

CULTIVO Y COMERCIALIZACIÓN DEL **MANGO**



CULTIVO Y COMERCIALIZACIÓN DEL MANGO



Esta publicación se realiza en el marco del “Proyecto de apoyo al fortalecimiento de cadenas de frutales a nivel local” (AGROFRUTALES), iniciativa de cooperación implementada por el Ministerio de la Agricultura (MINAG) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), con el apoyo financiero del Gobierno de Canadá. Los contenidos de este material no reflejan la opinión del Gobierno de Canadá ni del PNUD.

Su elaboración ha estado a cargo de un grupo de investigadores y especialistas pertenecientes al Instituto de Investigaciones de Fruticultura Tropical (IIFT) y al Grupo Agrícola (GAG).

Esta impresión es cofinanciada por el Programa Autoabastecimiento Local para una Alimentación Sostenible y Sana (ALASS), implementado también por el MINAG y PNUD y cofinanciado por la Unión Europea (UE). Los contenidos de este material no reflejan la opinión del Gobierno de Canadá, UE, ni PNUD.

Edición

María Eugenia García Álvarez
Liliam Ojeda Hernández

Revisión

Alicia Jordán González

Diseño editorial

Eduardo Martínez Oliva

Diseño cubierta

Geordany González O'Connor

Fotografía

Yasser Expósito Cárdenas

Fototeca del proyecto “Apoyo al fortalecimiento de cadenas de frutales a nivel local”

ISBN: 978-959-296-068-8

Editorial Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical®
Calle 7ma # 3005 e/ 30 y 32 Miramar, Playa, La Habana
Cuba

La Habana, 2023



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL / 1

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES / 5

- 1.1. Introducción / 5
- 1.2. Origen y distribución / 5
- 1.3. Clasificación taxonómica / 5
- 1.4. Características botánicas, fenológicas y reproductivas / 6
- 1.5. Requerimientos edafoclimáticos / 8
- 1.6. Principales países productores a nivel internacional / 9
- 1.7. El cultivo del mango en Cuba / 10
- 1.8. Bibliografía / 13

CAPÍTULO 2

RECURSOS FITOGENÉTICOS Y MEJORAMIENTO GENÉTICO / 17

- 2.1. Introducción / 17
- 2.2. Conservación de recursos fitogenéticos / 17
- 2.3. Principales cultivares y patrones / 25
- 2.4. Mejoramiento genético y diversidad / 43
- 2.5. Bibliografía / 50

CAPÍTULO 3

FISIOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON EL CLIMA / 57

- 3.1. Introducción / 57
- 3.2. Concepto de fisiología general / 57
- 3.3. Fenología / 57
- 3.4. Vulnerabilidad del cultivo al cambio climático y medidas de adaptación / 67
- 3.5. Prácticas para mejorar el rendimiento y la calidad de las cosechas / 70
- 3.6. Bibliografía / 74

CAPÍTULO 4

MANEJO DEL CULTIVO / 81

- 4.1. Introducción / 81
- 4.2. Propagación / 81
- 4.3. Vivero / 82
- 4.4. Normas y parámetros de calidad de las plantas / 88
- 4.5. Establecimiento de las plantaciones / 89
- 4.6. Manejo de la plantación / 90
- 4.7. Bibliografía / 100

CAPÍTULO 5

INSECTOS Y ÁCAROS PLAGAS. RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO / 103

- 5.1. Introducción / 103
- 5.2. Insectos. Moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) / 103
- 5.3. Insectos. Coccoideos / 113
- 5.4. Insectos. Trips / 119
- 5.5. Insectos. Dípteros / 120
- 5.6. Insectos. Aleuródidos / 121
- 5.7. Insectos. Escolítidos / 122
- 5.8. Ácaros / 123
- 5.9. Bibliografía / 125

CAPÍTULO 6

PRINCIPALES ENFERMEDADES Y RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO / 131

- 6.1. Introducción / 131
- 6.2. Principales enfermedades presentes en Cuba / 131

6.3. Enfermedades no presentes en Cuba / 143

6.4. Bibliografía / 150

CAPÍTULO 7

COSECHA / 161

7.1. Introducción / 161

7.2. Importancia del momento de inicio de la actividad de la cosecha / 161

7.3. Criterios para la definición del momento de cosecha / 161

7.4. Actividad de cosecha y medios para su realización / 166

7.5. Principales daños en el exocarpio de las frutas en el momento de la cosecha / 168

7.6. Bibliografía / 170

CAPÍTULO 8

POSCOSECHA / 175

8.1. Introducción / 175

8.2. La maduración de las frutas / 175

8.3. Tecnologías o tratamientos poscosecha / 177

8.4. Principales desórdenes patológicos y fisiológicos de las frutas. Recomendaciones para su manejo / 183

8.5. Procesos en las empacadoras de frutas para la exportación / 190

8.6. Bibliografía / 193

CAPÍTULO 9

INDUSTRIALIZACIÓN / 201

9.1. Introducción / 201

9.2. Aporte nutritivo de la fruta procesada / 202

9.3. Principios para la conservación de alimentos / 204

9.4. La conservación de frutas / 204

9.5. Cultivares de mango más industrializados en Cuba / 205

9.6. Procesamiento industrial del mango / 206

9.7. La inocuidad en los productos procesados de mango / 219

9.8. Tecnologías emergentes para la conservación de procesados de mango / 221

9.9. Aprovechamiento de los residuos del mango en la industria procesadora / 223

9.10. Nuevos productos / 224

9.11. Normas consultadas / 224

9.12. Bibliografía / 225

CAPÍTULO 10

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN / 229

10.1. Introducción / 229

10.2. Conceptos básicos sobre la calidad, inocuidad y la normalización aplicados a las frutas. Implicaciones para la demanda y el comercio / 229

10.3. Conceptos de buenas prácticas agrícolas, buenas prácticas de manufactura y buenas prácticas de higiene. Vinculación con la calidad y la inocuidad alimentaria. Implicaciones para la demanda y el comercio / 232

10.4. Certificación sobre la calidad y la inocuidad alimentaria. Implicaciones para la demanda y el comercio / 234

10.5. Mercado. Acuerdos y regulaciones internacionales como soporte legal de la comercialización de alimentos / 235

10.6. Comercialización de frutos frescos en el contexto socio económico actual / 240

10.7. Bibliografía / 242





INTRODUCCIÓN GENERAL

El mango (*Mangifera indica* L.) es el frutal que ocupa actualmente la mayor área plantada en Cuba. Tiene gran aceptación entre los consumidores debido a su agradable sabor y a que puede ser utilizado en diferentes formas, tanto como fruta fresca, como procesada artesanal e industrialmente para la obtención de jugos, néctares, tajadas, mermelada, etc.

Se conoce que el primer cultivar de mango, llamado 'Criollo' fue introducido en la región oriental de Cuba en 1782. En 1904 se comienzan introducciones de diferentes cultivares, fundamentalmente desde los Estados Unidos de América (EUA), las cuales se establecieron en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas para su caracterización, evaluación y conservación.

A partir de su introducción, este frutal se diseminó por todo el país, formando parte de grandes arboledas pertenecientes a fincas de propiedad privada, patios de casas, bateyes de los ingenios o centrales azucareros, y crecía de forma silvestre en los campos. Por tanto, a pesar de que existía un hábito de consumo de esta fruta, no había una organización de su producción, transformación y comercialización.

En 1959, con el triunfo de la Revolución cubana, se inicia una nueva etapa para el desarrollo de los frutales en el país. En el año 1964 se crea el Plan de Frutales El Caney, zona de Santiago de Cuba, y en 1965 se funda el Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales en el municipio de Alquizar; también se crea una colección de mango, a partir de los cultivares establecidos en la Estación Agronómica de Santiago de Las Vegas, de cultivares introducidos desde el exterior y de una gran cantidad de accesiones prospectadas por todo el país. Durante todos esos años, incluyendo la década de los 70, se realizaron en el país plantaciones masivas de mango, llegándose a alcanzar, a finales de los 80, unas 30 mil hectáreas.

Al inicio de los años 90, con la desaparición del campo socialista, disminuyó considerablemente la posibilidad de adquirir insumos, capital y mercados, lo cual provocó un estancamiento en el proceso productivo de los frutales en general. Con el surgimiento del llamado «Período Especial» fue necesario reorientar los programas de desarrollo de frutales en función de los recursos, y se favoreció la creación de empresas mixtas y la colaboración internacional con proyectos y convenios para la búsqueda de financiamiento. Se produjo, paulatinamente, una pérdida de la infraestructura adquirida en el período anterior, lo cual afectó la producción, transformación y comercialización de los frutales en general.

Además, se crearon las Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) con las tierras de las granjas estatales, y se fortaleció el movimiento cooperativista que existía: Cooperativas de Créditos y Servicios y Cooperativas de Producción Agropecuaria (CCS y CPA). En este proceso de reordenamiento, se valorizan los frutales no cítricos como una oportunidad para la seguridad alimentaria, dado el amplio desabastecimiento de alimentos que vivía el país. También se desarrollan varias iniciativas que fomentan las producciones de los frutales —entre ellos, el mango—, tales como el Programa de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar, el Programa de Fincas Integrales de Frutales, y el Movimiento de las Cooperativas de Frutales.

Desde el triunfo de la Revolución hasta la fecha se han realizado grandes esfuerzos para la transformación de la agricultura cubana. La dirección del país, dentro del contexto de la diversificación del sector, ha impulsado el desarrollo de los frutales, y decidió su fomento en diferentes zonas del país, con el objetivo de satisfacer las necesidades alimentarias de la población, la demanda de la industria y obtener rubros exportables.

Tradicionalmente, los rendimientos por hectárea de las plantaciones de frutales han sido bajos, lo cual está dado fundamentalmente por el empleo de tecnologías que no son las más adecuadas para la producción intensiva, el desconocimiento y la falta de motivación para la producción de estos

cultivos. No obstante, en los últimos años se han fomentado plantaciones con tecnologías más intensivas, que incluyen el empleo de mayor densidad de plantas por hectárea, técnicas para la reducción del tamaño de las plantas y la inducción de la floración. Además, se han desarrollado estrategias destinadas a incrementar la calidad de sus producciones, a partir de la implementación de las Buenas Prácticas Agrícolas, Buenas Prácticas de Manufactura y Buenas Prácticas de Higiene, con el propósito de optimizar la calidad del producto fresco y transformado, reducir las pérdidas durante la cadena del cultivo y disminuir los riesgos para el consumidor.

En este libro se abordan aspectos relacionados con las generalidades del cultivo, sus recursos fitogenéticos y mejoramiento genético, su fisiología y relación con el clima, así como el manejo del mismo. También se abordan las plagas y enfermedades que afectan los rendimientos y la calidad de las frutas, además de los métodos para su control. Igualmente se analizan las principales herramientas tecnológicas para la cosecha y el beneficio de las frutas frescas y transformadas, así como los requerimientos para su comercialización hacia los diferentes mercados.

Se muestran los resultados del país y, además, se referencia la literatura científica internacional consultada. Está dirigido a productores, investigadores, docentes y alumnos interesados en elevar sus conocimientos sobre el mismo. Se pretende que sea de utilidad para aumentar los rendimientos y la comercialización de frutas frescas y productos transformados que permitan elevar las exportaciones con el consiguiente incremento de los ingresos para el país.





CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

Mayda Betancourt Grandal
Guillermo R. Almenares Garlobo
María E. García Álvarez

1.1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del mango se encuentra extendido en casi todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Ha sido cultivado en la India por más de cuatro mil años y se halla ampliamente distribuido en todos los continentes. Sus frutos se consideran como uno de los más finos e importantes dentro de la fruticultura mundial. Las áreas de cultivo, la producción y la comercialización se incrementan anualmente en los países mayores productores de este frutal. En este capítulo se explican el origen y distribución de la especie, las principales características botánicas y se realiza un análisis comparativo de diversos aspectos relacionados con la producción (área de cultivo y rendimiento) a nivel internacional y nacional.

1.2. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

La zona de origen de la especie frutal *Mangifera indica* L. se sitúa en el sudeste de Asia. Se ha propuesto el noreste de la India, Bangladesh y la actual Birmania como el centro de origen de esta especie (Mukherjee, 1997).

La distribución del mango en el mundo se realizó a través de las rutas comerciales marítimas en el siglo XVI (López, 2008). Los portugueses lo introdujeron en el continente africano y de ahí fue llevado a las costas de Brasil, propagándose al resto del continente americano. En 1779, los españoles lo introdujeron en México, por las costas del Estado de Guerrero, desde las Filipinas y de aquí pasó a la Florida (Estados Unidos de América) en 1833 (López, 2008; Pérez y Almaguer, 2008). No fue hasta el año 1782 que se introdujo en Cuba (Pérez *et al.*, 2012). Sin embargo, según Jesús Cañizares, su cultivo comercial en el país se inició en 1889 (Fuentes, 2003).

1.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

El mango (*Mangifera indica* L.) pertenece a la familia de las Anacardiáceas, la cual comprende alrededor de 73 géneros y 850 especies, la mayor parte de las cuales son tropicales, con pocos representantes en las regiones templadas (Bompard y Schnell, 1997). El mango (Figura 1) es la principal especie de interés agronómico dentro de esta familia, pero existen otras especies cultivadas como son el anacardo o marañón (*Anacardium occidentale* L.) de América Tropical, y el pistachero (*Pistacia vera* L.), originarios de Irán y en el centro de Asia respectivamente, y cultivados en climas mediterráneos. La taxonomía de esta especie es la siguiente:

Reino: Plantae
Filum: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Sapindales
Familia: Anacardiaceae
Género: *Mangifera*
Especie: *Mangifera indica* L.



Fig.1. Árbol de mango en producción. Foto cortesía de la Empresa Agroindustrial Ceballos, Cuba.

El género *Mangifera* está conformado por 69 especies oriundas de Asia tropical y se divide en dos subgéneros, *Limus* y *Mangifera* con distintas secciones (Kostermans y Bompard, 1993). El mango pertenece al subgénero *Mangifera* sección *Mangifera*. La mayor diversidad de especies se encuentra en la región occidental de Malasia, especialmente en la península de Malasia, Borneo y Sumatra (Bompard y Schnell, 1997). *Mangifera indica* es la especie del género más cultivada, sin embargo, hay 26 especies adicionales con frutos comestibles que se consumen en el sureste asiático (Bally *et al.*, 2009), otras de uso industrial, como *M. caesia*, para la obtención de jugos, y otras empleadas como patrón para *M. indica* (Fitmawati y Sofiyanti, 2017).

1.4. CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS, FENOLÓGICAS Y REPRODUCTIVAS

El mango es un árbol perennifolio de considerable altura y forma variada según el cultivar. Como muchas especies frutales, puede superar los 20 m de altura (Galán, 2010) en el trópico y no sobrepasa los 10 m en el subtropico. En Cuba no excede los 15 m de altura (Farrés, 2015 citado por Ramos, 2016). La copa es de forma oval alargada; el tronco es leñoso y con el transcurso de los años se lignifica; la corteza del tronco es gris oscuro, con pequeñas fisuras y escamas (López, 2008). Las ramas contienen una savia lechosa o acuosa (Jiménez Díaz y Mora, 2003).

Diversos autores plantean que el mango crece por flujos de crecimiento que ocurren varias veces en el año. El desarrollo de estos flujos depende de factores endógenos, como la edad del árbol (los árboles jóvenes emiten mayor cantidad de flujos que los adultos), cultivar, balance hormonal, entre otros; y de factores exógenos, como las condiciones climáticas, el régimen hídrico y el manejo del cultivo (Rodríguez *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2000). Los flujos no ocurren en todas las ramas a la vez; solo unas cuantas inician el crecimiento activo durante un período determinado.

Según Galán (1999), el mango puede desarrollar tres tipos de brotes diferentes después de un período de reposo o «dormancia», en dependencia del comportamiento de las variables climáticas que influyen sobre la síntesis de hormonas y el estado de madurez de los brotes. Los brotes mixtos se forman cuando ocurren variaciones en el comportamiento de las temperaturas durante el período de inducción floral. Esta oscilación de las temperaturas, de bajas a altas, provoca la emisión de brotes vegetativos. Los brotes mixtos cuentan con un equilibrio entre las concentraciones de citoquininas y giberelinas (Davenport y Núñez-Elísea, 1997). Para que la yema se active se deben dar dos procesos: iniciación e inducción. El primero se refiere al reinicio de la actividad celular de las yemas, el segundo describe la actividad temporal de la yema para generar un tipo de brote determinado.

