-G). El 100% de estos trips estuvieron naturalmente infestados por *Fusarium* spp. (Cuadro 2.1, Figura 2.3 M, N) y el hongo fue recuperado de las plantas infectadas. En contraste, los insectos provenientes de la cría aséptica (libres de *Fusarium*) y de Tecpan de Galeana (trópico subhúmedo), donde la enfermedad no se ha reportado, no registraron transmisión (0.0%), aun cuando estos últimos estuvieron infestados por *Fusarium* spp. en 62.5% (Cuadro 2.2). El periodo de incubación de 90 días y los síntomas de malformación reproducidos por insectos portadores de *Fusarium* fueron similares a los observados en plantas infiltradas con aguja hipodérmica e inoculadas con una mezcla de *F. subglutinans* y *F. mexicanum* de patogenicidad conocida (García-López, 2012) (Figura 3 H) y a los reportados Ru-Lin *et al.* (2010) y Otero-Colina *et al.* (2010).

No se encontraron antecedentes respecto a la participación de trips en la interacción mango-*Fusarium*, y la relación de estos insectos con la transmisión de enfermedades fungosas ha sido poco estudiada. Uno de los antecedentes más relevantes es el de Farrar y Davis (1991), quienes demostraron que *F. occidentalis* porta esporas de *F. oxysporum* y que el ataque de estos insectos es indispensable para que se presente la pudrición de la mazorca del maíz en California, USA. Adicionalmente, Marullo (1995) demostró que *Chirothrips manicatus*, *Limothrips denticornis* y *Stenothrips graminum* se alimentan de conidios de hongos fitopatógenos y mencionó la capacidad de estos conidios para permanecer viables en el tracto digestivo y ser transmitidos a nuevos huéspedes durante la alimentación o por las heces. El presente trabajo representa una aportación original respecto a la participación de especies de *Scirtothrips* y *Frankliniella* en la transmisión de la malformación del mango. Sin embargo, debe evaluarse su potencial real de transmisión en el contexto de los postulados de Koch, considerando factores como especies de tisanópteros (e.g. *F. occidentalis*), densidad y composición de inóculo de especies fitopatógenas relevantes (como *F. subglutinans*, *F. oxysporum*, *F. mexicanum*, etc.), insectos desarrollados asépticamente y reinfestación controlada, susceptibilidad varietal y reproducción de síntomas, discriminando los daños causados por la alimentación, entre otros aspectos relevantes.

Tabla 2.1. Asociación de especies de *Frankliniella* y *Scirtothrips* con *Fusarium* spp. en huertos comerciales de mango (*Mangifera indica*) de tres regiones productoras de Guerrero, México.

Especímen	Trips libres de hongos	¹ Trips Infestados por hongos	Trips portadores de <i>Fusarium</i> spp. en tejido vegetativo y floral				
			Trips Infest.	² Fl- %	² Fl+ %	² Veg- %	² Veg+ %
Arcelia, Gro., (var. Haden)							

<i>F. bispinosa</i>	3.91	96.09	46.02	45.45	63.64	50.00	25.00
<i>F. cephalica</i>	1.79	98.21	58.75	60.00	40.00	60.00	75.00
<i>S. perseae</i>	5.00	95.00	60.00	40.00	50.00	50.00	100.00

Huamuxtitlán, Gro., (var. Ataúlfo).

<i>F. cephalica</i>	0.00	100.00	100.00	³ -	100.00	100.00	100.00
<i>S. gardeniae</i>	0.00	100.00	100.00	-	⁴ -	⁴ -	100.00
<i>F. minor</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00
<i>F. occidentalis</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00
<i>S. mangofrequentis</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00
<i>F. difficilis</i>	0.00	100.00	100.00	-	100.00	100.00	100.00

Tecpan de Galeana, Gro., (var. Manila)

<i>S. mangofrequentis</i>	4.17	95.83	46.43	50.00	³ -	43.00	³ -
<i>S. danieltelizi</i>	4.17	95.83	70.00	100.00	-	40.00	-
<i>S. perseae</i>	0.00	100.00	83.33	67.00	-	100.00	-
<i>S. bisbravae</i>	0.00	100.00	50.00	⁴ -	-	50.00	-
<i>S. silvicola</i>	0.00	100.00	50.00	0.00	-	100.00	-
<i>F. minor</i>	0.00	100.00	100.00	100.00	-	0.00	-
<i>F. minor</i>	0.00	100.00	100.00	100.00	-	0.00	-

¹Proporción de diversos géneros (incluido *Fusarium*) portados foréticamente por trips.

²Inflorescencia asintomática (Fl-) y con malformación (Fl+); tejido vegetal asintomático (Veg-) y enfermo (Veg+). ³No se encontraron órganos florales o vegetativos asintomáticos o enfermos.

⁴No se encontraron trips parasitando órganos colectados.

