

PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL MANGO (*MANGIFERA INDICA* L.)

J. González-Fernández, J.I. Hormaza

IHSM la Mayora CSIC-UMA, 29750 Algarrobo, Malaga, España

RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se hace una revisión de las principales plagas y enfermedades que afectan a la producción de mango a nivel mundial y se repasan las principales medidas desarrolladas para su control. Las plagas y enfermedades constituyen uno de los factores que más pueden afectar a la sostenibilidad de la producción de mango en muchas zonas tropicales y subtropicales del mundo. A ello se une el que la situación fitosanitaria de esta especie se está volviendo más compleja con la expansión del cultivo a nuevas zonas, los cambios en el manejo del cultivo, la renovación varietal o el aumento de las intervenciones químicas. Además, el cambio climático está alterando el patrón de distribución de los agentes patógenos y la globalización de los mercados, que ha abierto nuevas oportunidades para el crecimiento del comercio internacional de mango, supone una amenaza para la expansión de plagas y enfermedades si no se adoptan de forma urgente medidas sanitarias adecuadas.

Esta revisión aborda distintos temas relacionados con las plagas y enfermedades del mango. En primer lugar, se aporta una relación detallada de las principales plagas y enfermedades que afectan a este cultivo a nivel mundial. Después, se repasan las principales medidas de control químico y biológico que se están usando en distintas zonas productoras de mango. A continuación, se comentan las principales recomendaciones y tendencias para un adecuado manejo del cultivo, entre las que se incluyen el control integrado de plagas y enfermedades, la reducción en la utilización de fitosanitarios y el empleo de sistemas de monitoreo y vigilancia. Finalmente, se repasan los principios, los resultados y las posibilidades de aplicación en mango tanto de la agrohomeopatía como de la agricultura natural coreana, y se sugieren algunas líneas de investigación para optimizar el control sostenible de plagas y enfermedades en este cultivo. Parece claro que la lucha contra plagas y enfermedades va a necesitar un esfuerzo coordinado a nivel internacional en investigación, desarrollo e innovación a fin de encontrar estrategias efectivas de control no sólo para los problemas actuales sino también para los desafíos futuros. Una de las estrategias clave debería ser, sin duda, la selección de variedades tolerantes o resistentes, que debería abordarse no sólo a través de programas de mejora clásica sino también con herramientas biotecnológicas, que seguramente acelerarán el desarrollo de esos programas. Otro aspecto fundamental, orientado a evitar la expansión de plagas y enfermedades a nuevas zonas, es el control del movimiento del material vegetal, para lo que se debería contar con estrictas normativas de inspección y cuarentena que extremen la vigilancia y minimicen las posibilidades de entrada de plagas y enfermedades en países productores de mango.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción	3
Objetivos	4
1. Principales insectos plaga que afectan al mango	5
1.1. Descripción de las principales plagas	5
1.1.1. Plagas de inflorescencias y brotes tiernos	12
1.1.2. Plagas de frutos	15
1.1.3. Plagas de brotes y ramas	18
1.1.4. Plagas de hojas y yemas	19
1.2. Control químico de las principales plagas	20
1.3. Control biológico de las principales plagas	23
1.4. Estrategias de manejo para reducir la incidencia de plagas	28
2. Principales enfermedades del mango	34
2.1. Descripción de las principales enfermedades	34
2.1.1. Enfermedades de frutos	34
2.1.2. Enfermedades foliares y de flores	36
2.1.3. Enfermedades de suelo	40
2.2. Control químico de las principales enfermedades	41
2.3. Control biológico de las principales enfermedades	45
2.4. Estrategias de manejo para reducir la incidencia de enfermedades	47
3. ¿Se puede utilizar la agrohomeopatía para prevenir o controlar eficientemente las plagas y enfermedades del mango?	50
4. ¿Cuál es el potencial de la agricultura natural coreana (Korean Natural Farming) para el manejo o control de plagas y enfermedades en mango?	52
5. Áreas y líneas de investigación futuras para el control de plagas y enfermedades del mango	54
6. Bibliografía	56

INTRODUCCIÓN

Como ocurre en otros cultivos hortofrutícolas, las plagas y enfermedades están entre los principales factores que afectan a la sostenibilidad de la producción de mango a nivel mundial. Además, la situación fitosanitaria de esta especie se está volviendo más compleja como consecuencia de su expansión a nuevas zonas productoras, la introducción de cambios en el manejo del cultivo, la renovación varietal y el aumento de las aplicaciones químicas. A ello se unen la importancia que están cobrando nuevas plagas y enfermedades por el cambio climático y las consecuencias de la globalización de los mercados en la dispersión de plagas y enfermedades de unas zonas a otras. Como consecuencia de todo ello, es esperable que, en muchas zonas productoras de mango, se acelere la aparición de nuevas amenazas fitosanitarias y que algunos patógenos considerados menores o secundarios se acaben convirtiendo en problemas serios.

En muchas zonas tropicales y subtropicales, las plagas y enfermedades constituyen uno de los principales condicionantes para la producción comercial de mango. Su acción puede afectar al vigor y a la propia supervivencia del árbol, al crecimiento de la raíz y la copa, al cuajado de frutos, a su desarrollo y a su calidad, tanto previa a la recolección como poscosecha, por lo que puede tener un gran impacto en el rendimiento y la viabilidad misma de las plantaciones. Desde un punto de vista global, la cantidad de agentes patógenos que pueden atacar al mango es grande; a nivel mundial, se han descrito más de 400 especies plaga del mango y, en cuanto a las enfermedades, aunque hay tres, la antracnosis, la malformación y la seca, que se consideran las más importantes y extendidas, se han descrito otras muchas que afectan a distintos órganos de la planta y, si bien ahora se consideran menores o muy localizadas, pueden suponer un riesgo futuro para importantes zonas productoras.

Ante este panorama, parece aconsejable coordinar y armonizar esfuerzos en distintos niveles de control y combinar distintas estrategias para mitigar los daños que pueden causar las plagas y enfermedades a la producción mundial de mango. Un aspecto clave dentro de una perspectiva global es reforzar la normativa y los medios de inspección y cuarentena a la entrada de material vegetal en países productores para minimizar el riesgo de llegada de nuevas plagas y enfermedades. Otra medida fundamental es la formación de los productores de mango para que puedan aplicar adecuadamente las técnicas de manejo integrado de plagas y enfermedades, reducir el uso de fitosanitarios y adoptar sistemas modernos y eficientes de monitoreo y vigilancia. Además, debe promoverse una mayor coordinación internacional en las acciones de investigación, desarrollo e innovación encaminadas al desarrollo de estrategias eficientes de manejo de plagas y enfermedades presentes y futuras.

Aunque el control químico de plagas y enfermedades del mango está ampliamente extendido, es deseable la adopción de otras estrategias menos peligrosas y más respetuosas con el medio ambiente. Una de esas estrategias es la selección de variedades tolerantes o resistentes, que se ha venido acometiendo a través de programas de mejora clásica, aunque en los últimos años han aparecido herramientas biotecnológicas que pueden acelerar el desarrollo de esos

programas. En cualquier caso, parece que lo más eficaz no es basarse en una sola medida de control sino combinar distintas estrategias.

En este trabajo se repasan las principales plagas y enfermedades del mango a nivel mundial y las medidas de control más importantes que se han desarrollado, entre las que destaca el control biológico, dentro del cual se incluye una sección específica sobre agrohomeopatía y agricultura natural coreana.

OBJETIVOS

1. Elaborar un cuadro lo más completo posible de la situación actual de las principales plagas y enfermedades del mango a nivel mundial, con especial atención a los países que exportan fruta al mercado de los EEUU.
2. Revisar los avances más significativos en el control biológico de las principales plagas y enfermedades del mango, incluyendo las técnicas que conforman la agrohomeopatía, para proponer algunas recomendaciones. En este análisis se prestará una atención especial a las propuestas de la llamada Agricultura Natural Coreana, que se basa en el uso de microorganismos nativos para mejorar la fertilidad de los suelos.
3. A partir de toda esa información, sugerir posibles campos y líneas de investigación futuras en relación con el control de plagas y enfermedades del mango.

1. PRINCIPALES INSECTOS PLAGA QUE AFECTAN AL MANGO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES PLAGAS

A nivel mundial se han citado alrededor de 400 especies que se consideran plagas del mango (Tandon y Verghese 1985; Peña *et al.* 1998). Distintos autores han publicado listas de esas plagas, caso de Laroussilhe (1980), Tandon y Verghese (1985), Veeresh (1989) y Peña y Mohyuddin (1997). También hay recopilaciones de plagas del mango por países o zonas concretas, caso de la India (Srivastava, 1998; Anonymous, 2006), Australia (Anonymous, 1989), Pakistán (Mohyuddin, 1981), Israel (Wysoki *et al.*, 1993; Swirski *et al.*, 2002), EEUU (Peña, 1993), África Occidental (Vannièr *et al.*, 2004), Brasil (Assis y Rabelo, 2005), América Central (Coto *et al.*, 1995) o Puerto Rico (Martorell, 1975).

Según Reddy *et al.* (2018), la situación fitosanitaria del mango se ha vuelto más compleja debido a la expansión del cultivo a nuevas zonas, la introducción de cambios en el manejo del cultivo, la renovación varietal o el aumento de las aplicaciones químicas. Además, el cambio climático ha propiciado el surgimiento de nuevas plagas y la globalización de los mercados favorece el movimiento de las plagas entre distintas regiones productoras. Como consecuencia de ello, plagas que se consideraban menores o secundarias se están convirtiendo en serios problemas (Jayanthi *et al.* 2014a, b).

Según de Faveri (2018), las principales plagas del mango son *Aulacaspis tubercularis*, *Chlumetia euthysticha*, *Penicillaria jocosatrix*, *Sternochetus mangiferae*, *Sternochetus frigidus*, *Deanolis sublimbalis*, *Citripestis euthraphera*, *Ceratoplastes rubens*, cecidómidos del mango, *Rastrococcus* spp., *Colgaroides acuminata*, cicadélidos del mango, *Oligonychus coffeae*, *Helopeltis* spp., *Aceria mangiferae*, (*Selenothrips rubricinctus*), orugas de la flor, *Amblypelta lutescens* y *A. nítida*, *Pseudotheraptus wayi* y diferentes especies de moscas de la fruta (*Bactrocera* spp., *Ceratitis* spp. y *Anastrepha* spp.). No obstante, algunas especies de la lista son propias solamente de algunas zonas, caso, por ejemplo, de *Chlumetia euthysticha*, *Colgaroides acuminata*, *Amblypelta lutescens* y *A. nítida*, que sólo se han citado, hasta ahora, en Australia.

A continuación, figura una lista de artrópodos plaga del mango, que está incluida en Peña y Mohyuddin (1997):

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE	AREA GEOGRÁFICA	PORTE AFFECTADA
Acari	Eryophidae	<i>Aceria mangiferae</i>	Pacífico Sur, India y Pakistán	Yemas
		<i>Cisaberoptus kenya</i>	Israel	Hojas
		<i>Metaculus mangiferae</i>	Australia y América del Norte	Inflorescencias
	Tarsonemidae	<i>Polyphagotarsonemus latus</i>	América del Norte	Inflorescencias
	Tenuipalpidae	<i>Brevipalpus phoenicis</i>	América del Norte	Hojas
	Tetranychidae	<i>Oligonychus coffeae</i>	Australia	Hojas
		<i>O. mangiferae</i>	India, Pakistán, Israel	Hojas
		<i>O. punicae</i>	América Central e Islas del Caribe	Hojas
		<i>O. yothersi</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Tetranychus bimaculatus</i>	Islas del Caribe	Hojas

		<i>T. cinnabarinus</i>	Israel	Hojas	
		<i>T. telarius</i>	Sureste asiático	Hojas	
		<i>T. tumidus</i>	América del Norte	Hojas	
	Tydeidae	<i>Lorrya Formosa</i>	América del Norte	Hojas	
Coleoptera	Bostrichidae	<i>Apate monachus</i>	Islas del Caribe	Tronco y Ramas	
	Cerambycidae	<i>Batocera rubus</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas	
		<i>B. rufomaculata</i>	Israel	Tronco y Ramas	
		<i>Indarbela quadrinonata</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas	
		<i>Stenodontes downesi</i>	América del Sur	Hojas	
		<i>Macrotoma spp.</i>	América del Sur	Tronco y Ramas	
		<i>M. scutellaris</i>	Israel	Tronco y Ramas	
	Chrysomelidae	<i>Bassereus brunipes</i>	América del Norte	Hojas	
		<i>Crimissa cruralis</i>	América del Sur	Hojas	
		<i>Diabrotica balteata</i>	América del Norte	Hojas	
		<i>Monolepta lepida</i>	Israel	Hojas	
	Curculionidae	<i>Anthonomus spp.</i>	Islas del Caribe	Yemas	
		<i>Artipus floridanus</i>	América del Norte	Hojas	
		<i>Deporaus marginatus</i>	India y Pakistán	Hojas	
		<i>Diaprepes abbreviatus</i>	India y Pakistán	Hojas	
		<i>Pachneus spp.</i>	América del Norte	Hojas	
		<i>Rhynchaenus mangiferae</i>	India y Pakistán	Hojas	
		<i>Sternochetus mangiferae</i>	América del Sur, Islas del Caribe	Fruto	
	Scarabaeidae	<i>Cotinis nitida</i>	América del Norte	Fruto, Hojas	
		<i>Euphoria sepulcralis</i>	América del Norte	Fruto, Hojas	
		<i>E. limbata</i>	América del Norte	Fruto, Hojas	
		<i>Macraspis spp.</i>		Hojas	
		<i>Phyllophaga spp.</i>		Hojas y Raíz	
	Scolytidae	<i>Hypocryphalus mangiferae</i>	América del Norte y del Sur	Raíz, Tronco y Ramas	
		<i>Stephanoderes spp.</i>	América del Norte	Tronco y Ramas	
		<i>Xyleborus saxesini</i>	América del Norte	Fruto	
	Diptera	Cecidomyiidae	<i>Procontarina amaramanjae</i>	India y Pakistán	Yemas
			<i>P. mangiferae</i>	África Oriental y Sudeste asiático	Hojas
			<i>P. schreineri</i>	Pacífico Sur	Hojas
<i>Erosomyia indica</i>			India y Pakistán	Yemas y Hojas	
<i>E. mangiferae</i>			Islas del Caribe	Yemas	
Loncheidae		<i>Lonchaea spp.</i>	América del Sur	Fruto	
Tephritidae		<i>Anastrepha spp.</i>	América del Sur	Fruto	
		<i>A. distincta</i>	América del Sur	Fruto	
		<i>A. fraterculus</i>	América del Sur	Fruto	
		<i>A. ludens</i>	América Central y del Sur	Fruto	
		<i>A. obliqua</i>	Islas del Caribe	Fruto	
		<i>A. pseudoparalella</i>	América del Sur	Fruto	
		<i>A. serpentina</i>	América del Norte, Central y del Sur	Fruto	
		<i>A. striata</i>	América del Norte, Central y del Sur	Fruto	
		<i>A. suspensa</i>	América del Norte y Central	Fruto	
		<i>Bactrocera jarvisi</i>	Australia	Fruto	
<i>B. aquilonis</i>		Australia	Fruto		

		<i>B. carveae</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. correcta</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. dorsalis</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. spp. near B. dorsalis (A)</i>	Pacífico Sur, India y Pakistán	Fruto
		<i>B. spp. near B. dorsalis (B)</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	
		<i>B. spp. near B. dorsalis (C)</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	
		<i>B. spp. near B. dorsalis (D)</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	
		<i>B. facialis</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. frauenfeldi</i>	Australia, Sudeste asiático, Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. frogatti</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. incisa</i>	Sudeste asiático, Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. kirki</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. latifrons</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. melanota</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. neohumeralis</i>	Australia	Fruto
		<i>B. occipitalis</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. opilae</i>	Australia	Fruto
		<i>B. passiflorae</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. psidii</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. trilineola</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. tryoni</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>B. tuberculata</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. versicolor</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. zonata</i>	Pacífico Sur, Sudeste asiático, India y Pakistán	Fruto
		<i>B. (Hemigymnodacus) diversa</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. (Zeudacus) cucurbitae</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	Fruto
		<i>B. (Zeudacus) tau</i>	Sudeste asiático	Fruto
		<i>B. (Notodacus) xanthodes</i>	Pacífico Sur	Fruto
		<i>Ceratitis capitata</i>	Cosmopolita	Fruto
		<i>C. catoirii</i>	África Oriental	Fruto
		<i>C. cosyra</i>	África Occidental	Fruto
		<i>C. punctata</i>	África Oriental	Fruto
		<i>C. anonae</i>	África Oriental	Fruto
		<i>C. flexuosa</i>	África Oriental	Fruto
		<i>C. rosa</i>	África Oriental	Fruto
		<i>Dirioxa confuse</i>	Australia	Fruto
		<i>D. pornia</i>	Australia	Fruto
		<i>Cochliomya macellaria</i>	América del Norte	Fruto
		<i>Toxotrypana curvicauda</i>	América del Norte, Central y del Sur, Islas del Caribe	Fruto
Hemiptera	Coreidae	<i>Amblypelta lutescens</i>	Australia	Fruto
		<i>A. nitida</i>	Australia	Fruto
		<i>Pseudotharapterus wayi</i>	África Oriental	Fruto
		<i>Veneza stigma</i>	América del Sur	Fruto
	Miridae	<i>Daghabertus fasciatus</i>	América del Norte, Islas del Caribe	Yemas
		<i>Rhinacloa spp.</i>	América del Norte. Islas del Caribe	Yemas
	Pentatomidae	<i>Brochymena spp.</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Plautia affinis</i>	Australia	Hojas
<i>Stenozygum coloratum</i>		Israel	Fruto?	

	Scutelleridae	<i>Symphillus caribbeanus</i>	América del Norte. Islas del Caribe	Fruto
Homoptera	Acanaloniidae	<i>Acanalonia latifrons</i>	América del Norte	Yemas, Hojas y Fruto
	Aleyrodidae	<i>Aleurocanthus woglumi</i>	América del Norte, Central y del Sur, África Occidental	Hojas
		<i>Aleurodicus dispersus</i>	América del Norte	Hojas
	Aphididae	<i>A. craccivora</i>	Israel	Hojas
		<i>A. fabae</i>	Israel	Hojas
		<i>A. gossypii</i>	Israel	Hojas
		<i>A. spiraeicola</i>	Israel	Hojas
		<i>Toxoptera aurantii</i>	América del Norte, Islas del Caribe	Yemas y Hojas
	Asterolecanidae	<i>Asterolecanium pustulans</i>	América del Norte, Israel	Hojas
	Cicadellidae	<i>Amrasca splendens</i>	Australia, África Oriental, Sudeste asiático, India y Pakistán	Hojas
		<i>Amritodus atkinsoni</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>A. brevistylus</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>Busonomimus manjunathi</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>Chunrocerus niveosparsus</i>	Pacífico Sur	Hojas, Inflorescencias
		<i>Empoasca spp.</i>	Israel	Hojas
		<i>Idioscopus anasuyae</i>	India y Pakistán	Hojas, Frutos
		<i>I. clavosignatus</i>	India y Pakistán	Inflorescencias, Hojas
		<i>I. clypealis</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	Hojas, Frutos
		<i>I. decoratus</i>	India y Pakistán	Inflorescencias, Hojas
		<i>I. jayashirae</i>	India y Pakistán	Inflorescencias, Hojas
		<i>I. nagpurensis</i>	India y Pakistán	Hojas, Frutos
		<i>I. niveosparsus</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	Tronco y Ramas, Hojas, Inflorescencias
		<i>I. nigroclypeatus</i>	India y Pakistán	Inflorescencias, Hojas
		<i>I. spectabilis</i>	India y Pakistán	Inflorescencias, Hojas
		<i>Rabela tabebuia</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Scaphytopius spp.</i>	América del Norte	Hojas
		Cixiidae	<i>Myndus crudus</i>	América del Norte
	Coccidae	<i>Ceroplastes cirripediformis</i>	América del Norte	Hojas
		<i>C. floridensis</i>	América del Norte, Israel	Hojas
		<i>C. martinae</i>	América del Sur	Tronco y Ramas
<i>C. rubens</i>		Australia, África Oriental, América del Norte, Sudeste asiático, Islas del Caribe, India y Pakistán	Hojas	
<i>C. rusci</i>		Israel	Hojas	
<i>C. trochezi</i>		América del Sur	Tronco y Ramas	
<i>Coccus acutissimus</i>		América del Norte	Hojas	
<i>C. elatensis</i>		Australia	Hojas	
<i>C. hesperidum</i>		Australia	Hojas	

		<i>C. mangiferae</i>	África Oriental y Occidental, América del Norte y del Sur, Sudeste asiático	Hojas
		<i>C. moestus</i>	Islas del Caribe	Hojas
		<i>C. viridis</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Eucalymnatus tessellatus</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Kilifa acuminata</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Milviscutulus mangiferae</i>	Israel	Tronco y Ramas, Hojas, Frutos
		<i>Philephedra tuberculosa</i>	América del Norte	Hojas, Frutos
		<i>Protopulvinaria pyriformis</i>	Israel	Hojas
		<i>P. mangiferae</i>	África Occidental	Hojas
		<i>Pulvinaria psidii</i>		Hojas
		<i>Saissetia oleae</i>	Israel	Hojas
		<i>S. neglecta</i>	Islas del Caribe	Hojas
		<i>Vinsonia stellifera</i>	América del Sur	Hojas
	Diaspididae	<i>Aonidiella aurantii</i>	Israel	Hojas
		<i>A. orientalis</i>	Israel	Hojas
		<i>Aspidiotus destructor</i>	América del Norte y del Sur, Sudeste asiático	Hojas
		<i>Aulacaspis tubercularis</i>	Australia, África Oriental y Occidental, América del Norte y del Sur, Islas del Caribe	Hojas, Frutos
		<i>Chrysomphalum aonidum</i>	América del Norte, Israel	Hojas
		<i>C. dyctiospermi</i>	América del Norte y del Sur, África Occidental, Islas del Caribe	Hojas
		<i>Fiorinia florinae</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Hemiberlesia latanidae</i>	América del Norte, Israel	Hojas
		<i>Howardia biclavis</i>	América del Norte	Tronco y Ramas
		<i>Ischnaspis longirostris</i>	América del Norte y del Sur	Hojas
		<i>Lindingaspis floridana</i>	América del Norte	Hojas
		<i>L. ferrisi</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>Morganella longispina</i>	América del Norte	Tronco y Ramas
		<i>Parlatoria spp.</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Phenacaspis cockerelli</i>	América del Sur	Hojas
		<i>P. dilatata</i>	Australia	Hojas
		<i>P. sandwichensis</i>	Pacífico Sur	Hojas
		<i>Pinnaspis strachani</i>	África Oriental, América del Norte	Hojas
		<i>Pseudaulacaspis cockerelli</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Pseudaonidia trilobitiformia</i>	América del Norte y del Sur	Hojas
		<i>Radionaspis indica</i>	América del Norte	Hojas
		<i>Selanaspidus articulatus</i>	América del Sur	Hojas
		<i>Unaspis citri</i>	América del Sur	Tronco y Ramas
	Flatidae	<i>Colgaroides acuminata</i>	Australia	Inflorescencias, Frutos
	Margarodidae	<i>Drosicha stebbingii</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>D. magiferae</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>Icerya seychellarum</i>	África Oriental, Sudeste asiático, India y Pakistán	Hojas
	Ortheziidae	<i>Orthezia spp.</i>	América del Sur	Hojas

	Pseudococcidae	<i>O. olivicola</i>	América del Sur	Hojas
		<i>Drosicha mangiferae</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>D. stebbingi</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>Pseudococcus adonidum</i>	África Oriental y Occidental, América del Sur, India y Pakistán	Hojas, Frutos
		<i>P. elisae</i>	Pacífico Sur	Hojas
		<i>P. longispinus</i>	Islas del Caribe	Yemas
		<i>Rastrococcus invadens</i>	África Oriental y Occidental	Yemas, Hojas, Frutos
	Psyllidae	<i>R, spinosus</i>	India y Pakistán	Yemas, Hojas, Frutos
		<i>Apsylla cistellata</i>	India y Pakistán	Hojas
Hymenoptera	Formicidae	<i>Pauropsylla nigra</i>	Sudeste asiático	Hojas
		<i>Trigon spp.</i>	América Central	Inflorescencias
Isoptera	Termiticidae	<i>Atta spp.</i>	América Central	Hojas
		<i>Coptotermes acinaciformis</i>	Australia	Raíz, Tronco y Ramas
		<i>C. formosanus</i>	Pacífico Sur	Tronco y Ramas
		<i>Microcerotermes biroi</i>	Australia	Tronco y Ramas
		<i>M. edenatus</i>		Tronco y Ramas
		<i>Microtermes obesis</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas
		<i>Neotermes insularis</i>	Australia	Tronco y Ramas
		<i>Nisutitermis graveolus</i>	Australia	Raíz, Tronco y Ramas
		<i>Odontotermes lokanandi</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas
		<i>O. gurdaspurensis</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas
		<i>O. wallonensis</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas
		<i>O. obesus</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas
		<i>O. horai</i>	India y Pakistán	Tronco y Ramas
		<i>Termes cheeii</i>	Australia	Tronco y Ramas
Lepidoptera	Arctiidae	<i>Diacrisa obliqua</i>	India y Pakistán	Hojas
		<i>Lymira edwardsii</i>	América del Norte	Hojas
	Coreuthidae	<i>Eccopsis praecedens</i>	África Oriental	Fruto
		<i>Lobesia vanillana</i>	África Oriental	Frutos
	Ctneuchidae	<i>Syntomeidaepilais jucundissima</i>	América del Norte	Yemas
	Gracillariidae	<i>Marmara spp.</i>	América del Norte	Frutos
		<i>Acrocercops spp.</i>	Australia	Hojas
	Gelechiidae	<i>Thiotrina godmani</i>	Islas del Caribe	Yemas
	Geometridae	<i>Oxydia spp.</i>	América del Norte	Frutos
		<i>O. vesulia</i>	Islas del Caribe	Frutos
		<i>Pleuroprucha insulsaria</i>	Islas del Caribe	Yemas
		<i>Chloropteryx glauciptera</i>	Islas del Caribe	Yemas
		<i>Thalassodes dissita</i>	India y Pakistán	Hojas
	Limacodidae	<i>Latoia lepida</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	Hojas
	Lymanthriidae	<i>Lymanthria marginata</i>	India y Pakistán	Hojas
Megatopygidae	<i>Megatopyge defoliata trujillo</i>	América del Norte	Hojas	
	<i>M. lanata</i>	América del Sur	Hojas	

	Noctuidae	<i>Alabama argillacea</i>	Islas del Caribe	Frutos
		<i>Chlumetia transversa</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	Yemas
		<i>Gonodonta spp.</i>	Islas del Caribe	Frutos
		<i>G. pyrgo</i>	Islas del Caribe	Frutos
		<i>Othreis fullonia</i>	Australia	Frutos
		<i>O. materna</i>	Islas del Caribe	Frutos
		<i>O. tyrannus</i>	Australia	Frutos
		<i>Penicillaria jocosatrix</i>	Pacífico Sur	Hojas
	Pyrilidae	<i>Davara caricae</i>	Islas del Caribe	Yemas
		<i>Noorda albizonalis</i>	Sudeste asiático, India y Pakistán	Frutos
		<i>Orthaga exvinacea</i>	India y Pakistán	
		<i>Pococera atramentalis</i>	América del Norte, Islas del Caribe	Yemas, Frutos
		<i>Tallula spp.</i>	América del Norte	Frutos
	Saturnidae	<i>Nataurelia zambesiana</i>	África Oriental	Hojas
	Tortricidae	<i>Aethes spp.</i>	Australia, Islas del Caribe	Yemas
		<i>Amorbia aequiflexia</i>	Islas del Caribe	Yemas
		<i>Cosmetra anthophaga</i>	África Oriental	Frutos
<i>Episimus transferrata</i>		Islas del Caribe	Yemas	
<i>Playnota rostrata</i>		América del Norte	Yemas, Frutos	
Orthoptera	Acrididae	<i>Anacridium melanorhodon</i>	África Oriental y Occidental	Hojas
Thysanoptera	Paleothripidae	<i>Leothrips sangularis</i>	América del Norte	Yemas
	Triplidae	<i>Frankliniella spp.</i>	Islas del Caribe	Yemas
		<i>F. bispinosa</i>	América del Norte	Yemas
		<i>F. fusca</i>	América del Norte	Yemas
		<i>F. kelliae</i>	América del Norte	Yemas
		<i>F. occidentalis</i>	Israel	Yemas
		<i>Heliethrips hemorroidalis</i>	América del Norte, Israel	Yemas
		<i>Scirtothrips mangiferae</i>	Israel	Hojas
		<i>Selenothrips rubrocinctus</i>	América del Norte, Central y del Sur, África Oriental, Sudeste asiático	Hojas
		<i>Retithrips syriacus</i>	Israel	Hojas
		<i>Thrips palmi</i>	América del Norte	Yemas
	<i>T. florum</i>	América del Norte	Yemas	

También se incluye una lista de insectos que se consideran plagas menores del mango en la India, tomada de Reddy *et al.* (2018):

Nombre científico	Daño
<i>Asura ruptofascia</i> , <i>Celama analis</i> , <i>C. fasciatus</i> , <i>Cosmostola laesaria</i> , <i>Gymnoscelis imparatalis</i> , <i>Eublemma spp.</i>	Se alimenta y deposita tela sobre las inflorescencias
<i>Holotrichia consanguinea</i> , <i>Anomala sp.</i>	Se alimenta a base de hojas durante la noche
<i>Aleurocanthus mangiferae</i>	Absorbe savia de las hojas
<i>Coptosoma nazirae</i>	Absorbe savia de hojas y flores
<i>Indarbela tetraonis</i>	Se alimenta a base de corteza y practica agujeros en las ramas
<i>Eudocima maternal</i> , <i>E. fullonica</i>	Absorbe savia de frutos

A continuación, se describen con más detalle las plagas más importantes, que se han clasificado en función de los tejidos a los que provocan daño.

1.1.1. PLAGAS DE INFLORESCENCIAS Y BROTES TIERNOS

CICADÉLIDOS DEL MANGO (Cicadellidae):

Los adultos y las ninfas se congregan en las panículas florales y brotes tiernos, donde se alimentan a base de absorber savia. Como consecuencia de su alimentación, se produce marchitez y caída de flores, lo que afecta al cuajado de frutos. Además, los cicadélidos excretan melaza, sobre la que crecen los hongos de la negrilla, que afectan a la eficiencia fotosintética. (Butani, 1979). Según Reddy *et al.* (2018), los cicadélidos pueden considerarse la principal plaga del mango por su gran capacidad para producir importantes pérdidas en la cosecha.

Se han descrito unas 18 especies de cicadélidos como plagas del mango (Peña *et al.*, 2009); 15 de ellas han sido citadas en Asia, aunque solo 3-4 pueden considerarse de importancia (Reddy *et al.*, 2018):

- ***Idioscopus clypealis***: según Peña (1997), está presente en el Sudeste asiático, India y Pakistán; según la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/IDIOCL/distribution>), estaría presente en India, Bangladesh y las Filipinas, y según CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/28470#toDistributionMaps>), en Australia, Sudeste asiático, India, Pakistán y el Pacífico Sur.
- ***Idioscopus nitidulus*** (*Idiocerus nitidulus*; *Chunrocerus niveosparsus*): citada como *Chunrocerus niveosparsus* en Peña (1997) y EPPO, como *I. niveosparsus* en Peña *et al.* (2009) y como *Idioscopus nitidulus* en CABI y Reddy *et al.* (2018). Según Peña (1997) está distribuida por el Pacífico Sur y según CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/28472#toDistributionMaps>) en Australia, Sudeste asiático, India, Pakistán y Pacífico Sur.
- ***Idioscopus nagpurensis***: Según Peña (1997), está presente en India y Pakistán, mientras que según CABI también lo está en el Sudeste asiático (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/28471#toDistributionMaps>)
- ***Amritodus atkinsoni***: descrita, según Peña (1997) y Reddy *et al.* (2018), en India y Pakistán.

CECIDÓMIDOS DEL MANGO (Diptera, Cecidomyiidae)

Los cecidómidos del mango son importantes plagas de esta especie a nivel mundial, pero especialmente en Asia, donde se han citado 16 especies que afectan al mango, muchas de ellas formadoras de agallas (Peña, 2002; Ahmed *et al.*, 2005). Las principales especies de este grupo serían:

- ***Erosomya indica*** (mango midge): citada en Peña (1997), Peña *et al.* (2009), Ahmed (2005) y Reddy *et al.* (2018). Según Peña (1997), está presente en India y Pakistán, aunque Ahmed, (2005) considera que se podría haberse extendido a otras zonas.

- ***Erosomya mangiferae*** (mango gall midge o mango blister midge). Citada por Peña (1997), Peña *et al.* (2009) y Reddy *et al.* (2018). Según Peña (1997), estaría presente en las islas del Caribe.
- ***Asynapta mangiferae***. Según Peña *et al.* (2009), está presente en el Caribe.
- ***Gephyraulius mangiferae***. Descrita en Peña *et al.* (2009) en el Caribe.
- ***Procontarinia matteiana*** (leaf gall midge). Según Peña (1997), está presente en India y Pakistán, aunque Reddy *et al.* (2018) la sitúan en India, Indonesia, Kenia, Mauricio, Omán, Reunión, Sudáfrica y los Emiratos Árabes Unidos.
- ***Procontarinia mangiferae***. Según Peña (1997), está presente en Africa Oriental y Sudeste asiático.
Procontarinia pustulata. Según Medina *et al.* (2017), está presente en Filipinas, aunque también ha sido citada en el norte de Australia y Papúa Nueva Guinea (Koselik *et al.*, 2009).

THRIPS (Thysanoptera):

Frankliniella occidentalis: descrita por Peña (1997), Peña *et al.* (2009) y Reddy *et al.* (2018) en Israel. Según la EPPO, estaría presente en todos los continentes (<https://gd.eppo.int/taxon/FRANOC/distribution>).

Frankliniella bispinosa* y *Frankliniella kelliae: Descritas por Peña (1997), Peña *et al.* (2009) y Reddy *et al.* (2018) como plagas del mango en Florida.

Frankliniella cubensis: descrita por Peña *et al.* (2009) en Costa Rica.