El sistema radical del árbol está conformado por una raíz principal o pivotante larga de la que ramifican entre dos y cuatro raíces de hasta 6 m de longitud. Las raíces secundarias se concentran en el primer metro de profundidad y se extienden conforme al diámetro de la copa. La distribución de las raíces más finas cambia estacionalmente con la distribución de la humedad en el suelo (Figura 2). Sus funciones son de absorción, conducción de agua y minerales, almacenamiento de nutrientes y soporte del árbol.

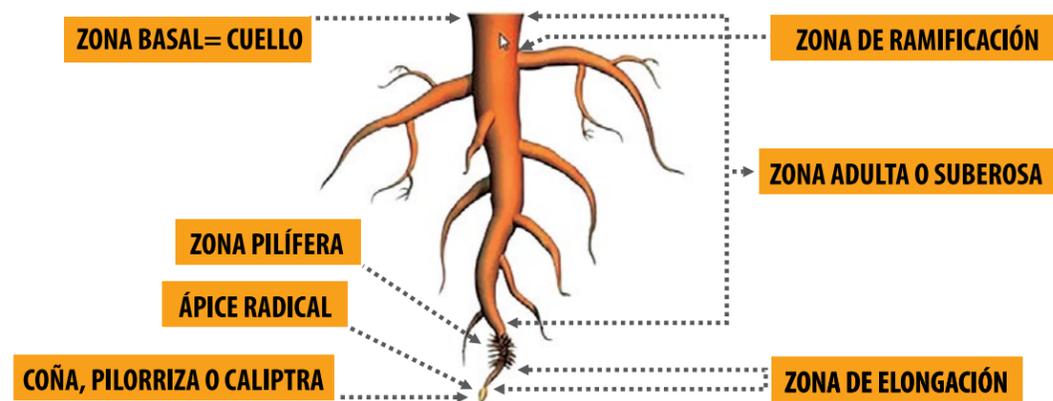


Fig.3. Sistema radical del árbol de mango. Fuente: árboles frutales de raíz pivotante (2021).

Durante el crecimiento del árbol hasta alcanzar la fase de madurez, las raíces se van anclando a la superficie del suelo y pueden alcanzar hasta 2 m de radio. El sistema radical requiere de cuidados como el riego y la fertilización para su óptimo desarrollo. También, las condiciones climáticas determinan la extensión lateral de las raíces.

Las hojas emergen de peciolos cortos, hinchados en la base del nudo. Son simples, sin estípulas, alternas, con peciolos de 1 cm – 12 cm de largo. La forma y el tamaño son variables. Generalmente son oblongas, con extremidades redondeadas a acuminadas (Hernández, 2018) y difieren entre cultivares, aunque es una característica que persiste en un mismo cultivar. No obstante, el tamaño varía en el árbol. Cuando las hojas están maduras muestran, por el haz, un color verde oscuro brillante, y por el envés una tonalidad verde claro. La cantidad de hojas por brote está entre 10 – 20, y cambian de color de verde claro a marrón o púrpura hasta verde oscuro (Figura 3). El color variable de la hoja joven se puede utilizar como carácter de distinción entre cultivares (Bally, 2006).



Fig.3. Brote vegetativo en fase de desarrollo del mango (*Mangifera indica* L.). Fuente: Bally (2006).

La diferenciación floral es el período dentro del ciclo productivo del mango donde la yema apical, antes vegetativa, se transforma, dando origen a una yema floral que es más gruesa y tiene forma de cúpula, con protuberancias meristemáticas en sus axilas, que rápidamente se extiende y ensancha provocando un ablandamiento de las escamas que la rodean. La diferenciación floral depende de varios factores, entre los cuales los más importantes son la edad de las yemas vegetativas (8 a 10 meses después de su formación), aunque no se puede generalizar, ya que este es otro aspecto que fluctúa según los cultivares. Así se ha observado que existen cultivares que requieren solo 6 meses, y otros hasta de 18 meses para que una rama vuelva a florecer, y todas estas características están relacionadas con las condiciones climáticas y el estado nutricional del árbol (relación carbono–nitrógeno).

Las flores del mango se encuentran en inflorescencias terminales cónicas de hasta 60 centímetros de largo, que varían entre cultivares. Las inflorescencias tienen generalmente ramificaciones primarias, secundarias y terciarias (Figura 4). Son pubescentes (superficie cubierta de vello, pelo fino y suave) de color verde pálido, rosa o rojo, con centenares de flores. Las inflorescencias son muy ramificadas y terminales, de aspecto piramidal, con una longitud de 6 cm a 40 cm y un diámetro de 3 cm a 25 cm. Un árbol puede tener entre dos mil y cuatro mil inflorescencias, las cuales cuentan con una cantidad que oscila entre 400 a cinco mil flores por inflorescencia.



Fig.4. Inflorescencia y flores del mango. Ramificaciones de la inflorescencia primaria, secundaria y terciaria. Fuente: Crane *et al.* (2013).

La flor puede ser hermafrodita o masculina, ambas formas están presentes en la misma inflorescencia. La proporción entre ambas formas varía con el cultivar y el período de floración, y depende de la temperatura durante el desarrollo de la inflorescencia. Las flores hermafroditas son pequeñas (5 mm – 10 mm) y pueden tener entre cuatro y cinco sépalos ovalados, pubescentes e igual cantidad de pétalos oblongo – lanceolados, finos y pubescentes. Solamente uno o dos de los cuatro a cinco estambres que se presentan en el margen interno del disco son fértiles. Contienen un gineceo con cuatro o cinco óvulos carnosos que forman nectarios. Las flores masculinas son similares a las flores hermafroditas, pero

con el pistilo abortado. Las flores polígamas, de cuatro a cinco pares, se producen en las cimas densas o en los últimos brotes de la inflorescencia y son de color verde amarillento.

Durante la etapa de floración masiva se produce un alto índice de abscisión de flores (caída) y, por consiguiente, un reducido cuajado. A esta pérdida masiva de flores contribuye el alto porcentaje de flores masculinas de las inflorescencias. El número de flores está determinado por el tipo de cultivar y por la posición de la inflorescencia dentro del árbol (Pérez, 2013).

El fruto del mango es una drupa, variable en sus dimensiones y forma. Generalmente es ovoide-oblonga, notoriamente aplanada, redondeada u obtusa en ambos extremos, de 4 cm a 25 cm de largo y de 1,5 cm a 10 cm de grosor, con una corteza de color verde, verde amarillento, amarillo o anaranjado cuando madura. Algunos cultivares están teñidos de morado, rojo y anaranjado. La corteza es gruesa, frecuentemente con lenticelas blancas y prominentes (Avilán *et al.*, 2008).

El análisis del ciclo de vida productivo de esta especie frutal, desde el punto de vista comparativo entre los procesos de producción y desarrollo vegetativo, se divide en fases o períodos típicos, los que se evalúan por separado y no están totalmente diferenciados unos de otros. La división fue establecida sobre la base de observaciones fenológicas realizadas por Avilán *et al.* (2008) en plantaciones comerciales de 'Haden'. A continuación, se describen los períodos del ciclo productivo del mango:

- **Período de crecimiento.** Comprende entre dos y ocho años, se caracteriza por un marcado incremento en la superficie lateral de la copa y manifiesta una acentuada elevación del número de frutos.
- **Período de plena producción.** Enmarca entre 8 y 14 años, se refiere al momento cuando el árbol expresa la máxima capacidad de producción.
- **Período de producción.** Comprende desde los 14 hasta los 24 años. Se caracteriza por mostrar un incremento de la superficie lateral y no es proporcional con la capacidad reproductiva del árbol.
- **Período de senilidad.** Se inicia alrededor de los 24 años o más. Señala el comienzo de la etapa final y se caracteriza por una acentuada disminución de los rendimientos.

1.5. REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Los suelos óptimos para el cultivo son los que tienen las siguientes características: textura limosa, profundos, de 1,0 m a 1,5 m, y con una capa mínima de 75 cm. Requiere de un pH que oscile entre los 5,5 y 7,0. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente. El tipo de suelo no afecta mucho al árbol; aunque, en suelos mal drenados no se desarrolla ni fructifica lo suficientemente bien (Mora *et al.*, 2002). Además, se conoce que la raíz utiliza una gran cantidad de carbohidratos de reserva que proveen al árbol para cumplimentar el desarrollo de las fases vegetativa y reproductiva (Gamboa-Porras y Marín-Méndez, 2012).

Las plantaciones comerciales de mango pueden desarrollarse en diferentes tipos de clima, pero las variables temperatura, humedad, precipitaciones y humedad relativa, resultan determinantes para el desarrollo de las mismas.

La temperatura es la variable meteorológica que determina el desarrollo de las fases vegetativa y reproductiva del mango. El árbol no prospera cuando la temperatura media es inferior a 15 °C. Esta característica es la responsable de la delimitación de las zonas de cultivo a nivel mundial. Los rangos óptimos son: entre 24,0 °C y 26,5 °C para el crecimiento, la inducción de la floración de 19 °C a 13 °C (día/noche) y para la maduración del fruto, de 30 °C a 33 °C. De forma general, se reconoce que las altas temperaturas, además de favorecer el crecimiento vegetativo, regulan el proceso de la floración.

La humedad relativa del aire, cuando es alta, favorece el incremento del desarrollo vegetativo del árbol. Las plantaciones comerciales establecidas en zonas climáticas muy lluviosas se caracterizan por presentar un excesivo vigor, en detrimento de la expresión reproductiva del árbol. Además, favorece el desarrollo de plagas y enfermedades.

El rango ideal de precipitación para el cultivo comercial del mango está comprendido entre 700 mm – 1 500 mm, aunque es una especie que se adapta muy bien a diferentes acumulados anuales de precipitación, desde los 250 mm (con riegos frecuentes) hasta los 5 000 mm. En zonas tropicales, el cultivo requiere de una adecuada distribución anual de la lluvia, debido a que el mango necesita de un clima en el cual alternen la época lluviosa con la seca. Esta última debe coincidir con la etapa de prefloración.

La velocidad del viento es otra variable que influye sobre la especie frutal. El árbol es sensible en todas las fases del desarrollo, vegetativo y reproductivo, principalmente durante la floración, fructificación, crecimiento y recolección de los frutos. Los daños son directamente proporcionales a la intensidad del viento.

1.6. PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES A NIVEL INTERNACIONAL

El mango es el tercer frutal tropical en términos de producción, antecedido por el plátano y la piña, y el quinto entre la diversidad de frutos producidos y comercializados. Esta especie se cultiva aproximadamente en 100 países y es una de las más consumidas a nivel mundial (Fernández *et al.*, 2017).

El área de cultivo de los principales países productores de mango, guayaba y mangostán, se muestra en la Figura 5. Para el período analizado —2015–2019—, la India es el país que posee la mayor cantidad de área plantada, con un incremento sostenido anual. En los dos últimos años rebasa el valor de 2 millones 500 mil hectáreas. Le siguen Tailandia y China, pero con valores muy bajos que no superan las 500 mil hectáreas, con la excepción de los años 2015 y 2016 para China. Brasil cuenta con la menor cantidad de área dedicada a este cultivo, no supera en todo el período analizado las 90 mil hectáreas.

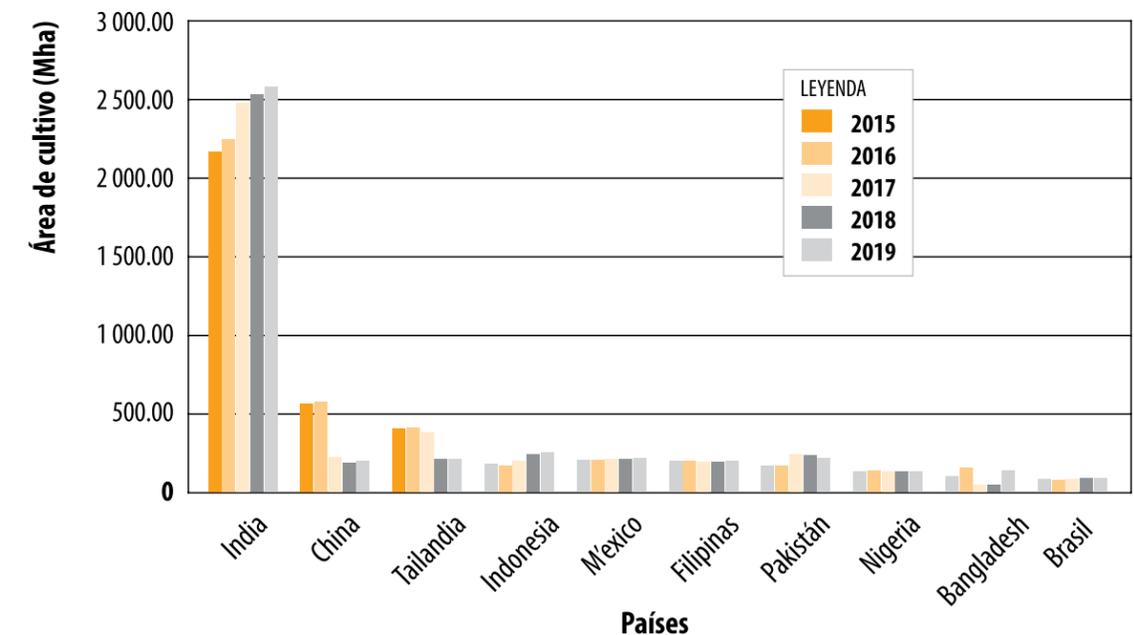


Fig.5. Área dedicada al cultivo de mango, mangostán y guayaba en los diez principales países productores a nivel internacional (serie 2015–2019). Fuente: FAO (2020).

La producción mundial de mango, mangostán y guayaba — el grupo más importante de frutas tropicales a nivel mundial —, alcanzó los 52,1 millones de toneladas en 2018, lo que representa un incremento del 2,8 % con respecto a 2017. Los sistemas internacionales de clasificación de productos básicos en relación con la producción y el comercio no exigen que los países notifiquen las frutas de

este grupo por separado. Se estima que la media del mango representa aproximadamente el 75 % del volumen de producción total, la guayaba el 15 % y el mangostán 10 % (FAO, 2020).

En la Figura 6 se muestra la evolución temporal de la producción de mango, guayaba y mangostán del período 2015 – 2019 para los 10 países mayores productores a nivel mundial. La India lidera la producción mundial, con volúmenes superiores a los 18 millones de toneladas anuales, que representan alrededor del 50 % de la producción mundial. Le siguen China, Tailandia e Indonesia, con valores distantes de la India, que no superan los cuatro millones de toneladas por año. En América se destacan las producciones de México y Brasil, entre dos y tres millones de toneladas, respectivamente.

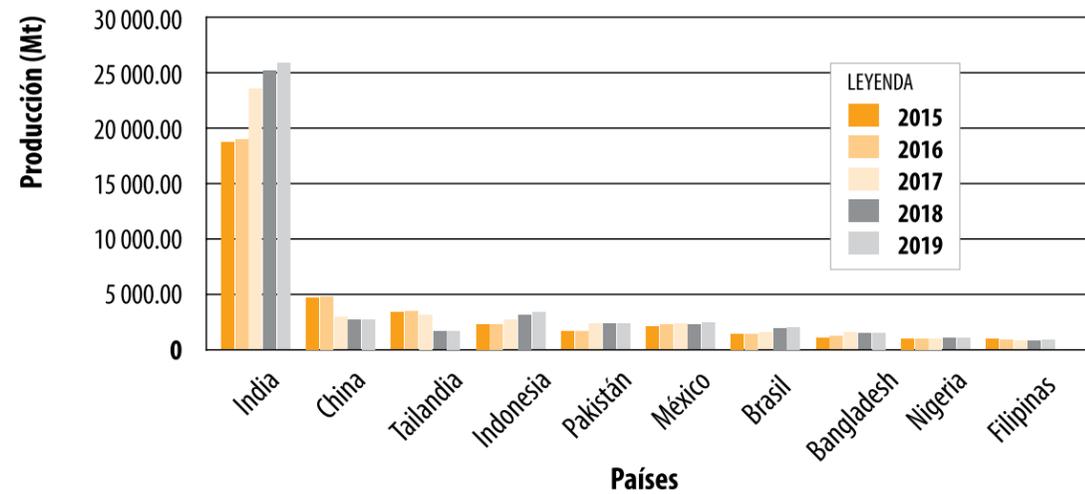


Fig.6. Producción de mango, mangostán y guayaba en los diez principales países productores a nivel internacional (serie 2015–2019). Fuente: FAO (2020).