El uso de la escala diagramática permitió una estimación precisa de los daños asociados a trips y permitió diferenciar los síntomas de malformación vegetativa (*Fusarium* spp.) de los daños por alimentación de trips del mango observados en cámaras de desarrollo controlado (Figura 2.1). En etapas tempranas consistieron de yemas necrosadas, decoloración, deformación y necrosis foliar (Figura 2.1; II-VI); estos daños combinados con defoliación son comunes en campo (Rocha *et al.*, 2012). En fases tardías se observó necrosis extensiva del brote terminal (Figura 2.3; J) y fasciculación con engrosamiento de tallos, achaparramiento y necrosis temprana de primordios

foliares que permanecieron coriáceos y adheridos permanentemente a los tallos (Figura 2.3; J-L). Los brotes conservaron esta apariencia malformada por varios meses, hasta la conclusión del experimento. De este tipo de daño no se aisló a *Fusarium*. El desarrollo de síntomas de malformación también fue una fase tardía (90 d) y derivó sólo de aquellos especímenes infestados con una especie patógena del hongo (Figura 2.1; VII).

La supervivencia de individuos de *Scirtothrips* spp. y *Frankliniella* spp. luego de 72 h de transferidos a las jaulas de infestación-transmisión fue superior en los tratamientos con menor densidad de infestación (3 y 5 trips/ Pta. = 41.00 y 31.20 > 10 y 20 trips/ Pta. = 21.10 y 14.75) (LSD, $p \leq 0.05\%$) (Figura 2.4). Este resultado muestra cómo la mayor manipulación limita drásticamente la vida de estos insectos, pues extraer poblaciones más altas de individuos de los órganos parasitados o cámara de cría y deponerlos sobre plantas experimentales los expone a mayor golpeteo debido al método de succión utilizado.