Scirtothrips dorsalis: descrita por Reddy *et al.* (2018) en India, Tailandia y Malasia. Según la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/SCITDO/distribution>), estaría presente en India, Pakistán, Sudeste asiático, Islas del Pacífico, Australia, algunos países de Africa (Costa de Marfil, Kenia y Uganda), el norte de América del Sur y la zona del Caribe.

Thrips palmi: descrita por Peña (1997) en América del Norte y por Reddy *et al.* (2018) en India. Según la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/THRIPL/distribution>), está también presente en la zona del Caribe y en algunos países de América Central y América del Sur.

Selenothrips rubrocinctus. Descrita por Peña (1997) en América del Norte, Central y del Sur, África Oriental y Sudeste asiático. Según CABI (<https://www.cabi.org/ISC/abstract/20056600136>), está presente en Asia (China, Formosa, India, Malasia y Filipinas), África (Congo, Fernando Poo, Ghana, Costa de Marfil, Nigeria, República del Congo, Santo Tomé, Sierra Leona, Tanganika, Uganda, Zanzíbar), Australasia e Islas del Pacífico (Hawai, Marianas, Nueva Caledonia, Papúa Nueva Guinea, Solomon y Walli, América Central (Costa Rica, Honduras, Panamá), islas del Caribe y América del Sur (Brasil, Guayana Británica, Ecuador, Perú, Surinam, Venezuela).

LEPIDÓPTEROS DE LAS FLORES:

Los lepidópteros que se alimentan de flores se consideran, dentro de las plagas que atacan las inflorescencias del mango, las segundas en importancia (Peña *et al.*, 2009).

Chloropteryx glauciptera* y *Oxydia vesulia (Geometridae). Descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en la zona del Caribe (principalmente, Dominica).

Penicillaria jocosatrix (mango shoot caterpillar; Noctuidae). Según Peña (1997), está presente en el Pacífico Sur.

Pococera attramentalis (Pyralidae), ***Pleuroprocha insulsaria*** (Geometridae), ***Platynota rostrana*** (Tortricidae), ***Talulla spp*** (Pyralidae) y ***Racheospila gerularia*** (Geometridae). Según Peña (1997), *P. attramentalis* está presente en la zona del Caribe y *R. gerularia* en América Central. Según Peña *et al.* (2009), algunas de ellas podrían estar también en Florida.

Pleuroprucha asthenaria (Geometridae) y ***Crytoblades gnidiella*** (Pyralidae), descritas por Peña *et al.* (2009) en Brasil.

1.1.2. PLAGAS DE FRUTOS:

MOSCAS DE LA FRUTA (Tephitidae):

En torno a 60 especies de moscas de la fruta producen daños en el mango y especies afines (Peña *et al.*, 2009). Las más importantes pertenecen a los géneros *Anastrepha*, *Bactrocera* y *Ceratitits*.

Anastrepha. Este género está presente a lo largo de todo el continente americano, desde los EEUU hasta Argentina, y en las islas del Caribe (Peña, 2009). Se han citado unas 12 especies asociadas al mango.

- **A. obliqua:** la especie más común en América. Según Peña (1997) y Peña *et al.* (2009), está presente en Australia, México, Costa Rica, Honduras, Guatemala, Cuba, Puerto Rico, Jamaica, El Salvador y Venezuela. Según CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/5659#todistributionTable>), en Australia, América del Sur y las islas del Caribe.
- **A. striata:** descrita por Peña (1997), Peña *et al.* (2009) y CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/5667#todistributionTable>) en América del Norte, central y del Sur y las islas del Caribe.
- **A. serpentina:** descrita por Peña (1997), Peña *et al.* (2009) y CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/5665#todistributionTable>) en América del Norte, central y del Sur y las islas del Caribe.
- **A. fraterculus:** Según Peña (1997), está presente en América del Sur; según Peña *et al.* (2009), en Brasil y Ecuador; según CABI, también presente en América Central, México y las islas del Caribe (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/5648#todistributionTable>).
- **A. pseudoparalella:** descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en América del Sur.
- **A. suspensa:** descrita por Peña (1997) en América del Norte y Central y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/5668#todistributionTable>) también en las islas del Caribe, la Guyana Francesa y algunas zonas de América del Sur.
- **A. ludens:** descrita por Peña (1997) en América Central y del Sur y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/5654#todistributionTable>) en América del Norte (principalmente, México) y Central.
- **A. turpiniae** y **A. zuelanie:** descrita por Peña *et al.* (2009) en Brasil y Ecuador.

Bactrocera. Alrededor de 33 especies de este género pueden producir daños al mango en África, Asia y Australia. A continuación, se citan las más importantes:

- **B. philippiensis** y **B. occipitalis** según Peña *et al.* (2009) y CABI (<https://www.cabi.org/isc/abstract/20073277417>), están presentes en Asia.
- **B. invadens:** según Peña *et al.* (2009), presente en África Occidental.
- **B. tryoni:** descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en el Pacífico Sur.
- **B. zonata:** descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en el Sudeste Asiático, India, Pakistán y Pacífico Sur y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/17694#todistributionTable>) también en el Próximo Oriente y África.

- **B. dorsalis**: según Peña (1997), está presente en el Pacífico Sur y, según CABI, (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/17685#todistributionTable>) también en el Próximo Oriente, el Lejano Oriente, India, Pakistán y África.
- **B. neohumeralis**: descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en Australia y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/8727#todistributionTable>) en Australia y Papúa Nueva Guinea.
- **B. jarvisi**: descrita por CABI (2020) en Australia (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/8715>).
- **B. papayae**: descrita por CABI (<https://www.cabi.org/isc/abstract/20063181726>) y la Comunidad Pacífica (<https://lrd.spc.int/species/bactrocera-papayae--drew-and-hancock-asian-papaya-fruit-fly>) en Asia (Tailandia, Malasia Peninsular, Malasia Oriental, Singapur, Indonesia y Kalimantan) y el Pacífico (Papúa Nueva Guinea).
- **B. frauenfeldi**: descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en Australia, Sudeste Asiático y Pacífico Sur, y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/8712#todistributionTable>) en Australia y Pacífico Sur.

Ceratitis: se han citado varias especies en mango.

- **C. capitata**: según CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/12367>), está presente en Hawái, los EEUU continentales, América Central y del Sur, África, España y otros países europeos, Australia y el Próximo Oriente; no estaría en México, las islas del Caribe y el Sudeste Asiático.
- **C. cosyra**: es una de las tres especies de este género más comunes en África. Descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en África Occidental y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/12370>) es distintos países africanos.
- **C. fasciventris**: descrita por Peña *et al.* (2009) como una de las tres especies de este género más comunes en África.
- **C. anonae**: citada por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) como una de las tres especies de este género más comunes en África. Según Peña (1997), presente en África Oriental.
- **C. catonii**: descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en África Oriental y la Reunión.
- **C. punctata**: descrita por Peña (1997) en África Oriental y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/12376>) también en África Occidental.
- **C. flexuosa**: citada por Peña (1997) en África Oriental.
- **C. rosa**: descrita por Peña (1997) y CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/12378#todistribution>) en África Oriental y del Sur.
- **C. silvestrii** y **C. quinaria**: descritas por Peña *et al.* (2009) en Benin. Según CABI, (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/12377>), **C. quinaria** estaría presente en África Oriental y Occidental.

TALADROS DE SEMILLA Y PULPA:

El mango no es muy susceptible a los taladros de semilla y pulpa, excepto para unas pocas especies (Reddy *et al.*, 2018).

Sternochetus mangiferae (Coleoptera: Curculionidae). Descrita por Peña (1997), Peña *et al.* (2009), Reddy *et al.* (2018), EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/CRYPMA>) y CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/16434>). Presente en la mayoría de las zonas productoras de mango, excepto Europa y América Central y del Norte. Hay un mapa disponible en la web de la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/CRYPMA/distribution>).

Sternochetus frigidus (Coleoptera: Curculionidae). Según Peña (1997) y la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/CRYPGR/distribution>), está presente en el Sudeste Asiático, India, Pakistán y el Pacífico Sur.

Deanolis sublimbalis (Noorda albizonalis) (Lepidoptera: Pyralidae). Según Peña (1997) y Peña *et al.* (2009), está presente en el Sudeste Asiático, India, Pakistán y Pacífico Sur.

Citripestis eutrappera (Lepidoptera: Pyralidae). Descrita por Reddy *et al.* (2018) en India, Java, Indonesia y Norte de Australia.

Deudores isocrates (Lepidoptera: Lycaenidae). Descrita por Peña *et al.* (2009) en India y Filipinas.

Orgyia postica (Lepidoptera: Lymantridae). Descrita por Peña *et al.* (2009) en Filipinas.

Conogethes punctiferalis (Lepidoptera: Pyralidae): citada por Reddy *et al.* (2018). Según la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/DICHPU/distribution>), está presente en distintos países asiáticos (China, India, Indonesia, Japón, Corea, Malasia, Myanmar, Sri Lanka, Taiwan y Vietnam), Australia y Papúa Nueva Guinea.

OTRAS PLAGAS QUE AFECTAN A LOS FRUTOS:

Procontarinia frugivora (Diptera, Cecidomyidae). Descrita en Filipinas por Gagné y Medina (2004).

Aulacaspis tubercularis (Diaspididae): descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en Australia, África Oriental y Occidental, América del Norte y del Sur y las islas del Caribe. Según la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/AULSTU/distribution>), está también presente en Europa (España y Portugal).

1.1.3. PLAGAS DE BROTES Y RAMAS

TALADRO DE BROTES DEL MANGO (Lepidoptera, Noctuidae):

Chlumetia transversa (Lepidoptera: Noctuidae). Descrita por Peña (1997), en India, Pakistán y Sudeste Asiático, y, según Reddy *et al.* (2018), presente en India, Bangladesh, Sri Lanka, Java y Filipinas.

Otros taladros de brotes citados por Reddy *et al.* (2018) serían: *Chlumeria alternans* (Noctuidae), *Gatesclarkeana erotias* (Tortricidae; India, Sri Lanka, Timor y Tailandia), *Anarsia melanoplecta* (Gelechiidae; India), *A. lineatella* [ampliamente distribuida según CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/5154#todistributionTable>)], *Chelaria spathota* (Gelechiidae) y *Dudua aprobola* [Tortricidae; presente en África, Sudeste Asiático y Oceanía] (http://www.pestnet.org/fact_sheets/mango_flower_webworm_334.htm).

TALADRO DE RAMAS DEL MANGO

Los taladros de ramas del mango pertenecen, principalmente, a distintas familias de coleópteros:

Cerambycidae:

- *Batocera rubus*. Descrito por Reddy *et al.* (2018), Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en India y Pakistán, y, según la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/BATCRB/distribution>) presente en diferentes países de Asia y el Pacífico.
- *B. rufomaculata*. Descrito por Peña (1997) en Israel y por Reddy *et al.* (2018) también en India.
- *B. numitor* y *B. titana*. Según Reddy *et al.* (2018), presente, al menos, en India.
- *Glenea multiguttata* y *Coptops aedificator*. Descritos por Reddy *et al.* (2018) en India.
- *Niphonoclea capito*. Según Tenorio *et al.* (1989), está presente en Filipinas.

Scolytidae:

- *Hypocryphalus mangiferae*. Descrito por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en América del Norte y del Sur (Brasil) y Omán, y, según Reddy *et al.* (2018), también en Pakistán.
- *Xylosandrus compactus*. Citado por Peña *et al.* (2009) y, según la EPPO (https://www.eppo.int/ACTIVITIES/plant_quarantine/alert_list_insects/xylosandrus_compactus), ampliamente distribuido en distintos países de América, Europa, Asia y Oceanía.

Bostrichidae: *Apate monachus*. Descrito por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en la zona del Caribe, y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/6071>) también en África, India, Brasil y varios países europeos.

Además, hay dos especies de la familia Diaspididae (Homoptera), que pueden actuar como taladros de ramas: *Radionaspis indica* y *Morganella longispina*, descritos por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en América del Norte. Algunas referencias sugieren que el primero podría estar presente en México, Panamá, Ecuador, las islas del Caribe, Hawai, Florida, India, Indonesia y Senegal (<http://scalenet.info/catalogue/Radionaspis%20indica/>) mientras que el último estaría ampliamente distribuido (<http://scalenet.info/catalogue/Morganella%20longispina/>).

1.1.4. PLAGAS DE HOJAS Y YEMAS

COCHINILLAS:

En torno a 70 especies de cochinillas se han descrito como posibles plagas del mango (Reddy *et al.*, 2018). A continuación, se citan las más importantes:

Aspidiotus destructor (Coccidae). Descrita por Reddy *et al.* (2018) en India, Sri Lanka, China, Taiwan, Fiji y México, por Peña (1997) en América del Norte y del Sur y Sudeste Asiático, y por CABI (<https://www.cabi.org/isc/datasheet/7415>) ampliamente distribuida en distintos continentes.

Drossicha stebbingii (Margarodidae). Descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en India y Pakistán. Según la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/DROCST/distribution>), estaría también presente en China y Bangladesh.

Rastrococcus invadens (Pseudococcidae). Descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en África Oriental y Occidental, y por la EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/RASTIN/distribution>) también en Asia.

Aulacaspis tubercularis (Diaspididae): descrita por Peña (1997) y Peña *et al.* (2009) en Australia, África Oriental y Occidental, América del Norte y del Sur y las islas del Caribe. EPPO (<https://gd.eppo.int/taxon/AULSTU/distribution>) aumenta el número de países donde estaría presente. Puede también afectar a los frutos.

Ceratoplastes rubens (Coccidae). Descrita por Peña (1997) en Australia, África Oriental, Sudeste Asiático, India y Pakistán, América del Norte e islas del Caribe. Según la EPPO, estaría también presente en el Pacífico Sur (<https://gd.eppo.int/taxon/CERPRB/distribution>).

Otras especies de cochinillas que también se han citado en mango son ***Coccus viridis***, ***Coccus longulus***, ***Ceroplastes actiniformis***, ***Philephedra tuberculosa***, ***Milviscutulus mangiferae*** y ***Viuosonia stellifera***.

ÁCAROS:

Aceria (Eriophyes) mangiferae: citada por Peña (1997), Peña *et al.* (2009) y Reddy *et al.* (2018). Se ha sugerido que podría actuar de vector de *Fusarium mangiferae*, uno de los agentes causales de la malformación del mango.

Según este enlace (http://www.agri.huji.ac.il/mepests/pest/Aceria_mangiferae/), estaría presente en Egipto, Israel, Sudáfrica, Sudeste Asiático, Florida, México y distintos países de América Central y del Sur.

Oligonychus mangiferae: descrita por Peña (1997) en India, Pakistán e Israel, y por Venkata (2013) en India y otras zonas de Asia, Egipto, Mauricio, Perú e Israel.

O. punicae: descrita por Peña (1997) en América Central e Islas del Caribe y por Venkata (2018) también en Australia.

O. coffeae: descrita por Reddy *et al.* (2018) en América Central y Australia.

Tetranychus bimaculatus: descrita por Peña (1997) en la zona del Caribe.

Otras especies de ácaros relevantes como plagas del mango serían *Metaculus mangiferae*, *Polyphagus tarsonemus latus*, *Brevipalpus phoenicis*, *Oligonychus yothersi* y *Tetranychus tumidus*.

1.2. CONTROL QUÍMICO DE LAS PRINCIPALES PLAGAS

Según Peña *et al.* (2009), las cuatro plagas clave del mango (moscas de la fruta, taladros de semilla, taladros de brotes y ramas y cicadélidos del mango) necesitan medidas de control anuales. Las plagas secundarias suelen afectar a niveles que no precisan intervención, pero pueden llegar a convertirse en serios problemas por cambios en el manejo del cultivo o el uso indiscriminado de plaguicidas.

MOSCAS DE LA FRUTA

Desde finales de la década de los 1960, el control estándar de moscas de la fruta se ha basado principalmente en las pulverizaciones de cebos de proteína hidrolizada e insecticidas (López *et al.*, 1969; Soto-Manatiú *et al.*, 1987; Mangan *et al.*, 2006; Mangan y Moreno, 2007). Durante muchos años el insecticida más usado fue el malatión (Peck y McQuate, 2000; Burns *et al.*, 2001), aunque también se han empleado mucho otras materias activas como fentión, deltametrín, carbaril o dimetoato.

Desde la década de los 1990, se ha hecho un gran esfuerzo por encontrar alternativas respetuosas con el medio ambiente a los insecticidas de amplio espectro (Peck y McQuate, 2000). Entre los grupos de productos que se han probado, con éxito, en el control de distintas especies de mosca de la fruta destacan reguladores de crecimiento (como ciromazina), neonicotinoides (como imidacloprid), compuestos derivados de microorganismos del suelo (como abamectina y spinosad), insecticidas derivados de plantas (como azadiractinas) y colorantes fototóxicos (como la floxina B) (Díaz-Fleischer *et al.*, 1996; King y Hennessey, 1996; Peck y McQuate, 2000; Vargas *et al.*, 2002; Liburd *et al.*, 2004; McQuate *et al.*, 2005; Díaz-Fleischer *et al.*, 2017). Los cebos a base de spinosad se han convertido en una de las alternativas más extendidas a los insecticidas convencionales para el control de la mosca de la fruta. No obstante, se han descrito casos de aparición de resistencia en la plaga, efectos negativos sobre la fauna auxiliar o daños en fruto (Wang *et al.*, 2005; Hsu y Feng, 2006; Stark *et al.*, 2004; Navarro-Llopis *et al.*, 2012).

La planificación de las aplicaciones de estos productos se suele basar en el seguimiento de las poblaciones de mosca mediante trampas con cebos atrayentes. Así, en Perú, el comienzo de esas intervenciones contra *Anastrepha* en mango tiene lugar cuando se capturan una media de 2 adultos por trampa y semana usando trampas de tipo McPhail (Herrera y Viñas, 1977). De igual modo, en Ecuador, Arias y Jines (2004) recomendaban un tratamiento con malatión (1%) y proteína (4%) en cuanto las poblaciones de mosca alcanzaban una media de 0,14 moscas/trampa/día (FTD). Hay, no obstante, otros planteamientos; por ejemplo, en Costa Rica, con aplicaciones semanales de dipterex y malatión consiguen reducir el daño de la mosca hasta en un 40% (Soto-Manitiu *et al.*, 1987), mientras, en México, las aplicaciones comienzan cuando el fruto tiene 85 días y termina 2 semanas antes de la cosecha (Cabrera *et al.*, 1993).

A pesar de las restricciones cada vez más estrictas al uso de insecticidas, éstos aún se usan bastante entre los productores de mango y están presentes en muchos programas de control integrado de plagas para mosca de la fruta, tanto aplicados en pulverización como formando

parte de técnicas relativamente nuevas como el Trampeo Masivo, donde los insecticidas se colocan en el interior de recipientes especiales a bajas concentraciones. Esto asegura que no haya aplicación directa del insecticida sobre la fruta y reduce mucho el riesgo de contaminación ambiental. Este método constituye una herramienta efectiva y económicamente asumible para el control de algunas especies de moscas de la fruta, caso de *Ceratitis capitata* (Navarro-Llopis *et al.*, 2012; Bouagga *et al.*, 2014).

TALADROS DE PULPA Y SEMILLA (Curculionidae)

Para el control de estas plagas en mango se ha venido usando el control químico con relativo éxito. De hecho, muchos productores dependen de este tipo de herramientas para combatir los taladros del mango debido a sus pocos enemigos naturales y a la mano de obra que exigen las prácticas sanitarias (Chin *et al.*, 2001; Louw, 2009).

En el caso de usar insecticidas, las aplicaciones pueden ser al tronco, si van dirigidas a los adultos en fase de diapausa, o foliares, si se realizan en el momento de la oviposición. Justo en este momento, los adultos están muy activos en la copa del árbol y se mueven hacia los frutos para realizar las puestas, por lo que pueden ser, junto a los huevos recién puestos, un blanco fácil para los insecticidas. Por ello, se recomienda realizar tratamientos justo antes de la floración y después del cuajado inicial para el control de esta plaga (Chin *et al.*, 2010; Prakash, 2012). En cuanto a las materias activas a emplear, hay recomendaciones en distintos trabajos (Balock y Kozuma, 1964; Shukla y Tandon, 1985; Louw, 2009; Bajracharya *et al.*, 2012; Reddy *et al.*, 2018). En ensayos de campo y laboratorio, se ha visto que algunos de los que ofrecen mejor control sobre *Sternochetus mangiferae* serían el organoclorado endosulfán, los organofosforados fentión y malatión, el piretroide deltametrín, el carbamato carbaril, el fenilpirazol fipronil y el neonicotinoide tiametoxam.

Las referencias sobre el empleo de insecticidas respetuosos con el medio ambiente para el control de taladros de pulpa y semilla en mango no son abundantes y a veces muestran resultados contradictorios. Por ejemplo, Verghese *et al.* (2004) describe que la azadiractina fue muy poco efectiva en el control de *S. mangiferae* en India, mientras Bajracharya *et al.* (2012) afirma que este producto ofreció un buen control de esta plaga en Nepal.

TALADRO DE FRUTOS (Pyralidae)

El control de esta plaga en mango sigue dependiendo en gran medida del empleo de pesticidas (Istianto y Soemargono, 2015). Según Golez (1991), el fruto de mango se vuelve sensible a este tipo de taladros a partir de los dos meses tras la floración y la aplicación de insecticidas deberían comenzar en esa fecha y continuar a los 75, 90 y 105 días tras la floración para conseguir una buena protección. En Indonesia, Istianto y Soemargono (2015) descubrieron que *Noorda albizonalis* puede atacar frutos de mango desde fases muy tempranas del desarrollo del fruto hasta casi el momento de la cosecha.

Los principales insecticidas recomendados para este tipo de taladros son deltametrín y ciflutrín en Filipinas (Golez, 1991) y fentión, deltametrín, indoxacarb y dimetoato en India (Prakash, 2012; Reddy *et al.*, 2018). Plantix recomienda aplicaciones de tiacloprid o cloriprifos a partir de cuando el fruto tiene el tamaño de una canica, pero siempre dentro de un programa de control

integrado (<https://plantix.net/en/library/plant-diseases/600128/mango-fruit-borer>). En Indonesia, la aplicación de aceite esencial de citronela redujo la tasa de ataque de este tipo de taladro al fruto del mango y la pérdida de cosecha debido a sus daños, probablemente por una combinación de efectos repelentes e insecticidas (Istianto y Soemargono, 2015).

TALADROS DE RAMAS Y TRONCOS (Coleoptera)

En India, las recomendaciones para un adecuado manejo de este tipo de plagas incluyen la detección de los agujeros abiertos en el tronco por los taladros, la inserción en ellos de trozos de algodón empapados en diclorvos, el cierre de los agujeros con pasta y la pulverización sobre el tronco de insecticidas, preferentemente clorpirifos, imidacloprid o tiametoxam, durante 5 veces en intervalos semanales y alternando las materias activas, tras el comienzo del monzón (ICAR, 2014). También en India, se recomiendan los tratamientos quincenales con carbaril o quinalfos desde el comienzo de las nuevas brotaciones (Prakash, 2012). En Nepal, Upadhyay *et al.* (2013) concluían que se podía controlar este tipo de taladros del mango manteniendo unas medidas sanitarias adecuadas y a través de la destrucción de los brotes secos seguida de unas cinco aplicaciones quincenales de imidacloprid o tiometoxam desde la segunda semana de julio. En Florida, se ha visto que los piretroides proporcionan un buen control sobre los adultos de escarabajos de ambrosia si se aplican antes de que se cierren las galerías con los excrementos de sus larvas (Atkinson *et al.*, 2017).

CICADELIDOS DE LAS HOJAS (Hemiptera: Cicadellidae)

Se han probado varios insecticidas para el control de los cicadélidos de las hojas del mango (Tandon y Lai, 1979; Yazdani y Mehto, 1980; Shah *et al.*, 1983; Shukla y Prasad, 1984; Islam y Elegio, 1997; Kudagamage *et al.*, 2001). Khanzada y Naqvi (1985) informaron que con seis aplicaciones de fenitrotión al año el control era bastante efectivo en las condiciones de Pakistán. Nachiappan y Baskaran (1986), tras evaluar ocho insecticidas, fosalone, endosulfan, carbaril, pentoato, fenitrotion, monocrotofos, quinalfos y fosfamidom, encontraron que endosulfan proporcionaba el mejor control con una aplicación una semana después de la floración y otra 14 días después. Jhala *et al.* (1989) consideraban que las aplicaciones de carbaril durante la época sin fruta mantenían las poblaciones de esta plaga a muy baja densidad. Godase *et al.* (2004) demostraron que una aplicación de monocrotofos al 0.05% en el momento de la emergencia de la primera panícula y otra 15 días después resultaban esenciales para evitar pérdidas de producción. Kudagamage *et al.* (2001) encontraron que imidacloprid controlaba esta plaga si se aplicaba justo antes de la floración y, de nuevo, 10 días después. Verghese (2000) recomienda utilizar insecticidas de origen botánico, como azadiractina y aceite de citronela, con poblaciones bajas de la plaga (<4/panícula). Con poblaciones más altas, este autor recomienda aplicaciones de imidacloprid a 0.3 ml/l, o de tiametoxam a 0.5 g/l, o de lambda-cihalotrin a 0.5 ml/l, en estados iniciales de desarrollo de las panículas. En ambos casos, se deben evitar las aplicaciones en estado de floración para evitar daños a los polinizadores (Verghese y Devi Thangam 2011).

CECIDÓMIDOS DEL MANGO (Diptera: Cecidomyiidae)

Según Ahmed *et al.* (2005), los cecidómidos se controlan usualmente con aplicaciones masivas de insecticidas sintéticos, aunque en los últimos años se han desarrollado y evaluado algunas técnicas de control menos habituales (Muhammad *et al.*, 2013). En India, se recomienda la aplicación de clorpirifos en polvo al suelo debajo de la copa en abril-mayo y la aplicación foliar de dimetoato en el estado de yema hinchada (Prakash, 2012; Reddy *et al.*, 2018). En Pakistán, Muhammad *et al.* (2017) encontraron que los insecticidas imidacloprid y nitempirameran eran efectivos contra las larvas de los cecidómidos de las agallas, mientras que los árboles tratados con bifentrin mostraban menor desarrollo de agallas, por lo que concluyeron que el uso de estos insecticidas podía ayudar en el control de estas plagas.

COCHINILLAS

En muchos casos, las cochinillas se convierten en plagas importantes del mango tras el uso de insecticidas para el control de otras plagas de mayor relevancia (Prakash y Patil, 2018). La mayoría de las cochinillas que atacan al mango se controlan mediante la aplicación de aceites parafínicos de rango estrecho o jabón de aceite de pescado, productos que disuelven la capa protectora de ceras de estos insectos y los asfixian (Peña, 2004; Prakash y Patil, 2018). Sin embargo, no siempre su control es tan fácil y, a veces, se necesita recurrir a insecticidas, como ocurre en India con dos cochinillas del mango, *Cholopulvinaria polygonata* y *Aspidiotus destructor*, para las que, dentro de sus respectivos programas de control integrado, se recomiendan aplicaciones de dimetoato cada 21 días (Prakash, 2012). En esta línea, Prakash y Patil (2018) encontraron que buprofezin, clorpirifos, acefato, lambda-cihalotrin, profenofos y diclorvos eran insecticidas efectivos en el control de todos los estados de la cochinilla *Hemilecanium imbricans* en mango bajo condiciones de campo y que el uso de jabón de aceite de pescado ayudaba a conseguir una buena penetración de esos insecticidas.

1.3. CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PRINCIPALES PLAGAS

MOSCAS DE LA FRUTA

El control biológico de las moscas de la fruta ha recaído principalmente en los parasitoides, sobre todo, Braconidae y, en menor medida, otras familias de Hymenoptera (Diapriidae, Chalcididae, Figitidae, Eulophidae, etc.). Hay referencias de estrategias de control biológico clásico y sueltas de parasitoides de cría masiva para *Anastrepha*, *Ceratitis* y *Bactrocera* (Wharton, 1978; Sivinski, 1996; Sivinski *et al.*, 1996, 1997, 2000; Montoya *et al.*, 2000). En Florida, México, Costa Rica, Brasil, Colombia y Perú, se han realizado importaciones y sueltas de distintas especies de parasitoides (i.e. *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead), *Fopius vandenboschi* (Fullaway) y *Aceratoneuromyia indica* (Silvestri)) para el control de *A. suspensa*, *A. ludens* y *A. fraterculus* (Ovruski *et al.*, 2000).

A pesar del amplio uso de parasitoides exóticos durante los últimos 80–100 años, la tendencia actual es utilizar especies nativas a fin de reducir las consecuencias medioambientales (García-Medel *et al.*, 2007; Aluja *et al.*, 2009), lo que ha llevado a numerosos estudios sobre enemigos naturales de las diferentes especies de moscas de la fruta. Por ejemplo, Bess *et al.* (1961) dieron cuenta de que los parasitoides más importantes de *Ceratitis capitata* en Hawai eran *Fopius vandenboschi*, *Biosteres oophilus* (= *Opius oophilus*) (= *F. arisanus*) y *B. longicaudatus*. En Brasil,

Doryctobracon areolatus (Szépligeti) (97%) y *D. longicaudata* (3%) parasitan las larvas de moscas de la fruta que atacan al mango (Carvalho y De Queiroz, 2002). En Kenia, Ghana, Tanzania, Uganda y Costa de Marfil, los parasitoides más importantes de especies de *Ceratitis* que afectan al mango eran *Diachasmimorpha fullawayi*, *Fopius caudatus* (Szépligeti), *Psytalia cosyrae* (Wilkinson) y *Tetrastichus giffardianus* Silvestri (Lux *et al.*, 2003). En México y otras partes de América Latina, los parasitoides más comunes de las moscas de la fruta que afectan al mango (*Anastrepha obliqua*, *A. ludens*, *A. pseudoparallela* y *A. turpiniae*) son *Doryctobracon areolatus*, *Doryctobracon brasiliensis* (Szépligeti), *Doryctobracon crawfordi* (Viereck), *Doryctobracon fluminensis* (Lima) y *Utetes anastrephae* (Viereck) (López *et al.*, 1999; Ovruski *et al.*, 2000; Zucchi, 2000). En Pakistán, el grupo de parasitoides de *B. zonata* incluye *Opius longicaudatus* (= *D. longicaudata*), *Dirhinus giffardii* Silvestri, y *Bracon* sp.; también se ha descrito que *O. longicaudatus* (= *D. longicaudata*), *D. giffardii* y *Spalangia grotiusi* Girault atacarían a *B. dorsalis*, aunque en pequeñas cantidades (Syed *et al.*, 1970).

También se han identificado algunos depredadores de moscas de la fruta, principalmente hormigas, arañas y escarabajos, y, de hecho, hay algunas referencias del uso de hormigas para el control de esta plaga en mango. Por ejemplo, Peng y Christian (2006) refieren el uso de la hormiga *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) en el control de *B. jarvisi* en mango en Australia. Por su parte, Van Mele *et al.* (2007) aseguraban que la hormiga *Oecophylla longinoda* reducía los niveles de infestación de mosca de la fruta (*Ceratitis* spp. y *Bactrocera dorsalis*) en Benin. La utilización de estos depredadores generalistas podría jugar un papel muy importante en el control biológico de plagas del mango en plantaciones de agricultores con pocos recursos de países en desarrollo. La existencia de altas poblaciones de estos depredadores podría estar asociada a un buen manejo de la cubierta natural y a un uso adecuado de los insecticidas.

El uso de patógenos microbianos (hongos, bacterias y nematodos) se ha probado también en el control de moscas de la fruta con distintos grados de éxito. Por ejemplo, se ha evaluado, a pequeña escala, *Metarhizium anisopliae* en plantaciones de mango en Kenia y los resultados muestran que no hubo diferencias entre el grado de control con patógenos y con insecticidas como malatión (Lux *et al.*, 2003). Lezama-Gutierrez *et al.* (2000) también evaluaron aislados de *M. anisopliae* contra larvas de *A. ludens* y obtuvieron reducciones variables (entre un 22 y un 43%) en la emergencia de adultos, lo que parecía depender del tipo de suelo donde se enterrara la larva para pupar. De la Rosa *et al.* (2002) evaluaron el hongo *Beauveria bassiana* (Bals.) bajo condiciones de laboratorio y concluyeron que el mayor nivel de control se obtenía en estado adulto. Dimbi *et al.* (2003) describieron la patogenicidad de *M. anisopliae* y *B. bassiana* en diferentes especies de *Ceratitis*, mientras Robacker *et al.* (1996) y Toledo *et al.* (1999) testaron varias cepas y aislados de *Bacillus thuringiensis* (Berliner) contra larvas de *A. ludens*, *A. obliqua* y *A. serpentina*. Poinar y Hislop (1981), Lindegren y Vail (1986) y Toledo *et al.* (2006) han investigado el uso de varios nematodos, *Heterorhabditis bacteriophora*, *Heterorhabditis heliothidis* (Khan, Brooks y Hirschmann) y *Steinernema feltiae* Filipjev, contra *Anastrepha*, *Bactrocera* y *Ceratitis*. Los resultados fueron muy variables para cada especie de mosca, con mortalidades que oscilaron entre 14 y 96%. Algunos estudios sugieren que hay que considerar el tipo de suelo a la hora de seleccionar la especie de nematodo y planificar la estrategia de control (Lezama-Gutiérrez *et al.*, 2006).

Estas estrategias de control biológico de moscas de la fruta pueden ser muy efectivas y específicas si se combinan con dispositivos de autoinoculación e insectos vectores, como machos estériles (FAO/IEA, 2019).

TALADROS DE PULPA Y SEMILLA (Curculionidae)

Los taladros del mango tienen pocos enemigos naturales. Mientras no se conocen parasitoides de especies emblemáticas como *Sternochetus mangiferae* (Peña *et al.*, 2009), se han descrito algunos parasitoides larvarios de *S. frigidus*, *Apanteles* sp., *Angitia trochanterata*, y *Bracon brevicornis* (Reddy *et al.*, 2018). Los adultos de estas especies pueden ser depredados por roedores, lagartos, pájaros y hormigas (Hansen, 1993). De hecho, en el Sudeste Asiático y Australia, la hormiga *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) se ha descrito como un depredador muy efectivo contra algunas de estas plagas del mango, como *Sternochetus mangiferae* (Peng y Christian 2007; Van Mele, 2008). En Africa, Abdulla *et al.* (2015) encontraron que *O. longinoda* era efectiva en el control de *S. mangifera*.