Con respecto a la distribución regional, en 2018 aproximadamente el 73 % de la producción de mango, mangostán y guayaba se originó en Asia, el 16 % en África y el 11 % en América Latina y el Caribe. La India, principal país productor, registró un incremento de 500 mil toneladas en 2018, esto es un 2,6 %, debido a un aumento del 1,5 % en la productividad de la tierra y a una expansión del 1,1 % de la superficie cosechada. Con una producción de 25 millones de toneladas en 2018, la India representó el 38 % de la producción mundial total, casi exclusivamente de mango y guayaba (FAO, 2020).

Cuando se analizan los rendimientos por países, el escenario es diferente. Como se puede observar en la Figura 7, no son precisamente los países mayores productores y con superiores áreas cultivadas, los que obtienen los mayores rendimientos, expresados en toneladas por hectárea (t/ha).

Brasil es el líder absoluto de los rendimientos, con valores superiores a las 15 t/ha, y en los últimos tres años (2017–2019) superó las 20 t/ha. En orden descendente están: Indonesia, México, Pakistán y Bangladesh. China muestra una evolución positiva para igual período con un rendimiento promedio de 13 t/ha. Especial interés se le concede a la India, como mayor productor, al contar con un incremento de los rendimientos de 10 t/ha sostenido en el período 2017–2019.

1.7. EL CULTIVO DEL MANGO EN CUBA

El Grupo Empresarial Agrícola (GAG) perteneciente al Ministerio de la Agricultura (MINAG) coordina dos programas de producción de frutales en el país: Cítricos y Frutales no cítricos.

En la actualidad el cultivo del mango constituye el principal frutal, debido al área que ocupa y los volúmenes de producción que aporta al balance nacional de frutas con destino al consumo fresco y la transformación industrial. Tiene buena capacidad de adaptación al tipo de suelo y clima del país, es

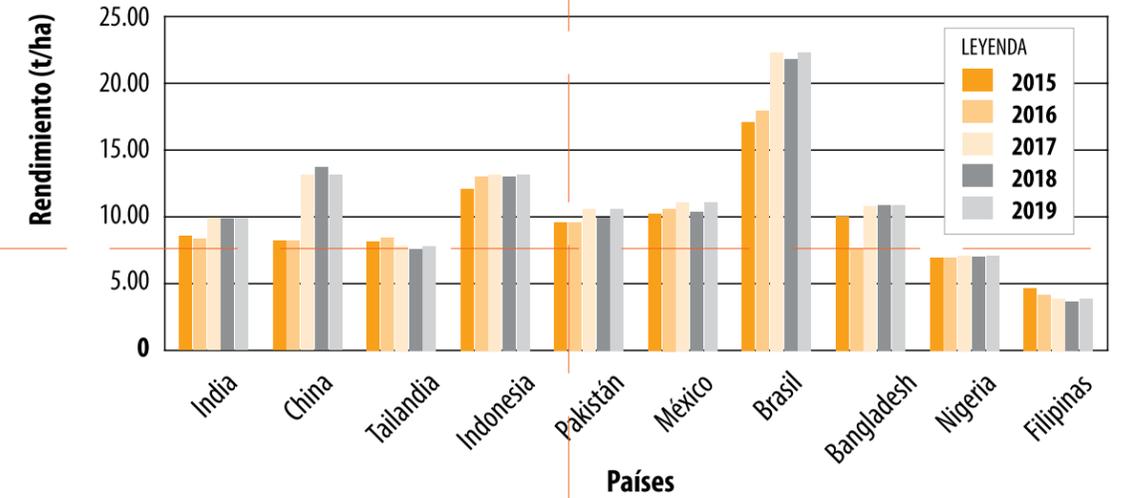


Fig.7. Rendimiento del mango, mangostán y guayaba en los diez principales países productores a nivel internacional (serie 2015–2019). Fuente: FAO (2020).

altamente demandado por la población y contribuye a la generación de empleo. La producción del mango en Cuba se gestiona en dos sectores productivos: Sector Estatal y Sector no Estatal (sector cooperativo).

La cantidad de área total dedicada al cultivo del mango se muestra en la Figura 8. Se puede observar que la cantidad de hectáreas plantadas con esta especie se ha ido incrementando en el país en los últimos años. Este incremento se hizo mayor a partir del 2017, con valores aproximados de 2 mil ha anuales.

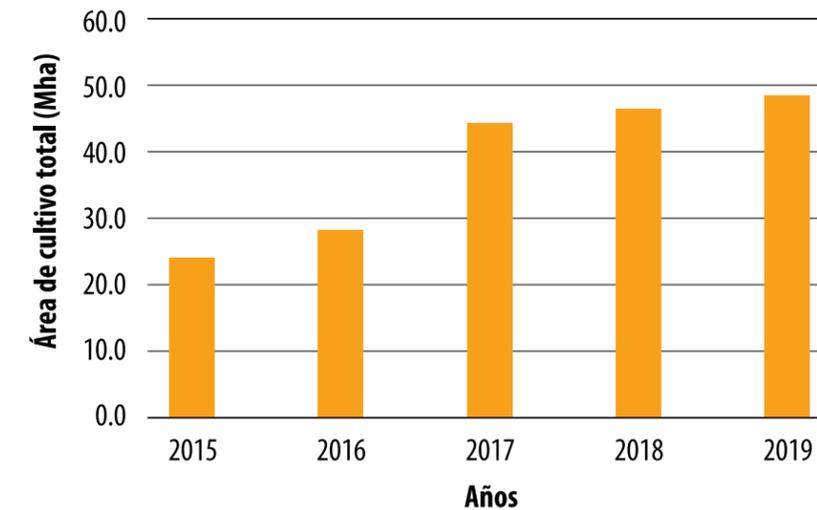


Fig.8. Cantidad de área de cultivo del mango en Cuba. Serie 2015–2019. Fuente: ONEI (2020).

El hecho de que el mango sea el frutal mayoritariamente cultivado está estrechamente relacionado con las proyecciones diseñadas por la Estrategia para la Recuperación de los Frutales en Cuba y la creación del Movimiento Popular de Frutales, que involucró a todos los productores y la población en general (IIFT, 1999). Aparejados a esta voluntad del Ministerio de la Agricultura, surgieron el Programa de Fincas Integrales de Frutales, el Movimiento de las Cooperativas de Frutales y la Estrategia para la

producción de frutales (Llauger *et al.*, 2009). Además, la producción de frutales en el país es pertinente y coherente con la política del Estado Cubano, lo cual está recogido en los siguientes documentos reguladores: Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (PCC, 2016), el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social 2030 (PNDES, 2017) y la Estrategia Económica Social del país, en lo concerniente a la producción de alimentos, reforzamiento de las cooperativas y productores estatales, descentralización de las actividades productivas, así como la mejora del modelo de gestión del sector agropecuario a nivel local.

La producción total de mango registró los mayores valores durante los años 2015 – 2016 con más de 250 mil toneladas. En los años siguientes (2017 – 2019), las producciones estuvieron alrededor de las 150 mil toneladas. Esta reducción representó una disminución de más del 50 % con respecto a los dos primeros años (Figura 9). La disminución de la producción puede estar dada por la influencia de las variaciones climáticas que ha experimentado el clima de Cuba desde hace varias décadas. Estas transiciones se evidencian cuando se comparan los valores de temperaturas máximas y mínimas, así como en el volumen de precipitación acumulada anualmente y la distribución anómala de las precipitaciones en el período poco lluvioso con respecto a las medias históricas. El impacto de las modificaciones de estas variables meteorológicas sobre la inducción y diferenciación de la yema floral es una de las causas del desfase de la floración del período tradicional, y, por consiguiente, la reducción de la producción (Gutiérrez y Alpízar, 2020).

El rendimiento por hectárea oscila entre 8 t/ha – 10 t/ha, sin una tendencia definida a la estabilización, determinado por la relación producción entre cantidad de área. La media de los cinco años que se recogen en este capítulo fue de 9,74 t/ha (Figura 10). Es importante destacar que los rendimientos obtenidos en Cuba, comparados con los de los diez países mayores productores de mango en el mundo — fundamentalmente la India, México, Pakistán, Tailandia, Nigeria y Filipinas —, están dentro del rango que obtienen estos países. No obstante, en Cuba es posible incrementarlos, a partir de la adopción de acciones como la reducción de la distancia de plantación, la selección de cultivares para agroecosistemas diferenciados y la mejora en la gestión del cultivo.

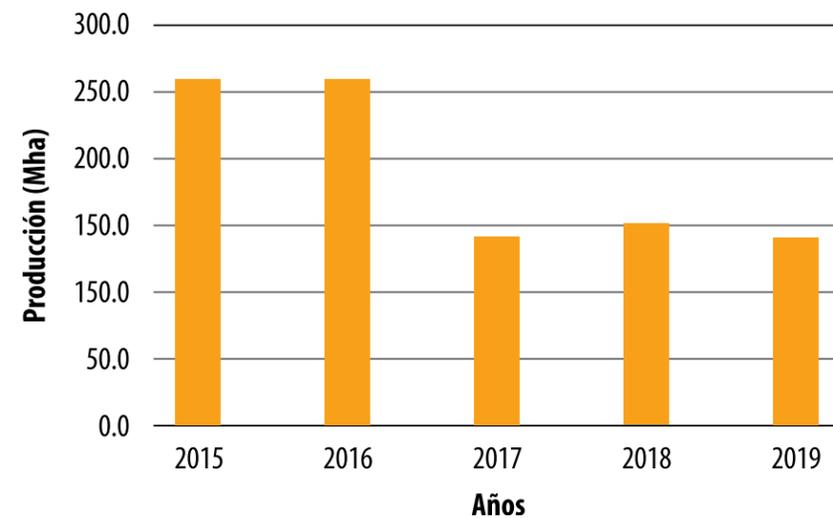


Fig.9. Producción total de mango en Cuba. Serie 2015 – 2019. Fuente: ONEI (2020).

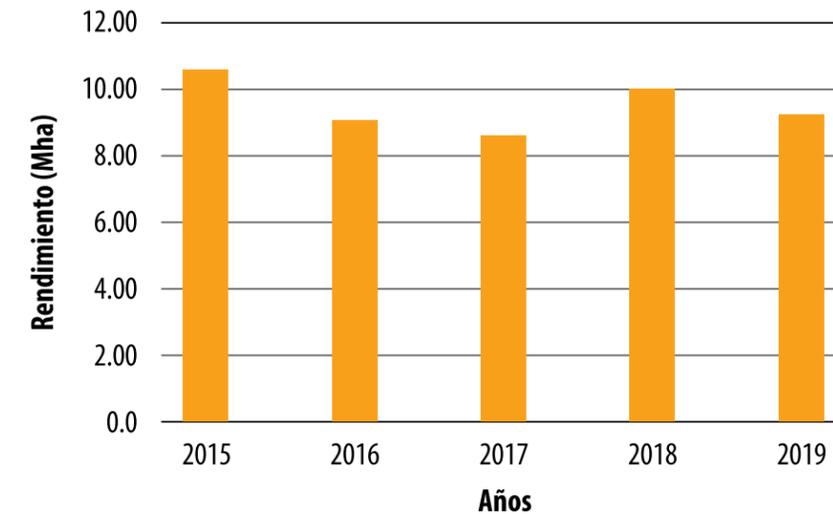


Fig.10. Producción total de mango en Cuba. Serie 2015-2019. Fuente: ONEI (2020).

1.8. BIBLIOGRAFÍA

- Árboles frutales de raíz pivotante. 2021. Tomado de <https://arbolesfrutales.org/de-raíz-pivotante/>. Recuperado el 12 de enero de 2021.
- Avilán, L.; E. Soto; C. Marín; M. Pérez y J. Ruiz. 2008. Mango productivity of a high density population during full production period. *Agronomía Tropical*. Vol. 58 (2): 181–191.
- Bally, I. S. E.; L. U. Ping and R. P. Johnson. 2009. The effects of nitrogen on postharvest disease in mango (*Mangifera indica* L. 'Keitt'). *Acta Horticulturae*, The Hague. Vol. 820: 365–370.
- Bally, I. S. E. 2006. *Mangifera indica* (mango). En: Elevitch, C.R. (Ed.). Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawaii. Tomado de <http://www.traditionaltree.org>. Recuperado el 15 de febrero de 2021
- Bompard, J. M. and R. J. Schnell. 1997. Taxonomy and Systematics. In: Litz, R.E., Ed. The Mango: Botany, Production and Uses, CAB Intl., Wallingford. pp. 21–47.
- Crane, J. H.; C. F. Balerdi, and I. Maguire. 2013. Mango Growing in the Florida Home Landscapes. University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences. pp. 14.
- Davenport, T and R. Núñez-Elísea. 1997. Stress physiology. The Mango, Botany, Production and Uses. CAB International. Oxon. R.E. Litz (Ed.). Wallingford. pp. 147–174.
- Fernández, P.; G. Verna; C. I. Caamal; P. CAAMAL; Z. H. F. Pérez; E. Figueroa, L. Godínez, R. Salazar. 2017. Comportamiento y competitividad del mango de México en el mercado mundial. (Eds.) Ciencias Sociales: Economía y Humanidades. Handbook T–III.–Texcoco de Mora, México, pp. 203.
- Fitmawati, S. P. H. and N. Sofiyanti. 2017. Short Communication: Phylogenetic analysis of mango (*Mangifera*) in Northern Sumatra based on gene sequences of cpDNA *trnL–F* intergenic spacer. *Biodiversitas*. Vol. (2): 715–719. ISSN: 1412–033X, DOI: 10.13057/biodiv/d180239.
- Fuentes, V. 2003. Apuntes para la flora económica de Cuba VII. Especies frutales. *Revista del Jardín Botánico Nacional (Cuba)* 24 (1–2):177–217.
- Galán, V. 1999. El cultivo del mango. Ediciones Mundi–Prensa, Madrid. pp. 297.
- Gamboá–Porras, J. R. y W. Marín – Méndez. 2012. Fenología, producción y contenido de almidón en árboles de mango en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 23(1):81–91. ISSN: 1021 – 7444.
- Gutiérrez, T. P. y M. T. Alpízar. 2020. Capítulo 3. Programas que comprenden medidas para facilitar la adecuada adaptación al Cambio Climático. En: Tercera Comunicación Nacional a la Conven-

- ción Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 2020. Editores: Planos, E. O. G. y T. L. Gutiérrez. pp. 177-278. ISBN: 978-959-300-170-0.
- Hernández, D. 2018. Departamento de Fruticultura Tropical. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. pp. 111. Tomado de: www.icia.es. Recuperado 30 de noviembre de 2019.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 1999. Estrategia para la Recuperación de los Frutales en Cuba. Fondo Biblioteca del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba. pp. 15.
- Jiménez Díaz, J. A. y J. M. Mora. 2003. Manual para el cultivo del mango. *Documento electrónico*, pp. 102. ISBN 9977-84-005-9.
- Kostermans, A. J. G. H. y J. M. Bompard. 1993. Los mangos: su botánica, nomenclatura, horticultura y utilización. IBPGR (International Board for Plant Genetic Resource). Academic Press, San Diego.
- Llauger, R. R.; E. A. Farrés; J. G. Placeres; O. G. Peña; M. E. Alonso; M. G. Betancourt; M. E. A. García; A. M. Correa; G. P. Rodríguez y J. L. Pérez Lamas. Proyección estratégica para la producción de los frutales en Cuba. *CitriFruit*, Vol. 26 (1):3-5.
- López, L. 2008. El cultivo del mango. Fondo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 8.
- Mora, J. M.; J. P. Gamboa y R. M. Elizondo. 2002. Guía para el cultivo del mango. San José, Costa Rica: MAG., pp. 80. ISBN 9968-877-01-8.
- Mukherjee, S. K. 1997. Introduction: botany and importance. En: R. E. Litz (Ed.). *The Mango: botany, production and uses*. CAB International, Wallingford, Oxon. pp. 1-19.
- Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI). 2020. Anuario Estadístico de Cuba. Capítulo 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. Edición 2020: 243-274.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2020. Las principales frutas tropicales Análisis del mercado 2018. Roma. pp. 18. Tomado de: <http://www.fao.org/economic/est/est-commodities/frutas-tropicales/es/>. Recuperado 30 de enero de 2021.
- PCC. 2016. Actualización de los Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021. Documentos del 7mo. Congreso del Partido aprobados por el III Pleno del Comité Central del PCC el 18 de mayo de 2017. pp. 56. Tomado de: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2011/05/09/>. Recuperado 25 octubre de 2018.
- PCC. 2017. Congreso del Partido Comunista de Cuba – Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista. Plan Nacional de Desarrollo Económico hasta el 2030: Propuesta de Visión de la Nación, Ejes y Sectores Estratégicos. Tomado de www.cubadebate.cu. Recuperado 20 de diciembre de 2020.
- Pérez, M. V. 2013. Biología reproductiva del mango (*Mangifera indica* L.). Tesis Doctoral. Universidad de Málaga, España. pp. 205.
- Pérez, M. y G. Almaguer. 2008. Análisis técnico y administrativo del proceso de producción de mango (*Mangifera indica* L.) en Tepalcatepec, Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. México. Ed. Luís Mateo. pp. 14-18.
- Pérez, M.; M. Puche; E. Soto; R. Figueroa; M. Gutiérrez y L. Avilán. 2012. El régimen hídrico como determinante ambiental en la iniciación floral de los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) 'Haden' y 'Edward' en condiciones tropicales. *Revista Científica Udo. Agrícola*. 12 (4): 770 - 778.
- Ramos, M. 2016. Influencia de diferentes momentos de realizar la poda en árboles adultos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Súper Haden' sobre la producción. Tesis presentada en opción al grado de Máster en Fruticultura. Fondo biblioteca del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana. Cuba. pp. 57.
- Rodríguez, M.; M. Guerrero, y R. Sandoval. 2002. Guía técnica del cultivo de mango. El Salvador CENTA. Editores: Amaya, H. E. M.; C. M. García y M. Á. Martínez. (12):1-12.