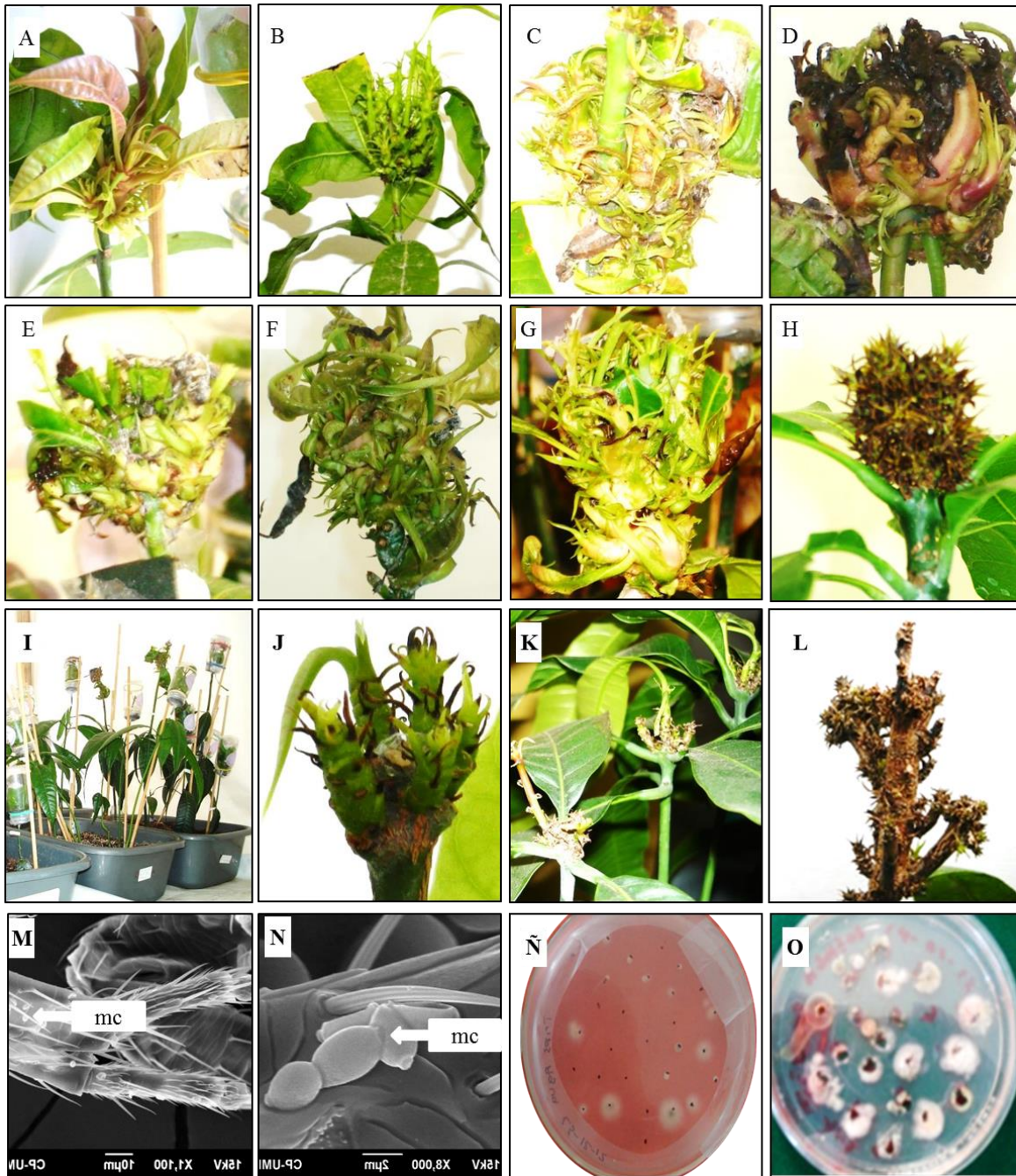


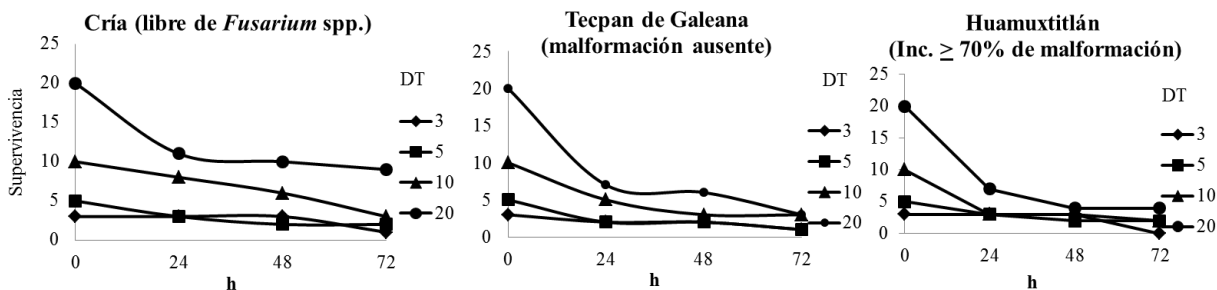
Figura 2.3. Asociación de trips a la malformación del mango. A-G. Síntomas reproducidos por infestación de 3 (A), 5 (B) y (C), 10 (D) y (E) y 20 (F) y (G) trips contaminados por *Fusarium* spp., capturados en Huamuxtitlán, Gro., región con alta incidencia de la enfermedad. H. Planta inoculada con *Fusarium* spp., por infiltración. I. Tratamientos de infestación en charolas individuales. J, K, L. Fasciculación, achaparramiento y necrosis foliar causados por trips criados asépticamente. M, N. Microconidios (mc) de *Fusarium* spp., en pata (M) y tórax (N). Ñ, O. Vista posterior (C) y anterior (O) de una caja Petri con trips incubados en PDA modificado contaminados principalmente por *Fusarium* spp.

Tabla 2.2 Transmisión de malformación (*Fusarium* spp.) del mango y daños de alimentación, por especies de *Scirtothrips* y *Frankliniella* con infestación natural y desarrollados asépticamente en cámara de crecimiento controlado.

^{abcd}Valores con distinta literal son diferentes (LSD, $p \leq 0.05$). ²Hongo reaislado (+) y no reaislado

Densidad de infestación	Plantas			Daño alimentación 102 DDI ⁴	Infestación trips (%) con <i>Fusarium</i> spp.	Reaislam. <i>Fusarium</i> spp.	Géneros
	Exp.	Enf.	Inc. (%)				
Huamuxtitlán (zona de alta incidencia de malformación)							
3	7	2	28.6 ^a	1.4 ^{cd}	100	+ ²	Sci. y Fra. ³
5	7	2	28.6 ^a	1.1 ^d	100	+	Sci. y Fra.
10	7	2	28.6 ^a	1.6 ^{cd}	100	+	Sci. y Fra.
20	7	2	28.6 ^a	1.1 ^d	100	+	Sci. y Fra.
Tecpan de Galeana (malformación ausente)							
3	7	0	0.0 ^b	1.3 ^{cd}	62.5	-	Sci. y Fra.
5	7	0	0.0 ^b	1.0 ^d	62.5	-	Sci. y Fra.
10	7	0	0.0 ^b	3.0 ^{ab}	62.5	-	Sci. y Fra.
20	7	0	0.0 ^b	2.1 ^{bc}	62.5	-	Sci. y Fra.
Cría (colonia libre de <i>Fusarium</i> spp.)							
3 T	7	0	0.0 ^b	1.0 ^d	0.0	-	Sci.
5 T	7	0	0.0 ^b	1.0 ^d	0.0	-	Sci.
10T	7	0	0.0 ^b	1.0 ^d	0.0	-	Sci.
20T	7	0	0.0 ^b	1.0 ^d	0.0	-	Sci.
Control	7	0	0.0 ^b	1.0 ^d	0.0	-	- ⁵

(-); ³Sci.=*Scirtothrips* spp., Fra.=*Frankliniella* spp. ⁴DDI=Días después de la infestación. ⁵Plantas no infestadas; experimentales (EXP.), enfermas (Enf.) e incidencia (Inc.).



DT (densidad de trips) 20= 14.57% a, DT10= 21.1% (b); DT5= 31.20% (c); DT3 41% (d). ^{Abcd}Valores con distinta literal son diferentes (LSD, $p \leq 0.05$).

Figura 2.4. Supervivencia de *Scirtothrips* spp., y *Frankliniella* spp., en cuatro densidades de infestación (3, 5, 10 y 20 trips/ planta) a 72 h de confinamiento en jaulas de infestación utilizadas para transmisión de *Fusarium* spp., a plantas de mango. Especímenes provenientes de región de alta incidencia (derecha) y ausencia (centro) de malformación y de una cría libre de *Fusarium* (izquierda). Montecillo, Texcoco, Estado de México. 2011.