En cuanto al control con microorganismos, Shukla *et al.* (1984) informaron de un baculovirus que afectaba a las larvas de *S. mangiferae*, mientras en Sudáfrica se testaron varias cepas de *Beauveria bassiana* en adultos del taladro de la semilla del mango y, aunque en laboratorio dos cepas causaron un 30% de mortalidad a los 14 días, ninguna tuvo efecto sobre esta plaga en campo (Joubert y Labuschagne, 1995).

TALADROS DE FRUTOS (Pyralidae)

Según Waterhouse (1998) no se han identificado enemigos naturales de los taladros del fruto del mango en Java, Indonesia. No obstante, en las islas Guimaras, Filipinas, la avispa *Rychium attrisimum* depreda larvas y se sospecha que contribuye en gran medida a la desaparición de larvas en el campo. Además, los parasitoides de huevo *Trichogramma chilonis* Ishii y *Trichogramma chilotreae* atacan esta plaga en Luzon (Golez, 1991), y, en India, se han descrito varios parasitoides de larvas, como *Apanteles* sp., *Angitia trochanterata* y *Bracon brevicornis* (Reddy *et al.*, 2018). A pesar de ello, no se han encontrado referencias de control biológico de esta plaga mediante sueltas aumentativas, sólo la sugerencia de mantener tan altas como sea posible las poblaciones naturales de depredadores y parasitoides (<https://plantix.net/en/library/plant-diseases/600128/mango-fruit-borer>). Esta aplicación también recomienda, como parte de un enfoque de control biológico de esta plaga, aplicaciones semanales de extractos de neem a partir de la floración del mango y durante 2 meses.

TALADROS DE RAMAS Y TRONCO (Coleoptera)

Se han descrito muy pocos enemigos naturales de los taladros de ramas y tronco del mango (Peña *et al.*, 2009). Scheld (1962) encontró una especie de curculiónido (*Scolytopectus schaumii*) que actúa como parásito del nido del escarabajo de ambrosía *Xylosandrus crassiusculus* en el Congo, aunque no está claro si el invasor mata al escarabajo plaga y si la progenie de éste continúa su desarrollo normalmente. Es probable que la mayor vulnerabilidad de esta plaga se pueda dar durante la dispersión de los adultos o durante la construcción de las galerías. Algunos de los depredadores del escarabajo ambrosía son lagartos, otros escarabajos y las hormigas, que actuarían contra ellos cuando tratan de taladrar la planta huésped (CABI, 2020).

CICADÉLIDOS DEL MANGO (Hemiptera: Cicadellidae)

Se han descrito varios enemigos naturales de los cicadélidos del mango en distintas zonas del mundo. Mohyuddin y Mahmood (1993) informaron de los parasitoides de huevo *Gonatocentrus* sp., *Miurfens* sp. nr. *mangiferae* Viggiani y Hayat, *Centrodora* sp. nr. *scolyppopae* Valentine, *Aprostocetus* sp. y *Quadrastichus* sp., y del ectoparasitoide de adulto *Epipyrops fuliginosa* Tames en Pakistán. Fasih y Srivastava (1990) dieron cuenta de que *Aprostocetus* sp., *Gonatocerus* sp. y *Polynema* sp. parasitan huevos de esta plaga. A su vez, cinco especies de depredadores, *Chrysopa lacciperda* (Kimmins), *Mallada boninensis* (Okomote), *Bochartia* sp. y dos sin identificar (una de la familia Mantidae y otra de Lygaeidae) se alimentan de ninfas (Fasih y Srivastava, 1990). En India, Sadana y Kumari (1991) estudiaron la eficacia de control de la araña *Lyssomanes sikkimensis* sobre *I. clypealis*. Whitwell (1993) describió cuatro géneros de parasitoides en Dominica, de los que el más común era *Aprostocetus* sp., seguido por *Platygaster* sp., *Synopeas* sp. y *Zatropis* sp. Peng y Christian (2005a, b) informaron de que la hormiga *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) es un eficiente agente de biocontrol de *I. nididulus* en el norte de Australia. Los entomopatógenos *Verticillium lecanii* (Zimmerman) Viegas, *Beauveria bassiana* Balsamo (Vuillemin) y *Isaria tax* infectan *I. clypealis* en India (Kumar et al., 1993; Srivastava y Tandon, 1986), mientras la efectividad de *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae* contra *A. atkinsoni* se ha evaluado en condiciones de laboratorio (Vyas et al., 1993). No se ha intentado el control biológico clásico con esta plaga y Reddy et al. (2018) recomiendan la conservación de todos estos enemigos naturales de esta plaga, con especial hincapié en coccinélidos (*Coccinella septempunctata*, *C. transversalis* y *Menochilus sexmaculatus*) y arañas, evitando el uso de insecticidas de amplio espectro y utilizando en su lugar agentes entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* y extractos botánicos.

GUSANOS DE LAS INFLORESCENCIAS (Lepidoptera)

Según Schreiner (1987), Dipel® redujo el daño producido por estos gusanos, pero, para evitar que el daño fuera significativo, se necesitó un seguimiento muy continuo de su población y aplicaciones constantes de este producto. En Brasil, *Bacillus thuringiensis* produjo tasas de mortalidad de esta plaga similares a los insecticidas triclorfón y lambdacihalotrin (Barbosa, 2005).

El control biológico clásico de lepidópteros que atacan al mango se aplicó en Dominica con la introducción de las avispas *Aleiodes* sp. y *Euplectrus* sp., y el díptero *Blepharella lateralis* Macquart. Las poblaciones de la plaga se redujeron al 25% de los niveles previos a la suelta y las tasas de parasitismo variaron entre el 20 y el 99%, con *Euplectrus* sp como el parásito más abundante (Nafus, 1991). También se sabe que el parasitoide *Macrocentrus* prob. *delicatus* ataca a *Pococera atramentalis*; no obstante, se desconoce la tasa de parasitismo (Peña, 1993). En Brasil, *Cryptoblades gnidiella* es parasitada por *Brachymeria pseudoovata* Blanch (Hymenoptera: Chalcididae), mientras en Egipto, el endoparasitoide *Tachina larvarum* y el depredador *Orius* sp han demostrado ser buenos agentes de control biológico de esta plaga en las plantaciones de mango (Kareim et al., 2018).

CECIDÓMIDOS DE INFLORESCENCIAS, HOJAS Y BROTES (Diptera: Cecidomyiidae)

En India, las recomendaciones para un adecuado manejo de esta plaga en mango incluyen la conservación de depredadores como *Formicai* sp., *Oecophila* sp y *Camponotus* sp., y de parasitoides como *Platygaster* sp., *Systasis* sp y *Eupelmus* sp., asociados a *Dasineura* sp., *Tetrastychus* sp., asociado a *E. indica*, y *Pirene* sp., asociados a *Procystiphora mangiferae* (Felt) (Reddy *et al.*, 2018). En Pakistán, un muestreo de cecidómidos y sus enemigos naturales asociados al mango mostró que las poblaciones de *Procontarinia* sp. se reducían drásticamente con el incremento del parasitismo de *Closterocerus pulcherimus* y otro parásito sin identificar (CABI, 2009).

COCHINILLAS

Las poblaciones de la mayor parte de las especies de cochinilla pueden reducirse a niveles aceptables mediante control biológico (Peña, 2004; Pradash y Patil, 2018). De hecho, la conservación de sus enemigos naturales (tanto parasitoides como depredadores) es una recomendación general para un manejo adecuado de estas plagas en mango (Reddy *et al.*, 2018) y, debido a la actividad de sus enemigos naturales, no se usan aplicaciones de insecticidas o, en todo caso, se realizan intervenciones puntuales (Medina-Urrutia *et al.*, 2017).

Un buen ejemplo de control biológico exitoso de cochinillas en mango es *Aulacaspis tubercularis* en Sudáfrica, conseguido mediante la acción conjunta del parasitoide *Aphytis chionaspis* y el depredador *Cybocephalus binotatus*, procedente de Tailandia. Para un control efectivo, se recomienda la suelta de entre 500 y 1000 individuos de *Cybocephalus binotatus* por hectárea (Joubert *et al.*, 2000; Le Lagadec, 2004; Daneel y Joubert, 2009). También se ha conseguido un buen control de cochinillas en mango mediante el depredador *Aulerodothrips fasciapennis* y el parasitoide *Aspidiotiphagus citrinus* (Kfir y Rosen, 1980, citado por Iyer, 2004). En Ecuador, Arias *et al.* (2004a) observaron a *Coccidophilus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysopa* spp. alimentándose de *A. tubercularis*, aunque para complementar la acción de los depredadores nativos, se introdujo el depredador exótico *Cybocephalus nipponicus* (Coleoptera: Nitidulidae) (Arias *et al.*, 2004b).

En Israel, se han identificado varios parasitoides de cochinillas del mango, caso de *Coccophagus lycimnia* (Walker), *C. eritraensis* Compere, *C. scutellaris* (Dalman), *C. bivittatus* (Compere), *Microterys flavus* (Howard) y *Metaphicus flavus* Howard (Iyer, 2004). En México, las cochinillas *Chrysomphalus aonidum* y *Aonidiella aurantii* tienen distintos enemigos naturales, como las avispas *Aphytis lingnanensis*, *Aphytis holoxanthus*, *Aphytis chrysompali* (Hymenoptera: Aphelinidae) y *Encarsia* spp., que se hallan bien distribuidas en el estado de Veracruz (Cabrera-Mireles y Ortega-Zaleta, 2004). Una avispa, *Anicetus beneficus*, ha sido identificada en Australia para el control de *Ceroplastes rubens* (Cunningham, 1984).

1.4. ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA REDUCIR LA INCIDENCIA DE PLAGAS

Las técnicas de monitoreo de plagas han sido decisivas para el desarrollo y el avance de las tecnologías de control (Pedigo y Buntin, 1993). Dichas técnicas suelen proporcionar información sobre densidades de la plaga, su dispersión y su dinámica poblacional. A través de ellas, se obtiene información fiable y precisa para la toma de decisiones, que deberían basarse en el conocimiento sobre el umbral económico de la plaga. (Peña, 2004) Desgraciadamente, la información en este tema es escasa y, muchas veces, incompleta.

MOSCAS DE LA FRUTA

Normalmente, es necesario combinar distintas herramientas para conseguir un buen control sobre las moscas de la fruta. Un manejo adecuado de las plantaciones, tratamientos de cuarentena o el uso de variedades resistentes pueden ser un buen complemento a la lucha química o biológica. A continuación, se repasan algunas de estas medidas.

Control cultural

El embolsado de frutos se han descrito como una de las mejores soluciones para evitar el ataque de moscas de la fruta en distintas especies tropicales (Aluja, 1996; Peña *et al.*, 1999). En el caso del mango, el grado de éxito puede ser muy alto, pero se necesita más investigación para determinar el tipo de bolsa más adecuado para las distintas variedades comerciales y el mejor momento para proceder al embolsado de los frutos (Love *et al.*, 2003).

Por su parte, Jirón (1995) comenta que se pueden reducir las poblaciones de *A. obliqua* aumentando la distancia entre plantas, ya que se disminuye la humedad relativa y se incrementa la radiación solar dentro de las plantaciones.

Una práctica cultural muy recomendada y que se usa a menudo en muchas zonas productoras de mango es la retirada de frutos caídos. En India, esta práctica se suele complementar con el laboreo y posterior rastrillado del suelo entre árboles (seguido de la aplicación de insecticidas), lo que puede reducir la infestación de esta plaga entre un 77% y un 100% (Verghese *et al.*, 2004).

La aplicación foliar de nitrato potásico (KNO_3) para sincronizar la floración del mango podría, en determinadas circunstancias, ayudar a un mejor control de las moscas de la fruta, pero también puede agravar el problema, por lo que se necesita realizar estudios que se adapten a cada zona.

Germoplasma de mango

Se han encontrado importantes diferencias entre variedades de mango en cuanto a su sensibilidad a distintos géneros de moscas de la fruta, caso de *Bactrocera* y *Anastrepha*. Por ejemplo, Yee (1987) informó que *B. dorsalis* no ataca con la misma severidad a todos los cultivares de mango y que los que mostraban mayor sensibilidad a este problema en Hawai eran 'Hawaiian', 'Pirie' y 'Sandersha'. Singh (1991) señalaba que el mayor daño causado por *Bactrocera* se apreciaba en frutos maduros de 'Mallika', seguidos por los de 'Totapari', mientras que el nivel de daño en la variedad 'Dashehari' oscilaba entre 3.6 y 10% en frutos de madurez comercial y entre 10 y 25.9% en frutos de madurez de consumo. La sensibilidad al ataque de *A. obliqua* en distintas variedades de mango fue evaluada por Carvalho *et al.* (1996), quienes observaron que 'Espada' no mostraba infestación de *A. obliqua*, mientras 'Carlota' era más susceptible. En este estudio, la supervivencia de adultos de *A. obliqua* fue más corta cuando las

larvas se alimentan sobre material de 'Espada' que cuando lo hacían sobre material de 'Carlota'. Además, 'Espada' tenía un efecto adverso en la longevidad de las hembras de *A. obliqua*, posiblemente debido a la presencia de sustancias tóxicas (Carvalho y De Queiroz, 2002) o ausencia de nutrientes esenciales. Jirón y Soto-Manitiu (1987) también observaron que la susceptibilidad del mango a *A. obliqua* variaba entre cultivares, entre los que 'Rosinha', 'Coquinho' y 'Espada' se comportaban como resistentes al ataque de *A. obliqua*, mientras 'Smith' y 'Pope' se mostraban como muy susceptibles.

Según Joel (1980), los conductos de resina presente en el exocarpo de los frutos de mango confieren protección frente a la oviposición y el movimiento de la larva de las moscas de la fruta. Otros estudios han demostrado que la resistencia a esta plaga está muy relacionada con el grado de madurez de la fruta (Díaz-Fleischer y Aluja, 2003; Aluja y Mangan, 2008). Así, los frutos inmaduros de mango son menos sensibles a *A. suspensa* que los maduros cuando se infestan de forma artificial (Hennesey y Schnell, 2001). Se ha sugerido que las diferencias en el ataque de *A. ludens* a frutos de mango podría estar influida por distintos volátiles emitidos por frutos verdes o amarillos (García-Ramírez *et al.*, 2004).

Tratamientos de cuarentena para frutos

Se han desarrollado varios tratamientos de cuarentena poscosecha para el mango. Entre los más usados se encuentran la irradiación, el vapor de agua o el baño en agua caliente (Sharp *et al.*, 1988, 1989a, b, c; Hallman y Sharp, 1990; Nascimento *et al.*, 1992; Mangan y Sharp, 1994; Mangan y Hallman, 1998; Shellie y Mangan, 2002a, b; Bustos *et al.*, 2004; otras referencias pueden encontrarse en Mangan y Hallman, 1998, y en Follet y Neven, 2006). De hecho, en la parte continental de EEUU, los tratamientos de cuarentena aprobados para el control de moscas de la fruta de la familia Tephritidae en mango serían la irradiación, los tratamientos con vapor de agua, la inmersión en agua caliente y el aire forzado a altas temperaturas (USDA, 2019). Algunos de estos tratamientos son solo para mangos que proceden de determinados países. Por ejemplo, los protocolos de tratamientos con vapor de agua se desarrollaron para frutos de México (y de la variedad 'Manila' solamente), Filipinas y Taiwan. Además, las condiciones del tratamiento pueden variar según el origen de la fruta. Por ejemplo, las dosis mínimas de irradiación son 150 Gy en frutos de Jamaica, México y Filipinas, y 400 Gy en frutos de la República Dominicana, India, Pakistán, Tailandia y Vietnam.

Monitoreo y trampeo masivo de las moscas de la fruta

El monitoreo de moscas de la fruta es crucial para tomar decisiones sobre cuándo aplicar una determinada técnica de control. Además, es clave para conocer la dinámica poblacional, comparar niveles de infestación y evaluar la eficacia de una estrategia de control (Dias *et al.*, 2018). El monitoreo de las moscas de la fruta en mango se realiza principalmente mediante trampas para adultos, ya que los huevos y larvas son difíciles de ver en el fruto y porque el principal objetivo de cualquier programa de control es evitar daños en el fruto. Estas trampas, si se usan a altas densidades, pueden usarse también para el control de las poblaciones, lo que se llama trampeo masivo. Las redes de trampeo masivo han contribuido a reducir de forma significativa la densidad poblacional de algunas especies de mosca de la fruta (MARNDR, 2014)

y han atraído bastante interés debido a su eficacia, especificidad y bajo impacto medioambiental.

En el caso de *Anastrepha* y algunas especies de *Bactrocera*, las trampas más usadas desde el principio de los años 1970 para seguimiento y control de las poblaciones han sido las de tipo McPhail, tanto las de vidrio como los modelos de plástico, que se rellenan con un cebo compuesto por mezcla de proteínas y agua (Balock y Lopez, 1969; Jirón, 1995). Recientemente, se ha evaluado como cebo para este tipo de trampas la orina humana, pensando en agricultores con escasos recursos de países tropicales (Piñero *et al.*, 2003; Aluja y Piñero, 2004). Los resultados en mango de las trampas de tipo McPhail han sido muy dispares. Hay referencias positivas, como Balock y Lopez (1969), que observaron que el uso de altas concentraciones de trampas de este tipo reducía las poblaciones de mosca y evitaban daños importantes en fruta de mango durante determinados periodos del año. No obstante, Aluja *et al.* (1989), en México, encontraron que sólo el 31.1% de moscas del género *Anastrepha* que llegaban a una trampa de este tipo eran capturadas, lo que suponía que muchas que entraban en ella acababan saliendo. Debido a estos resultados y otros inconvenientes de las trampas de tipo McPhail, se han ido reemplazando por otros tipos, como la Multi-Lure[®]. Y se han desarrollado cebos sintéticos secos, como BioLure[®] (Suterra LLC, Inc., Bend, Oregon) (Heath *et al.*, 1995, 1997; Epsky *et al.*, 1999) y Nu-Lure[®] (Advanced Pheromone Technologies) (Robacker y Warfield, 1993; Robacker *et al.*, 1997; Robacker, 2001).

Con respecto a los atrayentes, el metil eugenol se considera el cebo más potente para machos de especies orientales de moscas de la fruta. Este compuesto se ha usado con éxito para trampeo, control y erradicación de *B. dorsalis* en Oahu (Hawai) (Steiner y Lee, 1955), Isla Rota (Steiner *et al.*, 1965) y las islas de Okinawa, Kume, Miyako y Uaekama en Japón (Iwahashi, 1984). También se ha usado para trampeo de *B. umbrosa* (F.) en Filipinas (Umeya y Hirao, 1975), y de *B. invadens* en África (Lux *et al.*, 2003). En las islas de Palau en el Pacífico, se han usado dos cebos para atraer moscas de la fruta en mango: Cue-lure para *Bactrocera fraeunfeldi* (Schiner) y metil eugenol para *B. occipitalis* y *B. philippinensis* Drew y Hancock (Secretariat of the Pacific Community, 2005). *Bactrocera dorsalis* y *B. umbrosa* fueron monitoreadas y controladas por trampeo masivo de machos con metil eugenol en Pakistán (Mohyuddin y Mahmood, 1993). No obstante, la preocupación por los posibles efectos cancerígenos del metil eugenol (Waddell *et al.*, 2004) plantean el desarrollo de otro tipo de para-feromonas para el control de *Bactrocera*. El trimedlure está aún considerado como una importante para-feromona en el control de la mosca del Mediterráneo, con la excepción de los adultos de *C. cosyra*, que son atraídos por el acetato de terpenilo y no por el trimedlure (Steck, 2003). Se han estudiado también posibles compuestos atrayentes del mango, como volátiles emitidos por frutos de la variedad 'Tommy Atkins', concretamente, terpenos (*p*-cymeno y limoneno), que son atractivos para los adultos de *C. capitata* (Hernández-Sánchez *et al.*, 2001).

El debate sigue abierto sobre el número óptimo de trampas, su distribución y el momento adecuado de su colocación en las plantaciones de mango. Las guías de trampeo para mosca de la fruta en grandes áreas recomiendan de 20 a 25 trampas por hectárea para seguimientos de detección (IAEA, 2003). No obstante, Martínez-Ferrer *et al.* (2012) encontraron que una densidad de 25 trampas por hectárea fue suficiente, siendo método único, para el control de la mosca del Mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann; Diptera: Tephritidae) en España. La densidad de trampas utilizadas en trampeo masivo a menudo representa un coste que no puede

ser asumido por pequeños agricultores de países en vías de desarrollo (Burrack *et al.*, 2008; Lasa *et al.* 2013; Malo y Zapien, 1994), y, por tanto, el uso de esta técnica depende del diseño de nuevos atrayentes y trampas que sean más económicos (Villalobos, 2017). En Haití, Mertilus *et al.* (2017) evaluaron la efectividad de 2 trampas artesanales muy baratas, como alternativa a las de tipo McPhail, para su empleo para trapeo masivo en mango. Encontraron que la media de moscas capturadas en las trampas artesanales era similar a la media de las capturadas en las trampas McPhail, y que una densidad de 25 trampas por hectárea resultaba adecuada para proteger una plantación de mango a lo largo de todo el periodo de recogida de fruta.

Control basado en las poblaciones de machos

Este enfoque incluye dos métodos principales, la Técnica del Insecto Estéril (TIE) y la Técnica de Aniquilación de Machos (TAM).

La TIE supone la producción masiva, a escala industrial, de machos esterilizados por irradiación, los cuales no pierden la capacidad de volar, copular y transferir esperma a las hembras. Hay referencias de la aplicación de esta técnica en programas de control de mosca de la fruta en mango en Chile y Brasil para *Ceratitidis capitata*, en México para *Anastrepha obliqua* y *A. ludens* (Flores *et al.*, 2014; Flores *et al.*, 2017) y en Tailandia para *Bactrocera dorsalis* y *B. correcta* (Sutantawong *et al.*, 2002). La TIE todavía tiene algunos desafíos por delante, como la determinación de las densidades de suelta de individuos estériles para conseguir unas proporciones efectivas de esterilidad que permitan la erradicación de poblaciones salvajes (Dias *et al.*, 2018).

La TAM supone la distribución de un amplio número de dispensadores impregnados con un atrayente para machos, combinado con un insecticida, para reducir la población de machos a un nivel tan bajo que haga imposible el apareamiento. Aunque la TAM puede usarse sola, a menudo se combina con otras técnicas de control, como la suelta de machos estériles o los parcheos con cebos proteicos. En esta técnica, es crítico el uso de un cebo que sea muy atractivo para machos y su mayor nivel de éxito se ha conseguido en el control de *Bactrocera dorsalis* (Manoukis *et al.*, 2019). Precisamente, hay referencias del uso de esta técnica contra *B. dorsalis* en mango. En Kenia, Ndlela *et al.* (2016) encontraron que el porcentaje de frutos infectados era entre 18 y 25 veces inferior en parcelas de mango donde se usó la TAM que en las testigo y recomendaban incluir esta técnica dentro del Programa de Control Integrado del mango, preferiblemente cubriendo amplias zonas.

TALADROS DE PULPA Y SEMILLA (Curculionidae)

Medidas sanitarias en el campo y tratamientos de cuarentena

La higiene en las plantaciones y los tratamientos de cuarentena constituyen estrategias ampliamente usadas y recomendadas en los programas de control de estos taladros en el mango, como medidas complementarias al control químico, cuando éste se usa.

Entre las medidas sanitarias en el campo destacan la retirada y destrucción de los frutos caídos y del material de semilla, lo que contribuye a reducir el nivel de infestación potencial para los

años siguientes. Esto debería aplicarse también a árboles aislados situados cerca de las plantaciones, que, a menudo, quedan fuera de los programas de actuación en material sanitaria. Aunque se insiste en la importancia de este tipo de medidas, son muy exigentes en mano de obra y con resultados poco consistentes en el control de este tipo de plagas (Peña *et al.*, 2009). Así, mientras, en India, se consigue reducir la infestación de *Sternochetus gravis* (Fabricius), en Hawái, apenas se reducen las tasas de infestación de los taladros del mango (Hansen y Armstrong, 1990).

Para mantener una zona de producción de mango libre de este tipo de taladros, es clave evitar introducir fruta de mango sospechosa de estar infestada (por ejemplo, cuando se produce re-exportación de frutos desde una zona productora), y establecer restricciones al movimiento del material vegetal desde las zonas afectadas. La importación de mangos desde países donde se ha declarado la presencia de esta plaga suele estar sujeta a tratamientos de cuarentena. A este respecto, la irradiación se apunta como el método más efectivo de matar o esterilizar este tipo de taladros (Follet, 2001). En Sudáfrica, la irradiación de frutos listos para el mercado los protege de daños y de la emergencia de los adultos de *S. mangiferae* (Kok, 1979). En Filipinas, se aplican tratamientos cuarentenarios para el control de *S. frigidus* a base de irradiación con, al menos, 165 Gy, para la exportación de mangos (Obra *et al.*, 2014). En los EEUU continentales, las dosis de irradiación mínimas para el control de taladros del mango están establecidas en 165 Gy para *Sternochetus frigidus* en frutos que provengan de Filipinas, y 300 Gy para *S. mangiferae* en frutos procedentes de Hawái, Australia y Filipinas (USDA, 2019). También se han probado tratamientos de frío y calor, pero los resultados son poco fiables y, en algún caso, fitotóxicos (Balock y Kozuma, 1964; Shukla y Tandon, 1985).

TALADROS DE FRUTO (Pyralidae)

Entre las medidas recomendadas para el control de esta plaga destacan la retirada y destrucción de frutos caídos, la eliminación de flora arvense que pueda ser huésped alternativo, el uso de trampas de luz (1 por hectárea) para el seguimiento de la actividad de los adultos y el embolsado de frutos a los 55-65 días tras la polinización (Peña *et al.*, 2009; Reddy *et al.*, 2018).

TALADROS DE TRONCOS Y RAMAS (Coleoptera)

Algunas de las recomendaciones generales para el control de este tipo de plagas son la aplicación de medidas básicas de higiene, las inspecciones visuales, la destrucción de madera seca y el corte y la destrucción de ramas afectadas. En India, colocar una envoltura de malla de nilon en las ramas entre mayo y agosto ayuda a capturar escarabajos recién emergidos (Reddy *et al.*, 2014). Además, la aplicación en las ramas de una formulado desarrollado por el Indian Institute of Horticultural Research, junto a un insecticida y un fungicida, ayudan a evitar la puesta de huevos (Shivananda *et al.*, 2012). También se recomienda retirar larvas de los agujeros perforados en los troncos mediante un alambre de hierro o un garfio y, después, matarlas (Reddy *et al.* 2018).

Se ha conseguido cierto éxito en la detección de escarabajos ambrosia con la utilización de trampas con etanol colocadas en los puertos donde se puede almacenar material infestado o

cerca de viveros con plantas susceptibles a su ataque (CABI, 2019). No obstante, es necesario evaluar otros tipos de trapeo para controlar esta plaga en mango (Peña *et al.*, 2009).

CICADÉLIDOS DEL MANGO (Hemiptera: Cicadellidae)

Reddy *et al.* (2018) recomiendan evitar plantaciones densas y mantener una arquitectura arbórea que permita una adecuada entrada de luz. También sugieren regular el número de brotaciones a través de la poda.

Se han registrado importantes diferencias en la incidencia de esta plaga entre genotipos de mango, lo que supone que hay un buen margen para seleccionar variedades resistentes (Nachiappan y Bhaskaran 1983; Devi Thangam *et al.*, 2013).

CECIDÓMIDOS DE INFLORESCENCIAS, HOJAS Y BROTES (Diptera: Cecidomyiidae)

En India, algunas de las recomendaciones para un buen control de estas plagas son la retirada de panículas y brotes afectados y un laboreo profundo del suelo para exponer a las pupas y larvas en diapausa al calor del sol y a sus enemigos naturales (Reddy *et al.*, 2018). En Pakistán, Muhammad *et al.* (2013) evaluaron la eficacia de las trampas pegajosas de colores para la captura de adultos de *Procontarinia mangicola* y encontraron que las de color naranja atrapaban más que el resto.

COCHINILLAS

La poda para abrir el árbol y la rápida destrucción de hojas y brotes con ataque severo previenen que aumente la población de cochinillas en el mango (Reddy *et al.*, 2018). Estos autores también recomiendan el uso de material de vivero libre de cochinillas. La eliminación de las hormigas que protegen a las cochinillas de sus enemigos naturales también se contempla en los programas de IPM en mango (Prakash, 2012).

2. PRINCIPALES ENFERMEDADES DEL MANGO

Las enfermedades constituyen una seria limitación a la producción de mango tanto en los trópicos como en los subtropicales (Ploetz y Freeman, 2009). Pueden afectar al vigor y a la propia supervivencia del árbol, al desarrollo de la raíz y de la parte aérea, al cuajado de frutos, al rendimiento y a la calidad pre y poscosecha. Aunque se considera que la antracnosis, la malformación y la seca son las principales enfermedades del mango a nivel mundial (Ploetz, 2017), se han descrito otras muchas en distintos países que podrían convertirse en un importante riesgo asociado al comercio internacional de esta fruta. Teniendo esto en cuenta, aquí se revisan las enfermedades con más impacto en la producción de mango, diferenciando entre las que afectan al fruto, a las hojas, a las flores y a las raíces.

2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES

2.1.1. ENFERMEDADES DE FRUTOS

PRINCIPALES ENFERMEDADES QUE AFECTAN A LOS FRUTOS

Entre las enfermedades poscosecha del mango, la antracnosis es la más prevalente en climas húmedos, donde la incidencia puede ser de casi el 100%. Otra enfermedad muy común en este tipo de climas es el podrido por pedúnculo. Por su parte, la mancha negra es prevalente en condiciones secas (Prusky *et al.*, 2009)

Antracnosis

La antracnosis es la enfermedad más importante del mango en climas húmedos (Lim y Khoo, 1985; Arauz, 2000; Ploetz, 2003, 2018; Ploetz y Freeman, 2009). Aunque las pérdidas pueden empezar en campo, las que se producen en poscosecha constituyen la parte más significativa (Ploetz, 2018). En el pasado, se consideraba que *C. gloeosporioides* (teleomorfo: *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. y H. Schrenk) era el principal patógeno asociado a esta enfermedad (Dodd *et al.*, 1997), pero, con el avance de las técnicas moleculares, *Colletotrichum gloeosporioides* se ha convertido en un complejo de 22 especies [entre ellas, *C. asianum*, *C. fructicola*, *C. gloeosporioides* (*sensu stricto*), *C. queenslandicum*, *C. theobromicola* y *C. tropicale*] (Weir *et al.*, 2012)]. De todas ellas, *C. asianum* puede ser la especie más importante en el mango (Ploetz, 2018). Hasta la fecha, *C. asianum* ha sido descrita en Australia, Brasil, Florida (EEUU), Ghana, México, Panamá, Filipinas, Sudáfrica y Tailandia (Honger *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2013; Sharma *et al.*, 2013; Tarnowski, 2009; Udayanga *et al.*, 2013; Weir *et al.*, 2012). Otras especies del complejo, como *C. acutatum* (*C. fioriniae* y *C. simmondsii*), *C. boninense* (*C. cliviae* y *C. karstii*), *C. siamense* [*C. dianesei* (*syn. C. melanocaulon*) y *C. endomangiferae*], jugarían un papel secundario.

Mancha negra bacteriana

En India, esta enfermedad se conoce como cáncer bacteriano. Puede ser la enfermedad más importante del mango en zonas donde la mayor parte de hongos patógenos estén bien controlados. Se han identificado tres grupos de bacterias, con diferencias genéticas y patológicas, como responsables de esta enfermedad (Ploetz, 2017a):

Grupo I: originaria de Africa, Europa y Asia. *Xanthomonas citri* pv. *mangiferaeindicae* *sensu novo*.

Grupo II: originaria de Brasil. *X. axonopodis* pv. *anacardii*.

Grupo III: originaria de las Antillas Francesas. *X. axonopodis* pv. *spondiae*.

La mancha negra bacteriana está ampliamente distribuida por el mundo, pero muestra especial relevancia en Asia (Japón, India, Malasia, Tailandia, Filipinas, Emiratos Árabes Unidos, etc.), Australia, islas del Índico (Comoro, Reunión, etc.), y Sur y Este de Africa (Kenia, Sudáfrica, etc.) (https://agritrop.cirad.fr/570027/2/document_570027.pdf.)

Podridos por pedúnculo

Los podridos por pedúnculo pueden ocasionar importantes pérdidas durante el almacenamiento de la fruta y están causados por una diversidad de patógenos de origen fúngico. Según Prusky *et al.* (2009), *Dothiorella dominicana* (anamorfo de *Botryosphaeria dothidea*), *Dothiorella mangiferae*, *Lasiodiplodia theobromae* (*Botryodiplodia theobromae*), *Phomopsis mangiferae* y *Pestalotiopsis mangiferae* serían los patógenos más frecuentes. Ploetz (2018) considera que *Lasiodiplodia theobromae* era el patógeno más común y extendido asociado a esta enfermedad; además, *L. pseudoheobromae*, *Neofusicoccum parvum*, *N. mangiferae*, *Botryosphaeria dothidea* y *Neoscytalidium hyalinum* tienen amplia distribución geográfica y afectan al mango de forma significativa.

Mancha negra por Alternaria

Alternaria alternata (Fr.) Kreissler (sinónimos: *Alternaria fasciculata* (Cooke y Ellis) L. Jones y Grout, *Alternaria tenuis* Nees, y *Macosporium fasciculatum* Cooke y Ellis, sin teleomorfo conocido) causa mancha negra en el fruto del mango, provoca daños en las hojas y lesiones en las inflorescencias (Prusky *et al.*, 1983; Cronje *et al.*, 1990). Aunque el hongo es cosmopolita y tiene muchos huéspedes (Neergaard, 1945; Domsch *et al.*, 1980), sus efectos en mango son más prevalentes en ambientes secos. En Israel, afecta mucho más a los frutos que a las hojas (Prusky *et al.*, 2009). Según Dodd *et al.* (1997), se ha descrito en Australia, Egipto, India, Israel y Sudáfrica.