CAPÍTULO 2

RECURSOS FITOGENÉTICOS Y MEJORAMIENTO GENÉTICO

Juliette Valdés–Infante Herrero
Caridad M. Noriega Carreras

2.1. INTRODUCCIÓN

Los recursos genéticos vegetales son la suma de todas las combinaciones de genes producidos durante el proceso de evolución de las plantas, y se denominan recursos porque implican que el material tiene, o puede tener, valor económico o utilitario actual o futuro. Constituyen un patrimonio de la humanidad de valor incalculable, y su pérdida es un proceso irreversible que supone una grave amenaza para la estabilidad de los ecosistemas, el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del mundo. De ahí la necesidad de conservarlos (Valdés–Infante *et al.*, 2012).

La pérdida de variabilidad genética supone una limitación de la capacidad de responder a nuevas necesidades, y un incremento de la vulnerabilidad de los cultivos frente a cambios ambientales o aparición de nuevas plagas o enfermedades. La conservación es una disciplina dedicada a la preservación, rescate, mantenimiento, estudio y utilización del patrimonio que representa la biodiversidad; debe considerar la genética y dinámica de las poblaciones, sus aspectos ecológicos, reproductivos y su fisiología (Valdés–Infante *et al.*, 2012).

La estrategia a seguir para la conservación del germoplasma depende de la naturaleza del material vegetal, y está definida por la duración de su ciclo de vida, el modo de reproducción y el tamaño de sus individuos. De acuerdo con estas características, se han intentado diversas alternativas de conservación, que van desde el tradicional banco de semillas hasta el mantenimiento de áreas de reservas. Sin embargo, en muchos casos el mantenimiento no es posible y en otros casos resulta sumamente costoso, y los riesgos de pérdidas por manipulación o desastres naturales son muy altos (Valdés–Infante *et al.*, 2012).

El Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) tiene, dentro de sus misiones, el estudio y caracterización del germoplasma de frutales existente, el cual incluye cultivares que han sido seleccionadas atendiendo fundamentalmente a características agronómicas. Dentro de los frutales más representativos se destaca el mango (*Mangifera indica* L.), cuyo genofondo ha estado representado por 250 accesiones, de las cuales el 86 % son formas locales y el 14 % cultivares comerciales introducidos.

2.2. CONSERVACIÓN DE RECURSOS FITOGENÉTICOS

Los métodos de conservación de recursos fitogenéticos pueden clasificarse en dos grandes categorías: *in situ* y *ex situ*. Estas dos modalidades son complementarias y permiten garantizar la conservación del patrimonio genético de las especies y sus poblaciones en el mediano y largo plazo. La conservación *in situ* involucra el mantenimiento de los recursos genéticos en el centro de origen (sitios donde se dio la especiación y, generalmente, se encuentra la mayor diversidad genética) o, en el caso de especies cultivadas, en el entorno en que hayan desarrollado sus características. En contraste, la conservación *ex situ* se define como la conservación de muestras genéticamente representativas de las especies o cultivos, que se mantienen viables a través de un largo período de tiempo, fuera de sus hábitats naturales o lugares de cultivo, en ambientes controlados y con el apoyo de tecnologías adecuadas (Sánchez–Chiang y Jiménez, 2010, Valdés–Infante *et al.*, 2012).

Existen diversos métodos para conservar *ex situ* las especies vegetales, los cuales van desde los bancos genéticos en campo, pasando por *jardines comunitarios* y *botánicos*, hasta los más complejos, basados en el uso de tecnologías como el cultivo *in vitro* y la crioconservación. Estos se diferencian básicamente por el tipo de material conservado y la tecnología de preservación aplicada. Algunos conservan plantas enteras *in vivo* (banco genético en campo, jardines botánicos), otros conservan

estructuras o partes de plantas que tienen la capacidad de generar o llegar a convertirse en nuevos individuos (bancos de semillas, de polen, de tejido *in vitro*, de crioconservación), inclusive aquellos que permiten conservar fragmentos de ADN puro, como es el caso de los bancos de genes. El uso de uno u otro método dependerá principalmente del objetivo del programa de conservación, el tipo de material a conservar, el desarrollo tecnológico y los recursos disponibles (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010; Valdés-Infante *et al.*, 2012).

2.2.1. BANCOS DE SEMILLAS

El método más utilizado en la vía *ex situ* son los bancos de semillas botánicas, por ser el más fácil, seguro y de mejor relación costo-beneficio (Figura 1). En dichos bancos, las semillas se almacenan bajo condiciones controladas de humedad relativa y temperatura. Estos presentan la ventaja de que se pueden almacenar muchos genotipos en espacios reducidos, a un costo relativamente bajo y por períodos que pueden ser prolongados. Además, el material genético conservado puede ser utilizado para la investigación, el mejoramiento de plantas, así como la reintroducción de especies y la restauración de ecosistemas (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010; Valdés-Infante *et al.*, 2012).



Fig.1. Bancos de semilla botánica. Fuente: Cuesta (2018) y FAO (2014).

Los bancos de semillas se consideran aptos para la conservación de especies con semillas ortodoxas (semillas que pueden deshidratarse y almacenarse entre 0 °C y 20 °C por largo tiempo). Sin embargo, este método es poco adecuado para la conservación de especies con semillas recalcitrantes (semillas que no soportan la deshidratación, por lo que deben ser almacenadas en ambientes húmedos y conservan su capacidad germinativa por corto tiempo). Esto es crítico porque muchos de los cultivos tropicales de importancia económica, como el mango, poseen este tipo de semilla (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010; Reveles-Torres y Velásquez-Valle, 2017).

Otra desventaja del uso de semillas en programas de conservación es la dificultad para obtener este tipo de estructuras en algunas especies que tienen un largo periodo juvenil. Por otro lado, existen plantas que se propagan principalmente de forma vegetativa, en las cuales no es tan fácil la obtención de semillas sexuales, sobre todo en aquellas que son poliembriónicas (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010). Ambas características están presentes en el mango, por lo que este tipo de conservación a partir de su semilla botánica no es recomendable para este cultivo.

No obstante, debido a su propagación por injerto para garantizar la replicación fiel del material genético original, en la actualidad se establecen, a nivel internacional, bancos de semilla agámica (yemas) en campo. Esto tiene la finalidad de producir el material de propagación, certificado genética y fitosanitariamente, para el establecimiento de plantaciones comerciales. Cuba trabaja actualmente en la implementación de un Sistema de Producción de Material de Propagación Certificado de Mango, que contempla las categorías de semilla (yema) básica, registrada y comercial (Betancourt *et al.*, 2020).

2.2.2. JARDINES BOTÁNICOS Y BANCOS GENÉTICOS EN CAMPO

Las colecciones en Jardines Botánicos también son un método ampliamente utilizado para conservar diversidad genética vegetal (Figura 2).



Fig.2. Colecciones en Jardines Botánicos. Fuente: Vovides *et al.* (2010) y Luis R. González-Torres.

La ventaja de este método es que, además de conservar diversidad de especies, posibilita su divulgación e investigación. Sin embargo, la gran desventaja es que se mantienen muy pocos ejemplares por especie, lo que representa una baja diversidad genética intraespecífica (dentro de la especie). Esto genera el riesgo de pérdida de integridad genética y depresión por endogamia (cruzamiento entre individuos altamente emparentados), especialmente en las plantas leñosas como el mango. Adicionalmente, al estar al aire libre, este tipo de colecciones están sujetas a pérdidas por desastres naturales y por efecto de plagas y enfermedades (Pita e Iriondo, 1997; Reveles y Velásquez, 2017).

La Red Nacional de Jardines Botánicos de Cuba está integrada actualmente por 13 jardines. Dentro de estos, el Jardín Botánico de Soledad (Cienfuegos) cuenta en sus colecciones con representantes de la familia Anacardeaceae, a la cual pertenece el mango. Como se mencionó anteriormente, ha constituido una de las fuentes fundamentales de aporte de genotipos al banco de germoplasma de este cultivo (Capote *et al.*, 2014a). Es el más importante de la red de Jardines Botánicos existentes en Cuba, no solo por ser el más antiguo, sino además porque posee valiosas colecciones de plantas, únicas de su tipo en América y otras regiones del planeta. Por tanto, estas instituciones constituyen otro reservorio de diversidad que puede ser empleada en programas de mejoramiento genético, así como en la investigación y la promoción de las peculiaridades de estas especies.

Por otra parte, los bancos genéticos en campo son colecciones *ex situ* al aire libre, y se emplean principalmente para conservar germoplasma de especies cultivadas como los frutales y los forestales (Figura 3). También se utilizan para aquellas especies cuyas semillas no toleran la desecación (recalcitrantes), con predominancia de reproducción agámica (vegetativa) y para especies de ciclo largo, donde se demora demasiado en obtener plantas adultas a partir de semillas. Todas estas características están presentes en el mango, por lo que esta constituye una de las vías de conservación más empleadas para esta especie a nivel internacional y en el país.

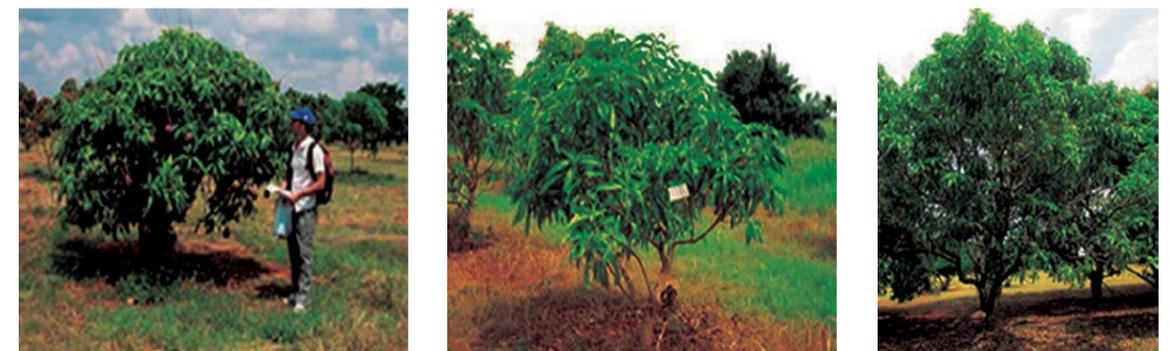


Fig.3. Bancos de germoplasma en campo. Fuente: Capote (2014 a, b).

Con este método normalmente se mantienen muchos más individuos por accesión que en los jardines botánicos, aunque no necesariamente esto implica mayor diversidad genética, ya que los individuos de una accesión pueden ser todos clones o representar genotipos élites seleccionados. Tienen un costo relativamente alto de mantenimiento, además de una alta probabilidad de pérdidas

de materiales por desastres naturales, hibridación y afectación por plagas y enfermedades (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010; Valdés-Infante *et al.*, 2012).

A nivel internacional, existen bancos de germoplasma en campo en diferentes países donde este cultivo tiene una gran importancia comercial (Costa Rica, México, China, Brasil, Indonesia, Filipinas, etc.). Vale destacar países con importantes colecciones de esta especie como la India, uno de los centros de diversidad primarios de este cultivo, y Estados Unidos de América (EUA), principalmente en la Florida.

En Cuba, con la creación del Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales (actualmente Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquizar (UCTB), adscrita al IIFT, se estableció a partir de 1966 una valiosa colección de mango constituida por cultivares que se encontraban en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de Las Vegas (actualmente Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt, INIFAT), el Jardín Botánico Soledad (Cienfuegos) y una gran cantidad de accesiones prospectadas por todo el país. Esta llegó a contar con 384 accesiones, constituyendo una de las colecciones de mango más grandes en la América (Capote *et al.*, 2014a).

2.2.3. CONSERVACIÓN *IN VITRO*

Para solucionar los inconvenientes de las vías de conservación mencionadas anteriormente se puede recurrir a la conservación de especies tropicales en condiciones *in vitro*. Los bancos de tejido *in vitro* surgen como una necesidad para preservar, en forma más segura, el germoplasma de especies recalcitrantes y de propagación vegetativa, dentro de las cuales se encuentra el mango. Además, involucra las técnicas obligadas para la conservación de valiosos genotipos derivados de la ingeniería genética y la manipulación de protoplastos, células o callos, siempre y cuando se consiga su regeneración como plantas enteras. Esta técnica de conservación se comenzó a aplicar en los años 80, y actualmente se utiliza de forma sistemática en la conservación e intercambio de germoplasma de muchos países (Valdés-Infante *et al.*, 2012).

Los bancos de germoplasma *in vitro* son sitios para la conservación de los recursos genéticos en condiciones controladas de laboratorio y que involucran diversas técnicas de cultivo y almacenamiento. En los mismos se busca maximizar la diversidad de ejemplares recolectados de poblaciones en campo o en su centro de origen. La unidad de colección que se mantiene en condiciones controladas puede ser la semilla botánica o explantes vegetativos (este último es el caso del mango), dependiendo principalmente del hábito de crecimiento de la especie (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010).

El almacenamiento *in vitro* se puede clasificar, según su duración, en almacenamiento por corto plazo y almacenamiento por largo plazo. En el primer tipo, generalmente se utilizan técnicas de cultivo *in vitro* que fomenten el crecimiento reducido en condiciones controladas de humedad y temperatura de un explante (órgano, tejido o célula) (Figura 4), mientras que en el segundo se utiliza principalmente la crioconservación (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010).



Fig.4. Banco de germoplasma *in vitro* con almacenamiento a corto plazo. Fuente: Cuesta (2018).

El almacenamiento a corto plazo tiene como ventajas su alta tasa de multiplicación, la conservación de una gran cantidad de plantas en espacios reducidos, un mayor control fitosanitario de las colecciones y que facilita el intercambio de material. La desventaja principal es que requiere de constantes subcultivos y cambios del medio de cultivo, lo que incrementa los costos de mantenimiento, se aumenta el riesgo de contaminación microbiana y la pérdida de material por errores humanos.

Actualmente se está empleando en una serie de frutales a nivel internacional, dentro de los que se incluye el mango. El cultivo de meristemos, anteras, y embriones cigóticos y somáticos han sido de las técnicas más empleadas para la multiplicación, el rescate y la conservación de esta especie (Encina *et al.*, 2002). La embriogénesis somática a partir de tejido nucelar obtenido de embriones de semillas jóvenes es un método que, experimentalmente, ha permitido obtener embriogénesis directa, por lo que representa una vía eficiente para la regeneración y la propagación de plántulas de mango (Asohfrucol y Corpoica, 2013).

En Cuba, se han puesto a punto protocolos para la conservación a corto y mediano plazo de cultivares de mango. Para su replicación en la actualidad se requiere de personal especializado, de infraestructura, equipamiento e insumos.