Aun cuando sólo dos plantas de cada siete desarrollaron malformación, esta proporción (28.6%) es importante por mostrar la contribución parcial de esta plaga para incrementar su tasa epidémica. Sin embargo, es importante destacar que el método de inoculación ensayado, basado en el confinamiento *sin reemplazo* de una densidad de especímenes en jaulas plásticas, limita la capacidad para estimar el potencial real de estos especímenes para transmitir a *Fusarium* spp., ya que en campo estos insectos pueden reinfestarse continuamente, dependiendo de la frecuencia de visitas de alimentación o permanencia en tejidos enfermos y cada planta u órgano susceptible está expuesto a visitas de insectos contaminados en poblaciones de densidad variable, frecuentemente mayores a 20 trips (mayor densidad experimental ensayada). Adicionalmente, estas poblaciones no están expuestas a tasas de mortalidad alta y repentina debido a manipulación, y por tanto, no modifican los patrones de conducta y alimentación que determinan su capacidad parasítica. No debe descartarse que los trips confinados en jaulas de infestación pudieron alimentarse inicialmente de hojas y deponer en ellas esporas de *Fusarium* spp., antes de alimentarse de la

yema apical o zona de elongación del tallo (subapical), sitios preferidos de infección por el hongo (Kumar *et al.*, 1993) o eliminar el inóculo a través de la muda. Este supuesto se apoya al observar cómo la proporción de trips infestados por *Fusarium* spp. se redujo de 100 a 0.0% (Cuadro 2) después de mudar semanalmente la colonia de cría en tres ocasiones a plantas propagadas asépticamente y aplicar medidas profilácticas en cámaras de desarrollo controlado.

El período de incubación de la malformación fluctúa de tres a cuatro meses (Noriega *et al.*, 1999; Mora-Aguilera *et al.*, 2003); por lo tanto, si ocurre una infestación severa de trips portadores de especies fitopatógenas como *F. subglutinans*, *F. mangiferae*, *F. sterilihyphosum*, *F. proliferatum*, *F. mexicanum*, etc. (Otero-Colina *et al.*, 2010; Ploetz y Freeman 2009; Britz *et al.*, 2002; Zheng y Ploetz 2002) durante el siguiente flujo vegetativo podría incrementarse la incidencia, como se ha observado en los flujos de verano y primavera, en tallos que tuvieron infestaciones severas por trips en la época seca e invierno en el estado de Michoacán, México.

Frankliniella y *Scirtothrips* son géneros comunes en regiones productoras de mango (Johansen, 2002). Su asociación constante con inóculo de *Fusarium* spp. sugiere que estos insectos modifican la intensidad de epidemias durante la época seca (enero-mayo) en las regiones productoras de México donde existen especies fitopatógenas de *Fusarium*; aspecto que no excluye un posible papel complementario con *A. mangiferae*, plaga endémica que habita las yemas vegetativas y florales del mango y que también se encuentra íntimamente asociada como portadora de esporas de *Fusarium* spp. en el síndrome de la malformación (Hassan, 1944; Peña *et al.*, 2005; López, 2008).

Fundación de colonia aséptica y método de infestación de trips. La densidad, proporción y sexo de especies de *Scirtothrips* de la colonia de cría ya adaptada y a 12 meses de su fundación se observa en el Cuadro 4.4. El método biológico fue adecuado para reproducir con éxito la población y eliminar gradualmente la contaminación externa de los especímenes por *Fusarium* spp., ya que ésta varió de 46 a 100% al iniciar la cría (Cuadro 2.1) y después de tres semanas se redujo a 0.0% (Cuadro 2.2). La transferencia repetida de especímenes entre plantas propagadas asépticamente superó tratamientos físicos y químicos ensayados previamente como hipoclorito 1%, carboxamida 3 g/ L, plata ionizada 100 mμ/ 250 mL H₂O destilada, propiconazol 2 mL/ L, aspersión con agua estéril, etc., que eliminaron el inóculo de *Fusarium* portado foréticamente pero causaron la muerte de los especímenes (datos no mostrados). Estos resultados muestran que los trips son altamente sensibles a la humedad y manipulación y como la sucesión generacional sobre sustrato alimenticio estéril elimina gradualmente el inóculo a través de la muda, además de la conveniencia de adoptar otras medidas profilácticas como el uso alternado de cámaras de crecimiento controlado durante la transferencia y limpieza de herramientas y equipo. En pruebas preliminares se observó que *Frankliniella* spp. no se adaptaron a las condiciones experimentales de cría, lo cual demuestra la susceptibilidad específica de estas especies a la manipulación.

Tabla 2.3 Especies de *Scirtothrips* utilizados para pruebas de transmisibilidad de cría aséptica de una colonia en una cámara de desarrollo controlado. Montecillo, Texcoco, México.