Negrillas o fumaginas (denominadas en inglés Black mildew, Sooty Molds o Sooty Blotch)

Distintos ascomicetos producen manchas negras, generalmente superficiales, en ramas, hojas y frutos de mango a las que llamamos negrillas o fumaginas (Ploetz, 2018). Los denominados black mildews están causados por un grupo de patógenos obligados de plantas de origen tropical (Ploetz, 2018), especialmente *Meliola mangiferae* (Lim y Khoo, 1985). Por contraste, los hongos que están detrás de los sooty molds son diversos saprofitos que se desarrollan en presencia de insectos que segregan melaza (como pulgones, cochinillas, etc). Por su parte, los llamados sooty blotch se refieren a enfermedades no asociadas con melaza y causadas por distintos grupos de dothidiomicetos (Batzer *et al.*, 2005; Johnson *et al.*, 1997; Ploetz *et al.*, 2000).

ENFERMEDADES QUE AFECTAN A LOS FRUTOS DE FORMA OCASIONAL

Junto a las principales enfermedades que afectan a los frutos de mango, aquí se mencionan otras que se han descrito de forma ocasional y que raramente causan grandes pérdidas (Snowdon, 1990). Dodd *et al.* (1997) citan los podridos causados por *Erwinia* spp., *Penicillium* spp., *Macrophoma phaseolina* Goidiy *Macrophoma mangiferae* Hingorani y Sharma, *Mucor* spp., *Guignardia mangiferae* Roy., *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* Waterh. y *Rhizopus* spp.). Prusky *et al.* (2009) también incluyen la fumagina causada por *Aspergillus* spp.

2.1.2. ENFERMEDADES FOLIARES Y DE FLORES

Algal Leaf Spot (Roya roja)

Algal leaf spot, también conocida como roya roja, está causada por *Cephaleuros virescens* Kunze y, en menor medida, por *C. parasiticus* (familia Trentepohliaceae, división Chlorophyta (Lim y Khoo, 1985).

Antracnosis (descrita previamente); se consideraba antiguamente como sinónimo de Blossom Blight, pero, según Ploetz (2018), ésta última está causada por otros hongos.

Alternaria Leaf Spot (descrita previamente)

Necrosis apical

Esta enfermedad está causada por una bacteria, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. Se ha descrito en España (donde se ha trabajado bastante en técnicas de control), Israel, Portugal y, posiblemente, Egipto (Cazorla *et al.*, 1998, 2006). Son susceptibles a su ataque las yemas apicales, las hojas y las panículas, pero no los frutos (Cazorla *et al.*, 1998). La enfermedad se ve favorecida por temperaturas frescas, humedad y viento, y ataca en mayor medida durante el periodo de reposo del mango. En condiciones muy favorables, puede dañar una importante parte de la copa y acabar matando al árbol (Ploetz y Freeman, 2009, y Ploetz, 2018)

Mancha negra bacteriana (descrita previamente)

Black-banded Disease

Esta es una enfermedad poco importante que puede afectar a hojas y ramas del mango (Reddy *et al.*, 1961). El hongo que la causa, *Rhinocladium corticola* Masee (teleomorfo: *Peziotrichum corticolum* (Masee) Subramanian), fue descrito sobre corteza de árboles en Poona, India (Hughes, 1980; Prusky *et al.*, 2009).

Negrillas o fumaginas (Black Midew, Sooty Mould y Sooty Blotch) (descritas previamente)

Desequilibrios asociados a decaimiento

Diversos factores bióticos y abióticos pueden provocar síntomas de decaimiento en mango (McSorley *et al.*, 1980; Kadman y Gazit, 1984; Schaffer *et al.*, 1988; Ploetz y Prakash, 1997). Entre los bióticos, se han señalado varios hongos como agentes causales o asociados a este tipo de síntomas a nivel mundial; la mayoría la componen endofitos de la familia Botryosphaeriaceae, entre los que destacan *Lasiodiplodia theobromae* y *Neofusicoccum parvum*. En muchos casos, se citan algunos factores como coadyuvantes de la enfermedad.

La siguiente tabla, extraída de Dodd (1997), señala los principales patógenos asociados con desequilibrios asociados a decaimiento en mango.

LUGAR	PRINCIPALES REFERENCIAS	PATÓGENO	FACTORES DE PREDISPOSICIÓN
Australia	Johnson <i>et al.</i> , 1991	<i>Dothiorella dominicana</i>	Ninguno
Brasil	Batista, 1947	<i>Diplodia recifensis</i>	Heridas, insectos
Brasil	Ribiero (1980)	<i>Ceratocystis fimbriata</i>	Heridas, insectos

Egipto	Acuña y Waite (1977)	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Ninguno
El Salvador	Acuña y Waite (1977)	<i>L. theobromae</i>	Sequía, horizontes pétreos en el suelo
India	Verma y Singh (1970)	<i>L. theobromae</i>	Ninguno
India	Das Gupta y Zacchariah (1945)	<i>L. theobromae</i>	Altas temperaturas
Indonesia	Muller (1940)	<i>L. theobromae</i>	Daño por sol
Malasia	Lim y Khoo (1985)	<i>L. theobromae</i>	Arboles debilitados
Nigeria	Reckhaus y Adamou (1987)	<i>Neoscytalidium dimidiatum</i> = <i>Hendersonula turoloidea</i>	Estrés hídrico
Puerto Rico	Alvarez-García y López-García (1987)	<i>L. theobromae</i>	Daño por sol, alta RH
Sudáfrica	Darvas (1993)	<i>Dothiorella dominicana</i>	Ninguno
EEUU (Florida)	Ploetz <i>et al.</i> (1996a)	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Neofusicoccum parvum</i> , <i>L. theobromae</i> y <i>Phomopsis spp.</i>	Deficiencia nutricional, helada, daño físico
EEUU (Florida)	Ramos <i>et al.</i> (1991)	<i>Botryosphaeria ribis</i>	

Corteza con agallas o escamosa (Gall y scaly bark)

Estas patologías suelen ser problemas menores en mango, pero pueden ocasionar una pérdida general de vigor (Ploetz, 2018). Se ha descrito que *Fusarium decemcellulare* C. Brick (sinónimo: *Fusarium rigidiuscula* (Brick) Snyd. and Hans.) causa este tipo de enfermedad en Florida (EEUU), México y Venezuela (Malaguti y de Reyes, 1964; Angulo y Villapudua, 1982; Ploetz *et al.*, 1996b; Prusky *et al.*, 2009).

Daños por Pestalotiopsis

Pestalotiopsis mangiferae (Henn.) Steyaert (sinónimo: *Pestalolia mangiferae* Henn.; teleomorfo desconocido) causa, en mango, mancha foliar gris y podrido por pedúnculo en fruto (Lim y Khoo, 1985; Johnson, 1994b). Es un patógeno débil que normalmente necesita que haya heridas para infectar al mango. La mancha foliar gris es generalmente poco importante y suele verse en árboles débiles o mal cuidados. *Pestalotiopsis mangiferae* produce abundantes conidios en acérvulos, que son las estructuras a partir de las cuales se desarrollan los daños descritos en hojas y frutos (Lim y Khoo, 1985).

Otras dos especies de *Pestalotiopsis* que también afectan al mango son *Pestalotiopsis mangifolia* Guba y *Pestalotiopsis versicolor* Speg. (sinónimos: *Pestalotiopsis cliftoniae* Tracy y Earle y *Pestalotiopsis coccolobae* Ellis y Everh.) (Prusky, 2009).

Mancha foliar

Esta enfermedad ha sido descrita en India y Nigeria (Hingorani *et al.*, 1960; Cook, 1975; Okigbo, 2001; Okigbo y Osuinde, 2003), y su agente causal, el hongo *Macrophoma mangiferae* Hingorani y Sharma (Ascomycota), ha sido también detectado en envíos de México a EEUU (Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, USDA-ARS, Beltsville), aunque parece que no es un problema serio (Prusky, 2009).

Malformación

La malformación es una de las enfermedades más destructivas del mango (Ploetz, 2001). Aunque es habitual que no llegue a matar los árboles, la fase vegetativa de la enfermedad puede afectar en gran medida al desarrollo de la copa y la infección de las panículas puede reducir drásticamente la producción de fruta (Prusky *et al.*, 2009).

La malformación fue descrita por primera vez en India en 1891 (Kumar y Beniwal, 1991). Hoy en día está ampliamente distribuida a nivel mundial y continúa su expansión a las zonas productoras de mango que permanecen libres de la enfermedad (Crespo *et al.*, 2012). Hasta la fecha, ha sido descrita en Australia, Brasil, Myanmar, China, Egipto, El Salvador, India, Israel, Malasia, México, Nicaragua, Omán, Pakistán, Senegal, Sudáfrica, Sri Lanka, Sudán, España, Swazilandia, Uganda y EEUU (Flechtmann *et al.*, 1973; Crookes y Rijkenberg, 1985; Liew *et al.*, 2016; Lim y Khoo, 1985; Kumar y Beniwal, 1991; Ploetz, 2001; Ploetz y Freeman, 2009; Kvas *et al.*, 2008; Crespo *et al.*, 2012; Senghor *et al.*, 2012; Sinniah *et al.*, 2012; Zhan *et al.*, 2012)

En 1966, se demostró que *Fusarium moniliforme* era el agente causal de esta enfermedad en India (Summanwar *et al.*, 1966). Posteriormente, este patógeno, renombrado como *F. mangiferae* (Britz *et al.*, 2002), se ha citado en Australia, China, Egipto, Florida (EEUU), Israel, Malasia, Omán, Sudáfrica, España y Sri Lanka. Desde la descripción de *F. mangiferae*, se han añadido nuevas especies como agentes causales de la malformación, entre ellas *F. mexicanum* (Otero-Colina *et al.*, 2010) y *F. pseudocircinatum* en México (Freeman *et al.*, 2014a); *F. sterilihyphosum* en Brasil y Sudáfrica (Britz *et al.*, 2002); y *F. tupiense* en Brasil, Senegal y España (Freeman *et al.*, 2014b; Lima *et al.*, 2012). Además, se han asociado con ella otras especies del mismo género, algunas identificadas [caso de *F. proliferatum* en Australia, China y Malasia] y otras no (en Australia, México y España) (Marasas *et al.*, 2006; Zhan *et al.*, 2010).

Seca y decaimiento súbito (sudden decline)

Una enfermedad denominada “Seca” se reportó por primera vez en Pernambuco, Brasil (Viegas, 1960; Rossetto *et al.*, 1996) y más tarde fue también encontrada en los estados de Bahía, Goiás, Distrito Federal, Río de Janeiro y Sao Paulo (Ribeiro, 1997; Colosimo *et al.*, 2000; Silveira *et al.*, 2006). Los estados vecinos a éstos se veían amenazados por el movimiento del patógeno a través del material de propagación, los equipos de poda y un escarabajo que actuaba como vector de la enfermedad (Ploetz, 2018). En 1998, a patología muy similar, decaimiento súbito o “sudden decline”, fue descrita en Omán, Pakistán y los Emiratos Árabes Unidos (UAE) (Al Adawi *et al.*, 2006). Debido a sus similitudes, se consideran la misma enfermedad en varias revisiones de enfermedades del mango (Ploetz, 2017). Se considera una enfermedad de origen fúngico con gran capacidad de daño y posibles efectos letales. *Ceratocystis fimbriata* Ellis y Halst. *sensu lato* (*s.l.*) (anamorfo: *Thielaviopsis* sp.) fue asociada a esta enfermedad en Brasil en la década de 1930 (Viegas, 1960; Ribeiro, 1980; Silveira *et al.*, 2006), y es reconocida como causa primaria de la seca. *Diplodia recifiensis* Batista (= *Lasiodiplodia theobromae*?) fue también

reportada como causa de la enfermedad en Recife, Brasil (Batista, 1947), pero, probablemente, juega un papel secundario en el desarrollo de esta patología (Prusky, 2009).

Dos especies han sido asociadas al decaimiento súbito en la Región del Golfo de Omán, *Ceratocystis omanensis*, que es un patógeno menor (Al Subhi *et al.* 2006), y *C. manginecans*, la principal causa de esta patología en Pakistán y Omán (Ploetz, 2018).

Oidio

El oidio está causado por el hongo *Oidium mangiferae* Berthet (Prakash y Srivistava, 1987; Ploetz y Freeman, 2009). Fue descrito por primera vez en Brasil (Berthet, 1914), y hoy en día está presente en la mayoría de las zonas productoras de mango en el mundo (Palti *et al.*, 1974; Ploetz, 2018). Ataca a hojas, panículas y pequeños frutos.

Tizón por phoma (Phoma blight)

Esta patología causada por *Phoma glomerata* (Corda) Wollenw. y Hochapf (Prakash y Singh, 1977; Prusky *et al.*, 2009) está ampliamente distribuida en India (Prakash y Singh, 1977). Sólo afecta a hojas viejas y comienza por pequeñas lesiones de color entre amarillo y marrón (Prakash y Singh, 1977), que, a medida que se extienden, se van oscureciendo y van tomando aspecto irregular. En casos severos, se producen zonas necróticas de hasta 13 cm de diámetro que pueden terminar causando defoliación.

Mancha foliar por phoma (Phoma leafspot)

Otra especie de *Phoma*, *Phoma sorghina* (Sacc.) Boerema. Doren. y Vankest, es el agente causal de la mancha foliar por phoma, una enfermedad también presente en India (Prakash y Singh, 1976). Afecta a hojas jóvenes, en las que causa manchas aguadas, con forma entre irregular y circular, que alcanzan hasta de 2,5 mm de diámetro. Las lesiones son marrones con márgenes de color entre amarillo y marrón. Cuando las lesiones se producen en el nervio principal de la hoja son alargadas y pueden extenderse hasta alcanzar los 14 mm de diámetro. Los síntomas pueden confundirse con los de la antracnosis (Prusky *et al.*, 2009).

La enfermedad rosa (Pink disease)

Un basidiomiceto, *Erythricium salmonicolor* (Berk. y Broome) Burdsall (sinónimos: *Corticium salmonicolor* Berk. y Broome, y *Phanerochaete salmonicolor* (Berk. y Broome) Jülich; anamorfo: *Necator decretus* Masee) causa esta patología, que afecta a muchas especies leñosas de importancia económica en el trópico húmedo, donde se considera una de las más destructivas para el mango (Holliday, 1980). A esta enfermedad también se la conoce como cobweb, rubellosis y thread blight (Prakash y Srivistava, 1987). Se ha estudiado sobre todo en el árbol del caucho, *Hevea brasiliensis*, un importante huésped en el Sudeste Asiático (Rao, 1975). En mango, esta patología puede reducir significativamente el vigor del árbol y la cosecha, sobre todo en árboles jóvenes (Lim y Khoo, 1985; Prusky *et al.*, 2009).

Roña (Scab)

Elsinoë mangiferae Bitancourt y Jenkins (anamorfo: *Sphaceloma mangiferae* Bitancourt y Jenkins) causa la roña del mango (Bitancourt y Jenkins, 1943; Cook, 1975). Esta enfermedad fue descrita por primera vez en Cuba y Florida (EEUU) durante la década de 1940 y ahora está muy extendida por el hemisferio occidental. La roña es especialmente importante en viveros, ya que los tejidos jóvenes son los más susceptibles y porque la alta humedad ambiental favorece la infección (Ruehle y Ledin, 1955; Prusky *et al.*, 2009).

2.1.3. ENFERMEDADES DE SUELO

En el mango, las enfermedades de suelo son relativamente menos importantes que las patologías foliares o de flor, pero pueden causar daños muy serios a plántones, stocks de vivero y árboles adultos.

Enfermedades asociadas a *Phytophthora*

Phytophthora palmivora (E.E. Butler) (Oomycota) causa enfermedades al mango en distintas zonas del mundo. Entre los síntomas que se han descrito destacan: marchitez, podredumbre del cuello, podredumbre radicular y muerte de plantas en vivero en Arizona, Filipinas y Tailandia (Kueprakone *et al.*, 1986; Matheron y Matejka, 1988; Tsao *et al.*, 1994); daños en troncos de árboles adultos cultivados en campo en Costa de Marfil (Lourd y Keuli, 1975); daños a frutos en Australia, Malasia y África Occidental (Turner, 1960; Cooke, 2007). Recientemente, se ha aislado otra especie de *Phytophthora* en España recogida de árboles de mango que presentaban marchitez, clorosis, una copa muy pobre y madera cuarteada (Zea-Bonilla *et al.*, 2007; Prusky *et al.*, 2009).

Podredumbre radicular y Damping off

El oomiceto *Pythium vexans* de Bary puede dar lugar a podredumbres radiculares y marchitez en plantas de vivero (Lim y Khoo, 1985). Los síntomas que provoca incluyen marchitez foliar, acompañada de un cambio de color en las hojas, que comienzan por ponerse verde pálido y luego presentan manchas necróticas, y necrosis en la raíz, que comienza en las raíces finas y luego avanza hacia las más gruesas y el cuello de la planta. Prakash y Singh (1980) comunicaron que el basidiomiceto *Rhizoctonia solani* Kuhn [teleomorfo: *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk] causaba podredumbre radicular y damping off en plantas de vivero en India (Prusky *et al.*, 2009).

Podredumbre por *Sclerotinia*

El agente causal de esta patología es *Sclerotium rolfsii* Sacc. (teleomorfo: *Athelia rolfsii* (Curzi) Tu y Kimbrough; sinónimos: *Corticium rolfsii* Curzi y *Pellicularia rolftii* E. West) (Prusky *et al.*, 2009). Esta enfermedad ha sido reportada en Brasil (Almeida *et al.*, 1979), India (Prakash y Singh, 1976) y Filipinas (Palo, 1933).

Marchitez por *Verticillium*

Esta patología fue originalmente atribuida a *Verticillium albo-atrum* Reinke y Berth., pero luego resultó que el agente causal es *Verticillium dahliae* Kleb. (Prusky *et al.*, 2009). La primera cita de esta enfermedad en mango fue en Florida (Marlatt *et al.*, 1970).

Podredumbre blanca

Esta patología está causada por *Rigidoporus lignosus* (Klotzsch) Imazeki, un basidiomiceto común en suelos de los trópicos húmedos de África y Asia (Holliday, 1980). Más recientemente, *Rosellinia necatrix* fue citada como agente causal de la podredumbre blanca radicular del mango en España (Arjona-Girona y Lopez-Herrera, 2018).

2.2. CONTROL QUÍMICO DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES

ENFERMEDADES DE FRUTO

ANTRACNOSIS

Aunque la resistencia a la antracnosis es variable entre los cultivares de mango, incluso los más tolerantes deben protegerse en ambientes húmedos (Lim y Khoo, 1985; Jefferies *et al.*, 1990). En situaciones donde se dan condiciones favorables a la enfermedad a lo largo del todo el desarrollo del fruto, se han venido usando hasta 25 aplicaciones de fungicidas preventivos y sistémicos (Dodd *et al.*, 1997). No obstante, el empleo de fungicidas está muy restringido por el número limitado de productos eficaces disponibles y por las regulaciones a los plaguicidas en los países productores y consumidores de mango (Ploetz, 2018). En general, los fungicidas a base de cobre son los más populares, pero su eficacia es a menudo baja (Arauz, 2000), y, generalmente, se aplican junto a otros fungicidas. Por ejemplo, en Sudáfrica las aplicaciones mensuales de oxiclورو de cobre combinado con mancozeb se han mostrado eficaces para la mayor parte de las enfermedades poscosecha del mango (Lonsdale y Kotze, 1993), aunque la autorización de ditiocarbamatos, como el mancozeb, varía entre zonas de producción. En Brasil, las aplicaciones preventivas con fungicidas a base de cobre o triazoles son las más habituales para el control de antracnosis entre los productores de mango (Pinto *et al.*, 2004). Otro fungicida de contacto, clortalonil, es efectivo, pero fitotóxico para frutos mayores que una pelota de golf y, en consecuencia, no debería emplearse muy tarde tras el cuajado (Ploetz, 2018).

Respecto a los fungicidas sistémicos, solo hay unos pocos disponibles. Los benzimidazoles, sobre todo benomilo y carbendazima, proporcionan un excelente control de la antracnosis antes de que se desarrollen resistencias (Akem, 2006). Dos imidazoles, procloraz e imazalil, se emplean en algunos países para control de antracnosis en pre y poscosecha, respectivamente, aunque no son efectivos para podrido por pedúnculo (Ploetz, 2018). Las estrobilurinas son efectivas para el control de antracnosis y otras patologías poscosecha, pero, para evitar la aparición de resistencias, no se deben hacer más de 3 aplicaciones por año, preferentemente alternando o combinando con fungicidas que tengan un modo de acción diferente (Brent y Hollomon, 2007). Algunos de los programas de aplicaciones de fungicidas para control de antracnosis en mango se muestran en la tabla siguiente. Los de Australia, Malasia y Filipinas están incluidos en Uddin *et al.* (2018), mientras que el propuesto para Honduras se describe en Huete y Arias (2007).

País	Pesticidas	Número de aplicaciones	Momento de las aplicaciones
Australia	Mancozeb + cobre	13	Desde la emergencia de las panículas
Malasia	Mancozeb + insecticida	Cada 10 días	Desde la aparición de las yemas de flor
Australia	Procloraz + cobre (aplicado estratégicamente)	Variable, pero se reduce sensiblemente en años secos	Desde la emergencia de las panículas
Filipinas	Mancozeb/clortalonil + cobre + insecticida	6	5 aplicaciones desde inducción floral a cuajado de frutos
Honduras	Trifloxistrobina + Propiconazol Metil-tiofanato Carbendazima Benomilo Mancozeb Clortalonil Oxicloruro de cobre	7 Alternando fungicidas sistémicos y de contacto	A partir del comienzo de la floración

Se han desarrollado modelos de predicción de antracnosis para programar, y reducir las aplicaciones de fungicidas (Fitzell *et al.*, 1984; Dodd *et al.*, 1991). Akem (2006) encontró diferencias entre las predicciones de los distintos modelos y sugirió mucha cautela a la hora de utilizar un modelo en una zona distinta en la que se desarrolló. Las predicciones suelen ser más sencillas en situaciones de épocas secas, cuando las infecciones tienen lugar solamente tras una lluvia significativa (Arauz, 2000). Los programas basados en un calendario de aplicaciones son necesarios cuando se producen lluvias de forma regular (Ploetz, 2018).

Las aplicaciones de fungicidas normalmente se centran en reducir los daños al fruto, pero pueden ser indicadas también para controlar la infección de hojas y de las inflorescencias (Ploetz, 2018). Ya que las hojas y brotes terminales infectados pueden ser importantes reservorios del inóculo, el control de la antracnosis y el cuajado de frutos se pueden ver favorecidos por aplicaciones previas a la floración (Jefferies *et al.*, 1990). En este sentido, la aplicación de medidas de control en épocas sin cosecha puede ser muy beneficiosa en ambientes que reciben lluvias abundantes (Ploetz, 2018). Aunque las aplicaciones previas a la recolección del fruto y las técnicas dirigidas a la higiene de las parcelas pueden eliminar los patógenos presentes en la superficie del fruto, muchos de ellos son capaces de penetrar en él, y, por tanto, se necesitan tratamientos para el control poscosecha.

Se han evaluado varios fungicidas para tratamientos de baño del fruto. Uno de los considerados efectivos contra infecciones quiescentes de antracnosis en mango era el benomilo en baño de agua caliente (Peak, 1986), pero su empleo en poscosecha se ha prohibido (Alkan *et al.*, 2018). El empleo de procloraz en baños calientes y fríos ofrece buen control contra *C. gloeosporioides*

y *A. alternata* durante el almacenamiento a baja temperatura y maduración a 20°C en los cultivares Tommy Atkins, Keitt, Lilly y Haden (Prusky *et al.*, 1999), pero no proporciona un buen control de podrido por pedúnculo (SER). El procloraz es un fungicida muy reconocido y muy empleado comercialmente para el control de patologías poscosecha en mango. En Australia, se aplica procloraz a 250 ppm, mientras que en Israel se aplica a 300 ppm mediante ducha (Alkan *et al.*, 2018). Otros fungicidas que se han empleado con éxito en algunas variedades de mango son el metil-tiofanato y el imazalil en agua caliente (Secretariat Commonwealth, 1987; Dodd *et al.*, 1991b) La principal desventaja de los imidazoles (como procloraz e imazalil) es que son menos efectivos en el control de los podridos por pedúnculo que los benzimidazoles (como benomilo y tiabendazol) (Estrada *et al.*, 1996).

Con la aparición de aislados del patógeno con resistencia a fungicidas, ninguna materia activa por separado puede proporcionar una protección completa contra antracnosis, podrido por alternaria y podridos por pedúnculo, y, en consecuencia, para poder con este tipo de patologías se debe aplicar una combinación de tratamientos (Alkan *et al.*, 2018). Una que se emplea en Australia, y consigue control contra las tres enfermedades mencionadas, es tratamiento de agua caliente con benomilo seguida de una ducha con procloraz (Johnson *et al.*, 1990). Otra combinación empleada en Israel incluye desinfección con cloro, cepillado con agua caliente (15–20 s) y ducha con ácido clorhídrico (HCl) a 50 mM, solo o en combinación con procloraz. Esta combinación mejoraría el control sobre antracnosis y podrido por alternaria (Prusky *et al.*, 2006). Los ensayos con radiación gamma para el control de la antracnosis en mango han concluido que se necesita el baño con un fungicida en agua caliente para mejorar el efecto de la radiación [Chadha, 1989]. La experiencia demuestra que se deben seleccionar tratamientos poscosecha adecuados para cada variedad y, posiblemente, adaptados a cada ambiente (Uddin *et al.*, 2018).

PODRIDO POR ALTERNARIA

Se ha constatado que los tratamientos previos a la cosecha con ditiocarbamatos son importantes para inhibir el desarrollo de la infección latente. Así, se ha propuesto un programa con 3 aplicaciones de maneb, comenzando 2 semanas tras el inicio del cuajado (Prusky *et al.*, 1983). No obstante, ya que las infecciones quiescentes normalmente no se desarrollan hasta después de la cosecha, se recomienda la aplicación de una ducha con procloraz en la línea de empaquetado como un método sencillo y complementario a las aplicaciones previas a la cosecha (Prusky *et al.*, 2009).

El control de esta patología mejora significativamente cuando se combinan métodos físicos y químicos. Los métodos físicos incluyen una ducha con agua caliente (50-55° C) y cepillado durante 15–20 segundos (Prusky *et al.*, 1999). Este sistema mejora la calidad del fruto y, al mismo tiempo, reduce la incidencia de enfermedades. Si a este tratamiento físico le sigue una ducha con procloraz, mejora el control de esta patología. Prusky *et al.* (1999) concluyeron que el tipo y la intensidad del tratamiento poscosecha debían acoplarse al grado de infección quiescente de *A. alternata* en el momento de la cosecha. Así, aunque el procloraz es muy eficaz para el control de las enfermedades poscosecha, se puede aplicar un tratamiento más suave, por ejemplo, con cloro, a frutos con baja infección quiescente (Prusky *et al.*, 2002). Los tratamientos físico-químicos en poscosecha se han ido mejorando con el descubrimiento de que *A. alternata* puede modular el pH del huésped para favorecer su colonización (Eshel *et al.*, 2002; Prusky y Yakoby, 2003; Prusky y Lichter, 2007). El empleo de una combinación de cepillado con agua caliente durante 15–20 s, seguido por una ducha con ácido clorhídrico (HCl) a 50 mM, controla de forma muy eficaz el podrido por alternaria en frutos de mango almacenados. Un tratamiento de cepillado similar, con ducha de procloraz, a bajas concentraciones, en HCl a 50 mM, mejora el control frente al tratamiento únicamente con HCl (Prusky *et al.*, 2006). Esta tecnología proporciona una forma simple de control de este tipo de patógenos, cuya estrategia es alcalinizar el ambiente en torno al huésped (Prusky *et al.*, 2009).

PODRIDOS POR PEDÚNCULO

El control poscosecha de *Botryosphaeria* spp. se ha conseguido con inmersión, ducha o aplicaciones a ultra-bajo volumen de benomilo, cuando es posible. El tratamiento con procloraz o hipoclorito de sodio también se ha mostrado eficaz para reducir esta patología en mango (Plan *et al.*, 2002; Korsten, 2006). La combinación de agua caliente (55° C) y aplicación de cera proporciona un control bastante eficaz de la mayoría de patógenos poscosecha (Sangchote, 1998), pero, como en algunos casos la infiltración por vacío mejora el control de estas enfermedades, parece que el fungicida podría tener problemas para alcanzar al patógeno (Plan *et al.*, 2002).

MANCHA NEGRA BACTERIANA (BACTERIAL CANKER)

El control de esta enfermedad en cultivares susceptibles puede ser complicada porque los fungicidas disponibles no son especialmente eficaces (Pruvost *et al.*, 1989). En todo caso, se recomiendan las aplicaciones de bactericidas a base de cobre en los episodios de lluvia. Su aplicación debe centrarse en proteger los frutos y debería adaptarse al tiempo de exposición de los frutos al ambiente húmedo (Manicom y Pruvost, 1994). Los antibióticos de uso agrícola, como el sulfato o el nitrato de estreptomina, también han mostrado eficacia en el control de esta patología (Misra y Prakash, 1992; Viljoen y Kotze, 1972), pero, a la larga, la aparición de resistencias limita su empleo.

ENFERMEDADES FOLIARES Y DE FLOR

SECA Y DECAIMIENTO SÚBITO (SUDDEN DECLINE)

Según Ploetz (2018), el manejo de esta enfermedad mediante fungicidas es todavía un reto en cultivares susceptibles, seguramente por la localización del patógeno en la planta. En zonas donde se cultivan variedades resistentes, se recomienda la eliminación y quema de material infectado, junto al tratamiento de los tocones de las ramas con fungicidas a base de cobre, (Ribeiro *et al.*, 1995; Ribeiro, 1997). Alternativamente, la inyección de fungicidas puede resultar eficaz, tal y como se ha visto en el caso de la grafiosis (Ploetz, 2018).

MALFORMACIÓN

La localización interna de este patógeno en árboles afectados hace difícil el control de esta enfermedad con fungicidas (Ploetz, 2018). Esto explicaría que, aunque se ha evaluado una amplia colección de fungicidas, hormonas y reguladores de crecimiento, sólo unos pocos han mostrado cierto potencial contra la malformación. En India, se han recomendado las aplicaciones de carbendazima cada 15 días (Misra *et al.*, 2000). En Pakistán, Iqbal *et al.* (2011) encontraron que, rebajando ramas afectadas a 45 cm de distancia y aplicando a continuación benomilo, se conseguían reducciones de un 70% respecto a los daños en años previos. Freeman *et al.* (2014b) encontraron reducciones significativas de malformación mediante la combinación de aplicaciones de procloraz y medidas sanitarias, pero el procloraz no está registrado para mango en algunos países productores y consumidores, como EEUU. Darvas (1987) redujo el porcentaje de inflorescencias con malformación de 96% a 48% mediante la inyección de fosetil-Al en árboles de 'Keitt', aunque no se observó un aumento del rendimiento. Recientemente, se ha demostrado en Sudáfrica la eficacia contra la malformación del mango del uso intensivo de aplicaciones de fosfitos (la materia activa del fosetil-Al). No obstante, la eficacia de estas aplicaciones debe confirmarse en otras zonas y su adopción necesitaría que se abordara el

problema de los límites de tolerancia de los residuos de fosfitos en algunos países importadores (Ploetz, 2018). En Egipto, la aplicación foliar de nano-chitosano en árboles de mango, además de mejorar el crecimiento vegetativo, el rendimiento y la calidad de la fruta, redujo la incidencia de malformación (Zagzog *et al.*, 2017).

OIDIO

Se ha empleado un amplio número de fungicidas para el control de esta enfermedad en distintos países productores de mango. De hecho, se suelen necesitar varias aplicaciones quincenales de materias activas adecuadas para conseguir un control eficaz de esta patología. Inicialmente, se emplearon fungicidas inorgánicos a base de cobre o azufre y, después, se ha incorporado un amplio abanico de fungicidas orgánicos y sistémicos, que actuarían como preventivos, curativos o de ambas maneras (Nasir *et al.* 2014). Estos mismos autores repasan los principales grupos de fungicidas empleado en el control del oidio del mango: productos a base de cobre, productos a base de azufre, clortalonil, compuestos de nitrógeno, y fungicidas sistémicos como benzimidazoles, imidazol, morfolinás, organofosforados, oxatinas, piperazina, piridiminas, estrobilurinas y triazoles.

Los compuestos a base de azufre, tanto en polvo como en formulados mojables, se emplean ampliamente y proporcionan un control preventivo razonable contra el oidio del mango (Palti *et al.*, 1974; Gupta y Yadav, 1984; Prakash y Misra, 1986; Kawate, 1993; Prakash y Raoof, 1994; Desai, 1998; Chavan *et al.*, 2009), aunque pueden provocar quemaduras en flores y frutos pequeños en condiciones soleadas y cálidas (Johnson, 1994a). Algunos fungicidas, como dinocap, fenbuconazol y hexaconazol, pueden reducir la germinación del polen (Dag *et al.*, 2001), y, por tanto, su uso debería limitarse durante la floración. Los fungicidas sistémicos son, en general, bastante eficaces en el control del oidio. Un nuevo y muy seguro enfoque en las estrategias de control del oidio en distintas especies hortícolas y frutales es la aplicación de soluciones a base de fosfatos (Nasir *et al.*, 2014). En mango, las aplicaciones foliares de K₂HPO₄ y KH₂PO₄, especialmente en alternancia con fungicidas sistémicos, han resultado muy eficaces (Nofal y Haggag, 2006; Reuveni *et al.*, 1998).

2.3. CONTROL BIOLÓGICO DE LAS PRINCIPALES ENFERMEDADES

ENFERMEDADES DE FRUTO

ANTRACNOSIS Y PODRIDO POR PEDÚNCULO (STEM-END-ROT)

Bacillus licheniformis, por sí solo o alternado con oxiclóruo de cobre, permitido en agricultura orgánica, se ha evaluado en aplicaciones foliares como tratamiento previo a la cosecha para control de enfermedades de fruto en mango (Prusky *et al.*, 2009). Las aplicaciones de *B. licheniformis* cada 3 semanas desde floración a cosecha consiguieron un control moderado de antracnosis y SER causado por *Botryosphaeria*, lo que sugiere un potencial para su empleo comercial en aplicaciones previas a la cosecha (Silimela y Korsten, 2007).