2.2.4. CRIOCONSERVACIÓN

La crioconservación es un método efectivo y de relativo bajo costo que permite conservar material genético en forma sustentable a largo plazo. Se basa en la reducción y detención de las funciones metabólicas de materiales biológicos mediante su inmersión en nitrógeno líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 5). Así, el material vegetal puede ser conservado sin alteraciones o modificaciones por un tiempo teóricamente ilimitado. Las muestras pueden ser almacenadas en un espacio reducido, están protegidas frente a contaminación y no sufren mutaciones (Sánchez-Chiang y Jiménez, 2010).



Fig.5. Banco de germoplasma *in vitro* con almacenamiento a largo plazo. Fuente: Cuesta (2018).

Su desventaja radica en que se requiere desarrollar protocolos de crioconservación para cada especie de planta. Fue utilizada inicialmente como una solución potencial de almacenamiento a largo plazo para conservar germoplasma de especies de semillas recalcitrantes como la que presenta el mango. Sin embargo, últimamente ha adquirido creciente importancia para las especies silvestres, especialmente para aquellas que son raras o que están en peligro de extinción (Valdés-Infante *et al.*, 2012). El mantenimiento posterior de una colección no requiere de personal abundante, ni de grandes superficies. Su aplicación rutinaria a gran escala sigue siendo insuficiente hasta la fecha para muchos cultivos a nivel internacional (González *et al.*, 2009).

En Cuba se han desarrollado protocolos para cítricos, piña, banano, papaya y otros frutales (Martínez *et al.*, 2013). Aunque en el país no se han desarrollado protocolos para la implementación de este método de conservación en mango, su ejecución puede contribuir a fortalecer los planes de prevención contra desastres naturales, teniendo en cuenta la alta vulnerabilidad a eventos climatológicos extremos (huracanes, ciclones, fuertes vientos, etc.) que hoy presenta la localidad donde se encuentra el banco de germoplasma en campo (zona occidental, provincia Artemisa).

2.2.5. BANCOS DE ADN

Con el avance de las técnicas de ingeniería genética que, en principio, permiten la transferencia de genes entre especies totalmente distintas, una alternativa de conservación es la creación de bancos de ADN (Figura 6). Para ello se procede a la extracción del ADN procedente de individuos de una determinada especie o cultivar y posteriormente, se conserva a bajas temperaturas ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Rey, 2014).

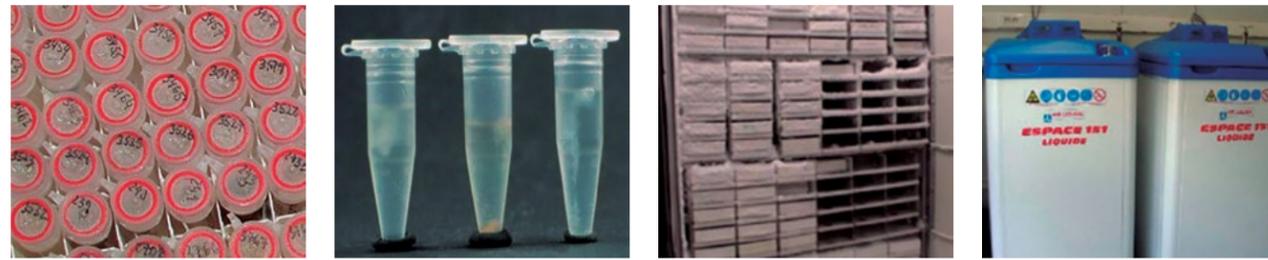


Fig.6. Bancos de ADN. Fuente: Rey (2014).

En sus inicios, esta alternativa solo presentaba utilidad en el caso de especies o cultivares cuyo genoma había sido profundamente estudiado y donde se conocían las secuencias de numerosos genes. Sin embargo, actualmente este tipo de bancos se ha ido generalizando a medida que se han ido implementando las técnicas de ingeniería genética en los procesos de mejora y obtención de nuevos cultivares (Rey, 2014).

En el caso del mango, estos bancos de ADN son de gran utilidad, dada la gran cantidad de estudios moleculares que se han desarrollado a nivel internacional para apoyar los programas de mejora y la caracterización de recursos fitogenéticos. En Cuba también se han desarrollado protocolos para el aislamiento y purificación de ADN en esta especie, los cuales han sido de utilidad para la caracterización molecular del germoplasma y el análisis de diversidad de este genofondo (Ramírez *et al.*, 2004; Cueto *et al.*, 2004).

2.2.6. CONSERVACIÓN *IN SITU*

Con relación a esta otra estrategia básica de conservación, se puede decir que la misma es dinámica. Las especies siguen sometidas a las presiones de selección natural y a los efectos de posibles aislamientos, tanto geográficos como reproductivos, bajo los cuales se han desarrollado las poblaciones. Permite la evolución natural y el desarrollo de nuevas características genéticas y adaptaciones a los cambios ambientales, además de la coevolución con otras especies. Mediante esta se forman variantes en los complejos genéticos que favorecen los procesos adaptativos, tanto como respuesta al ambiente como a los cambios genéticos de las especies acompañantes.

También permite la participación de las comunidades locales asociadas, las cuales tienen el dominio territorial, el manejo y conocimiento tradicional sobre usos y costumbres de los recursos naturales, los cuales se conservan y transmiten de una generación a otra. Las estrategias de conservación participativas dan la oportunidad de generar emprendimientos económicos, tales como el ecoturismo, la producción de flores y plantas nativas, exóticas, originando focos de desarrollo local de tipo sustentable.

Los requerimientos de las técnicas *in situ*, en cuanto a espacio y mantenimiento, son similares a los indicados para los bancos de genes en campo. Dentro de los métodos empleados se pueden citar la conservación de reservas genéticas o áreas protegidas; la conservación en campo o finca (*on farm*, en inglés) y la conservación en huertos caseros. De los tres, el primero está relacionado con la conservación especialmente de especies silvestres en una reserva genética. Esta técnica es apropiada para grupos de especies silvestres, cercanas o lejanas, de las especies cultivadas. Es aplicable para especies de semillas ortodoxas y no ortodoxas, permite la conservación de varios taxones, así como también la evolución de las especies. Los costos de este tipo de conservación disminuyen cuando en la zona protegida están concentradas diferentes especies.

Cuba posee un Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), rectorado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), que cuenta actualmente con 211 áreas protegidas, las cuales representan alrededor del 21 % de toda la extensión del archipiélago cubano (Figura 7).

Hoy existen 14 parques nacionales, tres de ellos considerados Patrimonio de la Humanidad; así como seis áreas protegidas con la condición de Reserva de la Biosfera, lo que les permite contar con

reconocimiento internacional. Como parte de la vegetación que se conserva *in situ* en dichas áreas, los frutales también están presentes en varias de ellas (CENAP, 2013). En el caso específico del mango, es más común encontrarlo en las ubicadas en la región oriental, la cual es considerada uno de los principales puntos de entrada de esta especie al país, por lo que es común verlo crecer silvestre o cultivado por los agricultores.



Fig.7. Conservación en Reservas genéticas o Áreas Protegidas. Fuente: Rolando Fernández de Arcila y Duniel Barrios.

2.2.7. CONSERVACIÓN «EN FINCA» Y HUERTOS CASEROS

Los acercamientos tradicionales a la conservación de la biodiversidad *in situ* se enfocan en la protección de hábitats naturales en parques y reservas, ignorando las posibilidades que se encuentran en ciertos hábitats agrícolas. Sin embargo, los biólogos de la conservación están incorporando de manera creciente a algunos ecosistemas agrícolas en sus planes de manejo como refugios importantes para la biodiversidad. El concepto general en el cual se basa la incorporación de áreas agrícolas es que, si un cierto porcentaje de la tierra está dedicada a una agricultura ambientalmente no nociva y bien implementada, y que otro porcentaje de hábitat se protege, entonces la preservación de ambos usos de la tierra en combinación puede contribuir a la capacidad del planeta para mantenerse a flote.

Con el fin de proteger a la biodiversidad, es importante recalcar la necesidad de incorporar a las áreas agrícolas manejadas para la protección ambiental. A nivel internacional, Italia tiene experiencia en estos temas, al contar con fincas situadas dentro de los parques de áreas protegidas, las cuales son particularmente aptas para la agricultura y ganadería orgánica y ecosostenible (Grandi y Triantafyllidis, 2010).

En este sentido, la conservación *in situ* de variedades locales, denominada actualmente conservación «en finca» implica el cultivo de estos materiales en sus zonas de origen y con las técnicas tradicionales. Está basada en la participación activa de la familia del agricultor. La ventaja de esta técnica es que asegura el mantenimiento de antiguos cultivares tradicionales, nativos, y aquellas especies silvestres que dependen de la agricultura tradicional.

Desde una perspectiva real, la conservación «en finca» de variedades locales parece poco viable si no se realiza con un enfoque de utilización. De ahí que el desarrollo de sistemas agrícolas sin grandes insumos, más respetuosos con el medio ambiente y más diversificados, en resumen, ofrece buenas expectativas para revalorizar y preservar la diversidad genética contenida en los cultivares tradicionales, especialmente adaptados a este tipo de agricultura. En los últimos años, este tipo de conservación está siendo objeto de atención creciente en el ámbito internacional, por lo que se observa un aumento en el número de proyectos e iniciativas para respaldar y fomentar la ordenación, conservación y mejora de los recursos fitogenéticos en explotaciones agrícolas.

En Cuba, el Movimiento de Fincas Integrales de Frutales, promovido desde la década de los 90, constituye un buen representante de este tipo de conservación por su composición de especies y estructura (Rodríguez *et al.*, 2009). Dentro de estas, el mango se destaca como uno de los cultivos con preferencia para intercalar, al cual le dedican mayor cantidad de área y diversidad de cultivares (Pino, 2008; Vargas *et al.*, 2016).

A través del mejoramiento participativo, se han incorporado a los bancos de germoplasma selecciones locales cultivadas por los agricultores en estas fincas. A su vez, estas áreas han sido utilizadas como parcelas de investigación para la validación de nuevos cultivares promisorios para su explotación a escala comercial. Esta vinculación productor–ciencia–innovación–extensión ha sido un aporte relevante para el incremento de la diversidad de cultivares y la conservación de los recursos fitogenéticos de frutales y otras especies vegetales.

La experiencia del policultivo, o cultivo en asocio, cuenta con gran aceptación en la actualidad en el país, ya que en estas áreas la producción es un proceso sostenible que toma en cuenta elementos esenciales tales como: el aprovechamiento eficiente del suelo mediante la asociación de cultivos, el manejo integrado de plagas, la diversificación del uso de la materia orgánica y de los recursos disponibles, la vinculación del hombre al área y el pago por los resultados finales (Rodríguez *et al.*, 2009). Este es la base del actual Movimiento de Cooperativas de Frutales, el cual surgió en el año 2010, en las cuales el mango es uno de los frutales de mayor representación.

De igual forma, los huertos caseros están estrechamente ligados con la conservación en campo e involucran conservación genética en casa, en jardín o en patio (Figura 8). Estos huertos, tienen semejanza en estructura y función a los ecosistemas, por lo que son sustentables ante la diversidad de especies, captación de radiación solar, control biológico, uso eficiente del espacio y ciclos cerrados de nutrición. Precisamente esa diversidad y conservación de especies es la que le otorga el gran valor, en tanto que la optimización del espacio a través de un sistema vertical, permite el uso adecuado de los recursos (Calvet *et al.*, 2014).



Fig.8. Conservación en huertos caseros o patios. Fuente: Calvet *et al.* (2014) y Rivera *et al.* (2014).

La diversidad en cantidad y variedad de especies, algunas de ellas únicas, su estructura y posibles asociaciones, hacen que presenten características idóneas para ser considerados como una especie de banco genético vivo y un centro de conservación de germoplasma *in situ* (Orellana *et al.*, 2006).

En los últimos años, con el crecimiento y diversificación de la fruticultura para consumo en fresco y la industrialización, se ha producido cambios en la composición de especies frutales en los huertos familiares y patios. Se han registrado la presencia tanto de especies tradicionales como el mango, la guayaba, el aguacate, etc., como de frutales de poca presencia o subutilizados como las anonáceas y sapotáceas, entre otros. Estas producciones tienen una contribución, tanto para la alimentación de la familia, como para el autoabastecimiento alimentario municipal. Los vínculos con Programas de la Agricultura, así como con instituciones de ciencia y de enseñanza, los hacen parte del sistema de extensión y de conservación de estos recursos naturales.

Es por esto que la consolidación de esta combinación de sistema productivo y de conservación forma parte de los lineamientos del actual Programa de Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar. Este surgió en Cuba, a finales de la década de los 80 y principios de los 90 del pasado siglo, bajo el concepto de producir alimentos en las ciudades y sus periferias, y tomó fuerza ante la necesidad de

acercar la producción a los consumidores, disminuir los gastos por concepto de transporte y combustible e incrementar las fuentes de empleo (Acevedo *et al.*, 2014; Companioni *et al.*, 2017).

Los métodos de conservación *ex situ* e *in situ* comentados anteriormente, pueden contribuir a la conservación de la diversidad biológica del mango en Cuba. El diseño de una estrategia que combine estas técnicas, unido a un programa de mejoramiento genético, prospecciones locales e introducción de cultivares con características morfoagronómicas diferentes, contribuirá a enriquecer este genofondo para futuras generaciones.

2.3. PRINCIPALES CULTIVARES Y PATRONES

2.3.1. CULTIVARES

La propagación mediante las semillas de los frutos (sexual) puede dar lugar a una descendencia idéntica a sus progenitores (cuando las plantas se autofecundan) o dar origen a una descendencia diferente de sus progenitores (cuando las plantas tienen fecundación cruzada). El segundo caso, dentro del cual se encuentra el mango, contribuye a incrementar la diversidad varietal en cada especie y permite seleccionar luego los individuos con mejores características que darán origen a los nuevos cultivares. Estos se multiplicarán y perpetuarán mediante la propagación vegetativa, evitando su extinción y extendiendo su cultivo, contribuyendo así al progreso de la Fruticultura (Valero, 2005).

La amplia distribución geográfica del mango, su largo período de domesticación y antigüedad como cultivo, su propagación a través de semillas por muchos años, los cruzamientos al azar y controlados que se han desarrollado (donde también ha actuado la selección natural y artificial) y la naturaleza de su reproducción anual, han sido factores que han propiciado la amplia diversidad genética de esta especie. Esto ha generado genotipos que exhiben diferencias notorias, particularmente en cuanto a los caracteres del fruto (Capote 2007; Guerra *et al.*, 2018).

Los genotipos de mango pueden dividirse en dos grupos principales según su lugar de origen y embrionía (Capote, 2007; Hernández, 2012):

Cultivares indios: son monoembrionicos (forman semillas con un único embrión cigótico o sexual), susceptibles a la antracnosis, muy coloreados, donde resalta el color rojo. Su sabor a trementina es muy marcado; a menudo son dulces con un bajo contenido en ácidos. Son intolerantes a la humedad. La mayor parte de los cultivares provienen de la India, ya sea directamente establecidos ('Alphonse', 'Mulgoba', y 'Sandercha') o como cultivares seleccionados en otros países a partir de plantas de este mismo origen. Dentro de este último grupo se destacan los cultivares comerciales de la Florida (Estados Unidos de América), los cuales han dado lugar a un grupo de cultivares que actualmente se imponen en los principales países que cultivan el mango. Es posible que tengan su centro de origen en el noreste de la India. Su evolución ha sido en climas subtropicales.

Cultivares indochinos y filipinos: son poliembrionicos (presentan embriones de tipo asexual o nucelar que pueden suprimir, o no, al embrión sexual o cigótico). A menudo carecen de una coloración atractiva debido a que la corteza toma una tonalidad verde amarillenta. Sin embargo, son muy dulces, sin fibra ni sabor a trementina. Toleran más la antracnosis y el exceso de humedad. Es posible que tengan su centro de origen en el sureste de Asia, donde se encuentran las Filipinas. Su evolución ha sido en climas tropicales. De este centro de origen se destacan los cultivares 'Cambodiana', 'Carabo' y 'Pico'.

De forma general, aunque en la mayoría de los países prevalecen los tipos de mangos seleccionados localmente, puede afirmarse que los cultivares de la Florida dominan las plantaciones de mango comerciales en casi todos los países que lo cultivan. Esto se debe a la calidad interna de sus frutos y a la coloración rojiza de su corteza, caracteres ampliamente demandados en la mayoría de los mercados internacionales de fruta fresca. Dentro de estos se destacan 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt' (Capote, 2007; Gamboa y Montero, 2010; Ramírez *et al.*, 2010).