Especies	%	Genero
<i>S. danieltelizi</i>	20	♂+
<i>S. danieltelizi</i>	5	♂
<i>S. perseae</i>	20	♂+
<i>S. perseae</i>	22	♂
<i>S. citri</i>	10	♂
<i>S. citri</i>	5	♂+
<i>S. mangofrequentis</i>	18	♂+
Total	100	37♂

El establecimiento y crecimiento de la colonia en cámara bioclimática fueron óptimos a 27°C y 40% HR. La temperatura se definió con base en Lublinkhof y Foster (1977), Robb (1989), Gaum *et al.* (1994), Katayama (1997) y Reitz (2008), quienes documentaron el desarrollo óptimo de varios géneros en el rango de 25-30°C en un período de 9-13 días. Las condiciones de crecimiento y reproducción permitieron disponer de especímenes de *Scirtothrips* spp. libres de *Fusarium* spp. para evaluar la transmisión. Semanalmente se sustituyeron las plantas de alimentación para asegurar la disponibilidad continua de brotes vegetativos tiernos ya que larvas y adultos ocasionan necrosis severas en este tipo de tejidos (Trichilo y Leigh, 1986). Las plantas juveniles de mango fueron un sustrato de alimentación sobresaliente, ya que la disponibilidad y manejo de inflorescencias es temporal y complejo para usarse en la alimentación, y superaron otros tejidos como vainas en desarrollo de frijol (*Phaseolus vulgaris*), semilla tierna de haba (*Vicia faba*) y flores de *Calendula officinalis* (datos no mostrados). Aun cuando algunos autores mencionan que existe preferencia por flores y polen y que su inclusión en la dieta estimula la fecundidad y reduce el tiempo de desarrollo de larvas (Kirk, 1997; Trichilo y Leigh, 1988; Hulshof y Vanninen, 2002; Hulshof *et al.*, 2003; Zhi *et al.*, 2005; Riley *et al.*, 2007), este factor no fue limitativo, ya que la colonia se desarrolló satisfactoriamente para fines de este estudio. El cambio semanal de sustrato alimenticio (charolas con plantas de mango) garantizó permanentemente una población máxima de hasta 400 trips/ charola (adultos y larvas de primer y segundo instar), suficientes para disponer de los especímenes asépticos necesarios para cada densidad experimental probada (tratamientos testigo); se observó que sin extraer adultos la población se mantenía estable y su remoción parcial, hasta dejar 120 individuos adultos, promovió la rápida recuperación de la colonia. Sin embargo, para lograr este comportamiento se requiere una cámara de incubación hermética y de alta eficiencia en el control ambiental. Se

observó que un número \geq a 20 trips/ hoja es suficiente para causar necrosis del follaje y defoliación severa (Figura 2.1 y 2.3; J-L), necrosis del brote apical o causar fasciculación (similar al efecto de poda) limitando el crecimiento y desarrollo de los nuevos tallos proliferados (Figura 2.3; J-L). Este modelo para la cría aséptica de trips constituye también una aportación original para implementarse en pruebas de transmisión cuando existe una relación forética entre trips y fitopatógenos fungosos de importancia económica.

2.6. CONCLUSIONES

Se documentaron 11 especies pertenecientes a los géneros *Scirtothrips* y *Frankliniella*. *Frankliniella bispinosa* y *F. cephalica* fueron de mayor representación. Se reporta por primera vez a *F. difficilis*, *F. occidentalis*, *F. gardeniae*, *F. minor*, *S. bisbravae* y *S. silvicola* asociados al cultivo de mango en Guerrero, México.

La asociación forética de especies de *Scirtothrips* y *Frankliniella* colectadas de árboles con malformación con *Fusarium* spp. fue constante y varió de 46 a 100%. Trips adultos o juveniles portaron esporas del hongo adheridas a cualquier parte del cuerpo (patas, alas, tórax y espinas, entre otras estructuras).

El 100% de los especímenes procedentes de Huamuxtitlán, Gro., región del trópico seco con alta incidencia de malformación, portaron a *Fusarium* spp., y transmitieron la enfermedad en 28.6% en cada uno de cuatro tratamientos ensayados por densidad de infestación (3, 5, 10 y 20 trips/planta). El hongo se reaisló de plantas con síntomas.

La infestación de trips con *Fusarium* spp. procedentes de Tecpan de Galeana, Gro., fue de 62.5%, zona del trópico subhúmedo donde la malformación no se ha reportado y especímenes libres de *Fusarium* procedentes de cría aséptica no transmitieron la enfermedad.

Se propone un método biológico para la cría aséptica de trips basado en el traslado repetido de especímenes de *Scirtothrips* a plantas de mango propagadas asépticamente e incubadas a 27°C y 40% HR.