La búsqueda de agentes de control biológico en poscosecha ha sido el objeto de un importante esfuerzo de investigación (Droby *et al.* 2016). Fruto de este trabajo, se consiguió aislar un importante número de microorganismos con actividad, tanto *in vitro* como *in vivo*, contra *C. gloeosporioides* (Jeffries y Koomen, 1992), aunque había pocos ejemplos de empleo comercial en campo hasta que Korsten (2004) aisló *Bacillus licheniformis*, a partir de hojas y frutos, y demostró su eficacia en el control de la antracnosis del mango. Este producto se puede emplear solo o en combinación con tratamientos de agua caliente (45° C) durante 5 minutos y con bajas dosis de procloraz o hipoclorito sódico, aunque se considera ecológico en los casos en los que

se emplea solo (Govender *et al.*, 2005). También se ha sugerido que las levaduras *Rhodotorula minuta* (Patino-Vera *et al.*, 2005) y *Debaryomyces nepalensis* (Luo *et al.*, 2015) serían potenciales agentes de biocontrol de la antracnosis, pero no está muy extendido su empleo a nivel comercial (Droby *et al.*, 2016). Otros enfoques para el control biológico de antracnosis serían el empleo de una cepa no patogénica de *Colletotrichum magna* que coloniza el fruto endofíticamente y evita la infección de *C. gloeosporioides* (Prusky *et al.*, 1993) y la expresión de un péptido antifúngico en la levadura *Saccharomyces*, que controla enfermedades poscosecha causadas por *C. coccodes* (Jones y Prusky, 2001). Recientemente, Luo *et al.* (2015) han encontrado que la levadura *Debaryomyces nepalensis* disminuye la incidencia de antracnosis, a la vez que mantiene la calidad durante el almacenamiento de los frutos de mango. En Tailandia, Rungjindamai (2016) encontró que dos aislados de una bacteria epifita, identificados como *Bacillus* sp. MB61 y *Bacillus* sp. LB72, reducían el tamaño de las lesiones causadas por *C. gloeosporioides*.

MANCHA NEGRA BACTERIANA (BACTERIAL CANKER)

Las estrategias de control biológico contra la mancha negra bacteriana no han sido muy estudiadas (Prusky *et al.*, 2009). En India, Kishun (1994) señalaba que una cepa de *Bacillus coagulans* procedente del filoplano del mango era eficaz contra cepas del patógeno, pero no hay referencias del control biológico de esta enfermedad en el campo.

MALFORMACIÓN

Hay informaciones de algunos intentos de control de la malformación del mango mediante biopesticidas en India. Una de ellas se refiere a la evaluación frente a *F. moniliforme* var. *subglutinans* de tres especies de *Trichoderma* i.e., *Trichoderma viride*, *T. virens* y *T. harzianum* (Kumar *et al.*, 2012). Los tres bioagentes mostraron distinta eficacia contra este hongo, pero, en general, fueron capaces de disminuir el crecimiento de todos los aislados de *Fusarium*. Por su parte, Kumar *et al.* (2009) evaluaron la actividad contra *F. moniliforme* var. *subglutinans* de extractos de hoja de distintas plantas. Aunque todos ellos limitaron el crecimiento radial del hongo, los extractos de *Azadirachta indica*, *Achyrenthes roseus* y *Calotropis gigantea* fueron los más efectivos. En esta misma línea, Usha *et al.* (2009) encontraron actividad antifúngica de *Datura stramonium*, *Calotropis gigantea* y *Azadirachta indica* contra patógenos de la malformación floral del mango.

En Sudáfrica, se evaluaron las propiedades antifúngicas contra *Fusarium* de varios aislados bacterianos procedentes de plantaciones de mango y otros ambientes y cinco de ellos (identificados como *Alcagenes faecalis*) fueron capaces de reducir de forma significativa el crecimiento del patógeno (Veldman *et al.*, 2017). Estos autores sugieren que el modo de acción de estas bacterias implicaría una combinación de competición por el espacio y producción de metabolitos secundarios, como volátiles, compuestos fenólicos y sideróforos.

OIDIO

Sztejnberg *et al.* (1989) informaron de que un aislado de *Ampelomyces quisqualis* parasitaba el oidio del mango y reducía la incidencia de la enfermedad en ensayos de campo. También encontraron que *A. quisqualis* era tolerante a muchos fungicidas que se emplean en el control de esta enfermedad. Nofal y Haggag (2006) reportaron que la aplicación de agentes de biocontrol como *Verticillium lecanii*, *Bacillus subtilis* y *Tilletiopsis minor* sobre discos de hoja posteriormente inoculados con *O. mangiferae* reducía marcadamente la germinación de conidios y la infección foliar. En ensayos de campo, la aplicación de estos agentes cada 15 días controló de forma eficaz *O. mangiferae* en panículas florales y frutos pequeños de árboles de

'Alphonso' y 'Seddek' con infección natural de oidio. La mezcla de estos bioagentes con caolín y fosfato monopotásico incrementaba su eficacia. En Egipto, Azmy (2014) encontró que la aplicación foliar del biofungicida AQ10 (*Ampelomyces quisqualis*) al 0.005% en árboles de mango mostraba una buena reducción de la incidencia de oidio y un incremento en la producción. Kaur *et al.* (2018) evaluaron seis agentes de biocontrol contra oidio en mango aplicados en forma de 3 pulverizaciones quincenales desde la emergencia de las panículas florales y encontraron que dos antagonistas, denominados *Bacillus subtilis* y *Ampelomyces quisqualis*, exhibían un alto grado de control de la enfermedad cuando se ensayaron en dos localidades distintas. Los posibles mecanismos implicados en este control incluirían el micoparasitismo, la antibiosis, la competencia y la resistencia inducida.

2.4. ESTRATEGIAS DE MANEJO PARA REDUCIR LA INCIDENCIA DE ENFERMEDADES

ENFERMEDADES DE FRUTO

ANTRACNOSIS, PODRIDO POR PEDÚNCULO Y PODRIDO POR ALTERNARIA

Medidas de control previas a la cosecha

Las enfermedades poscosecha pueden prevenirse o atenuarse mediante distintas actuaciones durante el cultivo, como el empleo de variedades con mayor tolerancia, la sanidad y las medidas de higiene en la plantación, en ocasiones, la manipulación de la floración, y una combinación adecuada de control físico, químico y biológico (Johnson *et al.*, 1989; Ploetz, 2004; Akem, 2006).

Ya que el desarrollo de la antracnosis del mango depende mucho de que haya una alta humedad, idealmente las plantaciones de mango deberían establecerse en lugares con una marcada estación seca que permitiera el desarrollo de la fruta en condiciones poco favorables para esta enfermedad (Prusky *et al.*, 2009). En los trópicos, la floración del mango generalmente tiene lugar en estaciones secas y la incidencia de la antracnosis puede ser casi cero, sin medidas especiales de control, cuando el desarrollo del fruto se produce también durante periodos secos (Arauz, 2000). Sin embargo, la incidencia de la antracnosis suele ser superior al 90% en frutos que se desarrollan en la estación de lluvias (Arauz, 1999). En este escenario, alterar la época de floración para que tenga lugar en un periodo menos sensible puede ser una opción razonable. A este respecto, la aplicación foliar de nitrato potásico puede adelantar una semana la floración (Núñez-Elisea, 1985). Con este objetivo también se podría emplear el regulador de crecimiento paclobutrazol, solo o con aplicaciones posteriores de nitrato potásico (Núñez-Elisea *et al.*, 1993), pero no está permitido en algunos países.

La desinfección de los árboles en el campo es complicada por el tiempo que habría que dedicar a la eliminación de panículas secas y frutos momificados. El embolsado de frutos también podría reducir la incidencia de antracnosis, pero también afecta a la coloración del fruto en algunas variedades, disminuyendo su atractivo comercial (Hofman *et al.*, 1997).

Aunque todas las variedades comerciales de mango se ven afectadas por la antracnosis, algunas son menos susceptibles que otras. Así, 'Tommy Atkins' y 'Keitt' parecen ser más tolerantes que 'Irwin', 'Kent', 'Haden' y 'Edward' (Campbell, 1992). Por consiguiente, la selección de cultivares puede ser clave en zonas con alta incidencia de esta enfermedad.

En cuanto al podrido por pedúnculo, Johnson *et al.* (1992) demostraron que la infección de los frutos de mango antes de la cosecha tenía lugar a través de una colonización endofítica de los tejidos del pedúnculo por *Botryosphaeria* spp. presentes en brotes de crecimientos anteriores. Por ello, se ha evaluado la posibilidad de realizar podas con las que reducir las fuentes de inóculo

y favorecer nuevos crecimientos de los que emerjan las panículas para la nueva cosecha. A este respecto, Cooke *et al.* (1998) indicaron que los niveles de organismos endofíticos como *Botryosphaeria* spp. se veían reducidos de forma significativa en plantaciones de mango cuando se implementaban programas adecuados de poda. Por su parte, Korsten (2006) encontró que evitar el estrés hídrico durante el desarrollo y la maduración de la fruta y no colocar los frutos en el suelo suprimían en gran medida el desarrollo de esta enfermedad. También sugirió que la fruta debería enfriarse a 13°C inmediatamente después de la cosecha y almacenarse en un lugar bien ventilado.

Medidas físicas

La demanda creciente de fruta sin residuos químicos ha estimulado el desarrollo de técnicas de control alternativas, como la irradiación, el tratamiento con calor y el almacenamiento a baja temperatura. De hecho, el almacenamiento del mango a 10–12°C es una de las mejores maneras de retrasar la maduración del fruto y atenuar el deterioro poscosecha (Sivankalyani *et al.*, 2016). Los tratamientos con radiación infrarroja de onda corta disminuyen el daño por antracnosis en mango (Saaiman, 1996), lo que es interesante para los mercados de fruta orgánica.

En cuanto a los tratamientos con calor, se sabe que, en general, reducen la incidencia de las patologías poscosecha y pueden aportar otros beneficios, como la eliminación de plagas, la conservación del color y el sabor de la fruta y la mejora de la vida en anaquel (Lurie, 1998; Schirra, 2000; Fallik, 2004). Estos tratamientos pueden aplicarse mediante baños, vapor de agua o aire caliente y seco (Schirra *et al.*, 2000). El cepillado con agua caliente a 50–60°C durante 20 segundos tras la cosecha reduce el desarrollo de este tipo de patógenos por dos vías, limpieza de la superficie del fruto e inducción de los mecanismos de resistencia (Prusky *et al.*, 1996a; Fallik, 2004); este método se emplea en Israel. El baño en agua caliente durante 3–7 minutos también parece moderadamente eficaz en retrasar los deterioros poscosecha, sobre todo los que causan la antracnosis y el podrido por alternaria (Johnson, 1994). Algunos ensayos con radiación gamma para el control de la antracnosis del mango han concluido que, para mejorar la eficacia de este sistema, se necesita incluir baños calientes con soluciones fungicidas (Chadha, 1989).

En cuanto al podrido por pedúnculo, se han constatado el efecto beneficioso de varios tratamientos poscosecha que, sobre todo, se aplicarían a frutos de alto valor, como los destinados a la exportación (Ploetz, 2018). Por ejemplo, Alvindia y Acda (2015) reportaron una reducción entre el 48 y el 61% de esta patología en frutos de la variedad 'Carabao' tras un tratamiento en agua a 53°C durante 20 minutos. Por su parte, Terao *et al.* (2015) encontraron que una dosis baja (< 3 kJ m⁻²) de radiación UV-C ayudaba a controlar las enfermedades poscosecha del mango causadas por *B. dothidea*, *L. theobromae*, *A. alternata* y *C. gloeosporioides*, aun cuando no era evidente un impacto directo sobre los patógenos. Santos *et al.* (2015) sugirieron que una dosis de 0.45 kGy de radiación gamma reducía los daños por *L. theobromae*.

Desinfección de frutos

El objetivo de los desinfectantes es lavar la superficie de la fruta y matar los microorganismos presentes en ella. Tradicionalmente, los desinfectantes son soluciones acuosas de distintos productos. Uno de los más empleados y estudiados es el cloro (a 100-150 ppm de concentración en agua a pH 6.5–7.5). Además del cloro, también se ha empleado como desinfectante fúngico el dióxido de azufre (Johnson *et al.*, 1997; Tefera *et al.*, 2007). Diferentes formas de cloro, como hipoclorito sódico, hipoclorito cálcico y gas cloro, controlan un amplio rango de patógenos poscosecha (Boyette, 1995). En el pasado, era frecuente que se usaran altas dosis de cloro debido a que se creía que no dejaba residuos en la fruta.

Algunas alternativas al cloro son el ozono (O₃), el peróxido de hidrógeno y el agua electrolizada. El ozono y el agua ozonizada fueron reconocidas en 1997 por la FDA como desinfectantes seguros de alimentos y se demostró que podían controlar enfermedades poscosecha del mango (Monaco *et al.*, 2014). Recientemente, se ha descrito que el agua ozonizada actuaba como desinfectante en frutos del mango 'Palmer' incrementando la actividad oxidativa (Minas *et al.*, 2012; Lima *et al.*, 2014, Monaco *et al.*, 2016). En cuanto al agua electrolizada, también se ha propuesto como desinfectante de la industria de alimentos (Colangelo *et al.*, 2015). El agua electrolizada se produce añadiendo cloruro sódico al agua de grifo (donde actuaría como electrolito) y haciendo pasar una corriente eléctrica para producir dos tipos de compuestos situados en los extremos opuestos de la escala de pH, alcalinos y ácidos, principalmente HClO, que es el que se emplea para la desinfección microbiana, tanto de bacterias (Pinto *et al.*, 2015) como de hongos (Guentzel *et al.*, 2010). El peróxido de hidrógeno también se ha reconocido como potente desinfectante frente a varios hongos (Boyette, 1995).

MANCHA NEGRA BACTERIANA (BACTERIAL CANKER)

La resistencia a la mancha negra bacteriana varía notablemente entre las variedades de mango y, por tanto, se deben emplear las más resistentes en condiciones de alta presión de la enfermedad (Manicom y Pruvost, 1994). Cuando se establecen nuevas plantaciones, se deben emplear plantas libres de este patógeno, ya que la principal vía de diseminación a larga distancia es el material de propagación (Manicom y Proust, 1994). A corta distancia, también se puede diseminar por el viento (Gagnevin y Pruvost, 2001). Por ello, se recomienda el uso de cortavientos, junto a la retirada y la eliminación de brotes infectados.

ENFERMEDADES FOLIARES Y DE FLOR

SECA Y DECAIMIENTO SÚBITO (SUDDEN DECLINE)

Dada la capacidad destructiva de estas enfermedades, una de las claves para la prevención debe ser evitar la diseminación de estos patógenos a nuevas zonas (Ploetz, 2018). Un aspecto fundamental es el control del movimiento y el estado sanitario del material de propagación. Las herramientas de poda empleadas en zonas infectadas deben mantenerse limpias y desinfectarse frecuentemente con lejía, formalina u otros desinfectantes (Junqueira *et al.*, 2002). Los árboles que hayan muerto por la enfermedad deberían retirarse y eliminarse porque son reservorios importantes de vectores y patógenos.

Otro aspecto importante es el empleo de variedades resistentes o tolerantes, ya que, además de la variación observada en los cultivares comerciales, se han desarrollado algunas selecciones tolerantes. Sin embargo, algunos aspectos pueden hacer peligrar el éxito de estos materiales, como la variación patogénica en el agente causal (Rossetto *et al.*, 1996; Junqueira *et al.*, 2002; Silveira *et al.*, 2006). En Brasil, la respuesta a la enfermedad de algunos genotipos varía en función de la zona productora, pero 'Manga Dagua', 'Pico', 'IAC 101', 'IAC 102', 'Edwards', 'Van Dyke' y 'Carabao' muestran resistencia a dos patotipos, mientras 'Rosa', 'Sabina', 'Sao Quirino', 'Oliveira Neto', 'Jasmim', 'Sensation', 'Irwin' y 'Tommy Atkins' se comportan generalmente como tolerantes (Ribiero, 1997; Junqueira *et al.*, 2002). 'Espada' también se ha descrito como tolerante, pero sus árboles viejos son vulnerables a esta patología. Colosimo *et al.* (2000) reportaron que 'Oliveira' era el más tolerante de una amplia colección de variedades, mientras que 'Carlota', 'Imperial', 'Extrema' y 'Pahiri' tenían resistencia intermedia. Carvalho *et al.* (2004) describieron dos nuevos cultivares, 'IAC 103 Espada Vermelha' y 'IAC 109 Votupa', con moderada resistencia a la seca. 'IAC 103 Espada Vermelha' tenía, además, moderada resistencia al oidio, pero era susceptible a antracnosis, y ambos cultivares eran susceptibles a malformación.

En Omán, también hay referencias de diversidad de comportamiento entre variedades, entre las que sobresalieron ‘Hindi Besennara’, ‘Sherokerzam’, ‘Mulgoa’, ‘Baneshan’, ‘Rose’ y ‘Alumpur Baneshan’ por su mejor respuesta frente a *Ceratocystis manginecans* (Al Adawi, *et al.*, 2013).

MALFORMACIÓN

El manejo de la malformación puede llegar a ser muy complicado y, en gran medida, depende de unas adecuadas medidas de higiene y desinfección en el campo. Así, las nuevas plantaciones deben establecerse con material de vivero libre del patógeno, por lo que las púas nunca deben tomarse de parcelas afectadas y cualquier planta con síntomas debe retirarse y quemarse. Una vez que la enfermedad ha llegado a una plantación de mangos, se debe vigilar constantemente la aparición de brotes o inflorescencias afectadas y proceder a su eliminación (Prusky *et al.*, 2009). Se han observado buenos resultados siguiendo esa recomendación, como señalan Schoeman *et al.* (2018), quienes encontraron que la continua retirada de inflorescencias infectadas durante 4 años producía un descenso muy significativo de la incidencia de la enfermedad. No obstante, este tipo de práctica es difícil de aplicar en árboles grandes, como los que hay en muchos países (Prusky *et al.*, 2009).

La selección de variedades resistentes puede ser clave para reducir la incidencia de la malformación, sobre todo en zonas muy afectadas (Katoch *et al.*, 2019). Aunque se ha descrito distinto grado de susceptibilidad a la malformación entre variedades (Prakash y Srivistava, 1987; Fayyaz *et al.*, 2002), en ocasiones, los resultados han sido inconsistentes (Ploetz, 2001). No obstante, algunos cultivares locales, como ‘Bhadauran’ en Brasil e India, ‘Primor’ en Brasil y ‘Zebda’ en Egipto, han mostrado de forma continuada un comportamiento bueno y deberían recibir más atención (Ploetz, 2018).

OIDIO

Es probable que la reducción del inóculo potencial del patógeno en estados iniciales disminuya la incidencia de esta enfermedad (Joubert, 1991). A este respecto, la inspección del estado de las plantaciones de mango y la eliminación de hojas y panículas infectadas podrían reducir la carga de inóculo primario y mejorar la eficacia del control químico (Prakash y Misra, 1992, 1993a; 1993b; Prakash y Raoof, 1994).

Las variedades de mango varían en su resistencia al oidio (Palti *et al.*, 1974). ‘Zill’, ‘Kent’, ‘Alphonso’, ‘Seddek’ y ‘Nam Doc Mai’ son muy susceptibles; ‘Haden’, ‘Glenn’, ‘Carrie’, ‘Zebda’, ‘Hindi be Sennara’, ‘Ewaise’ y ‘Keitt’ son moderadamente susceptibles; y ‘Sensation’, ‘Tommy Atkins’ y ‘Kensington’ son ligeramente susceptibles (Ploetz *et al.*, 1994; Nofal y Haggag, 2006). En India, Tiwari *et al.* (2006) reportaron que ‘Baigan Phalli’, ‘Barbalia’, ‘Dabari’, ‘Dilpasand’, ‘Khirama’, ‘Nagarideeh’, ‘Oloor’ y ‘Totapari’ eran muy resistentes, mientras que ‘Amrapali’ era muy susceptible.

3. ¿SE PUEDE UTILIZAR LA HOMEOPATÍA PARA MANEJAR O CONTROLAR EFICAZMENTE LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL MANGO?

La homeopatía se basa en el principio de que una sustancia que provoca determinados síntomas patológicos puede curar enfermedades con los mismos síntomas o similares si se aplica a dosis infinitesimales. Esta idea la propuso en 1796 Samuel Hahnemann (Toledo *et al.*, 2011) y hace

referencia a uno de los principios básicos de la homeopatía, la ley de los similares o remedios homeopáticos se preparan o dinamizan en sucesivos ciclos de dilución y agitación intensa a partir de un preparado homeopático denominado “tintura madre”. El proceso continúa hasta que se sobrepasa la dilución equivalente al número de Avogadro y apenas quedan moléculas del preparado inicial. Este es precisamente uno de los aspectos más controvertidos de la homeopatía (Mazón-Suastegui *et al.*, 2019), aunque el químico suizo Louis Rey encontró que las estructuras de los puentes de hidrógeno en las diluciones homeopáticas de soluciones salinas eran muy distintas de los del agua pura, probablemente por el efecto de los ciclos de intensa agitación (Rey, 2003). Los productos etiquetados como homeopáticos en el mercado de EEUU no han sido testados por la FDA (USA Food & Drugs Administration) en cuanto a seguridad y eficacia para diagnosticar, tratar, curar, prevenir o mitigar cualquier enfermedad o estado de salud y, por tanto, no son productos con el aval de este organismo (FDA, 2020). De hecho, la homeopatía está considerada por la comunidad científica como una pseudociencia dentro de las llamadas medicinas alternativas (Smith, 2012).

La agrohomeopatía, o aplicación de los principios y remedios homeopáticos a la agricultura, ha generado mucho interés en los últimos años ya que podría suponer una nueva herramienta que ayude a disminuir o eliminar el uso de agroquímicos (Abasolo-Pacheco *et al.* 2020). Sin embargo, no hay publicaciones sobre esta práctica en las principales revistas científicas y, por tanto, los resultados que se difunden al respecto, sobre todo en publicaciones de ámbito no científico, deben tomarse con mucha precaución.

Los preparados homeopáticos se han calificado como relativamente baratos, con pocos o ningún efecto secundario en materia medioambiental y aparentemente inocuos, lo que les haría encajar en modelos de agricultura como la orgánica o, sobre todo, la biodinámica (Carpenter-Boggs *et al.*, 2000). Según Bonato (2007), los preparados homeopáticos podrían funcionar en plantas mejorando su estado fisiológico, induciendo mecanismos de resistencia y favoreciendo múltiples interacciones con efectos positivos en la producción. Hay varias referencias de resultados alentadores de las medicinas homeopáticas en diferentes especies vegetales afectando a procesos como la germinación de semillas, la emergencia de la plántula y su crecimiento inicial (Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020), la producción de biomasa (Rossi *et al.*, 2007), el crecimiento en suelos contaminados por metales pesados (Dos Santos *et al.*, 2016), la tolerancia a estreses abióticos, como la salinidad (Giardini-Bonfim *et al.*, 2012) o ambientes cálidos y secos (Pelikan y Hunger, 1971), y el control de plagas y enfermedades (Modolon *et al.*, 2012; Ramaia y Kumar, 2015).

Los estudios sobre control de enfermedades mediante remedios homeopáticos incluyen experimentos basados en modelos fitopatológicos (plantas infectadas de forma natural o inoculadas artificialmente con hongos, bacterias, virus o nematodos), ensayos de germinación y crecimiento de esporas *in vitro* y ensayos de campo (experimentación agronómica y fitopatológica) (Betti *et al.*, 2009). En frutales, el esfuerzo experimental en este ámbito se ha centrado principalmente en el control de podredumbres de fruto. Por ejemplo, Baviskar y Suryawanshi (2015) encontraron que *Arsenicum album* mostraba una actividad inhibitoria de distintos hongos responsables de la podredumbre de la manzana. Kehri y Chandra (1986) evaluaron varios tratamientos homeopáticos contra *Lasiodiplodia theobromae*, (Pat.) Griffon y Maubl., causante de varias podredumbres poscosecha en la guayaba (*Psidium guajava* L.), y encontraron que todas las potencias de *Arsenicum album* ensayadas suprimían completamente la germinación *in vitro* de las esporas de este hongo y, además, reducían de forma significativa las podredumbres de fruto si se aplicaban en forma de baño previo a la inoculación de los frutos con el hongo. Yadav *et al.* (2013) describieron buenos resultados con Metil jasmonate 200 en el control de podredumbres de bananas causadas por *Fusarium*.

Apenas hay estudios sobre el efecto de este tipo de remedios en mango. Uno de los más citados es el de Khanna y Chandra (1978), que determinaron la fungitoxicidad de 10 sustancias homeopáticas contra *Pestalotia mangiferae* Henn., agente causal de podredumbres del fruto de mango en India, en términos de inhibición de la germinación de esporas. Para hacer esto, suspendieron esporas del patógeno en distintas potencias (1-200) de estas sustancias y midieron el efecto en la germinación mediante la técnica de Hoffman (Hoffman, 1869). Las sustancias que inhibieron completamente la germinación de esporas tras 8-12 horas de incubación se testaron en frutos inoculados con el patógeno. Para ello, se usaron frutos recién recolectados de la variedad 'Dusheri', que se inocularon artificialmente y se sumergieron entre 3 y 5 minutos en un baño preparado con cada sustancia y agua destilada (que fue el control), tanto antes como después de la inoculación. Los autores afirman que, de las sustancias que inhibieron totalmente la germinación de esporas, sólo la potencia 190 de *Lycopodium clavatum* se mostró efectiva a la hora de reducir el porcentaje de infección en el fruto y el porcentaje de frutos podridos tras 8 días desde la infección y sugieren que esta sustancia podría recomendarse de forma segura para el control de la podredumbre del mango producida por *P. mangiferae*.

Otro estudio más reciente es de Alam *et al.* (2017), que ensayaron 72 soluciones homeopáticas con propiedades antifúngicas para el control de la antracnosis del mango causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz. y Sacc.). Realizaron dos tipos de experimentos. Uno, en placas de Petri, donde cada solución se testaba individualmente para el control del crecimiento del micelio de *C. gloeosporioides* utilizando un medio OMA. Otro, con frutos recién recolectados de 3 cultivares de mango, que se sumergían durante 10 minutos en un baño preparado con las mejores soluciones del experimento anterior. Los autores encontraron que todas las sustancias homeopáticas mostraban una destacable eficacia en la inhibición del crecimiento micelial de *Colletotrichum gloeosporioides*, aunque *Arsenicum album* Q a 10000 ppm fue el mejor, con un 96,40% de inhibición. Precisamente, *Arsenicum album* Q a 10000 ppm se utilizó en el experimento con la fruta y, tras 18 días desde el tratamiento en baño, el porcentaje de incidencia de la enfermedad varió entre cultivares, 18.2% en 'Himsagar', 8% en 'Amrapali' y 0% en 'Langra', aunque el tamaño de la lesión se redujo de forma significativa a causa del tratamiento en todos los cultivares. Los autores concluyen que estos resultados apuntan al potencial de los remedios homeopáticos en el control de la antracnosis en mango y otros frutos.

Aunque estos resultados parecen prometedores, todavía estamos lejos de poder recomendar el uso generalizado de este tipo de productos y se necesita mucha investigación básica y aplicada que nos ayude a interpretar correctamente esos resultados. No hay publicaciones sobre productos homeopáticos en revistas científicas relevantes y, por tanto, hay que tomar con precaución las recomendaciones sobre tratamientos en agricultura con este tipo de sustancias. Por ahora, el mejor planteamiento para reducir el uso de pesticidas es, seguramente, el de la agricultura orgánica.

4. ¿CUÁL ES EL POTENCIAL DE LA AGRICULTURA NATURAL COREANA (KOREAN NATURAL FARMING) PARA EL MANEJO O CONTROL DE LAS PLAGAS Y ENFERMEDADES EN MANGO?

Entre los principios básicos de la Agricultura Natural Coreana (KNF) se incluye el uso de microorganismos nativos (IMO), maximizar el potencial del medio natural, minimizar el empleo de fertilizantes de síntesis, el no laboreo, eliminar la emisión de los efluentes procedentes de residuos ganaderos e incrementar la producción con menos insumos (Wang *et al.*, 2012). Por

tanto, este planteamiento agrícola, desarrollado por Han Kyu Cho, del Instituto de Agricultura Natural de Janong, en Corea del Sur (Cho y Cho, 2010), preconiza maximizar el uso de los recursos generados en la propia explotación, reciclar los residuos generados en ella y minimizar los suministros externos, a la vez que se refuerza la salud del suelo (Wang *et al.*, 2012). La KNF se ha practicado durante décadas en Asia y fue introducida a finales de los años 1990 en Hawai, donde ha ido ganado en popularidad entre los agricultores preocupados por una agricultura sostenible (Wang *et al.* 2012).

Uno de los pilares de la KNF es utilizar microorganismos procedentes de la propia explotación en lugar de introducir microorganismos beneficiosos ajenos a ella (Wang *et al.*, 2012). Esto supone un proceso de captura, cultivo y conservación de microorganismos con el que se crean distintos productos conocidos como IMO 1, IMO 2, IMO 3 e IMO 4 (Keliikuli *et al.*, 2019). Se pueden encontrar listas de posibles materias primas con las que preparar estos productos y descripciones detalladas de cómo hacerlo en publicaciones como Park y Duponte (2008) o Keliikuli *et al.* (2019). El producto final, IMO 4, debería emplearse como una enmienda edáfica que se mezcla suavemente con la capa superficial del suelo, a razón de 150 kg por cada 1000 m², y luego se cubre con un acolchado orgánico a base de hojas descompuestas de bambú, chips de madera, etc. (Keliikuli *et al.*, 2019). Se aconseja aplicar el IMO 4 al suelo 7 días antes de la siembra o trasplante y 2 ó 3 horas antes de la puesta de sol, ya que el tratamiento del suelo al atardecer proporciona más tiempo a los microorganismos para ajustarse a los cambios ambientales, como el incremento de las temperaturas (Cho y Cho 2010).

Otro aspecto clave de la KNF lo constituyen las aplicaciones foliares de sustancias procedentes de composts elaborados a base de distintas plantas y residuos de la propia explotación (Wang *et al.*, 2012). Según estos autores, este tipo de aplicaciones pueden ser muy respetuosas con el medio ambiente ya que los nutrientes que contienen se administran en pequeñas cantidades y de forma directa a las plantas y son muy adecuadas para plántulas jóvenes con pocas raíces, para aquilatar mejor las cantidades de N aplicadas a las necesidades de la planta, para mejorar la nutrición en la fase reproductiva, debido a la reducción de actividad del sistema radicular, e, incluso, para mejorar la absorción de nutrientes del suelo.

En Hawai, se han realizado comparaciones entre el sistema KNF con producción convencional y orgánica en parcelas de agricultores destinadas a producción de hortalizas. en las que se ha comparado el sistema KNF con producción convencional y orgánica (Wang *et al.*, 2012). Estos autores encontraron que el sistema KNF mejoró significativamente algunos aspectos de la planta y el suelo, sobre todo en las parcelas con soja, y necesitó menos agua que los otros sistemas de producción, seguramente por el acolchado que se utiliza en KNF, pero no ofreció mejor protección que el modelo convencional o el ecológico frente a plagas y enfermedades.

Las evidencias científicas sobre los beneficios del sistema KNF son muy escasas (Wang *et al.*, 2012), y, hasta donde sabemos, no hay referencias sobre posibles efectos de este sistema en el control de enfermedades en cultivos frutales. Probablemente, el planteamiento más parecido al uso de los IMOs, uno de los pilares del sistema KNF, podría ser el empleo de agentes de control biológico (BCAs) nativos para reducir o eliminar poblaciones de patógenos vegetales (AbuQamar *et al.*, 2017; Syed Ab Rahman *et al.*, 2018). Esto se basa en el hecho conocido de que microorganismos que viven en la superficie de las plantas sin causar ningún tipo de daño pueden inhibir el desarrollo de patógenos vegetales (McGrath y Andrews 2005; Janisiewicz *et al.* 2010; Janisiewicz *et al.* 2013). Si son nativos, se supone que pueden estar muy bien adaptados al cultivo en que se aíslan y a las condiciones ambientales donde se necesite su acción de control. Precisamente, hay algunas referencias de control de enfermedades en mango mediante BCAs nativos. Por ejemplo, en México, Bautista-Rosales *et al.* (2014) evaluaron la efectividad de la cepa L5D de la levadura *Cryptococcus laurentii* [(Kuff.) C.E. Skinner], aislada de la superficie de

frutos de mango del cultivar 'Ataulfo', frente a *Colletotrichum gloeosporioides* ((Penz.) Penz. y Sacc.), agente causal de la antracnosis del mango, y encontraron que *C. laurentii* mostraba un alto potencial in vivo como antagonista y conseguía una importante reducción en el ataque de antracnosis (75.88%), probablemente debido a la competencia por los nutrientes y el espacio. En Tailandia, Rungjindama (2016) observó que dos aislados de microorganismos epífitos (bacterias y levaduras) tomados de hojas y frutos sanos de plantas de mango locales conseguían reducir el tamaño de las lesiones causadas por *C. gloeosporioides* en comparación con las que había en el testigo. En Emiratos Árabes Unidos (UAE), Kamil *et al.* (2018) encontraron que 19 aislados antibacterianos procedentes de la rizosfera de mangos cultivados en ese país mostraban antagonismo con *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon y Maubl., agente causal de la muerte regresiva del mango en distintas partes del mundo, caso de Brasil, Corea, India, Omán, Pakistán, EEUU y UAE. Todos esos aislados se testaron in vivo para evaluar su capacidad de reducir las lesiones en frutos inoculados con *L. theobromae*, y los tres aislados con mayor capacidad de inhibición del patógeno se ensayaron en plántones de mango, sobre los que se aplicaron una semana antes de su inoculación con *L. theobromae*, mostrando un gran nivel de protección frente al patógeno. Según estos autores, las cepas nativas identificadas en este trabajo son seguras, sin coste alguno, de larga duración y bien adaptadas a las duras condiciones locales, lo que las hace muy adecuadas para su empleo en programas de control integrado para la muerte regresiva del mango en distintos países.