Con relación a Cuba, desde su introducción (finales del siglo XVIII o principios del XIX) y hasta principios de 1959, el cultivo se encontraba en forma prácticamente silvestre, diseminado por toda la isla,

existiendo pocas plantaciones compactas dedicadas a este cultivo. No es hasta 1889 que se inicia su cultivo de forma comercial. En 1904 se comienzan a realizar introducciones, fundamentalmente desde los Estados Unidos de América (EUA), las cuales se establecieron en la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas para su caracterización, evaluación y conservación. Hasta 1907, cuando se inició en Cuba el uso del injerto como medio de multiplicación de este frutal, la propagación se realizó a través de sus semillas. Esto, unido al entrecruzamiento que tuvo lugar libremente en la naturaleza, trajo como resultado que se contara con una cifra significativa de genotipos de mangos, la cual se ha ido enriqueciendo con cultivares introducidos (Cañizares, 1984).

Con la creación del Banco de Germoplasma de Frutales Tropicales y Subtropicales en la localidad de Alquizar (actual provincia de Artemisa), comentado en el acápite anterior, el profesor Jesús Cañizares Zayas estableció, a partir de 1966, una valiosa colección. En la década de los 60 y los 70 del pasado siglo, se realizaron en el país plantaciones masivas de mango, llegándose a alcanzar a finales de los 80 unas 30 mil ha con una producción de 114 mil t y un rendimiento promedio de 3,8 t/ha. Estos valores tan bajos, unido a la demanda de esta fruta para el procesamiento industrial, así como su potencialidad como reglón de exportación altamente cotizado en el mercado internacional, motivó a que en mayo de 1982 se realizara una reunión nacional para analizar este aspecto. En ella se evidenció que una parte importante de los bajos rendimientos se debía a una incorrecta selección de los cultivares a plantar en cada área.

Bajo estas premisas, y tomando en cuenta el carácter marcadamente regionalista de este cultivo, se diseñó un estudio de regionalización de los cultivares de mango, en el cual se incluyeron 30 genotipos con características promisorias seleccionados a partir de trabajos previos de caracterización morfoagronómica. Las localidades identificadas para su evaluación fueron: Habana (actual provincia de Artemisa), Trinidad (provincia de Sancti Spiritus), Holguín y Motembo (provincia de Villa Clara). El objetivo de dicho estudio fue determinar el comportamiento agroproductivo de cada cultivar bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, con vistas a recomendar los que se adaptaron mejor a cada localidad. A continuación, se describen las principales características de estos cultivares:

'Delicioso': cultivar local de orden desconocido. Los frutos son los que se cosechan más temprano (mayo), por eso es menos afectado por la antracnosis, porque fructifica antes de comenzar el período lluvioso. Es un árbol de porte mediano, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento extendido. El fruto tiene un tamaño mediano, forma redondeada y un peso promedio de 330,7 g. La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, un grosor de 1,37 mm y un peso promedio de 49,2 g que presenta el 15 % del peso total del fruto (Figura 9). La pulpa es de color amarillo anaranjada, jugosa, con un peso promedio de 240 g, lo que representa el 72 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,34 %, sólidos solubles totales de 14 °Brix y contenido de vitamina C de 27,05 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 41,4 g (representa el 13 % del peso total del fruto). Las dimensiones de su fruto cumplen con los requerimientos del mercado en fresco europeo.

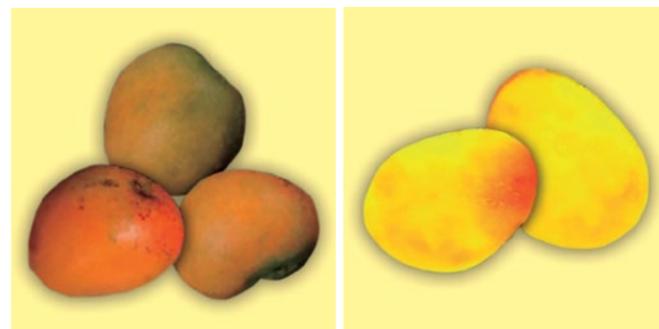


Fig.9. Color del fruto y de la pulpa del cultivar local 'Delicioso'. Fuente: AGROFRUTALES (2021); Capote *et al.* (2014a).

'Eldon': el árbol original proviene de una semilla que creció en la propiedad de Walter B. Eldon en Miami, Florida en 1939. Estudios realizados por diferentes investigadores indican un probable origen a partir del cultivar 'Haden' o del 'Cowasji Patelel'. Tiene cosechas en los meses de mayo y junio. Es un árbol de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento extendido. El fruto tiene un tamaño mediano, forma redondeada y un peso promedio de 520,1 g. La

corteza es lisa, con una coloración que va desde verde con tonos rosáceos en su estado inmaduro a una mezcla de verde, amarillo, naranja y rojo en la maduración, un grosor de 1,8 mm y un peso promedio de 90,3 g que representa el 18 % del peso total del fruto (Figura 10). La pulpa es de color amarillo, sabor dulce y agradable aroma, jugosa, con un peso promedio de 381,5 g, lo que representa el 73 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,34 %, sólidos solubles totales de 15,4 °Brix y contenido de vitamina C de 16 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 48,3 g (representa el 9 % del peso total del fruto). Las dimensiones de su fruto cumplen con los requerimientos para la comercialización en fresco.



Fig.10. Color del fruto maduro y de la pulpa del cultivar introducido 'Eldon'. Fuente: Capote *et al.* (2014a).

'Haden de Muñoz': es un cultivar local que se obtuvo a partir de una selección de 'Haden', este último originado de una semilla del cultivar 'Mulgoba' (India), plantada en 1902 por el capitán John Haden en la Florida (EUA). Es un árbol de porte alto (más de 10 m), la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento extendido. Es de cosechas tempranas (mayo-junio). El fruto tiene un tamaño mediano, forma redondeada y un peso promedio de 420,9 g (Figura 11). La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, un grosor de 0,8 mm y un peso promedio de 53 g que representa el 13 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo dorado, jugosa, con un peso promedio de 337,5 g, lo que representa el 80 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,44 %, sólidos solubles totales de 14,9 °Brix y contenido de vitamina C de 11,8 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 30,4 g (representa el 7 % del peso total del fruto). Las dimensiones de su fruto cumplen con los requerimientos del mercado en fresco europeo.



Fig.11. Color del fruto maduro y de la pulpa del cultivar local 'Haden de Muñoz'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'Corazón': es un cultivar cuyo origen no está determinado con exactitud. Cañizares (1984) refirió que pertenece al grupo del 'Bizcochuelo' y es posible que haya sido traído también por los franceses, ya que ocupa prácticamente la región en que ellos se establecieron en Cuba a su arribo de Haití. También se ha reportado en las Filipinas, pero se desconoce su lugar de origen. Este es el típico cultivar de la región suroriental de la provincia de Santiago de Cuba, ya que se encuentra ampliamente distribuido, desde Santiago de Cuba y sus cercanías hasta las estribaciones de las montañas al sureste de Baracoa, en la provincia de Guantánamo. Es un árbol de porte mediano, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño pequeño, forma acorazonada y un peso promedio de 221,1 g (Figura 12). La corteza es lisa, con una coloración que va desde ver-



Fig.12. Color del fruto maduro y de la pulpa del cultivar 'Corazón'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

de en su estado inmaduro a amarillo verdosa en la maduración, un grosor de 1,39 mm y un peso promedio de 41,7 g que representa el 19 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo intenso a anaranjado, jugosa, con un aroma muy agradable, con un peso promedio de 131,5 g, lo que representa el 59 % con relación al peso total del fruto, con gran cantidad de fibra; acidez de 0,4 %, sólidos solubles totales de 3,3 °Brix y contenido de vitamina C de 65,2 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 47,9 g (representa el 22 % del peso total del fruto). Sus frutos, una vez procesados, producen un jugo que conserva su aroma y sabor sin alteraciones. Esta característica no ha sido superada por ningún otro cultivar en Cuba, lo que lo hace ideal para la elaboración industrial de néctar y compota o mermelada; así como para el consumo en fresco, a pesar del alto porcentaje que representa la semilla en el peso total del fruto.

'Mamey': es un cultivar local de origen desconocido. Es uno de los más antiguos de Cuba y se caracteriza por su aroma inconfundible, que lo hace preferido en el mercado interno en las provincias centrales y orientales del país. Está distribuido en todo el país, principalmente en la región oriental. En la zona central se conoce con el nombre de 'Mamey' y en la oriental como 'Mameizón', así como también en algunas regiones lo llaman 'Mango Hueso'. Es un árbol de porte alto, la forma de la copa es semicircular y con hábito de crecimiento extendido.



Fig.13. Color del fruto inmaduro y maduro del cultivar 'Mamey'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño pequeño, forma elíptica y un peso promedio de 200,9 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo anaranjado en la maduración, un grosor de 0,7 mm y un peso promedio de 42,2 g que representa el 21 % del peso total del fruto (Figura 13). La pulpa es fibrosa, firme, de color amarillo claro, no muy jugosa, con sabor semidulce y un peso promedio de 117,9 g, lo que representa el 59 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,2 %, sólidos solubles totales de 15,2 °Brix y contenido de vitamina C de 67 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 40,9 g (representa el 20 % del peso total del fruto). Es un cultivar que, por la consistencia de su pulpa, y por su aroma inconfundible, tiene perspectivas en la industria para la elaboración de tajadas, a pesar del alto porcentaje que representa la semilla en el peso total del fruto, lo que disminuye el porcentaje aprovechable de pulpa.

'Chino Rojo': es un cultivar local de origen desconocido. Se distingue completamente de los otros cultivares denominados «chinos». Está poco distribuido, se pueden encontrar algunos árboles fundamentalmente en la provincia Artemisa y Pinar del Río. La planta florece y fructifica abundantemente, pero generalmente caen muchos frutos antes de madurar. Es bastante tolerante a la antracnosis. Es un árbol de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento extendido. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño mediano, forma ovoide y un peso promedio de 407,1 g. La corteza es lisa, con una coloración roja tanto en su estado inmaduro como maduro, un grosor de 1,5 mm y un peso promedio de 74,4 que presenta el 18 % del peso total del fruto (Figura 14). La pulpa es de color amarillo anaranjado, jugosa, con un peso promedio de 279,2 g, lo que representa el 69 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,2 %, sólidos solubles totales de 12,2 °Brix y contenido de



Fig.14. Fruto del cultivar 'Chino Rojo'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

vitamina C de 14,8 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 53,6 g (representa el 13 % del peso total del fruto). A pesar de tener un color atractivo se conoce muy poco y no tiene valor comercial. El fruto es bastante fibroso y no puede competir con otros cultivares para su consumo como fruta fresca. No obstante, es un cultivar de interés para trabajos de mejoramiento genético, teniendo en cuenta la alta heredabilidad del color rojo del fruto, el cual es uno de los aspectos demandados por el mercado en fresco.

'Chino Amarillo': es un cultivar de origen local procedente de la zona central del país. El árbol es de porte alto, la forma de la copa semicircular y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño mediano, forma redondeada y un peso promedio de 523,7 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde amarillo verdosa en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, un grosor de 0,7 mm y un peso promedio de 90 g que representa el 17 % del peso total del fruto (Figura 15). La pulpa es de color amarillo anaranjado, sabor muy dulce, algo fibrosa, con aroma agradable, jugosa, con un peso promedio de 385,3 g, lo que representa el 74 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,54 %, sólidos solubles totales de 15,6 °Brix y contenido de vitamina C de 32,9 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 48,4 g (representa el 9 % del peso total del fruto). Las dimensiones del fruto cumplen con los requerimientos para la comercialización en fresco. En el país también se emplea para la confección de diferentes tipos de dulces.



Fig.15. Color del fruto inmaduro y la pulpa del cultivar 'Chino Amarillo'. Fuente: Capote *et al.* (2014a).

'Estero del Pinar #2': es un cultivar local de origen desconocido. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es piramidal y tiene hábito de crecimiento extendido. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño mediano, forma elíptica y un peso promedio de 574,2 g (Figura 16). La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, un grosor de 1,51 mm y un peso promedio de 73,6 g que representa el 12 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo anaranjado, jugosa, con un peso promedio de 433,6 g, lo que representa el 76 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,5 %, sólidos solubles totales de 14,1 °Brix y contenido de vitamina C de 14,1 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 67 g (representa el 12 % del peso total del fruto). Es interesante señalar que, a pesar del volumen que ocupa la semilla, lo cual disminuye el contenido en pulpa, constituye un cultivar que tiene aceptación en el mercado local por su sabor y aroma.

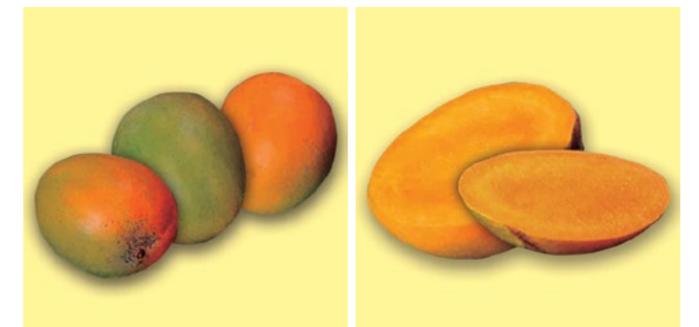


Fig.16. Color del fruto y la pulpa del cultivar 'Estero del Pinar #2'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'Señora': es un cultivar de origen desconocido. Fue uno de los primeros popularizados en los centros de ventas de frutas, principalmente en Trinidad y Santiago de Cuba. Su nombre se ha usado comúnmente por muchas personas en Cuba para muchos tipos de mango, sobre todo aquellos que tienen la corteza rosada o roja, de mediano tamaño y de forma más o menos redondeada. Fue seleccionado por el Ing. Díaz Cuevas en la región central del país. Es válido destacar que con este nombre aparece referido un mango en las Filipinas, el cual pudiera ser su lugar de origen. Es susceptible a la antracnosis. Es un árbol de porte alto, la forma de la copa es oblonga y con hábito

de crecimiento erecto. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño pequeño, forma redondeada o alargada y un peso promedio de 251,2 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde amarillo verdosa en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, un grosor de 1,0 mm y un peso promedio de 70,5 g que representa el 28 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo dorado, sabor dulce, con poca fibra, aroma agradable, jugosa, con un peso promedio de 147,6 g, lo que representa el 59 % con relación al peso total del fruto; acidez de 1,15 %, sólidos solubles totales de 14,2 °Brix y contenido de vitamina C de 33,3 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 33,2 g (representa el 13 % del peso total del fruto). Se emplea en el país tanto para consumo en fresco como para industria, a pesar del porcentaje que representa la semilla en el peso total del fruto, aspecto que limita en cierta medida ambos tipos de comercialización.

'Bizcochuelo': el origen de este cultivar es desconocido, aunque se refiere que quizás fue traído a la región oriental del país por los emigrantes haitianos. Se cultiva desde hace mucho tiempo en el Valle del Caney (provincia de Santiago de Cuba). Es el mejor mango de la región oriental de Cuba y quizás el más conocido, pero su cultivo no da buenos resultados fuera del Valle del Caney, el cual presenta un clima seco. Esto es debido a que es muy susceptible a la antracnosis, por lo que no resiste la llovizna y los cambios de tiempo que son muy frecuentes en la región occidental de Cuba durante la fase de la floración. Se pueden encontrar frutos de buena calidad, pero en menor cantidad, en Trinidad y quizás en algunos otros lugares de la costa sur de Cuba, bien protegidos por las montañas. No obstante, es necesario señalar que tiene un sabor completamente distinto a los que se cultivan en la región del Caney, lo que constituye un ejemplo del carácter regionalista de este frutal. Es un árbol de porte mediano, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento inclinado. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño de mediano a pequeño, forma redondeada o acorazonada y un peso promedio de 336,4 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, un grosor de 1,2 mm y un peso promedio de 54 g que representa el 16 % del peso total del fruto (Figura 17). La pulpa es de color amarillo intenso hasta anaranjado claro, firme, carnosa, con sabor muy dulce, jugosa, con un peso promedio de 226,5 g, lo que representa el 67 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,46 %, sólidos solubles totales de 10,2 °Brix y contenido de vitamina C de 18,8 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 55,9 g (representa el 17 % del peso total del fruto). A pesar del volumen que ocupa la semilla en el fruto, en la región oriental del país se emplea tanto para el consumo en fresco como para la industria, por ser un cultivar muy dulce y con un pronunciado y agradable aroma.



Fig.17. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Bizcochuelo'. Fuente: Capote *et al.* (2014a).