2.7. LITERATURA CITADA

- Avila, Y. J. Tavisky, S. Hague, J. Funderburk, S. Reitz, and T. Momol. 2006. Evaluation of *Frankliniella bispinosa* (thysanoptera: thripidae) as a vector of the *Tomato spotted wilt virus* in pepper. **Florida Entomologist** 2: 204-207.
- Barnett, H. L., and B. B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth Edition. **The American Phytopathological Society**. St. Paul, Minnesota, USA. 218 p.
- Bharadwaj, R. K., and S. K. Banerjee. 1973. Phostoxin for control of *Eriophyes mangiferae* (Acarina: Eriophyidae) associated with malformation disease in mango. **The Florida Entomologist** 56: 147-148.
- Bhatnagar, S. S., and S. P. S. Beniwal. 1977. Involvement of *Fusarium oxysporum* in causation of mango malformation. **Plant Disease Report** 61: 894-898.
- Bozzola, J. J., and L. D. Russell. 1999. Electron microscopy: principles and techniques for biologists, second edition Sudbury, Massachusetts, **Jones and Bartlett Chapter 2** pp. 14-37.
- Britz, H., E. T. Steenkamp, T. A. Coutinho, B. D. Wingfield, W. F. O. Marasas and M. J. Wingfield. 2002. Two new species of *Fusarium* section *Liseola* associated with mango malformation. **Mycology** 94: 722- 730.
- Childers, C. C., and S. Nakahara. 2006. Thysanoptera (thrips) within citrus orchards in Florida: A species distribution, relative and seasonal abundance within trees and on vines and ground cover plants. **Journal of Insect Science** 54: 331-371.

- Damián-Nava, A., C., R. M. Morales-de la Cruz, R. M. Johansen-Naime, Hernández-Castro, D. Ángel-Ríos, y J. Pérez-Salgado. 2011. Identificación de trips (Insecta: Thysanoptera) en mango (*Mangifera indica* L.) en la zona costera del estado de Guerrero, México. **Entomología Mexicana** 10: 320-324.
- Farrar, J. J., and M. R. Davis. 1991. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. **Phytopathology** 81: 661-666.
- Franklin, H. R., F. Infante, J. Quilantán, A. Goldarazena y J. E. Funderburk. 2012. ‘Ataulfo’ mango lowers contain a diversity of thrips (Thysanoptera). **Florida Entomologist** 95: 171-178.
- Freeman, S., D. Klein-Gueta, and N. Korolev. 2004. Epidemiology and survival of *Fusarium mangiferae*, the causal agent of mango malformation disease. **Acta Horticulture** 645: 487-491.
- Freeman, S., M. Maimon, and Y. Pinkas. 1999. Use of GUS transformants of *Fusarium subglutinans* for determining etiology of mango malformation disease. **Phytopathology** 89: 456-461.
- Funderburk, J., S. Diffie, J. Sharma, A. Hodges y L. Osborne. 2007. Thrips of ornamentals in the Southeastern US. **Entomology and Nematology Department** 845: 1-10.
- Galletti, L., H. J. Berger, R. A. Montealegre, R. Herrera, y J., Oyarzún. 2000. Identificación de hongos causantes de pudriciones en postcosecha de brevas e higos. **Boletín de Plagas de Sanidad Vegetal** 26: 439-443.
- García-López, E. 2012. Tolerancia de cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) a la proliferación vegetativa y floral (*Fusarium* spp.) en México. Tesis de Maestría en Ciencias. **Colegio de Postgraduados, Montecillo**, Texcoco, México. 61 p
- Gaum, W. G., J. H. Giliomee, and K. L. Pringle. 1994. Life history and life tables of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), on English cucumbers. **Bulletin of Entomological Research** 84. 219-224.
- Hassan, A. S. 1944. Notes on *Eriophyes mangiferae* S. N. (Acarina). Bulletin Society Found. Entomological 28:179-80.
- Hulshof, J., E. Ketoja, y I. Vanninen. 2003. Life history characteristics of *Frankliniella occidentalis* on cucumber leaves with and without supplemental food. **Entomologic experimentalism et Applicata** 108: 19-32.
- Hulshof, J., y I. Vanninen. 2002. Western flower thrips feeding on pollen, and its implications for control. p. 173-179. **In: Marullo R, L. A. Mound (eds.). Thrips and Tospoviruses:**

Proceedings of the 7th International Symposium on Thysanoptera. July 2-7, 2002, Reggio Calabria, Italy. Australian National Insect Collection, Canberra.

- Iqbal, Z., M. A. Pervez, B. A. Saleem, S. Ahmad, A. A. Dasti, y A. Saleem. 2010. Potential of *Fusarium mangiferae* as an etiological agent of mango malformation. **Pakistan Journal of Botany** 42: 409-415.
- Johansen, R. M. 1999. Thysanoptera. p: 27-40. *In*: Deloya, A. C. L. y J. E. G. Valenzuela (Eds.). **Catálogo de insectos y ácaros plaga de los cultivos agrícolas de México.** Publicación especial de la sociedad mexicana de Entomología. México
- Johansen, R. M. 2002. Los Thrips (Insecta:Thysanoptera) del mango. p. 186-210. *In*: Mora A. A., O. D. Téliz y S. A. Reboucas (Eds.). **El mango: Manejo y comercialización.** Colegio de Postgraduados, México. 239 p.
- Johansen, R. M., y A. Mojica-Guzmán. 1999. The genus *Scirtothrips* Shull, 1909 (Thysanoptera: Thripidae, Sericothripini), in Mexico. **Folia Entomológica Mexicana** 104: 23-108.
- Johansen, R. M., y G. A. Mojica. 1997. Importancia Agrícola de los trips. p. 11-18. *In*: **Manual sobre Entomología y Acarología aplicada.** Mayo 22 al 24. Memorias seminario-curso Sociedad Mexicana de Entomología, Puebla. Pue.
- Katayama, H. 1997. Effect of temperature on development and oviposition of western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande). **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology** 41: 225-231.
- Khaskheli, M. I., M. A. Pathan, M. M. Jiskani, K. H. Wagan, M. H. Soomro, and G. B. Poussio. 2008. First record of *Fusarium nivale* (Fr.) ces. associated with mango malformation disease (MMD) in. **Pakistan Journal of Botany** 40: 2641-2644.
- Kirk, W., D. J. 1997. Feeding. p. 119-174. *In*: Lewis T, (ed.). **Thrips as crop pests.** CAB International, Wallingford, UK. New York.
- Kumar J, U. S., Singh, S. P. S. Beniwal. 1993. Mango malformation: one hundred years of research. **Annual Review Phytopathology** 31: 217-232.
- Leslie, J. F. y B. A. Summerell. 2006. The *Fusarium* laboratory manual. **Blackwell Publishing.** USA. 388 p.
- Lewis, T. 1997. Thrips as crop pests. **CAB Internacional** 719 p.
- López, E., M. E. 2008. El papel del acaro *Aceria mangiferae* (Sayed) en la malformación vegetativa del mango o “escoba de bruja. Tesis Doctoral. **Colegio de Postgraduados, Montecillo,** Texcoco, Edo., de México. pp. 61.