Teniendo en cuenta estos resultados tan prometedores, parece que el empleo de BCAs de origen local, bien solos o en combinación con algunas prácticas del sistema KNF que buscan aumentar la salud de suelos y plantas (como el acolchado de suelos, las aplicaciones foliares de sus soluciones, etc.), podría ser una estrategia interesante para el control de algunas enfermedades del mango. De hecho, algunos fundamentos del sistema KNF, como activar la actividad microbiana y la fertilidad del suelo, incrementar la diversidad biológica y maximizar el empleo de los recursos generados en la propia explotación, también forman parte de modelos de agricultura como la orgánica, por lo que fomentar la producción orgánica de mango podría ser una vía para encontrar nuevas formas de control de plagas y enfermedades en este cultivo. En cualquier caso, hace falta profundizar en el sistema KNF para ver si se pueden incluir algunas de sus prácticas en un planteamiento holístico del cultivo ecológico.

5. ÁREAS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURAS PARA EL CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL MANGO

En las últimas décadas se han llevado a cabo avances significativos para optimizar el control de distintas plagas y enfermedades, combinando aproximaciones químicas, biológicas y de manejo de las plantaciones. Sin embargo, continuamente siguen apareciendo nuevas plagas y enfermedades en diferentes regiones productoras de mango y la globalización ayuda a la dispersión de estas nuevas plagas y enfermedades. Por tanto, se requiere de la coordinación de esfuerzos internacionales para optimizar el control de plagas y enfermedades en distintas regiones y líneas de investigación. Idealmente, se debería llevar a cabo una aproximación holística que combine el control químico y biológico, las prácticas culturales y la selección y mejoramiento de nuevas variedades. A continuación, se mencionan algunos ejemplos de líneas de investigación que deberían potenciarse en el futuro.

- Control biológico: se requiere profundizar en la identificación de enemigos naturales adicionales para las principales plagas y enfermedades de forma que se puedan optimizar sus poblaciones mediante un adecuado manejo de las prácticas culturales.

- Prácticas culturales: la agroecología es un área en la que se necesita más Investigación incluyendo temas diversos, como promover un paisaje más ecológico, rotación de cultivos, el uso de cultivos que protejan el suelo, optimizar el uso del agua o el desarrollo de estrategias más eficientes para el seguimiento de plagas y enfermedades. En este sentido las nuevas tecnologías (uso de drones, 5G) pueden ser muy útiles para la identificación precoz de síntomas en estados temprano de desarrollo de las plagas y enfermedades.
- Control químico: minimizar el uso de productos químicos de síntesis y aumentar la disponibilidad de biopesticidas naturales (feromonas, reguladores del desarrollo de insectos, etc.).
- Genética y diversidad: Selección y desarrollo de nuevas variedades tolerantes y resistentes a plagas y enfermedades mediante el uso de herramientas biotecnológicas (genética, genómica, cultivo in vitro).
- Mejorar los sistemas de control de la importación de frutas y materiales vegetales, incluyendo periodos de cuarentena si se consideran necesarios, para una detección precoz y rápida de problemas de plagas y enfermedades.
- Aumentar la inversión para investigación en países en vías de desarrollo, en los que se produce gran parte de la producción de mango y en los que los recursos dedicados al control de plagas y enfermedades son escasos.
- Se necesitan estudios adicionales en los efectos del cambio climático sobre el control y manejo de plagas y enfermedades.

6. Bibliografía

- Abasolo-Pacheco, F., Bonilla-Montalván, B., Bermeo-Toledo, C., Ferrer-Sánchez, Y., Ramírez-Castillo, A.J., Mesa-Zavala, E., Llerena-Ramos, L. & Mazón-Suástegui, J.M., 2020. Efecto de medicamentos homeopáticos en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Terra Latinoamericana* Número Especial 38-1: 219-233.
- Abdel Kareim, A.L., Ragab, M.E., Ghanim, M.N. & Abd El-Salam, S.A., 2018. Seasonal activity, natural enemies and life table parameters of *Cryptoblabes gnidiella* Mill. on mango inflorescences. *J. Plant Prot. and Path., Mansoura Univ.*, Vol.9 (7): 393 – 397.
- Abdulla, N., Rwegasiri, G., Jensen, K., Mwatalala, M. & Offenberg, J., 2016. Control of mango seed weevil (*Sternonchetus mangiferae*) using the African weaver ant (*Oecophylla longinoda* Latreille) (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Applied Entomology*, 140: 500–506.
- AbuQamar, S. F., Moustafa, K., & Tran, L. S., 2017. Mechanisms and strategies of plant defense against *Botrytis cinerea*. *Crit. Rev. Biotechnol.* 3: 262–274. doi: 10.1080/07388551.2016.1271767.
- Acuna, H.E. & Waite, B.H., 1977. La muerte regresiva del mango (*Mangifera indica* L.) en El Salvador. *Proceedings of the American Society of Horticultural Sciences, Tropical Region* 21: 15–16.
- Ahmed, W., Nawaz, M.A., Saleem, B.A. & Asim, M., 2005. Incidence of mango midge and its control in different mango growing countries of the world. First International Conference on Mango and Date palm, At Institute of Horticultural Sciences University of Agriculture, Faisalabad- Pakistán.
- Akem, C. N., 2006. Mango anthracnose disease: Present status and future research priorities. *Plant Pathology Journal* 5: 266–73.
- Al Adawi, A. O., Deadman, M. L., Al Rawahi, A. K., Al Maqbali, Y. M., Al Jahwari, A. A., Al Saadi, B. A., Al Amri, I. S. & M. J. Wingfield., 2006. Aetiology and causal agents of mango sudden decline disease in the Sultanate of Oman. *European Journal of Plant Pathology* 116: 247–54.
- Al Adawi, A. O., Al Sadi, B. A., Deadman, M. L., Barnes, I., Al Jabri, M. H., Wingfield, B. D. & Wingfield, M. J., 2013. Evaluation of mango cultivars for resistance to infection by *Ceratocystis manginecans*. *Acta Horticulturae* 992: 393–406.
- Al Subhi, A. M., Al Adawi, A. O., Van Wyk, M., Deadman, M. L. & Wingfield, M. J., 2006. *Ceratocystis omanensis*, a new species from diseased mango trees in Oman. *Mycological Research* 110: 237–245.
- Alam, A., Adhikary, S.K. & Ahmed, M., 2017. Effectiveness of selected homeopathic medicines against *Colletotrichum gloeosporioides*. *Asian J. Plant Pathol.*, 11: 118-129.
- Almeida, R.T. de, Landim, C.M.U. & Teixeira, L.M.S., 1979. Seedling blight (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) of cashew and mango in the state of Ceara, Brazil. *Fitossanidade* 3: 40–41.
- Aluja, M., 1993. “Manejo Integrado de la Mosca de la Fruta”. Editorial Trillas, Mexico Distrito Federal, Mexico.
- Aluja, M., 1996. Future trends in fruit fly management. In: “Fruit Fly Pests: a World Assessment of their Biology and Management”, edited by McPherson, B. and Steck, G. Published by St Lucie Press, Delray Beach, Florida. Pp. 309–320.
- Aluja, M. & Mangan, R.L., 2008. Host status determination for pestiferous fruit fly (Diptera: Tephritidae) species: conceptual, methodological and regulatory considerations. *Annual Review of Entomology* 53: 473–502.

- Aluja, M. & Pinero, J., 2004. Testing human urine as a low-tech bait for *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in small guava, mango, sapodilla and grapefruit orchards. *Florida Entomologist* 87: 41–50.
- Aluja, M., Cabrera, M., Guillen, J., Celedonio, H. & Ayora, F., 1989. Behavior of *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* and *A. serpentina* (Diptera: Tephritidae) on a wild mango tree (*Mangifera indica*) harbouring three McPhail traps. *Insect Science and its Application* 10: 309–318.
- Aluja, M., Sivinski, J., Ovruski, S., Guillen, L., Lopez, M., Cancino, J., Torres-Anaya, A., Gallegos-Chan, G. & Ruiz, L., 2009. Colonization and domestication of seven species of native New World Hymenopterous larval-prepupal and pupal fruit fly (Diptera: Tephritidae) parasitoids. *Biocontrol Science and Technology* 19 (Suppl. nº 1): 49-79.
- Alvarez-Garcia, L.A. & Lopez-Gracia, J., 1971. Gummosis, dieback, and fruit rot disease of mango (*Mangifera indica* L.) caused by *Physalospora rhodina* (B. and C.) Cke. in Puerto Rico. *Journal of Agriculture University of Puerto Rico* 55: 435–450.
- Alvindia, D. G. & Acda, M. A., 2015. Revisiting the efficacy of hot water treatment in managing anthracnose and stem-end rot diseases of mango cv. 'Carabao'. *Crop Protection* 67: 96–101.
- Angulo, S. M. & Villapudua, J. R., 1982. Buba of mango (*Mangifera indica* L.) in the state of Sinaloa, Mexico. *Phytopathology* 72: 171.
- Anonymous, 1984. Major insect pests and diseases of mango and their control. In: "The Mango Technical committee. The Philippines recommends for Mango". Philippines Agriculture and Resources Research Foundation. 124 pp.
- Anonymous, 1987. Red-banded mango caterpillar *Noorda albizonalis Hampsoni* (Lepidoptera: Pyralidae). *Plant Quarantine Leaflet-Australia* 51.
- Anonymous, 1989. Mango Pests and Disorders. Information Series QI89007. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Australia.
- Anonymous, 2002. Fruit flies eradicated from Nauru. 3pp. Available at: http://www.pacifly.org/Success_stories/Nauru_eradl.htm (accessed 10 September 2008).
- Anonymous, 2005. Malathion (CAS Number 121-75-5). Toxicology information about insecticides used for eradicating mosquitoes. Available at: <http://www.atsdr.cdc.gov/consultations/malathion.html> (accessed 20 July 2007).
- Anonymous, 2006. Importation of Fresh Mango Fruit (*Mangifera indica*) from India into the United States, a Qualitative Pest Risk Assessment. Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection Quarantine, Raleigh, North Carolina.
- Arias, M. & Jines, A., 2004. *Manejo Integrado de Moscas de la Fruta en el Litoral Ecuatoriano*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias – Programa de Modernización de Servicios Agropecuarios, Guayaquil, Ecuador.
- Arias, M., Jines, A., Bustos, P., Pluas, M. & Carrera, C., 2004a. Enemigos Naturales de *Aulacaspis tubercularis* (Homoptera: Diaspididae) en Mango. Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Boliche, Guayas, Ecuador.
- Arias, M., Jines, A., Maldonado, E. and Pluas, M., 2004b. *Cybocephalus nipponicus* Endrody-Younga (Coleoptera: Nitidulidae) un predator exótico para el control de *Aulacaspis tubercularis* en mango de exportación. Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Boliche, Guayas, Ecuador

- Assis, E. & Rabelo, F., 2005. Pragas da Mangueira, Monitoramento, Nivel de Acao e Controle. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, Embrapa Semi-Arido, Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, Petrolina, Brazil.
- Arauz, L.F., 1999. Optimizacion economica del combate de enfermedades en cultivos: un ejemplo basado en la antracnosis del fruto del mango. (Abstract). In: *XI Congreso Nacional Agron. Recursos Naturales, V Congreso Nacional Entomol., IV Congreso Nacional Fitopatol., III Congreso Nacional Suelos I Congreso Nacional Ext. Agric. Forestal*. Vol. II. San Jose, Costa Rica. Pp. 61.
- Arauz, L.F., 2000. Mango anthracnose: economic impact and current options for integrated and management. *Plant Disease* 84 (6): 600–611.
- Arjona-Girona, I & López-Herrera, C.J., 2018. First report of *Rosellinia necatrix* causing White root rot in mango trees in Spain. *Plant Disease* 102 (12): 2639.
- Atkinson, T.H., Foltz, J.L., Wilkinson, R.C. & Mizell, R.F., 2017. Granulate ambrosia beetle *Xylosandrus crassiusculus* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). EENY 131. Department of Entomology and Nematology, UF/ Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) Extension, University of Florida.
- Azmy, A.M.K., 2014. Controlling of Mango Powdery Mildew by some Salts, Growth Regulators and the Biofungicide AQ10 Compared with Punch Fungicide in Egypt, *American Journal of Life Sciences*. Special Issue: *Role of Combination Between Bioagents and Solarization on Management of Crown-and Stem-Rot of Egyptian Clover*. Vol. 2, No. 6-2: 33-38.
- Bajracharya, A.S.R., Piya, S. & Ghimire, K., 2012. Effectiveness of chemical insecticides against mango stone weevil (*Sternochetus mangiferae*; Fabricius; Coleopter: Curculionidae) in the foothills of Eastern Nepal. Proceedings of the 10th National Outreach Research Workshop, At Regional Agricultural Research Station, Lumle, Kaski, Nepal. Pp.: 256-259.
- Balock, J.W. & Kozuma, T., 1964. Notes on the biology and economic importance of the mango weevil, *Sternochetus mangiferae* (Fabricius), in Hawaii (Coleoptera: Curculionidae). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 8: 353–364.
- Balock, J.W. & Lopez, D.F., 1969. Trapping for control of the Mexican fruit fly in mango and citrus groves. *Journal of Economic Entomology* 62: 53–56.
- Barbosa, F.R., 2005. Arthropodes-pragas associados a cultura da mangueira no Brasil e seu controle. In: “Pragas da Mangueira, Embrapa Semi-arido”, edited by Menezes, E. and Barbosa, F.R. Ministerio da Agricultura, Pecuaria e Abastecimento, Petrolina, Brazil. Pp. 1–50.
- Batista, A.C., 1947. Mal do recife (grave doenca da mangueira). Unpublished thesis, Pernambuco College of Agriculture, Pernambuco, Brazil (Abstract in *Review of Applied Mycology*, 1948, 27: 77–78).
- Batzer, J.C., Gleason, M.L., Harrington, T.C. & Tiffany, L.H., 2005. Expansion of the sooty blotch and fly speck complex on apples based on analysis of ribosomal DNA gene sequences and morphology. *Mycologia* 9: 1268–1286. *Proceedings of the Hawaiian Entomology Society* 27: 367–378.
- Bautista-Rosales, P.U., Calderon-Santoyo, M., Servín-Villegas, R., Ochoa-Alvarez, N.A., Velazquez-Juarez, R. & Ragazzo-Sanchez, J.A., 2014. Biocontrol action mechanisms of *Cryptococcus laurentii* on *Colletotrichum gloeosporioides* of mango. *Crop protection* 65: 194-201.
- Baviskar, R.N. & N.S. Suryawanshi, 2015. Application of certain homoeopathic medicines used against fruit rot of apple caused by *Penicillium expansum* Link. *Int. J. Life Sci.* 3: 96-98.
- Berthet, J. A., 1914. Molestia da mangueira. *Bolm Agric. (Sao Paolo)* 15: 818–19.

- Bess, H.A., van den Bosch, R. & Haramoto, F.H., 1961. Fruit fly parasites and their activities in Hawaii.
- Betti, L., Grazia, G., Majewsky, V., Scherr, C., Shah-Rossi, D., Jäger, T. & Baumgartner, S., 2009. Use of homeopathic preparations in phytopathological models and in field trials: a critical review. *Homeopathy* 98: 244–266.
- Bitancourt, A.A. & Jenkins, A.E., 1943. Scab of mango caused by *Elsinoe*. (Abstract). *Phytopathology* 33: 1.
- Bonato, C.M., 2007. Homeopatia em modelos vegetais. *Cultura Homeopática* 21: 24-28.
- Bouagga, S., Hassan, N., Ben Halima, M., Jammazi, A., Djelouah, K. & Al-Zaidi, S., 2004. Evaluation of an “Attract and Kill” System to Combat *Ceratitis capitata* on Peach Trees in Tunisia. *Journal of Agricultural Science and Technology* 4: 612-619.
- Boyette, M. D. (1995). Packaging Requirements for Fruits and Vegetables. In: “Postharvest Handling and Cooling of Fresh fruits, Vegetables and Flowers for Small Farm 800–4”. North Carolina Crop Extension Services. USA. Pp. 17.
- Brent, K. J. & Hollomon, D. W., 2007. *Fungicide Resistance: The Assessment of Risk*. Fungicide Resistance Action Committee. Croplife International: Brussels, Belgium.
- Britz, H., Steenkamp, E. T., Coutinho, T. A., Wingfield, B. D., Marasas, W. F. O. & Wingfield, M. J., 2002. Two new species of *Fusarium* section *Liseola* associated with mango malformation. *Mycologia* 94: 722–30.
- Burns, R.E., Harris, D.L., Moreno, D.S. & Eger, J.E., 2001. Efficacy of spinosad bait sprays to control Mediterranean and Caribbean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in commercial citrus in Florida. *Florida Entomologist* 84: 672–678.
- Burrack, H.J., Connell, J.H. & Zalom, F.G., 2008. Comparison of olive fruit fly (*Bactrocera oleae* (Gmelin)) (Diptera: Tephritidae) captures in several commercial traps in California. *International Journal of Pest Management* 54: 227–234.
- Bustos, M.E., Enkerlin, W., Reyes, J. & Toledo, J., 2004. Irradiation of mangoes as a postharvest quarantine treatment for fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 97: 286–292.
- Butani, D.K., 1979. Insects and fruits. Periodical Expert Book Agency, Delhi.
- CABI, 2009. Mango midges. Survey of midges and their natural enemies associated with mango and develop non pesticides measures for their control in Pakistán. <https://www.cabi.org/uploads/projectsdb/documents/6049/Mango%20Midges%20in%20Pakistán,%20June%202009.pdf>.
- CABI, 2020. *Xylosandrus crassiusculus* (Asian ambrosia beetle). Datasheet. Retrieved from <https://www.cabi.org/isc/datasheet/57235#6CE9E9B6-8C1E-4666-A0C2-B8BFF8FB7EF2>.
- Cabrera, H., Villanueva, J. and Ortega, D. (1993) Fruit fly infestation timing on ‘Manila’ mango fruit at Veracruz, Mexico. (Abstract). *IV International Mango Symposium*, p. 118.
- Cabrera-Mireles, H. & Ortega-Zaleta, D. A., 2004. Principales plagas del mango. In: “Tecnología para la producción forzada de mango ‘Manila’ con calidad fitosanitaria en Veracruz”, edited by INIFAP-CP-Veracruz. INIFAP-CIRGOC-Campo Experimental Cotaxtla. Memoria Técnica 15. División Agrícola, Veracruz, Mexico. Pp.: 13-31.
- Campbell, R.J. (ed.), 1992. *A Guide to Mangoes in Florida*. Fairchild Tropical Garden, Miami, Florida.

- Carpenter-Boggs, L., Reganold, J.P. & Kennedy, A.C., 2000. Biodynamic preparations; short-term effects on crops, soils and weed populations. *Am. J. Alternative Agr.* 15: 110–118.
- Carvalho, P.J. & De Queiroz, A.C. (eds), 2002. *A Cultura da Mangueira*. CIP-Brasil, Brasilia.
- Carvalho, R. da S., Nascimento, A., Morgante, J. & Fonseca, N., 1996. Susceptibility of different mango varieties to the attack of the fruit fly, *Anastrepha obliqua*. In: "Fruit Fly Pests: a World Assessment of their Biology and Management", edited by McPherson, B. and Steck, G. Published by St Lucie Press, Delray Beach, Florida. Pp. 325–331.
- Carvalho, C. R. L., Rossetto, C. J., Mantovani, D. M. B., Morgano, M. A., de Castro, J. V. & Bortoletto, N., 2004. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agronômico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. *Revista Brasileira de Fruticultura* 26: 264–71.
- Cazorla, F.M., Tores, J.A., Olalla, L., Perez-Garcia, A., Farre, J.M. & de Vicente, A., 1998. Bacterial apical necrosis of mango in southern Spain: a disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Phytopathology* 8: 614–620.
- Cazorla, F. M., Arrebola, E., Olea, F., Velasco, L., Hermoso, J. M., Perez-Garcia, A., Tores, J. A., Farre, J. M. & de Vicente, A. 2006. Field evaluation of treatments for the control of the bacterial apical necrosis of mango (*Mangifera indica*) caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *European Journal of Plant Pathology* 116: 279–288.
- Chadha K.L. 1989. World mango industry. *Acta Horticulturae* 231: 3-11.
- Chavan, R.A., Deshmukh, V.D., Tawade, S.V. & Deshmukh, J.D., 2009. Efficacy of fungicides for managing powdery mildew of mango. *International Journal of Plant Protection* 2: 71-72.
- Cho, H.K. & Cho, J.Y., 2010. Cho Han-Kyu Natural Farming. Cho Global Natural Farming, Seoul, Korea.
- Colangelo, M. A., Caruso, M. C., Favati, F., Scarpa, T., Condelli, N. & Galgano, F., 2015. Electrolysed water in the food industry as supporting of environmental sustainability. In: "The Sustainability of Agro-Food and Natural Resource Systems in the Mediterranean Basin", edited by Vastola, A. Published by Springer International Publishing. Pp. 385–397.
- Colosimo, E. A., Chalita, L. V. A. S. & Demetrio, C. G. B., 2000. Tests of proportional hazards and proportional odds models for grouped survival data. *Biometrics* 56: 1233–1240.
- Cook, A.A., 1975. *Diseases of Tropical and Subtropical Fruits and Nuts*. Hafner Press, New York.
- Cooke, A. W., 2007. Phytophthora postharvest fruit rot in mango. Advisory poster produced by the Queensland Government Department of Primary Industries and Fisheries. Indooroopilly, Australia.
- Cooke, A.W., van der Kruyssen, A. & Johnson, G.I., 1998. The effect of commercial pruning on colonization of mango by endophytic *Dothiorella* species. In: "Post-harvest Handling of Tropical Fruit", edited by Champ, B.R., Highley, E. and Johnson, G.I. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra. Pp. 128–130.
- Coto, D., Saunders, J.L., Vargas, C.L. & King, A.B.S., 1995. Plagas invertebradas de cultivos tropicales con énfasis en América central. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica, Manual Técnico* 12.
- Crespo, M., Cazorla, F. M., Hermoso, J. M., Guirado, E., Maymon, M., Tores, J. A., Freeman, S. & de Vicente, A., 2012. First report of mango malformation disease caused by *Fusarium mangiferae* in Spain. *Plant Disease* 96: 286–287.

- Cronje, C., Wehnwe, F. C. & Kotze, J. M. 1990. *Alternaria alternata* as a lesion pathogen of mango inflorescences in South Africa. *Phytophylactica* 22: 117–118.
- Crookes, C. A. & Rijkenberg, F. H. J., 1985. A literature review of the distribution, symptomatology, cause and control of mango blossom malformation. *South African Mango Growers Association Research Report* 5: 15–24.
- Cunningham, C., 1984. Mango insect pest. In: “Australian Mango Research Workshop”. 26–30 November 1984. CSIRO, Melbourne. Pp. 211-224.
- Dag, A., Eisenstein, D. & Gazit, S., 2001. Effects of three fungicides used to control powdery mildew in mango on pollen germination and pollen-tube growth. In: *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*, vol. 43: 123-126.
- Daneel, M. & Joubert, P., 2009. Biological control of the mango scale *Aulacaspis tubercularis* Newstead (Coccidae: Diaspididae) by a parasitoid *Aphytis chionaspis* Ren (Hymenoptera: Aphelinidae). *Acta Horticulturae*, 820: 567–74.
- Darvas, J.M., 1987. Control of mango blossom malformation with trunk injection. *South African Mango Grower's Association Yearbook* 7: 21-24.
- Darvas, J.M., 1993. *Dothiorella dominicana*, an important mango pathogen in South Africa. *Acta Horticulturae* 341: 321–328.
- Das Gupta, S.N. & Zacchariah, H.T., 1945. Studies on the diseases of *Mangifera indica*. Part V. On the die-back of mango trees. *Journal of the Indian Botanical Society* 24, 101–108. (Abstract in *Review of Applied Mycology*, 25: 267–268.
- De, K. & Pande, Y.D., 1987. Evaluation of certain non-insecticidal methods of reducing infestation of the mango nut weevil, *Sternochetus gravis* (F.) in India. *Tropical Pest Management* 33: 27–28.
- De Faveri, S., 2018. Integrated pest management and biological pest control strategies in mango cultivation. In: “Pests and Their Management”, edited by Omkar. Published by Springer Nature Signature. Pp. 511-541. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2017.0026.21>.
- De Jesus, LRA & Cortez F., 1998. Field infestation and chemical control of the mango pulp weevil, *Sternochetus frigidus* (Fabr) in Palawan. *Philipp Agric* 81(3 & 4): 131-140.
- De la Rosa, W., Lopez, F.L. & Liedo, P., 2002. *Beauveria bassiana* as a pathogen of the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) under laboratory conditions. *Journal of Economic Entomology* 95: 36–43.
- De Laroussilhe, F., 1980. Le Manguier. G.P. Masoneuve & Larose, Paris.
- De Macedo, F.P., 1998. Efeitos da aplicacao de acido giberelico em manga (*Mangifera indica* L.) cultivar Tommy Atkins: aspectos horticulturais e entomologicos. Tesis de doctorado, Universidade de Sao Paulo, Brazil, 120 pp.
- Desai, S.A., 1998. Tridemefon in the control of powdery mildew of mango. *Karnataka Journal of Agricultural Science* 11: 244-245.
- Devi Thangam, S., Verghese, A., Dinesh, M.R., Vasugi, C. & Kamala Jayanthi, P.D., 2013. Germplasm evaluation of mango for preference of the mango hopper, *Idioscopus nitidulus* (Walker) (Hemiptera: Cicadellidae): The first step in understanding the host plant resistance. *Pest Manag Hort Ecosyst* 19: 10–16.
- Dias, N.P., Zotti, M.J., Montoya, P., Carvalho, I.R. & Nava, D.E., 2018. Fruit fly management research: a systematic review of monitoring and control tactics in the world. *Crop Protection* 112: 187-200.

- Díaz-Fleischer, F. & Aluja, M., 2003. Clutch size in frugivorous insects as a function of host firmness: the case of the tephritid fly *Anastrepha ludens*. *Ecological Entomology* 28: 268–277.
- Díaz-Fleischer, F., Toledo, J., Enkerlin, W. & Fernandez, J., 1996. Cyromazine: effects on three species of *Anastrepha*. In “Fruit Fly Pests: a World Assessment of their Biology and Management”, edited by McPherson, B. & Steck, G. Published by St Lucie Press, Delray Beach, Florida. Pp. 336–337.
- Díaz-Fleischer, F., Pérez-Staples, D., Cabrera-Mireles, H., Montoya, P. & Liedo, P., 2017. Novel insecticides and bait stations for the control of *Anastrepha* fruit flies in mango orchards. *J. Pest. Sci.* 90, 865–872.
- Dimbi, S., Maniania, N.K., Lux, S., Ekesi, S. & Mueke, J.K., 2003. Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, to three adult fruit fly species: *Ceratitis capitata* (Wiedemann), *C. rosa* var. *fasciventris* Karsch and *C. cosyra* (Walker) (Diptera: Tephritidae). *Mycopathologia* 156: 375–382.
- Dodd, J.C., Estrada, A.B., Matcham, J., Jeffries, P. & Jeger, M.J., 1991a. The effect of climatic factors on *Colletotrichum gloeosporioides*, the causal agent of mango anthracnose, in the Philippines. *Plant Pathology* 40: 568–575.
- Dodd, J.C., Bugante, R., Koomen, I., Jeffries, P. & Jeger, M.J., 1991b. Pre- and post-harvest control of mango anthracnose in the Philippines. *Plant Pathology* 40: 576–583.
- Dodd, J.C., Prusky, D. & Jeffries, P., 1997. Fruit diseases. In: “The Mango: Botany, Production and Uses”, edited by R.E. Litz. Published by CAB International, Wallingford, UK. Pp. 257–280.
- Domsch, K.H., Gams, W. & Anderson, T.H., 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press, London.
- Dos Santos, M.G., Gonçalves, A.C. Jr, Junior, D.L.B., Schwantes, D., Campagnolo, M.A., Coelho, G.F., Parizotto, A.A, Zimmermann, J. & Vargas de Toledo, M., 2016. Utilização de medicamentos homeopáticos para remediação de solos contaminados por metais tóxicos. *Journal of Agronomic Sciences*, 5: 26-45.
- Droby, S., Wisniewski, M., Teixido, N., Spadaro, D. and Jijakli, M. H., 2016. The science, development, and commercialization of postharvest biocontrol products. *Postharvest Biology and Technology* 122: 22–29.
- Epsky, N., Hendrichs, J., Katsoyannos, B., Vasquez, A., Ros, J., Zumreolu, A., Bakri, A., Seewooruthum, S. & Heath, R., 1999. Field evaluation of female-targeted trapping systems for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in seven countries. *Journal of Economic Entomology* 92: 156–164.
- Eshel, D., Miara, I., Ailing, T., Dinoor, A. & Prusky, D., 2002. pH regulates endoglucanase expression and virulence of *Alternaria alternata* in persimmon fruits. *Molecular Plant Microbe Interactions* 15: 774–779.
- Estrada, A.B., Jeffries, P. & Dodd, J.C., 1996. Field evaluation of a predictive model to control anthracnose disease of mango in the Philippines. *Plant Pathology* 45: 294–301.
- Fallik, E., 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). *Postharvest Biology and Technology* 32: 125–134.
- FAO/IAEA, 2019. Use of Entomopathogenic Fungi for Fruit Fly Control in Area-Wide SIT Programmes, edited by Villaseñor, A. Flores, S., Campos, S.E., Toledo, J.P., Montoya, P., Liedo, P. and Enkerlin, W. Published by Food and Agriculture Organization of the United Nations/ International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. 43pp.
- Fasih, M. & Srivastava, R.P., 1990. Parasites and predators of insect pests of mango. *Integrated Pest Control* 32: 39–41.

- FDA (Food and Drugs Administration), 2020. <https://www.fda.gov/drugs/information-drug-class/homeopathic-products>
- Fitzell, R. D., Peak, C. M. & Darnell, R. E., 1984. A model for estimating infection levels of anthracnose disease of mango. *Annals of Applied Biology* 104: 451–458.
- Flechtmann, C. H. W., Kimati, H., Medcalf, J. C. & Ferre, J., 1973. Preliminary observations on malformation in mango (*Mangifera indica* L.) inflorescences and the fungus, insects and mite found on them. *Review of Plant Pathology* 52: 162–163.
- Flores, S., Montoya, P., Toledo, J. & Enkerlin, W., 2014. Estimation of populations and sterility induction in *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) fruit flies. *J. Econ. Entomol.* 107: 1502–1507.
- Flores, S., Gómez-Escobar, E., Liedo, P., Toledo, J. & Montoya, P., 2017. Density estimation and optimal sterile-to-wild ratio to induce sterility in *Anastrepha obliqua* populations. *Entomol. Exp. Appl.* 164: 284–290.
- Follett, P. A., 2001. Irradiation as a quarantine treatment for mango seed weevil (Coleoptera: Curculionidae). *Proc. Hawaii Entomol. Soc.* 35: 95–100.
- Follett, P. & Neven, L.G., 2006. Current trends in quarantine entomology. *Annual Review of Entomology* 51: 359–385.
- Freeman, S., Otero-Colina, G., Rodriguez-Alvarado, G., Fernandez-Pavia, S., Maymon, M., Ploetz, R.C., Aoki, T. & O'Donnell, K., 2014a. First report of mango malformation disease caused by *Fusarium pseudocircinatum* in Mexico. *Plant Disease* 8: 1583.
- Freeman, S., Shtienberg, D., Maymon, M., Levin, A. G. & Ploetz, R. C., 2014b. New insights into mango malformation disease epidemiology lead to a new integrated management strategy for subtropical environments. *Plant Disease* 98: 1456–1466.
- Gagné, R.J., & Medina, C., 2004. A new species of Procontarinia (Diptera: Cecidomyiidae), an important new pest in the Philippines. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 106: 19–25.
- García-Medel, D., Sivinski, J., Díaz-Fleischer, F., Ramírez-Romero, R. & Aluja, M., 2007. Foraging behavior by six fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) released as single- or multiple-species cohorts in field cages: influence of fruit location and host density. *Biological Control* 43: 12–22.
- García-Ramírez, M.J., Cibraian-Tovat, J., Arzufo-Barrera, R., López-Collado, J. & Soto-Hernández, M., 2004. Preferencia de *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera: Tephritidae) por volátiles de frutos verdes o amarillos de mango y naranja. *Agrociencia* 38: 423–430.
- Giardini-Bonfim, F.P., Dias-Casali, V.W. & Ronie-Martins, E., 2012 Germinação e vigor de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), peletizadas com preparados homeopáticos de *Natrum muriaticum*, submetidas a estresse salino. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer-Goiânia, 8 (14): 625-633.
- Godase, S.K., Bhole, S.R., Shivpuje, P.R. & Patil, B.P., 2004. Assessment of yield loss in mango (*Mangifera indica*) due to mango hopper (*Idioscopus niveoparvasus*) (Homoptera: Cicadellidae). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 74: 370–372.
- Golez, H.G., 1991. Bionomics and control of the mango seed borer, *Noorda albizonalis* Hampson (Pyralidae: Lepidoptera). *Acta Horticulturae* 291: 418–424.
- Gagnevin, L. & Pruvost, O., 2001. Epidemiology and control of mango bacterial black spot. *Plant Disease* 85: 928–935.