El fruto tiene un tamaño de mediano a pequeño, forma redondeada o acorazonada y un peso promedio de 336,4 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, un grosor de 1,2 mm y un peso promedio de 54 g que representa el 16 % del peso total del fruto (Figura 17). La pulpa es de color amarillo intenso hasta anaranjado claro, firme, carnosa, con sabor muy dulce, jugosa, con un peso promedio de 226,5 g, lo que representa el 67 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,46 %, sólidos solubles totales de 10,2 °Brix y contenido de vitamina C de 18,8 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 55,9 g (representa el 17 % del peso total del fruto). A pesar del volumen que ocupa la semilla en el fruto, en la región oriental del país se emplea tanto para el consumo en fresco como para la industria, por ser un cultivar muy dulce y con un pronunciado y agradable aroma.

'Julie': es un cultivar introducido de origen desconocido. Según Cañizares (1984), este es uno de los llamados mangos enanos, ya que los árboles más altos que se han visto en Cuba no han tenido más de 5 m. En Jamaica, uno de los países donde se cultiva, se han visto árboles de 2 m y 3 m densamente fructificados. Se refiere que pudo haberse producido su introducción a Cuba a partir de una forma lograda en la Isla Martinica. En otras islas de las Antillas se cultiva más que en Cuba. El árbol es de porte mediano a pequeño, la forma de la copa es oblonga y con hábito de crecimiento inclinado. Tiene cosechas en los meses de junio y julio. El fruto tiene un tamaño de mediano a pequeño, forma redondeada y un peso promedio de 293 g. La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a verde amarilla en la maduración, un peso promedio de 61,6 g que representa el 21 % del peso total del fruto (Figura 18). La pulpa es de color amarillo anaranjado, jugosa, con un peso promedio de 195,3 g, lo que representa el 67 % con relación al

peso total del fruto; acidez de 0,2 %, sólidos solubles totales de 19,8 °Brix y contenido de vitamina C de 47,4 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 36,2 g (representa el 12 % del peso total del fruto). Este cultivar es importante para el mejoramiento genético encaminado a la reducción del porte de la planta. En este sentido, en el año 2013 se sembraron semillas obtenidas por polinización libre de este cultivar, cuyos descendientes están en fase de caracterización, con el objetivo de identificar aquellos que porten la característica de porte bajo de su progenitor femenino y la poliembriónia, aspectos importantes para su uso como patrón.



Fig.18. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Julie'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'Baltazar': tiene su origen en la provincia de Guantánamo, donde se ha popularizado su consumo. Antes del triunfo de la Revolución no se conocía en el resto del país. En los años 1962 y 1963 fue llevado a Niquero y a la Isla de la Juventud, donde mostró buenas producciones, iguales que en su lugar de origen. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es semicircular y con hábito de crecimiento inclinado. El fruto tiene un tamaño pequeño, forma redondeada y un peso promedio de 161,8 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo rojiza en la maduración, un grosor de 1,4 mm y un peso promedio de 34,1 g que representa el 21 % del peso total del fruto (Figura 19). La pulpa es de color amarillo anaranjado, jugosa, con un peso promedio de 97 g, lo que representa el 60 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,11 %, sólidos solubles totales de 13,7 °Brix y contenido de vitamina C de 30 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 30,7 g (representa el 19 % del peso total del fruto). Puede consumirse tanto en fresco como procesado industrialmente. Es un cultivar de cosecha temprana (mayo-junio). Esto le adjudica un valor comercial en el mercado local al ampliar la disponibilidad de frutas en el mercado nacional.

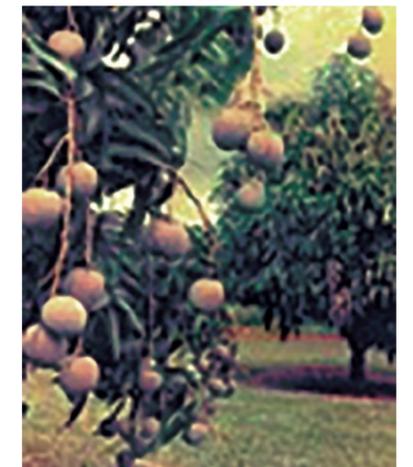


Fig.19. Frutos del cultivar 'Baltazar'. Fuente: Capote *et al.* (2014a).

'Filipino Amarillo': es un cultivar introducido desde Filipinas. La planta original fue sembrada cerca de Jovellanos, en la provincia de Matanzas, en el batey de un antiguo ingenio llamado Nueva Luisa. De ese árbol se derivó una extensa descendencia, sin mestizaje, o sea, por la vía apomítica. Hay muchos cultivares dentro del 'Filipino' que han aparecido espontáneamente, algunos son de calidad inferior. Se señala, además, que en su lugar de origen, se encuentra dentro de la raza de mango 'Cambodiana', que en México se conoce como 'Manila' y en Cuba como 'Filipino' (Popenoe, 1926). Es poco susceptible a la antracnosis, pero lo afecta la mosca frutera. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es oblonga y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. Aunque alterna su producción cada dos o tres años, cuando produce lo hace abundantemente y en racimos. El fruto tiene un tamaño mediano,

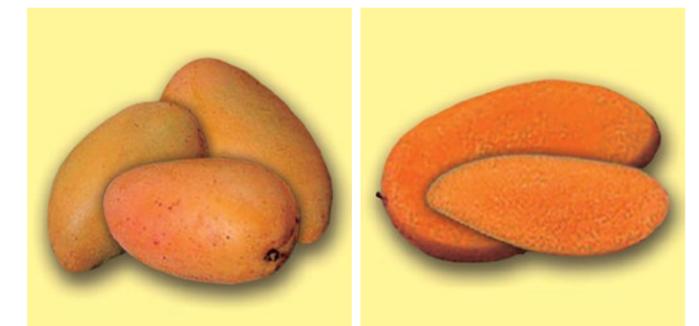


Fig.20. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Filipino Amarillo'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

forma ovalada y un peso promedio de 284,1 g (Figura 20). La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo verdosa o amarillo claro en la maduración, con un grosor de 0,7 mm y un peso promedio de 44,8 g que representa el 16 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo pálido a anaranjado, jugosa, con poca fibra, con un peso promedio de 201,9 g, lo que representa el 71 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,7 %, sólidos solubles totales de 17 °Brix y contenido de vitamina C de 24,7 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 37,4 g (representa el 13 % del peso total del fruto). Es un mango apreciado en el mercado nacional como fruta fresca cuando está bien maduro.

'Santa Cruz': según Cañizares (1984), se sabe que este cultivar procede de una semilla del cultivar 'Haden', posiblemente fertilizado con polen del cultivar 'Langra Benarsi'. Se encontró en la zona de Santa Cruz de los Pinos, en Pinar del Río. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es semicircular y con hábito de crecimiento extendido. Tiene cosechas en el mes de julio. El fruto tiene un tamaño grande, forma obovoide y un peso promedio de 801,2 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo rojiza en la maduración, un grosor de 1,33 mm y un peso promedio de 98,1 g que representa el 12 % del peso total del fruto (Figura 21). La pulpa es de color amarillo anaranjado, jugosa, con poca fibra, con un peso promedio de 621,8 g, lo que representa el 78 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,3 %, sólidos solubles totales de 15,4 °Brix y contenido de vitamina C de 8,2 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 81,3 g (representa el 10 % del peso total del fruto). Por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para consumo en fresco, por lo que el principal destino recomendado es para la industria debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.



Fig.21. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Santa Cruz'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'Reina de México': su origen no está determinado con exactitud. Hay autores que refieren que fue traído a Cuba por el Dr. Towns, mientras otros plantean que procede de la zona de Mayabe, Holguín, originada a partir de una semilla de 'Sandersha' (India). Es bastante susceptible a la antracnosis. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en los meses de mayo a junio. El fruto tiene un tamaño de mediano a grande, forma oblonga y un peso promedio de 440,7 g a 680 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a rojo amarillenta en la maduración, con un grosor de 0,5 mm y un peso promedio de 74,5 g que representa el 17 % del peso total del fruto (Figura 22). La pulpa es de color amarillo intenso, jugosa, con poca fibra, dulce, agradable, con un peso promedio de 321,4 g, lo que representa el 73 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,14 %, sólidos solubles totales de 15,5 °Brix y contenido de vitamina C de 12,9 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 44,8 g (representa el 10 % del peso total del fruto). En el país se emplea para consumo en fresco, aun cuando por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para este tipo de comercialización. Por ello se recomienda su utilización para la industria debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.



Fig.22. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Reina de México'. Fuente: Capote *et al.* (2014a).

'Delicias #1': es un cultivar local de origen desconocido. Es poco susceptible a la antracnosis. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño grande, forma obovoide y un peso promedio de 827,8 g (Figura 23). La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, con un grosor de 2,27 mm y un peso promedio de 113,2 g que representa el 14 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo dorado, jugosa, con un peso promedio de 646,8 g, lo que representa el 78 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,34 %, sólidos solubles totales de 15,5 °Brix y contenido de vitamina C de 15,3 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 67,5 g (representa el 8 % del peso total del fruto). Por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para el consumo en fresco. Por ello se recomienda su utilización para la industria como principal destino, debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.



Fig.23. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Delicias #1'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'Lancetilla': se originó en Honduras y en 1956 formó parte de las accesiones de la Estación Experimental Lancetilla del mismo país. Inicialmente se nombró 'King George'. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño grande, forma elíptica y un peso promedio de 786,3 g. La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarilla en la maduración, con un grosor de 1,2 mm y un peso promedio de 109,2 g que representa el 14 % del peso total del fruto (Figura 24). La pulpa es de color amarillo dorado, jugosa, con un peso promedio de 620,4 g lo que representa el 79 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,34 %, sólidos solubles totales de 14,3 °Brix y contenido de vitamina C de 30,6 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 56,7 g (representa el 7 % del peso total del fruto). Por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para el consumo en fresco. Por ello se recomienda su utilización para la industria como principal destino debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.



Fig.24. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Lancetilla'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'San Diego': es un cultivar procedente de la zona de San Diego de los Baños, Pinar del Río. Hay autores que plantean que pudiera proceder de una semilla del cultivar 'Gola'. Es conocido también por algunos fruticultores como 'Emperador', tomando en cuenta que la diferencia entre ambos está solamente en la presencia de tonos rosáceos en el fruto maduro. Su desventaja es su susceptibilidad a la antracnosis y que sus frutos tienden a rajarse durante su crecimiento en la planta. Dentro de sus ventajas está que admite la maduración artificial, los frutos



Fig.25. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'San Diego'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

tardan en madurar una vez cosechados y no se dañan mucho durante el transporte, además de ser un cultivar muy prolífero o productivo. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma redondeada o acorazonada y un peso promedio de 1401,8 g (Figura 25). La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo rojiza en la maduración, con un grosor de 0,16 mm y un peso promedio de 159,5 g que representa el 12 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo dorado, con alguna fibra, consistente y no muy jugosa, con un peso promedio de 1142,3 g, lo que representa el 81 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,27 %, sólidos solubles totales de 11,9 °Brix y contenido de vitamina C de 23,5 mg/100 g de pulpa. La semilla es poliembriónica, con un peso de 100 g (representa el 7 % del peso total del fruto). Por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para consumo en fresco. Por ello se recomienda su utilización para la industria como principal destino debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.

'Súper Haden': este cultivar local, según Cañizares (1984), es descendiente del cruce espontáneo entre el cultivar 'Haden' (importado de la Florida, EUA) como parental femenino y el cultivar local 'Chino amarillo' como masculino. Se reportó por primera vez en la zona de Herradura, Pinar del Río. Se cultiva bastante a escala comercial, principalmente en las provincias occidentales. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es esférica y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en los meses de julio a agosto y generalmente presenta muy buenas producciones todos los años. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma redondeada o acorazonada y un peso promedio de 1 208,6 g. La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a verde con tonalidades rojizas o amarillentas en la maduración, con un grosor de 0,1 mm y un peso promedio de 155,2 g que representa el 13 % del peso total del fruto (Figura 26). La pulpa es de color amarillo intenso a naranja, con poca fibra, jugosa, con un peso promedio de 931,3 g, lo que representa el 77 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,5 %, sólidos solubles totales de 16,8 °Brix y contenido de vitamina C de 25,9 mg/100g de fruta. La semilla es monoembriónica, con un peso de 122,2 g (representa el 10 % del peso total del fruto). Aun cuando por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para consumo en fresco, en el país también se emplea como fruta de mesa. Se recomienda como destino principal la industria debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable que le permite producir magníficas tajadas y excelente jugo. Sus frutos deben cosecharse en estado de madurez fisiológica porque si no, cuando maduran su pulpa tiene sabor ácido.

'La Paz': originario de la provincia de Villa Clara. Fue seleccionado y propagado en el vivero La Paz, cerca de Cabaiguán, Villa Clara. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma ovalada y un peso promedio de 1101,4 g (Figura 27). La corteza es casi lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a verde roja, amarillo anaranjada o rojo amarillenta en la madura-



Fig.26. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Súper Haden'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).



Fig.27. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'La Paz'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

ción, con un grosor de 0,7 mm y un peso promedio de 182,3 g que representa el 17 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo intenso, con poca fibra, buena consistencia, sabor semidulce y agradable, jugosa, con un peso promedio de 803,8 g, lo que representa el 73 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,2 %, sólidos solubles totales de 17,5 °Brix y contenido de vitamina C de 13 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 115,3 g (representa el 10 % del peso total del fruto). Presenta excelentes condiciones para uso industrial, y a pesar de las dimensiones grandes de sus frutos, también se emplea en el país para consumo en fresco.

'Chino Esperón': estos cultivares locales denominados «chinos» tienen su origen en la Quinta Avilés, situada en la provincia de Cienfuegos. Se encuentran extendidos en la región occidental y central del país. Es susceptible a la antracnosis. En general estos cultivares chinos son selectivos al tipo de suelo, el cual, además, influye en la coloración de sus frutos. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento extendido. Tiene cosechas en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño de grande a muy grande, forma oblonga y un peso promedio de 873,5 g (Figura 28). La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo rojiza en la maduración, con un grosor de 1,33 mm y un peso promedio de 136,6 g que representa el 16 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo anaranjada, jugosa, con un peso promedio de 647,5 g, lo que representa el 74 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,41 %, sólidos solubles totales de 16,4 °Brix y contenido de vitamina C de 21,1 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 89,4 g (representa el 10 % del peso total del fruto). Por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para consumo en fresco. Por ello se recomienda su utilización para la industria como principal destino debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.

'Springfield': este cultivar se originó de una semilla de 'Haden', probablemente polinizada con polen del cultivar 'Sandersha' (India), en el año 1919, en West Palm Beach, Florida (EUA). Fue propagado en ese país a pequeña escala comercial a partir de 1930. Se introdujo en Cuba en 1952. No está muy distribuido en el país. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es esférica y con hábito de crecimiento erecto. Tiene cosechas en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma elíptica y un peso promedio de 1 064,6 g (Figura 29). La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo rojiza en la maduración, con un grosor de 0,72 mm y un peso promedio de 151,4 g lo que representa el 14 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo anaranjado, sabor agradable, aunque no muy dulce, jugosa, con un peso promedio de 816,9 g, lo que representa el 77 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,4 %, sólidos solubles totales de 15,4 °Brix y contenido de vitamina C de 9,6 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembriónica, con un peso de 96,4 g (representa el 9 % del peso total del fruto). A pesar de que su alto porcentaje de pulpa aprovechable lo hace ideal para la industria, su principal destino es como fruta fresca.



Fig.28. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Chino Esperón'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).



Fig.29. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Springfield'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'Minin': es un cultivar local oriundo de la zona de Manacas, provincia Villa Clara. Es algo susceptible a la antracnosis y en ocasiones no madura uniformemente. Es de cosecha tardía (julio-agosto). El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma elíptica y un peso promedio de 994,5 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo verdosa con tonos rojizos en la maduración, con un grosor de 0,2 mm y un peso promedio de 128,5 g que representa el 13 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo pálido, sabor semidulce, suave, con fibra, no muy jugosa, con un peso promedio de 784,5 g, lo que representa el 79 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,41 %, sólidos solubles totales de 17,2 °Brix y contenido de vitamina C de 23,4 mg/100g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 81,5 g (representa el 8 % del peso total del fruto). Aun cuando por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para consumo en fresco, en el país también se emplea como fruta de mesa, aunque se recomienda como destino principal la industria debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.