- Lublinkhof, J. y D. E. Foster. 1977. Development and reproductive capacity of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) reared at three temperatures. **Journal of the Kansas Entomological Society** 50: 313-316.
- Marullo, R. 1995. Possible dissemination of pest fungi by thrips. p. 201-202. *In*: Parker, B. L., M. Skinner, and T. Lewis (eds.) **Thrips biology and management**. Plenum Press, New York.
- Mora, A. A., O. D. Téliz y S. J. Rebouas, 2002. El mango, manejo y comercialización. **Colegio de posgraduados en Ciencias Agrícolas (México) y Universidad de Estadual do Sudoeste da Bahía (Brasil)**. 239 p. (ISBN968-839-370-3).
- Mora-Aguilera, A., D. Teliz-Ortiz, y G. Mora-Aguilera. 2003. Progreso temporal de “escoba de bruja” (*Fusarium oxysporum* y *F. subglutinans*) en huertos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden en Michoacán. México. **Revista Mexicana de Fitopatología** 21: 1-12.
- Moulton, D. 1948. The genus *Frankliniella* Karny, with keys for the determination of species (Thysanoptera). **Revista de Entomología (Rio de Janeiro)** 19: 55-114.
- Mound, L. A. 2005. Thysanoptera: diversity and interactions. **Annual Review of Entomology** 50: 247-269.
- Mound, L. A. and D. A. Teulon. 1995. Thysanoptera as phytophagous opportunists. p. 3-19. *In*: B. L. Parker, M. Skinner and T. Lewis (Eds.). **Thrips biology and management**. Plenum Press. New York.
- Mound, L. A., and R. Marullo. 1996. The thrips of Central and South America: An introduction (Insect: Thysanoptera). **Memories on Entomology International** 6: 1-487.
- Nakahara, S., 1997. Annotated list of the *Frankliniella* species of the world (Thysanoptera: Thripidae). **Contributions on Entomology International** 4: 355-389.
- Nelson, P. E., Toussoun, T. A., and Marasas, W. F. O. 1983. *Fusarium* Species: an Illustrated Manual for Identification, Pensilvania State University Press. University Park. 193 p.
- Noriega-Cantú, D. H., D. Téliz, G. Mora-Aguilera, J. Rodríguez-Alcazar, E. Zavaleta-Mejía, G. Otero-Colina, and C. L. Campbell. 1999. Epidemiology of mango malformation in Guerrero, Mexico, with traditional and integrated management. **Plant Disease** 83: 223-228.
- Ortíz, M. S., 1977. El género *Frankliniella* (Thysanoptera) en el Perú. **Revista Peruana de Entomología** 1: 49-62.
- Otero-Colina G., G. Rodríguez-Alvarado, S. Fernández-Pavía, M. Maymon, R. C. Ploetz, T. Aoki, K. O'Donnell, S. Freemann. 2010. Identification and characterization of a novel