- Govender, V., Korsten, L. & Sivakumar, D., 2005. Semi-commercial evaluation of *Bacillus licheniformis* to control mango postharvest diseases in South Africa. *Postharvest Biology and Technology*, 48: 254–258.
- Guentzel, J. L., Lam, K. L., Callan, M. A., Emmons, S. A. & Dunham, V. L., 2010. Postharvest management of gray mold and brown rot on surfaces of peaches and grapes using electrolyzed oxidizing water. *International Journal of Food Microbiology* 143: 54–60.
- Gupta, J.H. & Yadav, A.S., 1984. Chemical control of powdery mildew of mango. *Indian Journal of Mycology and Plant Pathology* 14: 297-298.
- Haji, F. N. P., Barbosa, F. R., Lopes, P. C. R., Moreira, A. N., de Alencar, J. A. & Ferreira, R. C. F., 2004. Monitoring mango pests within an integrated production program in Brazil. *Acta Horticulturae* 645: 163–165.
- Hallman, G.J. & Sharp, J.L., 1990. Mortality of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) larvae infesting mangoes subjected to hot-water treatment, then immersion cooling. *Journal of Economic Entomology* 83: 2320–2323.
- Hansen, J.D., 1993. Dynamics and control of the mango seed weevil. *Acta Horticulturae* 341: 415–420.
- Hansen, J.D. & Armstrong, J.W., 1990. The failure of field sanitation to reduce infestation by the mango nut weevil, *Cryptorhynchus mangiferae* (F.) (Coleoptera: Curculionidae). *Tropical Pest Management* 36: 359–361.
- Heath, R.R., Epsky, N.D., Guzman, A., Dueben, B.D., Manukian, A. & Meyer, W.L., 1995. Development of a dry plastic insect trap with food-based synthetic attractant for the Mediterranean and Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 88: 1307–1315.
- Heath, R.R., Epsky, N.D., Dueben, B.D., Rizo, J. & Jeronimo, F., 1997. Adding methyl substitute ammonia derivatives to food-based synthetic attractant on capture of the Mediterranean and Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 90: 1584–1589.
- Hennesey, M. & Schnell, R.J., 2001. Resistance of immature mango fruits to Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist* 84: 318–319.
- Hernandez-Sanchez, G., Sanz-Barbosa, I., Casana-Giner, V. & Primo-Yufera, E., 2001. Attractiveness for *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Dipt., Tephritidae) of mango (*Mangifera indica*, cv. Tommy Atkins) airborne terpenes. *Journal of Applied Entomology* 125: 189–192.
- Herrera, A.J. & Vinas, L.E., 1977. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) on mangoes in Chulucanas, Piura. *Revista Peruana de Entomologia* 20: 107–114.
- Hingorani, M.K., Sharma, O.P. & Sohi, H.S., 1960. Studies on blight disease of mango caused by *Macrophoma mangiferae*. *Indian Phytopathology* 13: 137–143.
- Hoffman, H., 1860. Untersuchungen über die Keimung der Pilzsporen. *Jb. Wiss. Bot.*, 2: 267-337.
- Hofman, P.J., Smith, L.G., Joyce, D.C., Johnson, G.I. & Meiburg, G.F., 1997. Bagging of mango (*Mangifera indica* cv. 'Keitt') fruit influences fruit quality and mineral composition. *Postharvest Biology and Technology* 12: 83–91.
- Holliday, P., 1980. *Fungus Diseases of Tropical Crops*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Honger, J.O., Offei, S.K., Oduro, K.A., Odamtten, G.T., & Nyaku, S.T., 2014. Identification and species status of the mango biotype of *Colletotrichum gloeosporioides* in Ghana. *European Journal of Plant Pathology* 140 (3): 455–467.

- Hsu, J.-C. & Feng, H.-T. (2006) Development of resistance to Sinosad in oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in laboratory selection and cross-resistance. *Journal of Economic Entomology* 99: 931–936.
- Huete, M. & Arias, S., 2007. Manual para la Producción de Mango. USAID-RED. Proyecto de Diversificación Económica Rural.
- Hughes, S.J., 1980. New Zealand Fungi 29. *Rhinocladium* Sacc. et March. *New Zealand Journal of Botany* 18: 163–172.
- Hussain, S., Masud, T. & Ahad, K., 2002. Determination of pesticides residues in selected varieties of mango. *Pakistan Journal of Nutrition* 1(1): 41-42.
- IAEA, 2003. Trapping Guidelines for Area-wide Fruit Fly Programmes. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- ICAR, 2014. Management of mango trunk borer (*Batocera rufobaculata*). <http://www.cish.res.in/Technologies/Management%20of%20Stem%20borer%20final%20%20English.pdf>.
- Ihsan, J., Ahmad, I., Sajid, M.N., Muhammad, F. & Saleem, A., 1999. Incidence of powdery mildew of mango in the Punjab and evaluation of protective and curative fungicides for the control of disease. *Pakistan Journal of Phytopathology* 11: 67-69.
- Iqbal, Z, Akhtar, N., Ghazanfar, M.U., Shehzad, S.M., Ahmad, S., Asif, M., Yasin, M., Pervez, M.A., Dasti, A.A. & Saleem, A., 2011. Management of mango malformation through physical alteration and chemical spray. *African Journal of Agricultural Research* 6 (7): 1897-1901.
- Islam, M.S. & Elegio, D.T., 1997. Effect of time and frequency of insecticide spraying on the control of mango leafhoppers (*Idioscopus* spp.). *Bangladesh Journal of Entomology* 7: 93–99.
- Istianto, M. & Soemargono, A., 2015. The effect of citronella essential oil on controlling the mango red-banded caterpillar, *Noorda albizonalis* Hampson (Lepidoptera: Pyralidae). *Jordan Journal of Biological Sciences* 8(2): 77-80.
- Iyer, C. P. A., 2004. Growing mango under organic system. *Acta Horticulturae* 645: 71–84.
- Iwahashi, O., 1984. The control project of the oriental fruit fly in Okinawa. *Chinese Journal of Entomology* 4: 107–120. (in Chinese)
- Janisiewicz, W.J. & Conway, W.S., 2010. Combining biological control with physical and chemical treatments to control fruit decay after harvest. *Stewart Postharvest Review* 6 (1): 1–16.
- Janisiewicz, W.J., Jurick Li, W.M., Vico I., Peter K.A. & Buyer J.S., 2013. Culturable bacteria from plum fruit surfaces and their potential for controlling brown rot after harvest. *Post-harvest Biology and Technology* 76: 145–151.
- Jayanthi, P.D.K., Verghese, A., Shashank. P.R. & Kempraj. V., 2014a. Spread of indigenous restricted fruit borer, *Citripestis eutrappera* (Meyrick) (Pyralidae: Lepidoptera) in mango-time for domestic quarantine regulatory reforms. *Pest Manag Hort Ecosyst* 20(2): 227–230.
- Jayanthi, P.D.K., Verghese, A., Arthikruba, A., Sowmya, B.R. & Bhatt, R.M., 2014b. Emerging pests of mango under changing climate scenario, Technical bulletin no. 18. Indian Institute of Horticultural Research, Bengaluru.
- Jeffries, P., Dodd, J. C., Jeger, M. J. & Plumbley, R. A., 1990. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruit crops. *Plant Pathology* 39: 343–366.

- Jeffries, P. & Koomen, I., 1992. Strategies and prospects for biological control of diseases caused by *Colletotrichum*. In: "Colletotrichum: Biology, Pathology and Control", edited by Bailey, J.A. and Jeger, M.J. Published by CAB International, Wallingford, UK. Pp. 337–357.
- Jhala, R.C., Shah, A.H., Patel, Z.P. & Patel, R.L., 1989. Studies on population dynamics of mango hopper and scope of spraying in integrated pest management programme. *Acta Horti* 231: 597–601.
- Jiron, L.F., 1995. Opciones al uso de insecticidas en mango. In: "Opciones al uso Unilateral de Plaguicidas en Costa Rica. Vol. 2", edited by Garcia, J., Fuentes, G. and Monge, J. Published by Editorial Euned, San Jose, Costa Rica. Pp. 129–155.
- Jiron, L.F. & Soto-Manitiu, J., 1987. Las Moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) en Costa Rica: situacion actual, analisis y comentario. *Agronomia Costarricense* 11: 255–261.
- Joel, D.M., 1980. Resin ducts in the mango fruit: a defense system. *Journal of Experimental Botany* 30: 1707–1718.
- Johnson, G.I., 1994a. Powdery mildew. In "Compendium of Tropical Fruit Diseases", edited by Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishijima, W., Rohrbach, K. and Ohr, H.D. Published by American Phytopathological Society (APS) Press, St Paul, Minnesota, USA. Pp. 38–39.
- Johnson, G.I., 1994b. Stem-end rot. In "Compendium of Tropical Fruit Diseases", edited by Ploetz, R.C., Zentmyer, G.A., Nishijima, W., Rohrbach, K. and Ohr, H.D. Published by American Phytopathological Society (APS) Press, St Paul, Minnesota, USA. Pp. 39–41.
- Johnson, G.I., Muirhead, I.F., Mayers, P. & Cooke, T., 1989. Diseases. In: "Mango Pests and Disorders", edited by Ridgeway, R. Department of Primary Industries, Brisbane, Queensland. Pp. 1–9.
- Johnson, G.I., Boag, T.S., Cooke, A.W., Izard, M., Panitz, M. & Sangchote, S., 1990. Inteaaction of post-harvest disease control treatments and gamma irradiation in mangoes. *Annals of Applied Biology*, 116 (2): 245-257.
- Johnson, G.I., Cooke, A.W., Mead, A.J. & Wells, L.A., 1991. Stem end rot of mango in Australia: causes and control. *Acta Horticulturae* 219: 288–295.
- Johnson, G.I., Mead, A.J., Cooke, A.W. & Dean, J.R., 1992. Mango stem end rot pathogens – fruit infection by endophytic colonization of the infl orescence and pedicel. *Annals of Applied Biology* 120: 225–234.
- Johnson, E.M., Sutton, T.B. & Hodges, C.S., 1997. Etiology of apple sooty blotch disease in North Carolina. *Phytopathology* 87, 88–95.
- Jones, R.W. & Prusky, D., 2001. Expression of an antifungal peptide in *Saccharomyces*: a new approach for biocontrol of the postharvest disease caused by *Colletotrichum coccodes*. *Phytopathology* 92: 33–37.
- Joubert, M. H., 1991. Implications of epidemiological studies on strategies for control of powdery mildew and anthracnose. *Yearbook South African Mango Growers Association*, 11: 26-28.
- Joubert, T.H. & Labuschagne, T.I., 1995. Alternative measures for controlling mango seed weevil, *Sternochetus mangiferae* (F). *Yearbook South African Mangos' Grower Association*, 15: 94-96.
- Joubert, P., Daneel, M. & Grove, T., 2000. Progress towards integrated pest management (IPM) on mangoes in South Africa. *Acta Horticulturae*, 509: 811–17.
- Junqueira, N. T. V., Pinto, A. C.de Q., da Cunha, M. M. & Ramos, V. H. V., 2002. Controle das doencas da mangueira. In: "Controle de Doencas de Plantas Fruteiras. Vol. 1", edited by Zambolin, L., do Vale, F. X. R., Monteiro, A. J. A. and Costa, H. Universidade Federal de Vicosa, Vicosa. Pp. 323-403.

- Kadman, A. & Gazit, S., 1984. The problem of iron deficiency in mango trees and experiments to cure it in Israel. *Journal of Plant Nutrition* 7: 282–90.
- Kamil, F.H., Saeed, E.E., El-Tarabily, K.A. & AbuQamar, S.F., 2018. Biological control of mango dieback disease caused by *Lasiodiplodia theobromae* using streptomycete and non-streptomycete actinobacteria in the United Arab Emirates. *Front. Microbiol.* 9: 829. doi: 10.3389/fmicb.2018.00829.
- Katoch, P., Katoch, A. & Dangi, P., 2019. An overview on mango malformation and the potential approaches to their management. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 8 (4): 621-626.
- Kaur, L. Gupta, B., Sharma, I.M., & Joshi, A.K., 2018. Eco-friendly management of powdery mildew of mango through biocontrol agents. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7 (10): 392-396.
- Kawate, M., 1993. Pesticides registered for mango. In: “Proceedings: Conference on Mango in Hawaii”, edited by Chia, C.L., Evans, D.O. University of Hawaii at Manoa. Pp. 25-27.
- Keliikuli, A., Smith, K., Li, Y. & Lee, C.N., 2019. Natural Farming: The Development of Indigenous Microorganisms Using Korean Natural Farming Methods. *Sustainable Agriculture*, Dec. 2019. Pp 9.
- Kehri, K.H. & Chandra, S., 1986. Control of *Botryodiplodia* rot of guava with a homeopathic drug. *Natl Acad Sci Lett*, 9: 301–302.
- Khanzada, A.G. & Naqvi, K.M., 1985. The optimum time for the control of mango hopper *Idioscopus* spp. (Hemiptera: Cicadellidae). *Proceedings of the Entomological Society of Karachi* 14/15: 149–156.
- Khanna, K.K. & Chandra, S., 1978. A homoeopathic drug controls mango fruit rot caused by *Pestalotia mangiferae* Henn. *Experientia* 34: 1167–1168.
- King, J.R. & Hennessey, M.K., 1996. Spinosad bait for the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist* 79: 526–531.
- Kishun, R., 1994. Evaluation of phylloplane micro-organisms from mango against *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*. *Indian Phytopathology* 47: 313.
- Kok I. B., 1979. Control of the mango seed weevil by trapping and irradiation. (Beheer van die mangosnuitkewer met klem op bestraling.). *Citrus and Subtropical Fruit Journal*. 14-16.
- Kolesik, P., Rice, A., Bellis, G. & Winthersohn, M., 2009. Procontarinia pustulata, a new gall midge species (Diptera: Cecidomyiidae) feeding on mango, *Mangifera indica* (Anacardiaceae), in northern Australia and Papua New Guinea. *Australian Journal of Entomology* 48(4): 310 – 316.
- Korsten, L. 2004. Biological control in Africa: Can it provide a sustainable solution for control of fruit diseases?. *South African Journal of Botany* 70 (1): 128–39.
- Korsten, L., 2006. Advances in control of postharvest diseases in tropical fresh produce. *International Journal of Postharvest Technology and Innovation* 1: 48–61.
- Kudagamage, C., de Z. Rajapakse, H.L., Rajapakse, R.H. & Ratnasekara, D., 2001. The population dynamics and insecticidal control of three leaf hoppers, *Amrytodus brevistilus* Leth., *Idioscopus niveosparus* Leth., and *Idioscopus clipealis* Leth. (Homoptera: Cicadellidae) in mango. *Journal of Entomological Research* 25: 121–125.
- Kueprakone, U., Saengkong, S., Pienpuck, K. & Choobumroong, W., 1986. *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl., the causal organism of black rot of mango seedlings. *Thai Agricultural Research Journal* 4: 67–73.

- Kumar, J. & Beniwal, S.P.S., 1991. Mango malformation. In "Plant Diseases of International Importance. Vol. III: Diseases of Fruit Crops", edited by Kumar, J., Chaube, H.S., Singh, U.S. and Mukhopadhyay, A.N. Published by Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. Pp. 357–393.
- Kumar, S., Rai, A., Patel, C. & Bhatl, R., 1993. Studies on spatial distribution of *Amritodes atkinsoni* (Leth.) infesting mango in south Gujarat, India. (Abstract). *IV International Mango Symposium*, p. 122.
- Kumar, P., Misra, A.K., Pandey, B.K., Misra, S.P. & Modi, D.R., 2009. Eco-friendly management of mango malformation (*Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* = *Fusarium subglutinans*) through certain plant leaf extracts. *Journal of Eco-friendly Agriculture* 4 (1): 61-64.
- Kumar, P., Misra, A.J., Raj Modi, D.R. & Gupta, V.K. 2012. Biocontrol potential of Trichoderma species against mango malformation pathogens. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45 (10): 1237-1245.
- Kvas, M., Steenkamp, E. T., Al Adawi, A. O., Deadman, M. L., Al Jahwari, A. A., Marasas, W. F. O., Wingfield, B. D., Ploetz, R. C. & Wingfield, M. J., 2008. *Fusarium mangiferae* associated with mango malformation in the Sultanate of Oman. *European Journal of Plant Pathology* 121: 195–199.
- Lasa, R., Ortega, R. & Rull, J. 2013. Towards development of a mass trapping device for Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) control. *Florida Entomologist* 96: 1135–1142.
- Le Lagadec, M. D., 2004. The control of mango scale in commercial orchards through the use of the predatory beetle *Cybocephalus binotatus*. *Acta Horticulturae* 645: 509–15.
- Lezama-Gutierrez, R., Trujillo, A., Molina-Ochoa, J., Rebolledo-Dominguez, O., Pescador, A., Lopez-Edwards, M. & Aluja, M., 2000. Virulence of *Metarrizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hypomycetes) on *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae): laboratory and field trials. *Journal of Economic Entomology* 93: 1080–1084.
- Lezama-Gutiérrez, R., Molina-Ochoa, J., Pescador-Rubio, A., Galindo-Velasco, E., Ángel-Sahagún, C.A., Michel-Aceves, A.C. & González-Reyes, E., 2006. Efficacy of steinernematid nematodes (Rhabditida: Steinernematidae) on the suppression of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) larvae in soil of differing textures: laboratory and field trials. *J. Agric. Urban Entomol.* 23: 41–49.
- Liburd, O.E., Holler, T.C. & Moses, A.L., 2004. Toxicity of Imidacloprid-treated spheres to Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) and its parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) in the laboratory. *Journal of Economic Entomology* 97: 525–529.
- Liew, E. C. Y., Laurence, M. H., Pearce, C., Shivas, R. G., Johnson, G. I., Tan, Y. P., Edwards, J., Perry, S., Cooke, A. W. & Summerell, B. A., 2016. Review of *Fusarium* species isolated in association with mango malformation in Australia. *Australasian Plant Pathology* 45: 547–559.
- Lim, T.C. & Khoo, K.C., 1985. Diseases and disorders of mango in Malaysia. Tropical Press: Kuala Lumpur, Malaysia.
- Lima, C. S., Pfenning, L. H., Costa, S. S., Abreu, L. M. & Leslie, J. F., 2012. *Fusarium tuiense* sp. nov., a member of the *Gibberella fujikuroi* complex that causes mango malformation in Brazil. *Mycologia* 104: 1408–1419.
- Lima, N.B., Batista, M.V.A., De Morais, M.A., Jr., Barbosa, M.A.G., Michereff, S.J., Hyde, K.D., & Câmara, M.P.S., 2013. Five *Colletotrichum* species are responsible for mango anthracnose in northeastern Brazil. *Fungal Diversity* 61: 75–88
- Lima, G. P. P., Machado, T. M., de Oliveira, L. M., da Silva Borges, L., de Albuquerque Pedrosa, V., Vanzani, P. & Vianello, F., 2014. Ozonated water and chlorine effects on the antioxidant properties of organic and conventional broccoli during postharvest. *Scientific Agriculture* 71: 151–156.

- Lindgren, J. & Vail, P., 1986. Susceptibility of Mediterranean fruit fly, melon fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) to the entomogenous nematode *Steinernema feltiae* in laboratory tests. *Environmental Entomology* 4: 465–468.
- Lonsdale, J. H. & Kotze, J. M., 1993. Chemical control of mango blossom diseases and the effect on fruit set and yield. *Plant Disease* 77: 558–562.
- Lopez, F., Chambers, D., Sanchez, M. & Kamasaki, H., 1969. Control of the Mexican fruit fly by bait sprays concentrated at discrete locations. *Journal of Economic Entomology* 62: 1255–1257.
- Lopez, M., Aluja, M. & Sivinski, J., 1999. Hymenopterous larval-pupal and pupal parasitoids of *Anastrepha* flies (Diptera: Tephritidae) in Mexico. *Biological Control* 15: 119–129.
- Lourd, M. & Keuli, S. D., 1975. Note sur un chancre a *Phytophthora* du manguier en Cote d'Ivoire. *Fruits* 30: 541–544.
- Louw, C.E., 2009. Biology and control of the mango seed weevil in South Africa. Department of Zoology and Entomology. Faculty of Natural and Agricultural Sciences University of the Free State of Bloemfontein.
- Louw, C.E., 2013. The mango seed weevil: *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae); understanding the pest in order to ensure effective control measures. *Acta Horti* 992: 441-457.
- Love, K., Bowen, R. & Paull, R., 2003. Increasing marketable production of exotic tropical fruit with protective covering. *Western Region, Sustainable Agriculture Research and Education, Project Report, Farmer/Rancher, Sustainable Agriculture Research and Education, Utah State University, Captain Cook, Hawaii, USA.*
- Luo, S., Wan, B., Feng, S. & Shao, Y., 2015. Biocontrol of postharvest anthracnose of mango fruit with *debaryomyces nepalensis* and effects on storage quality and postharvest physiology. *Journal of Food Science* 80: 2555–2563.
- Lurie, S., 1998. Postharvest heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* 14: 257–69.
- Lux, S.A., Ekesi, S., Dimbi, S., Mohamed, S. & Billah, M., 2003. Mango-infesting fruit flies in Africa: perspectives and limitations of biological approaches to their management. In: “Biological Control in IPM Systems in Africa”, edited by Neuenschwander, P., Borgemeister, C. and Langewald, J. Published by CAB International, Wallingford, UK. Pp. 277–293.
- Malaguti, G. & de Reyes, C., 1964. A gall disease of cacao and mango in Venezuela caused by *Calonectria rigidiuscula*. *Phytopathology* 54: 499.
- Malo E.A. & Zapien, G.I., 1994. McPhail trap captures of *Anastrepha obliqua* and *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) in relation to time of day. *Florida Entomologist* 77: 290–294.
- Mangan, R.L. & Hallman, G.H., 1998. Temperature treatments for quarantine security: new approaches for fresh commodities. In: “Temperature Sensitivity in Insects and Application in Integrated Pest Management”, edited by Hallman, G.H. and Denlinger, D.L. Published by Westview Press, Boulder, Colorado. Pp. 201–234.
- Mangan, R.L. & Moreno, D.S., 2007. Development of bait stations for fruit fly population suppression. *Journal of Economic Entomology* 100: 440–450.
- Mangan, R.L. & Sharp, J.L., 1994. Combination treatments. In: “Quarantine Treatments for Pests of Food Plants”, edited by Sharp, J.L. and Hallman, G.H. Published by Westview Press, Boulder, Colorado. Pp. 239–247.

- Mangan, R.L., Moreno, D.S., & Thompson, G.D., 2006. Bait dilution, spinosad concentration, and efficacy of GF-120 based fruit fly sprays. *Crop Protection* 25: 125–133.
- Manicom, B. Q. & Pruvost, O. P., 1994. Bacterial black spot. In “Compendium of Tropical Fruit Diseases”, edited by Ploetz, R. C., Zentmyer, G. A., Nishijima, W. T., Rohrbach, K. G. and Ohr, H. D. Published by APS Press, St Paul, USA. Pp. 41-42.
- Manoukis, N.C., Vargas, R.I., Carvalho, L., Fezza, T., Wilson, S., Collier, T. & Shelly, T.E., 2019. A field test on the effectiveness of male annihilation technique against *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) at varying application densities. *PLOS ONE* 14(3): e0213337.
- Marasas, W. F. O., Ploetz, R. C., Wingfield, M. J., Wingfield, B. D. & Steenkamp, E. T., 2006. Mango malformation disease and the associated *Fusarium* species. *Phytopathology* 96: 667–72.
- Marlatt, R.B., Knight, R.J., Jr & Goldweber, S., 1970. *Verticillium* wilt of mango (*Mangifera indica*) in Florida. *Plant Disease Reporter* 54: 569–571.
- MARNDR (Ministry of Agriculture, Natural Resources, and Rural Development), 2014. Données d’identification des insectes capturés (2008–2014). Division of Plant Protection (DPV), Port-au-Prince, Haiti.
- Martínez-Ferrer, M.T., Campos, J.M. & Fibla, J.M., 2012. Field efficacy of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) mass trapping technique on clementine groves in Spain. *Journal of Applied Entomology* 136 (3): 161-240.
- Martorell, L.F., 1975. Annotated Food Plant Catalog of the Insects of Puerto Rico. Agricultural Experiment Station, University of Puerto Rico, Rio Piedras, Puerto Rico.
- Matheron, M. E. & Matejka, J. C., 1988. Phytophthora crown and root rot on nursery-grown mango trees delivered to Arizona. *Phytopathology* 78: 1572.
- Mazón-Suástegui, J.M., Ojeda-Silvera, C. M., García-Bernal, M., Avilés-Quevedo, M. A., Abasolo-Pacheco, F., Batista-Sánchez, D., Tovar-Ramírez, D., Arcos-Ortega, F., Murillo-Amador, B., Nieto-Garibay, A., Ferrer-Sánchez, Y., Morelos-Castro, R. M., Alvarado-Mendoza, A., Díaz-Díaz, M. & Bonilla-Montalvan, B., 2019. Agricultural Homoeopathy: A New Insight into Organics [Online First], IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.84482.
- McGrath, M. & Andrews, J. 2005. What an epiphyte can teach us about foliar biocontrol: *Aureobasidium pullulans* on apple leaves as a model system. *Phytopathology* 95 (6): 568–568.
- McQuate, G.T., Peck, S.L., Barr, P.G. & Sylva, C.D., 2005. Comparative evaluation of spinosad and phloxine B as toxicants in protein baits for suppression of three fruit fly (Diptera: Tephritidae) species. *Journal of Economic Entomology* 98, 1170–1178.
- McSorley, R, Parrado, J. L. & Goldweber, S., 1980. Observations on a mango decline in South Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 93: 132–133.
- Medina, C.D.R., Ronquillo, S.J.Q., Mendiolo, M.S., Kolesik, P. & Newton I. (2017) Morphological and molecular characterization of the various species of *Procontarinia* (Diptera: Cecidomyiidae) attacking mango in the Philippines. *Acta Horticulturae* 1183: 287-290.
- Medina-Urrutia, V.M., Reyes-Hernández, J.E., Virgen-Calleros, G. & Pimienta-Barrios, E., 2018. Organic mango production. A review. In: “Achieving sustainable cultivation of mangoes”, edited by Galán-Saúco, V. and Lu, P. Published by Burleigh Dodds Science, Cambridge, UK. Pp. 229-268.
- Mertilus, F., Peña, J.E., Ring, D. & Schowalter, T., 2017. Inexpensive artisanal traps for mass trapping of fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Haiti. *Florida Entomologist* 100(2): 390-395.

- Minas, I. S., Tanou, G., Belghazi, M., Job, D., Manganaris, G. A., Molassiotis, A. & Vasilakakis, M., 2012. Physiological and proteomic approaches to address the active role of ozone in kiwifruit post-harvest ripening. *Journal of Experimental Botany* 63: 2449–2464.
- Misra, A. K. & Prakash, O., 1992. Control of bacterial canker of mango by chemicals. *Pesticides* 18: 32–33.
- Misra, A., Pandey, D. & Singh, V.K., 2000. Mango malformation- An overview. In “Advances in Plant Diseases Mangement”, edited by Kumar, U., Kumar, K. and Srivastava, M. Published by Advance Publishing Concept. Pp. 185- 214.
- Modolon, T.A.; Boff, P., Boff, M.I.C. & Miquelluti, D.J., 2012. Homeopathic and high dilution preparations for pest management to tomato crop under organic production system. *Horticultura Brasileira*, 30: 51-57.
- Mohyuddin, A.I., 1981. A review of biological control in Pakistán. In: “Proceedings of the Second Pakistán Congress of Zoology”, Tandojam, Pakistán. Pp. 31–79.
- Mohyuddin, A.I. & Mahmood, R., 1993. Integrated control of mango pests in Pakistán. *Acta Horticulturae* 341: 467–483.
- Monaco, K. D. A., Costa, S. M., Minatel, L. O., Correa, C. R., Calero, F. A., Vianellod, F. & Lima, G. P. P., 2016. Influence of ozonated water sanitation on postharvest quality of conventionally and organically cultivated mangoes after postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 120: 69–75.
- Montoya, P., Liedo, P., Benrey, B., Cancino, J., Barrera, J.F., Sivinski, J. & Aluja, M., 2000. Biological control of *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) in mango orchards through augmentative releases of *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 18: 216–224.
- Mossler M. A. & Nesheim, O.N., 2002. Florida Crop/Pest Management Profile: Mango. <http://edis.ifas.ufl.edu/PI052>.
- Muhammad, W., Iqbal, N., Saeed, S. & Javed, M. 2013. Monitoring and varietal preference of mango midge, *Procontarinia mangicola* (Diptera: Cecidomyiidae). *Pakistan Journal of Zoology* 45(5): 1273-1278.
- Muhammad, W., Javed, M., Saeed, S., Kassi, A.K., Iqbal, N. & Ahmad, I., 2017. Evaluation of different insecticides against mango midges (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(4): 1888-1890.
- Muller, H.R.A., 1940. Overzicht van de belangrijkste mangga-ziekten in Nederlandsch Indie. (English abstract in *Review of Applied Mycology*, 19: 355.
- Nachiappan, R.M. & Baskaran, P., 1986. Field evaluation of certain insecticidal sprays against mango leaf-hoppers. *Pesticides* 20: 41–44.
- Nafus, D., 1991. Biological control of *Penicillaria jocosatrix* (Lepidoptera: Noctuidae) on mango on Guam with notes on the biology of its parasitoids. *Environmental Entomology* 20: 1725–1731.
- Narashimhan, U. A. & Chacko, M. J., 1988. The distribution of some *Rastrococcus* spp. (Homoptera: Pseudococcidae) on mango in India. *Bulletin of Entomology Research* 81: 445–448.
- Nascimento, A., Malavasi, A., Morgante, J. and Duarte, A.L., 1992. Hot-water immersion treatment for mango infested with *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua*, and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. *Journal of Economic Entomology* 85: 456–460.
- Nasir, M., Muhammad Mughal, S., Mukhtar, T. & Zaman Awan, M., 2014. Powdery mildew of mango: A review of ecology, biology, epidemiology and management. *Crop Protection* 64: 19–26.

- Navarro-Llopis, V., Primo, J. & Vacas, S., 2012. Efficacy of attract-and-kill devices for the control of *Ceratitis capitata*. *Pest Manag. Sci.* 69: 478–482.
- Ndlela, S., Mohamed, S., Ndegwa, P.N., Amo, G.O. & Ekesi, S., 2016. Male annihilation technique using methyl eugenol for field suppression of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) on mango in Kenya. *Afr. Entomol.* 24: 437–447.
- Neergaard, P., 1945. Danish species of *Alternaria* and *Stemphylium*. Taxonomy, Parasiticism, Economical Significance. Einar Munksgaard, Copenhagen, Denmark.
- Nofal, M.A. & Haggag, W.A., 2006. Integrated management of powdery mildew of mango in Egypt. *Crop Protection* 25: 480-486.
- Nunez-Elisea, R., 1985. Flowering and fruit set of a monembryonic and a polyembryonic mango as influenced by potassium nitrate sprays and shoot decapitation. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 98: 179–183.
- Nunez-Elisea, R., Davenport, T.L. & Caldeira, M.L., 1993. Bud initiation and morphogenesis in 'Tommy Atkins' mango as affected by temperature and triazole growth retardants. *Acta Horticulturae* 341: 192–198.
- Obra, G.B., Resilva, S.S., Follet, P.A. & Lorenzana, L.R.J., 2014. Large-Scale Confirmatory Tests of a Phytosanitary Irradiation Treatment Against *Sternochetus frigidus* (Coleoptera: Curculionidae) in Philippine Mango. *Journal of Economic Entomology* 107(1): 161-165.
- Okigbo, R.N., 2001. Occurrence, pathogenicity and survival of *Macrophoma mangiferae* in leaves, branches and stems of mango (*Mangifera indica* L.). *Plant Protection Science* 37: 138–144.
- Okigbo, R.N. & Osuinde, M.I., 2003. Fungal leaf spot diseases of mango (*Mangifera indica* L.) in southeastern Nigeria and biological control with *Bacillus subtilis*. *Plant Protection Science* 39: 70–77.
- Otero-Colina, G., Rodriguez-Akvarado, G., Fernandez-Pavia, S., Maymon, M., Ploetz, R.C., Aoki, T., O'Donnell, K. & Freeman, S., 2010. Identification and characterization of a novel etiological agent of mango malformation disease in Mexico, *Fusarium mexicanum* sp. nov. *Phytopathology* 100: 1176-1184.
- Ovruski, S., Aluja, M., Sivinski, J. & Wharton, R., 2000. Hymenopteran parasitoids on fruit infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Reviews* 5: 81–107.
- Palo, M.A., 1933. Sclerotium seed rot and seedling rot of mango. *Philippine Journal of Science* 52: 237–261.
- Palti, J., Pinkas, Y. & Chorin, M., 1974. Powdery mildew of mango. *Plant Disease Report* 58: 45–49.
- Park, H. and M. Duponte. 2008. How to cultivate indigenous microorganisms. *CTAHR Cooperative Extension Service Publication*. BIO-9. 7 pp.
- Patino-Vera, M., Jimenez, B., Balderas, K., Ortiz, M., Allende, R., Carrillo, A. & Galindo, E., 2005. Pilot-scale production and liquid formulation of *Rhodotorula minuta*, a potential biocontrol agent of mango anthracnose. *Journal of Applied Microbiology* 99: 540–50.
- Peak, E.M., Fitzell, R.D., Hannah, R.S. & Batten, D.J., 1986. Development of a microprocessor-based data recording system for predicting plant disease based on studies on mango anthracnose. *Computers and Electronics in Agriculture* 1: 251–262.

- Peck, S.L. & McQuate, G.T., 2000. Field tests of environmentally friendly malathion replacements to suppress wild Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) populations. *Journal of Economic Entomology* 93: 280–289.
- Pedigo, L. & Buntin, D. (editors), 1993. "Handbook of Sampling Methods for Arthropods in Agriculture". Preface. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Pelikan, W. & Unger, G., 1971. The activity of potentized substances. *British Homoeopathy Journal*, 60: 232-266.
- Peng, R. & Christian, K., 2005. The control efficacy of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) on the mango leafhopper, *Idioscopus nitidulus* (Hemiptera: Cicadellidae) in mango orchards in the Northern Territory. *International Journal of Pest Management*, 51: 297–304.
- Peng, R.K. & Christian, K., 2006a. Effective control of Jarvis's fruit fly *Bactrocera jarvisi* (Diptera: Tephritidae), by weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae), in mango orchards in the Northern Territory of Australia. *International Journal of Pest Management* 52: 275–282.
- Peng, R. K. & Christian, K. 2006b. Potential for organic mango production in the north territory of Australia using weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Horticulturae* 767: 81–88.
- Peña J.E., 1993. Pests of mango in Florida. *Acta Hort* 341: 395–406.
- Peña, J.E., 2002. Integrated pest management and monitoring techniques for mango pests. VII Int Mango Symp 645: 151–161.
- Peña, J. E., 2004. Integrated pest management and monitoring techniques for mango pests. *Acta Horticulturae* 645: 151–61.
- Peña, J.E. & Mohyuddin, A.I., 1997. Insect Pests. In: "The Mango. Botany, Production and Uses", edited by Litz, R.E. Published by Cab International, UK. Pp. 327-362.
- Peña J.E., Mohyuddin A.I. & Wysoki, M., 1998. A review of the pest management situation in mango agroecosystems. *Phytoparasitica* 26: 129–148.
- Peña, J.E., Duncan, R., Vasquez, T. & Hennessey, M., 1999. Guava arthropod seasonality and control of fruit flies in south Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 112: 206–209.
- Peña, J.E., Aluja, M. & Wysoki, M., 2009. Pests. In: "The Mango. Botany, Production and Uses. 2nd Edition.", edited by Litz, R.E. Published by Cab International, UK. Pp. 317-366.
- Pinero, J., Aluja, M., Vazquez, A., Equihua, M. & Varon, J., 2003. Human urine and chicken feces as fruit fly (Diptera: Tephritidae) attractants for resource-poor fruit growers. *Journal of Economic Entomology* 96: 334–340.
- Pinto, A.C.Q., Andrade, S.R.M., Amaro, A.A. & Gomes, U., 2004. Mango industry in Brazil. *Acta Horticulturae* 645: 37–50.
- Pinto, L., Ippolito, A. & Baruzzi, F., 2015. Control of spoiler *Pseudomonas* spp. on fresh cut vegetables by neutral electrolyzed water. *Food Microbiology* 50: 102–108.
- Plan, M.R.R., Joyce, D.C., Ogle, H.J. & Johnson, G.I., 2002. Mango stem-end rot (*Botryosphaeria dothidea*) disease control by partial-pressure infiltration of fungicides. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42: 625–629.
- Ploetz, R.C., 2001. Malformation: a unique and important disease of mango, *Mangifera indica* L. In: "Fusarium: Paul E. Nelson Memorial Symposium", edited by Summerell, B.A., Leslie, J.F., Backhouse, D.

and Bryden, W.L. Published by American Phytopathological Society (APS) Press, St Paul, Minnesota, USA. Pp. 233–247.

Ploetz, R. C., 2003. Diseases of mango. In: “Diseases of Tropical Fruit Crops”, edited by R.C. Ploetz. Published by CABI Publishing, Wallingford, UK. Pp. 327-363.

Ploetz, R.C., 2004. The major diseases of mango: strategies and potential for sustainable management. *Acta Horticulturae* 645: 137–150.

Ploetz, R.C., 2017. The mango diseases trilogy. Proc. XI International Mango Symposium. *Acta Horticulturae* 1183: 221-227.

Ploetz, R.C., 2018. Integrated disease management in mango cultivation. In: “Achieving Sustainable Cultivation of Mangoes”, edited by V. Galán-Saúco & P. Lu. Burleigh Dodds Series in Agriculture Science, Number 34. Published by Burleigh Dodds Science Publishing Limited, Cambridge, UK. Pp. 459-496.

Ploetz, R.C. & Freeman, S., 2009. Foliar, floral and soilborne diseases. In: “The Mango: Botany, Production and Uses. 2nd Edition”, edited by R. Litz. Published by CAB International, Oxfordshire, UK. Pp. 231-302.

Ploetz, R.C. & Prakash, O., 1997. Foliar, floral and soilborne diseases of mango. In: “The Mango: Botany, Production and Uses”, edited by R. Litz. Published by CAB International, Wallingford, UK. Pp. 281–325.

Ploetz, R.C., Benschler, D., Vasquez, A., Colls, A., Nagel, J. & Schaffer, B., 1996a. A re-evaluation of mango decline in Florida. *Plant Disease* 80: 664–668.

Ploetz, R. C, Vazquez, A. & Benschler, D., 1996b. First report of *Fusarium decemcellulare* as a pathogen of mango in the United States. *Plant Disease* 80: 1207.

Poinar, G.O., Jr & Hislop, R.G., 1981. Mortality of Mediterranean fruit fly adults (*Ceratitis capitata*) from parasitic nematodes (*Neoaplectana* and *Heterorhabditis* spp.). *Institute for Research and Cognitive Science, Medical Science. Microbiology, Parasitology and Infectious Disease* 9: 641.

Prakash, O., 2004. Diseases and disorders of mango and their management. In: “Diseases of Fruits and Vegetables. Volume I”, edited by S.A.M.H. Naqvi. Published by Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. Pp. 511-619.

Prakash, O., 2012. IPM schedule for mango pests. National Horticulture Mission. Ministry of Agriculture. Department of Agriculture and Cooperation. Krishi Bhawan, New Delhi.

Prakash, O. & Misra, A.K., 1986. Evaluation of Mango Germplasm Against Powdery Mildew Under Natural Condition. Annual Report. CIHNP, Lucknow. Pp. 62-63.

Prakash, O. & Misra, A. K., 1992. Important diseases of mango and their effect on production. *Biological Memoirs* 18: 39–55.

Prakash, O. & Misra, A. K., 1993a. Fungal diseases of sub-tropical horticultural fruit crops. In: “Advances in Horticulture”, edited by K.L. Chadha. Published by Malhotra Publishing House, New Delhi (India). Pp. 1275–372.

Prakash, O. & Misra, A. K., 1993b. Integrated approach in the management of mango diseases (Abstract). In: “National Conference on Eco-friendly Approaches in the Management of Pests/ Diseases and Industrial Effluents”. 20–22 December at CSAAU & T, Kanpur. Pp. 70–71.

Prakash & Patil, R.R., 2018a. Field evaluation of new insecticides against scale insect, *Hemilecanium imbricans*, (Coccidae: Homoptera) on mango. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6(2): 2615-2620.

- Prakash & Patil, R.R., 2018b. Evaluation of different insecticides and biorationals against scale insect, *Hemilecanium imbricans* (Green), under laboratory conditions. *Int J Curr Microbiol App Sci* 7(7): 866-881.
- Prakash, O. & Raoof, M.A., 1994. Studies on powdery mildew (*Oidium mangiferae*) disease of mango: distribution, perpetuation, losses and chemical control. *Biological Memoirs* 20: 31-45.
- Prakash, O and Singh, U.N., 1976. New Disease of mango. *Proceedings Fruit Research Workshop, Hyderabad*, May, 24-28th. Pp. 300-302.
- Prakash, O. & Singh, U.N., 1977. Phoma blight, a new disease of mango (*Mangifera indica* L.). *Plant Disease Report* 61: 419-421.
- Prakash, O. & Srivastava, K.C., 1987. Mango Diseases and their Management- A World Review. Tommorrow's Printer, New Delhi, India.
- Prusky, D., 1988. The use of antioxidants to delay the onset of anthracnose and stem end rot in avocado fruits after harvest. *Plant Disease* 72: 381–384.
- Prusky, D., 1996. Pathogen quiescence in postharvest diseases. *Annual Reviews of Phytopathology* 34: 413-434.
- Prusky, D. & Keen, N.T., 1993. Involvement of preformed antifungal compounds in the resistance of subtropical fruits to fungal decay. *Plant Disease* 77: 114–119.
- Prusky, D. & Lichter, A., 2007. Activation of quiescent infections by postharvest pathogens during transition from the biotrophic to the necrotrophic stage. *FEMS Microbiological Letters* 268: 1–8.
- Prusky, D. & Plumbley, R.A., 1992. Quiescent infections of *Colletotrichum* in tropical and subtropical fruits. In: "Colletotrichum: Biology, Pathology and Control", edited by Bailey, J.A. and Jeger, M.J. Published by CAB International, Wallingford, UK. Pp. 289–307.
- Prusky, D. & Yakoby, N., 2003. Pathogenic fungi: leading or led by ambient pH?. *Molecular Plant Pathology* 4: 509–516.
- Prusky, D., Fuch, Y. & Yanko, U., 1983. Assessment of latent infections as a basis for control of post harvest disease of mango. *Plant Disease* 67: 816–818.
- Prusky, D., Plumbley, R. & Kobiler, I., 1991. Modulation of natural resistance of avocado fruits to *Colletotrichum gloeosporioides* by CO₂. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 39: 325–334.
- Prusky, D., Gat, Z. & Burd, P., 1992. Effect of relative humidity during mango growth on the incidence of quiescent infections of *Alternaria alternata*. *Plant Disease* 77: 249–252.
- Prusky, D., Freeman, S., Rodriguez, R.J. & Keen, N.T., 1993. A nonpathogenic mutant strain of *Colletotrichum magna* induces resistance to *C. gloeosporioides* in avocado fruits. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 7: 326–333.
- Prusky, D., Falik, E., Kobiler, I., Fuchs, Y., Zauberman, G., Pesis, E., Roth, I., Weksler, A., Akerman, M. & Ykutiely, O., 1996. Hot water brush: a new method for the control of post-harvest disease caused by alternaria rot in mango fruits. *Acta Horticulturae* 455: 780–785.
- Prusky, D., Fuchs, Y., Kobiler, I., Roth, I., Weksler, A., Shalom, Y., Fallik, E., Zauberman, G., Pesis, E., Akerman, M., Ykutiely, O., Weisblum, A., Regev, R. & Artes, L., 1999. Effect of hot water brushing, prochloraz treatment and waxing on the incidence of black spot decay caused by *Alternaria alternata* in mango fruit. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 15: 165–174.

- Prusky, D., McEvoy, J.L., Leverentz, B. & Conway, L.S., 2001. Local modulation of host pH by *Colletotrichum* species as a mechanism to increase virulence. *Molecular Plant Microbe Interactions* 14: 1105–1113.
- Prusky, D., Shalom, Y., Kobiler, I., Akerman, M. & Fuchs, Y., 2002. The level of quiescent infection of *Alternaria alternata* in mango fruits at harvest determines the postharvest treatment applied for the control of rots during storage. *Postharvest Biology and Technology* 25: 339–347.
- Prusky, D., Kobiler, I., Akerman, M. & Miyara, I., 2006. Effect of acidic solutions and acidic prochloraz on the control of postharvest decay caused by *Alternaria alternata* in mango and persimmon fruits. *Postharvest Biology and Technology* 42: 134–141.
- Prusky, D., Kobiler, I., Miyara, I. & Alkan, N., 2009. Fruit diseases. In: “The Mango: Botany, Production and Uses. 2nd Edition”, edited by R. Litz. Published by CAB International, Oxfordshire, UK. Pp. 210-230.
- Pruvost, O., Couteau, A. & Luisetti, J., 1989. Efficacite de differentes formulations chimiques pour Jutter contre la maladie des taches noires de la mangue (*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae*). *Fruits* 44: 343–50.
- Ramaiah, A.K. & Raj Kumar, H., 2015. In Vitro Antifungal activity of some plant extracts against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*. *Asian Journal of Plant Science and Research* 5(1): 22-27.
- Ramos, L.J., Lara, S.P., McMillan, R.T. & Narayanan, K.R., 1991. Tip dieback of mango (*Mangifera indica*) caused by *Botryosphaeria ribis*. *Plant Disease* 75, 315–318.
- Rao, B.S., 1975. *Maladies of Hevea in Malaysia*. Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Reckhaus, P. & Adamou, I., 1987. Hendersonula dieback of mango in Niger. (Disease note). *Plant Disease* 71: 1045.
- Reddy, G.S., Govinda, R.P. & Paparao, A., 1961. Black banded disease of mango. *Andhra Agricultural Journal* 8: 120–123.
- Reddy, P.V.R., Chakravarthy, A.K., Sudhagar, S. & Kurian, R., 2014. A simple technique to capture, contain and monitor the fresh-emerging beetles of tree borers. *Curr Biotica* 8(2): 191–194.
- Reddy, P.V.R., Gundappa, P. & Chakravarthy, A.K., 2018. Pests of mango. In: “Pests and Their Management”, edited by Omkar. Published by Springer Nature Signature. Pp. 415-440. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8687-8_12.
- Reuveni, M., 2000. Efficacy of trifloxystrobin (Flint), a new strobilurin fungicide, in controlling powdery mildew on apple, mango and nectarine and rust on prune trees. *Crop Protection* 19: 335-341.
- Rey, L., 2003. Thermoluminescence of ultra-high dilutions of lithium chloride and sodium chloride. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 323: 67–74.
- Ribiero, I.J.A., 1980. Seca de mangueira. Agentes causais e estudio da molesta. *Anais do I Simposio Brasileiro Sobre a Cultura de Mangueira*. Sociedade Brasileira de Fruticultura, Jaboticobal, Brazil. Pp. 123–130.
- Ribiero, I.J.A., 1997. Doencas da mangueira (*Mangifera indica* L.). In: “Manual de Fitopatologia, Volume 2: Doencas das Plantas Cultivadas”, edited by Kimati, H., Amorim, A., Bergamin-Filho, A., Camargo, L. E. A. and Rezende, J. A. M. Published by Agronomica Ceres, Sao Paulo, Brazil.
- Ribiero, I. J. A., Rosetto, C. J., Donadio, L. C., Sabino, J. C. Martins, A. L. M. & Gallo, P. B., 1995. Mango wilt. XIV Selection of mango (*Mangifera indica* L.) rootstocks resistant to the mango wilt fungus *Ceratocystis fimbriata* Ell. & Halst. *Acta Horticulturae* 370: 159–161.

- Robacker, D.C., 2001. Roles of putrescine and 1-pyrroline in attractiveness of technical-grade putrescine to the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist* 84: 679–685.
- Robacker, D.C. & Warfield, W.C., 1993. Attraction of both sexes of Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens*, to a mixture of ammonia, methylamine, and putrescine. *Journal of Chemical Ecology* 19: 2999–3016.
- Robacker, D.C., Martinez, A.J., Garcia, J.A., Diaz, M. & Romero, C., 1996. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* to Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 89: 104–110.
- Robacker, D.C., DeMilo, A.B. & Voaden, D.J., 1997. Mexican fruit fly attractants: effects of 1-pyrroline and other amines on attractiveness of a mixture of ammonia, methylamine, and putrescine. *Journal of Chemical Ecology* 23: 1263–1280.
- Rossetto, C. J., Ribeiro, I. J. A., Igue, T. & Gallo, P. B., 1996. Mango wilt: XV. Varietal resistance against two isolates of *Ceratocystis fimbriata*. *Bragantia* 55: 117–121.
- Rossi, F., Azevedo-Filho, J.A., Melo, P.C.T., Ambrosiano, E.J., Guirado, N. & Schammas, E.A., 2007. Cultivo orgânico de batata com aplicação de preparados homeopáticos. In: Resumos del 5º Congresso Brasileiro de Agroecologia. *Rev. Bras. de Agroecologia*, 2: 937-940.
- Ruehle, G.D. & Ledin, R.B., 1955. *Mango Growing in Florida*. Bulletin 574. Agricultural Experiment Station, University of Florida, Gainesville, Florida.
- Rungjindamai, N., 2016. Isolation and evaluation of biocontrol agents in controlling anthracnose disease of mango in Thailand. *Journal of Plant Protection Research* 56 (3): 306-311.
- Sadana, G.L. & Kumari, M., 1991. Predatory potential of the lysomanid spider, *Lyssomanes sikkimeri* Tikader on the mango hopper, *Ideoscopus clipealis* (Lethierry). *Entomon* 16: 283–285.
- Sangchote, S., 1998. Fruit rots of mangosteen and their control. In: “Post-harvest Handling of Tropical Fruit”, edited by Champ, B.R., Highley, E. and Johnson, G.I. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra. Pp. 81–86.
- Santos, A. M. G., Lins, S. R. O., da Silva, J. M. & de Oliveira, S. M. A., 2015. Low doses of gamma radiation in the management of postharvest *Lasiodiplodia theobromae* in mangos. *Brazilian Journal of Microbiology* 46: 841–847.
- Schaffer, B., Larson, K.D., Snyder, G.H. & Sanchez, C.A., 1988. Identification of mineral deficiencies associated with mango decline by DRIS. *HortScience* 23: 617–619.
- Schirra, M., D'Hallewin, G., Ben-Yehoshua, S. & Fallik, E., 2000. Host–pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biology and Technology* 21: 71–85.
- Schoeman, M.H., Zulu, N.B., Botha, F.A. & Calitz, F.J. 2018. Integrated control of mango blossom malformation in South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*: 36, 51-56.
- Schreiner, I., 1987. Mango shoot caterpillar control on mango flowers, 1985. *Insecticide and Acaricide Tests* 12: 94.
- Secretariat Commonwealth, 1987. The development and adaptation of methods for control of anthracnose in mango: 29-38.
- Senghor, A. L., Sharma, K., Kumar, P. L. & Bandyopadhyay, R., 2012. First report of mango malformation disease caused by *Fusarium tupsense* in Senegal. *Plant Disease* 96: 1582.

- Shah, A.H., Jhala, R.C., Patel, G.M. & Patel, S.H., 1983. Evaluation of effective dose of monocrotophos for the control of mango hopper *Amritodus atkinsoni* Lethierry (Cicadellidae: Homoptera) by injection method and its comparison with foliar application. *Gujarat Agricultural University Research Journal* 9: 14–18.
- Sharma, G., Kumar, N., Weir, B.S., Hyde, K.D., & Shenoy, B.D., 2013. The ApMat marker can resolve *Colletotrichum* species: a case study with *Mangifera indica*. *Fungal Diversity* 61 (1): 117–138
- Sharp, J.L., Ouye, M.T., Thalman, R., Hart, W.G., Ingle, S.J. & Chew, V., 1988. Submersion of 'Francis' mango in hot water as a quarantine treatment for the West Indian fruit fly and the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 81: 1431–1436.
- Sharp, J.L., Ouye, M.T., Ingle, S.J., Hart, W.G., Enkerlin, E., Celedonio, H., Toledo, J., Stevens, L., Quintero, E., Reyes, J. & Schwarz, A., 1989a. Hot-water quarantine treatment for mangoes from the State of Chiapas, Mexico, infested with Mediterranean fruit fly and *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 82: 1663–1666.
- Sharp, J.L., Ouye, M.T., Hart, W.G., Ingle, S.J., Hallman, G., Gould, W. & Chew, V., 1989b. Immersion of Florida mangoes in hot water as a quarantine treatment for Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 82: 186–188.
- Sharp, J.L., Ouye, M.T., Ingle, S.J. & Hart, W.G., 1989c. Hot water quarantine treatment for mangoes from Mexico infested with Mexican fruit fly and West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 82: 1657–1662.
- Shellie, K.C. & Mangan, R.L., 2002a. Hot water immersion as a quarantine treatment for large mangoes: artificial versus cage infestation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 430–434.
- Shellie, K.C. & Mangan, R.L., 2002b. Cooling method and fruit weight: efficacy of hot water quarantine treatment for Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in mango. *HortScience* 37: 910–913.
- Shivananda, T.N., Verghese, A., Hegde, R.M., Kumar, N.K.K. & Singh, A.S., 2012. Management of mango trunk borers using sealer cum healer. Technical bulletin no. 72/12, IIHR, Bangalore.
- Shukla, R.P. & Prasad, V.G., 1984. Evaluation of some insecticides against mango hopper, *Idioscopus clypealis* (Lethierry) (Homoptera: Cicadellidae). *Indian Journal of Agricultural Science* 54: 677–681.
- Shukla, R.P. & Tandon, P.L., 1985. Bio-ecology and management of the mango weevil, *Sternochetus mangiferae* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Tropical Agriculture* 3: 293–303.
- Shukla, R. P., Tandon, P. L. & Suman, C. L., 1988. Intra-tree distribution of eggs and diapausing adults of the stone weevil. *Acta Horticulturae* 231: 566–70.
- Silimela, M. & Korsten, L., 2007. Evaluation of pre-harvest *Bacillus licheniformis* sprays to control mango fruit diseases. *Crop Protection* 26: 1474–81.
- Silveira, S. F., Harrington, T. C., Mussi-Dias, V., Engelbrecht, C. J. B., Alfenas, A. C. & Silva, C. R., 2006. *Annona squamosa*, a new host of *Ceratocystis fimbriata*. *Fitopatologia Brasileira* 31: 394–397.
- Singh, G., 1991. Loss assessment, ecology and management of mango fruit fly, *Dacus* sp. *Acta Horticulturae* 291: 425–436.
- Singhania, P.K. & Singhania, A., 2014. Homoeopathy in agriculture. In Ahmann, G. & Aksoy, U. (eds.). Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', at the Organic World Congress, Istanbul, Turkey Pp. 667-670.

- Sinniah, G. D., Adikaram, N. K. B., Vithanage, I. S. K., Abayasekara, C. L., Maymon, M. & Freeman, S., 2013. First report of mango malformation disease caused by *Fusarium mangiferae* in Sri Lanka. *Plant Disease* 97: 427.
- Sivankalyani, V., Feygenberg, O., Diskin, S., Wright, B. & Alkanm, N., 2016. Increased anthocyanin and flavonoids in mango fruit peel are associated with cold and pathogen resistance. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 111: 132–139.
- Sivinski, J.M., 1996. The past and potential of biological control of fruit flies. In: "Fruit Fly Pests. A World Assessment of their Biology and Management", edited by McPherson, B.A. and Steck, G.J. Published by St Lucie Press, Delray Beach, Florida. Pp. 365–375.
- Sivinski, J.M., Calkins, C.O., Baranowski, R.M., Harris, D., Brambila, J., Diaz, J., Bums, R.E., Holler, T. & Dodson, D., 1996. Suppression of Caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa* (Loew) Diptera: Tephritidae) population through releases of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* 6: 177–185.
- Sivinski, J., Aluja, M. & Lopez, M., 1997. Spatial and temporal distributions of parasitoids of Mexican *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) within the canopies of fruit trees. *Annals of the Entomological Society of America* 90: 604–618.
- Sivinski, J., Pinero, J. & Aluja, M., 2000. The distributions of parasitoids (Hymenoptera) of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) along an altitudinal gradient in Veracruz, Mexico. *Biological Control* 18: 258–269.
- Smith, K. 2012. Homeopathy is unscientific and unethical". *Bioethics* 26 (9): 508–512.
- Snowdon, A.L., 1990. Color Atlas of Post-Harvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables. Vol. 1. General Introduction and Fruits. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Soto-Manitiu, J., Jiron, L. & Hernandez, R., 1987. Chemical control and ecological observations of fruit flies of the genus *Anastrepha* Schiner (Diptera: Tephritidae) on mango. *Turrialba* 37: 245–251.
- Srivastava, R.P., 1998. Pests of mango. In: "Mango Cultivation", edited by Srivastava, R.P. International Book Distributing, Charbagh, Lucknow, India. Pp. 175–299.
- Srivastava, R. & Tandon, P., 1986. Natural occurrence of two entomogenous fungi pathogenic to mango hopper, *Idioscopus clypealis* Leth. *Indian Journal of Plant Pathology* 4: 121–123.
- Stark, J.D., Vargas, R. & Miller, N., 2004. Toxicity of spinosad in protein bait to three economically important tephritid fruit fly species (Diptera: Tephritidae) and their parasitoids (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Economic Entomology* 97: 911–915.
- Steck, G.J., 2003. Mango Fruit Fly, Marula Fruit Fly, *Ceratitis cosyra* (Walker) (Insecta: Diptera: Tephritidae). Available at: <http://edis.ifas.ufl.edu/IN563> (accessed 20 July 2007).
- Steiner, L.F. & Lee, R.K., 1955. Large area tests of male annihilation method for oriental fruit fly control. *Journal of Economic Entomology* 48: 311–317.
- Steiner, L.F., Mitchell, W.C., Harris, E., Kozuma, T. & Fujimoto, M., 1965. Oriental fruit fly eradication by male annihilation. *Journal of Economic Entomology* 58: 961–964.
- Summanwar, A. S, Raychaudhuri, S. P. & Phatak, S. C., 1966. Association of the fungus *Fusarium moniliforme* Sheld. with the malformation in mango (*Mangifera indica* L.). *Indian Phytopathology* 19: 227–228.

- Sutantawong, M., Orankanok, W., Enkerlin, W.R., Wornoyaporn, V. & Caceres, C., 2002. The sterile insect technique for control of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), in mango orchards in Ratchaburi Province, Thailand. *Proceedings of 6th International Fruit Fly Symposium*, Stellenbosch, South Africa. Pp. 223–232
- Swirski, E., Wysoki, M. & Izhar, Y., 2002. Subtropical pests of Israel. Fruit Board of Israel and Institute of Plant Protection, The Volcani Center, Tel Aviv, 284 pp.
- Syed, R.A., Ghani, M.A. & Murtaza, M., 1970. Studies on trypetids and their natural enemies in West Pakistan. III. *Dacus (Strumeta) zonatus* (Saunders). *Technical Bulletin of the Commonwealth Institute of Biological Control* 13: 1–16.
- Syed Ab Rahman, S. F., Singh, E., Pieterse, C. M. J., & Schenk, P. M., 2018. Emerging microbial biocontrol strategies for plant pathogens. *Plant Sci.* 267: 102–111. doi: 10.1016/j.plantsci.2017.11.012.
- Sztejnberg, A., Galper, S., Mazar, Shlomit & Lisker, N., 1989. *Ampelomyces quisqualis* for biological and integrated control of powdery mildews in Israel. *Journal of Phytopathology* 124: 285–295.
- Tandon, P.L. & Lai, B., 1979. Studies on the chemical control of the mango hopper, *Idioscopus clypealis* Leth. (Cicadellidae: Homoptera). *International Pest Control* 21: 6–9.
- Tandon P.L. & Verghese, A., 1985. World list of insect, mite and other pests of mango, Technical document, vol 5. Indian Institute of Horticultural Research, Bangalore.
- Tarnowski, T., 2009. Using molecular analysis to investigate phylogenetic relationships in two tropical pathosystems: witches' broom of cacao, caused by *Moniliophthora perniciosa*, and mango anthracnose, caused by *Colletotrichum* spp. PhD dissertation (Gainesville, FL, USA: University of Florida).
- Tefera, A., Seyoum, T. & Woldetsadik, K., 2007. Effect of disinfection, packaging, and storage environment on the shelf life of mango. *Biosystems Engineering* 96: 201–212.
- Tenorio, A.M., Lizarondo, R.C. & Inocencio, T.Q., 1989. Integrated pest management (IPM) approach for the control of mango twig borer, *Niphonoclea capito* Pasc. Retrieved reference from <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PH8912575>.
- Terao, D., Campos, J. S. D., Benato, E. A. & Hashimoto, J. M., 2015. Alternative strategy on control of postharvest diseases of mango (*Mangifera indica* L.) by use of low dose of ultraviolet-C irradiation. *Food Engineering Reviews* 7: 171–175.
- Tiwari, R. K. S., Ashok, S., Rajput, M. L. & Bisen, R. K., 2006. Relative susceptibility of mango varieties to powdery mildew caused by *Oidium mangiferae*. *Advances in Plant Science* 19: 181–183.
- Toledo, J., Liedo, P., Williams, T. & Ibarra, J., 1999. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* β -exotoxin to three species of fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology* 92: 1052–1056.
- Toledo, M., Stangarlin, J., Bonato, C., 2011. Homeopathy for the control of plant pathogens. *Physiology* 19(20): 21.
- Tsao, P. H., Luzaran, P. B., de los Santos, A. B., Portales, L. A., Gochango, A. M. & Gruber, L. C., 1994. Phytophthora crown and foot rot of mango detected in Philippine nurseries. *Plant Disease* 78: 100.
- Udayanga, D., Manamgoda, D.S., Liu, X., Chukeatirote, E., & Hyde, K.D., 2013. What are the common anthracnose pathogens of tropical fruits? *Fungal Diversity* 61 (1), 165–179.
- Uddin, M. N., Shefat, S.H.T., Mansura, M. & Moon, N.J., 2018. Management of Anthracnose Disease of Mango Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*: A Review". *Acta Scientific Agriculture* 2.10: 169-177.

Umeya, K. & Hirao, J., 1975. Attraction of the jackfruitfly, *Dacus umbrosus* F. (Diptera: Tephritidae) and lace wing, *Chrysopa* sp. (Neuroptera: Chrysopidae) to lure traps baited with methyl eugenol and cuelure in the Philippines. *Applied Entomology and Zoology* 10: 60–62.

Upadhyay, S.K., Chaudhary, B. & Sapkota, B., 2013. Integrated management of mango stem borer (*Batocera rufomaculata* Dejan) in Nepal. *Glob J Biol Agric Health Sci* 2(4): 132–135.

USDA, 2019. Treatment Manual. Retrieved from: https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf.

Usha, K., Singh, B., Praseetha, P. Deepa, N., Agarwal, D.K., Agarwal, R. & Nagaraja, A., 2009. Antifungal activity of *Datura stramonium*, *Calotropis gigantea* and *Azadirachta indica* against *Fusarium mangiferae* and floral malformation in mango. *European Journal of Plant Pathology* 124: 637–657.

Van Mele, P., 2008. A historical review of research on the weaver ant *Oecophylla* in biological control. *Agricultural and Forestry Entomology*, 10: 13–22.

Van Mele, P., Vayssieres, J.-F., van Tellingen, E. & Vrolijk, J., 2007. Effects of an African weaver ant, *Oecophylla longinoda*, in controlling mango fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Benin. *Journal of Economic Entomology* 100: 695–701.

Vanniere, H., Didier, C., Rey, J.Y., Diallo, T.M., Keita, S. & Sangare, M., 2004. La mangue en Afrique de l'Ouest francophone: les systemes de production et les itineraires techniques. *Fruits* 59: 383–398.

Vargas, R.I., Souder, S.K., Mackey, B., Cook, P., Morse, J.G. & Stark, J.D., 2012. Field trials of solid triple lure (trimedlure, methyl eugenol, raspberry ketone, and ddvp) dispensers for detection and male annihilation of *Ceratitidis capitata*, *Bactrocera dorsalis*, and *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *J. Econ. Entomol.* 105: 1557–1565.

Veeresh, G.K., 1989. Pest problems in mango – world situation. *Acta Horticulturae* 231: 551–565.

Veldman WM, Regnier, T. & Augustyn W., 2017. Biocontrol of *Fusarium mangiferae* responsible for mango malformation using bacterial isolates. *Scientia Horticulturae*, 234: 186-195.

Verghese, A. 2000. Effect of imidacloprid, Lambda-cyhalothrin and Azadirachtin on the mango hopper, *Indioscopus niveosparsus* (Leth.) (Homoptera: Cicadellidae). *Acta Horticulturae* 509: 733–735.

Verghese, A. & Devi Thangam. S., 2011. Mango hoppers and their management. Extension folder no: 71-11, ATIC series: 31-11. Indian Institute of Horticultural Research, Bangalore.

Verghese, A., Nagaraju, D.K., Jayanthi, P.D.K., Vasudev, V. & Madhura, H.S., 2004. Is azadirachtin useful in the management of the mango stone weevil (*Sternochetus mangiferae* Fabricius)? *Journal of Food Agriculture and Environment* 2: 213–216.

Verma, O.P. & Singh, R.D., 1970. Epidemiology of mango dieback caused by *Botyodiplodia theobromae* Pat. *Indian Journal of Agricultural Science* 40, 813–818.

Viegas, A. P., 1960. Mango blight. *Bragantia* 19:163–82.

Viljoen, N. M. & Kotze, J. M., 1972. Bacterial black spot of mango. *Citrus Grow. Sub-Trop. Fruit J.* June: 5–8.

Villalobos, J., Flores, S., Liedo, P. & Malo, E.A., 2017. Mass trapping is as effective as ground bait sprays for the control of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) fruit flies in mango orchards. *Pest Manag. Sci.* 73: 2105–2110.

- Vyas, R.V., Patel, J.J., Godhani, P.H. & Yadav, D.N., 1993. Evaluation of green muscardine fungus (*Metarrhizium anisopliae* var. *anisopliae*) for control of mango hopper (*Amritodus atkinsoni*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63: 602–603.
- Waddell, W.J., Crooks, N.H. & Carmichael, P.L., 2004. Correlation of tumours with DNA adducts from methyl eugenol and tamoxifen in rats. *Toxicological Sciences* 79: 38–40.
- Wang, X.G., Jarjees, E.A., McGraw, B.K., Bokonon-Ganta, A.H., Messing, R.H. & Johnson, M.W., 2005. Effects of spinosad-based fruit fly bait GF-120 on tephritid fruit fly and aphid parasitoids. *Biological Control* 35: 155–162.
- Wang, K-H., DuPont, M. & Chang, M., 2012. Use of Korean Natural Farming for Vegetable Crop Production in Hawaii. *The Food Provider*, Dec 2012 - Febr 2013. Pp. 7.
- Waterhouse, D.F., 1998. *Biological control of insect pests: South-East Asian prospects*. Australian Centre for International Agricultural Research Monograph No. 51, Canberra, Australia, 548 pp.
- Weir, B. S., Johnston, P. R. and Damm, U., 2012. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology* 73: 115–180.
- Wharton, R.A., 1978. Classical biological control of fruit-infesting Tephritidae. In: “Fruit Flies. Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. B”, editd by Robinson, A.S. and Hooper, G. Published by Elsevier, Amsterdam, the Netherlands. Pp. 303–313.
- Whitwell, A.C., 1993. The pest/predator/parasitoid complex on mango inflorescences in Dominica. *Acta Horticulturae* 341: 421–432.
- Wysocki M., Ben-Dov Y., Swirski E. & Izhar, Y., 1993. The arthropod pests of mango in Israel. *Acta Hortic.* 341: 452–466.
- Yadav, S.M., Patil, R.K., Balai, L.P. & Niwas, R., 2013. Post-harvest diseases of horticultural crops and their management. *Popular Kheti*, 1: 20-25.
- Yazdani, S.S. & Mehto, D.N., 1980. A note on the control of mango hopper, *Amritodus atkinsoni* Leth. at Dholi. *Indian Journal of Entomology* 42: 275–276.
- Yee, W., 1987. The mango in Hawaii. *Cooperative Extension Service, University of Hawaii Circular* 388: 19–22.
- Zagzog, O.A., Gad, M.M. & Hafez, N.H., 2017. Effect of nano-chitosan on vegetative growth, fruiting and resistance of malformation of mango. *Trends in Horticultural Research*, 7: 11-18.
- Zea-Bonilla, T., Martin-Sanchez, P. M., Hermoso, J. M., Carmona, M. P., Segundo, E. & Perez-Jimenez, R. M., 2007. First report of *Phytophthora citricola* on *Mangifera indica* in Spain. *New Disease Reports. Plant Pathology* 56: 356.
- Zhan, R.-L., Yang, S.-J., Ho, H.-H., Liu, F., Zhao, Y.-L., Chang, J.-M. & He, Y.-B., 2010. Mango malformation disease in South China caused by *Fusarium proliferatum*. *Journal of Phytopathology* 158: 721–725.
- Zhan, R.-L., Yang, S.-J., Liu, F., Zhao, Y.-L., Chang, J.-M. & He, Y.-B., 2012. First report of *Fusarium mangiferae* causing mango malformation in China. *Plant Disease* 96: 762.
- Zucchi, R.A., 2000. Especies de *Anastrepha*, sinonimias, plantas hospedeiras e parasitoides. In: “Moscas-frutas de Importancia Economica no Brasil: Conhecimento Basico e Aplicado”, edited by Malavasi, A. and Zucchi, R.A. Published by Holos Editora, Ribeirao Preto, Brazil.