- etiological agent of mango malformation disease in Mexico, *Fusarium mexicanum*. **Phytopathology** 100: 1176-1184.
- Peña, E. J., P. E. Palevsky, G. Otero-Colina, R. Ochoa, and W. M. Eister C. 2005. Mango Bud Mite, *Aceria Mangiferae* bionomics and control under Florida conditions. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society** 118: 228-234.
- Ploetz, R. C and S. Freeman. 2009. Foliar, floral and soil borne diseases. p. 231-302. *In*: R. E. Litz. (ed.). **The mango botany, production and uses**. Second edition. (Ed) CABI.
- Ploetz, R. C. 1994. Distribution and prevalence of *Fusarium subglutinans* in mango trees affected by malformation. **Canadian Journal of Botany** 72: 7-9.
- Ploetz, R. C. 2001. Malformation: A unique and important disease of mango, *Mangifera indica* L. p. 233-247. *In*: Summerell, B. A., J. F. Leslie, D. Backhouse, W. L. Bryden, and L. W. Burgess (eds.). **Fusarium: Nelson P. E. Memorial Symposium**. The American Phytopathological Society.
- Reitz, S. R. 2008. Comparative bionomics of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella tritici*. **Florida Entomologist** 91: 474-476.
- Riley, D. G., A. Chitturi y A. N. Sparks Jr. 2007. Does natural deposition of pine pollen affect the ovipositional behavior of *Frankliniella occidentalis* and *Frankliniella fusca*? **Entomología Experimentalism et Applicata** 2: 133-141.
- Riley, D. G., G. M. Angelella y R. M. McPherson, 2011. Pine pollen dehiscence relative to thrips population dynamics. **Entomology Experimentalism et Applicata** 138: 223-233.
- Robb, K. L. 1989. Analysis of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) as a pest of floricultural crops in California greenhouses. Ph. D. Dissertation, University of California, Riverside, **Riverside** 135 p.
- Rocha, H. F., F. Infante, J. Quilantán, A. Goldarazena y J. E. Funderburk. 2012. ‘Ataulfo’ mango flowers contain a diversity of thrips (Thysanoptera). **Florida Entomologist** 95: 171-178.
- Rugman-Jones, P. F., M. S. Hoddle, A. L. Mound, y R. Stouthamer. 2006. Phenology, life tables, and reproductive biology of *Tetraleurodes perseae* (Hemiptera: Aleyrodidae) on avocados in south hem California. **Journal of Economic Entomology** 5: 1813-1819
- Ru-Lin Z., Y. Shun-Jin, H., Hon-Hing, F., Liu., Z. Yan-Long, C. Jin-Mei y H. Yan-Biao. 2010. Mango Malformation Disease in South China Caused by *Fusarium proliferatum*. **Journal Phytopatholy** 158: 721-725.

- Sánchez-Roncancio, M. Y., H. González-Hernández, R. M. Roberto Johansen, A. Mojicaguzmán y S. Anaya-Rosales. 2001. Trips (Insecta Thysanoptera) asociados a frutales de los Estados de México y Morelos, México. **Folia Entomológica Mexicana** 40: 169-187.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. Software (Versión 9.0). User's Guide. N. C. USA. 315 p.
- Téliz, D. O. 1998. El mango y su manejo integrado en Michoacán. **Colegio de Posgraduados. Montecillo**, Texcoco, México. 55 p. (ISBN-968-832-247-2).
- Trichilo, P. J. y T. F. Leigh. 1986. Predation on spider mite eggs by the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), an opportunist in a cotton agroecosystem. **Environmental Entomology** 15: 821-825.
- Trichilo, P. J. y T. F. Leigh. 1988. Influence of resource quality on the reproductive fitness of flower thrips (Thysanoptera: Thripidae). **Annals of the Entomological Society of America** 81: 64-70.
- Varma, A., V. C. Lele, S. P. Raychauduri, A. Ram, and A. Sang. 1974. Mango malformation: A fungal disease. **Phytopathol** 70:254-257.
- Vásquez-López, A., E. Hernández-Castro, A. Mora-Aguilera, C. Nava-Díaz, Sánchez-García, y F. 2012. Etiología y epidemiología de la necrosis de flores y frutos juveniles del papayo (*Carica papaya* L.) en Guerrero, México. **Agrociencia** 46: 757-767.
- Zheng, Q., and R. Ploetz, 2002. Genetic diversity in the mango malformation pathogen and development of a PCR assay. **Plant Pathology** 51:208-216.
- Zhi, J., G. K. Fitch, D. C. Margolies, y J. R. Nechols. 2005. Apple pollen as a supplemental food for the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*: Response of individuals and populations. **Entomology Experimentalism et Applicata** 117: 185-192.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. Conclusiones

Existe una gran diversidad de especies de trips en los huertos de mango muestreados en las diferentes regiones de estudio, el exhaustivo muestreo de huertos permitió determinar por vez primera, la asociación de algunas especies de trips al cultivo de mango en Guerrero, México. Los géneros de trips de mayor importancia en los lugares de estudio, fueron *Scirtothrips* y

Frankliniella. En el presente trabajo se determinó que existe asociación forética de *Fusarium* spp. con las diferentes especies de trips identificadas, aunque no fue contundente como con otros géneros de hongos encontrados, donde la proporción de trips infestados fue \geq a 95%.

Tanto los trips adultos como los juveniles son portadores de esporas de hongos, entre ellos *Fusarium* spp. esta asociación es constante en los trips provenientes de árboles de mango con presencia de malformación vegetativa. Los trips recolectados de Huamuxtlán, Gro., región del trópico seco, son portadores en un 100% de *Fusarium* spp. siendo capaces de servir como vehículo para llevar esporas del hongo a platas sanas y enfermarlas.

La cría aséptica de trips en condiciones controladas de humedad y temperatura, es recomendable utilizando el método biológico, basado en el traslado repetido de los especímenes a plantas de mango cultivadas bajo condiciones controladas y libres de organismos contaminantes.

2. Recomendaciones

Realizar pruebas de transmisibilidad por separado para las especies de *Frankliniella* y *Scirtothrips* asociadas a mango.

Realizar las pruebas de virulencia para cada hongo aislado.

Establecer metodología para cría de *Frankliniella* spp.