'Smith': este cultivar es una selección de plantas de semilla del cultivar 'Haden', originadas por C.W. Smith en La Florida (EUA). Se desconoce cuándo se introdujo en Cuba. Su susceptibilidad a la antracnosis es moderada. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento erecto. Se cosecha en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño mediano, forma obovoide y un peso promedio de 540,4 g (Figura 30). La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a rojo amarillenta en la maduración, con un grosor de 1,6 mm y un peso promedio de 76,6 g que representa el 15 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo anaranjado, jugosa, con un peso promedio de 402,2 g, lo que representa el 74 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,2 %, sólidos solubles totales de 13,2 °Brix y contenido de vitamina C de 8,9 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 61,6 g (representa un 11 % del peso total del fruto). Las dimensiones de sus frutos lo hacen ideal para el consumo en fresco.



Fig.30. Color del fruto maduro y la pulpa del cultivar 'Smith'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'Pedro': es un cultivar local de origen desconocido. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento inclinado. Se cosecha en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma redondeada y un peso promedio de 1247,4 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo rojiza en la maduración, con un grosor de 0,6 mm y un peso promedio de 178,3 g que representa el 14 % del peso total del fruto (Figura 31). La pulpa es de color amarillo anaranjado, jugosa, con un peso promedio de 1009,8 g, lo que representa el 81 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,2 %, sólidos solubles totales de 15,4 °Brix y contenido de vitamina C de 3,7 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 59,3 g (representa el 5 % del peso total del fruto). Por las dimensiones grandes de sus frutos no son ideales para el consumo en fresco. Por ello se recomienda su utilización para la industria como principal destino debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.

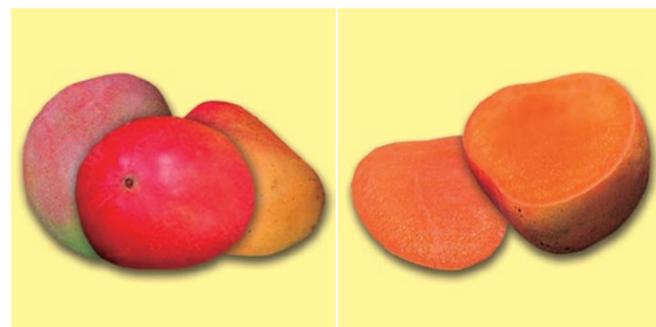


Fig.31. Color del fruto y la pulpa del cultivar 'Pedro'. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

'San Felipe': Cañizares (1984) refiere que este cultivar puede provenir de una semilla de 'Haden' polinizada con polen de 'Chino Rojo'. Procede del poblado de San Felipe, en la antigua provincia de la Habana (actual provincia de Artemisa). Tiene una alta capacidad productiva y es tolerante a la antracnosis y a las moscas fruteras. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es esférica y con hábito de crecimiento extendido. Se cosecha en el mes de agosto. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma redondeada y un peso promedio de 1 141,03 g. La corteza es lisa, con una coloración que va de verde en su estado inmaduro a rojo amarillento en la maduración, con un grosor de 0,52 mm y un peso promedio de 123,2 g que representa el 11 % del peso total del fruto. La pulpa es de color anaranjado, jugosa, con un peso promedio de 952,7 g, lo que representa el 83 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,22 %, sólidos solubles totales de 18,6 °Brix y contenido de vitamina C de 5,6 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 65,1 g (representa el 6 % del peso total del fruto). Aun cuando por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para consumo en fresco, en el país también se emplea como fruta de mesa, aunque se recomienda como destino principal la industria debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.

'Kent': este cultivar proviene de una semilla del mango 'Brook' (Florida, EUA). Se introdujo en el país en 1949 procedente de la Florida. La antracnosis no incide significativamente en sus frutos, sin embargo, es susceptible a la mosca frutera y al síndrome de pulpa blanda. A nivel internacional se refiere una productividad de 13 t/ha a 14 t/ha. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento extendido. Se cosecha en el mes de junio. El fruto tiene un tamaño de mediano a grande, forma elíptica y un peso promedio de 688,7 g. La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo rojiza en la maduración, con un grosor de 1,12 mm y un peso promedio de 116,7 g que representa el 17 % del peso total del fruto (Figura 32). La pulpa es de color amarillo anaranjado, muy jugosa, con un peso promedio de 506,4 g, lo que representa el 74 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,61 %, sólidos solubles totales de 13,6 °Brix y contenido de vitamina C de 21,2 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 65,6 g (representa el 9,5 % del peso total del fruto). Por las dimensiones de sus frutos y el alto porcentaje de pulpa aprovechable se destina tanto para el consumo en fresco como para la industria.

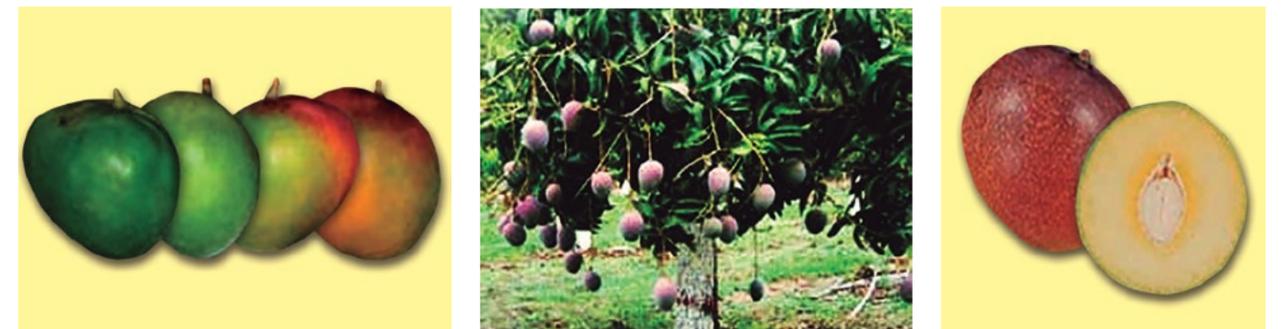


Fig.32. Árbol y frutos maduros e inmaduros del cultivar 'Kent'. Fuente: Hermoso *et al.* (2018) y Coello *et al.* (1997).

'Keitt': también llamado 'Farchild'. Se originó en Homestead (Florida, EUA) en 1945, probablemente de una semilla del cultivar 'Mulgoba' (India). Se introdujo en Cuba en 1958. Es uno de los cultivares tardíos, ya que se cosecha en los meses de agosto – septiembre. La antracnosis tiene una baja incidencia en este cultivar, sin embargo, las moscas fruteras afectan a la fruta considerablemente y es menos sensible al síndrome de pulpa blanda que el cultivar 'Kent'. A nivel internacional, se refiere como un cultivar muy productivo y poco alternante, con un rendimiento promedio de 18 t/ha a 20 t/ha. El árbol es de porte mediano, la forma de la copa es piramidal y con hábito de crecimiento inclinado. El fruto tiene un tamaño muy grande, forma ovalada y un peso promedio de 1054,7 g. La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a amarillo verdosa o amarillo rojiza en la maduración, con un grosor de 0,1 mm y un peso promedio de 106,9 g que representa el 10 % del peso total del fruto (Figura 33).

La pulpa es de color amarillo anaranjado, con poca fibra, muy jugosa, con un peso promedio de 872,8 g, lo que representa el 83 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,3 %, sólidos solubles totales de 15,4 °Brix y contenido de vitamina C de 23,5 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 75 g (representa el 7 % del peso total del fruto). Por las dimensiones grandes de su fruto no son ideales para consumo en fresco, por lo que se recomienda, como destino principal la industria, debido a su alto porcentaje de pulpa aprovechable.



Fig.33. Color del fruto inmaduro y maduro, y de la pulpa del cultivar 'Keitt'. Fuente: Hermoso *et al.* (2018) y Coello *et al.* (1997).

'**Bombay Tardío**': es un cultivar originario de la India que fue introducido a la Florida (EUA), desde Jamaica. Las plantas originales de este cultivar que hoy se encuentran en el banco de germoplasma de la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquízar, provienen de la colección existente en la antigua Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas, hoy Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt (INIFAT). Está poco distribuido en el país. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es semicircular y con hábito de crecimiento extendido. El fruto tiene un tamaño mediano, forma elíptica y un peso promedio de 494,6 g. La corteza es rugosa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a verde con tonos amarillentos o rojizos en la maduración, con un grosor de 0,14 mm y un peso promedio de 68,8 g que representa el 14 % del peso total del fruto. La pulpa es de color amarillo dorado, jugosa, con un peso promedio de 352,7 g, lo que representa el 71 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,34 %, sólidos solubles totales de 15,2 °Brix y contenido de vitamina C de 31,8 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 73,1 g (representa el 15 % del peso total del fruto). Aun cuando, por sus dimensiones, los frutos son ideales para el consumo en fresco, el alto porcentaje que representa la semilla del peso total del fruto, unido al inconveniente de madurar manteniendo el color verde con ligeros tintes amarillentos o rojizos en la corteza, disminuyen su atractivo para este tipo de comercialización. No obstante, es importante destacar que, debido a su época tardía de madurez (julio – agosto), podría representar una buena opción, al madurar en momentos en que existen pocos cultivares de mango disponibles en el mercado.

Aun cuando el cultivar 'Tommy Atkins' no formó parte del estudio de regionalización mencionado anteriormente, también hay referencias de su comportamiento en el país, tomando en cuenta que es uno de los cultivares más demandados en el mercado internacional por sus dimensiones y el color atractivo de sus frutos.

'**Tommy Atkins**': se originó en Fort Lauderdale (Florida, EUA) en 1922 a partir de una semilla del cultivar 'Haden'. A finales de 1950 se refiere el inicio de su uso comercial en la Florida, el cual se ha mantenido como referente internacional en muchos países hasta la actualidad. Tiene como desventajas que es de producción muy irregular y alternante (puede evitarse si se elimina la primera floración con poda de despunte); está sujeto al rompimiento fisiológico del fruto antes de la madurez debido a bajos niveles de calcio; presenta alta vulnerabilidad a los ataques de hongos; pudrición interna del fruto, y nariz blanda principalmente; además de que es susceptible a la pudrición interna de la fruta. Se considera altamente productivo, con fecha de cosecha entre junio – julio. A nivel internacional, se refiere una productividad de 14 t/ha a 15 t/ha. El árbol es de porte alto, la forma de la copa es esférica y con hábito de crecimiento erecto. El fruto tiene un tamaño mediano, forma obovoide y un peso promedio de 442,6 g. La corteza es lisa, con una coloración que va desde verde en su estado inmaduro a rojo púrpura con tonalidades verdes y amarillas en la maduración, con un grosor de 2 mm y un peso promedio de 30,1 g que representa el 7 % del peso total del fru-

to (Figura 34). La pulpa es de color amarillo dorado, firme, jugosa, algo fibrosa, el sabor es pobre si tuvo exceso de riego y fertilización, con un peso promedio de 367,3 g, lo que representa el 83 % con relación al peso total del fruto; acidez de 0,18 %, sólidos solubles totales de 14,2 °Brix y contenido de vitamina C de 18 mg/100 g de pulpa. La semilla es monoembrionica, con un peso de 53 g (representa el 12 % del peso total del fruto). Tiene como ventajas que la fruta es resistente al manejo en plantación y poscosecha (se refiere larga vida de anaquel) y muestra cierta tolerancia a la antracnosis y al ataque de trips.



Fig.34. Color del fruto inmaduro y maduro y de la pulpa del cultivar 'Tommy Atkins'. Fuente: Hermoso *et al.* (2018) y Coello *et al.* (1997).

Las Tablas 1 y 2 muestran los períodos de cosecha y los rendimientos promedio determinados en el estudio de regionalización que se realizó con los cultivares descritos anteriormente. Debe señalarse que el período de cosecha puede variar en dependencia de las variaciones del clima, o de la aplicación de tratamientos para el manejo de la floración, los que pueden adelantar o retrasar ese momento.

Como se puede apreciar, el período de cosecha en Cuba es muy limitado, y la mayoría de los cultivares se recolectan en los meses de mayo a junio, con muy pocos cultivares tardíos que permiten extender una mayor disponibilidad de frutos en el mercado (Tabla 1). Por tanto, la búsqueda de cultivares que amplíen este período de cosecha sigue siendo una tarea de primer orden en el país, para satisfacer la demanda de esta fruta para el mercado en fresco y la industria.

Con relación al comportamiento productivo de los cultivares, es válido destacar que existieron diferencias en los rendimientos alcanzados en función de las características de clima y suelo de las localidades donde fueron evaluados; así como con los marcos de plantación empleados (Tabla 2).

Como resultado de este trabajo, los cultivares comerciales de mango involucrados en el estudio fueron regionalizados en áreas de producción en todo el país, en función de su productividad (Tabla 2) y mejor adaptación a las condiciones edafoclimáticas de las localidades estudiadas (González *et al.*, 1995). Esto posibilitó la utilización de un número mayor de cultivares de diferentes épocas de cosecha para disminuir los picos de producción y ampliar los períodos de disponibilidad de esta fruta, así como disponer de un material de inestimable valor con carácter docente, para los técnicos y especialistas interesados en las distintas formas de producción del país (Capote, 2007).

2.3.2. PATRONES PARA EL CULTIVO DEL MANGO

Por otra parte, si bien es válido disponer de una variabilidad de cultivares para diferentes propósitos, no menos importante es contar con una diversidad de patrones que contribuyan al desarrollo de este frutal bajo diferentes condiciones. Para la selección de los mismos se toman en cuenta, a nivel internacional y en el país, un grupo de características fundamentales (Galán Saúco, 2016) que son las siguientes:

- Abundante producción anual de frutas que garantice disponibilidad de semillas.
- Alto grado de poliembriónia para garantizar uniformidad.
- Que procedan de plantas locales bien adaptadas al medio, introducidas en esas áreas desde el principio del cultivo del mango en el país.
- Rápido crecimiento en el vivero.
- Compatibilidad con los cultivares.
- Alto porcentaje de prendimiento.
- Aumento del rendimiento.
- Tolerancia a salinidad.

Tabla 1. Períodos de cosecha de los cultivares de mango involucrados en el estudio de regionalización desarrollado en cuatro localidades del país.

CULTIVARES DE MANGO	PERIODO DE COSECHA											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
'Baltazar'												
'Bizcochuelo'												
'Bombay Tardío'												
'Chino Amarillo'												
'Chino Esperón'												
'Chino Rojo'												
'Corazón'												
'Delicias #1'												
'Delicioso'												
'Eldon'												
'Estero del Pinar'												
'Filipino Amarillo'												
'Haden de Muñoz'												
'Julie'												
'Keitt'												
'Kent'												
'Lancetilla'												
'La Paz'												
'Mamey'												
'Minin'												
'Pedro'												
'Reina de México'												
'San Diego'												
'San Felipe'												
'Santa Cruz'												
'Señora'												
'Smith'												
'Springfield'												
'Super Haden'												
'Tommy Atkins'												

Tabla 2. Rendimiento promedio de cinco años de producción, a diferentes distancias de plantación, en cuatro localidades, de los cultivares de mango seleccionados en el estudio de regionalización.

No.	CULTIVARES	LOCALIDADES							
		LA HABANA ¹		TRINIDAD ²		HOLGUÍN		MOTEMBO ³	
		DP	R	DP	R	DP	R	DP	R
1	'Delicioso'	5 x 10	8,5	--	--	--	--	--	--
2	'Baltazar'	4 x 8	12,3	4 x 8	7,9	--	--	--	--
3	'Filipino'	5 x 10	10,5	--	--	--	--	--	--
4	'Delicias # 1'	5 x 10	17,3	--	--	--	--	--	--
5	'Pedro'	5 x 10	17,8	--	--	--	--	--	--
6	'Mario'	5 x 10	20,6	--	--	--	--	--	--
7	'Súper Haden'	5 x 10	19,0	5 x 10	10,9	5 x 10	16,8	10 x 10	5,5
8	'La Paz'	5 x 10	19,4	--	--	10 x 10	8,8	--	--
9	'Smith'	5 x 10	19,9	5 x 10	9,1	5 x 10	9,1	10 x 10	13,5
10	'San Felipe'	5 x 10	19,5	--	--	--	--	--	--
11	'Kent'	4 x 8	31,2	--	--	4 x 8	17,2	--	--
12	'Minin'	5 x 10	21,5	5 x 10	6,3	--	--	--	--
13	'Keitt'	5 x 10	24,7	--	--	10 x 10	17,5	10 x 10	8,9
14	'Bombay Tardío'	5 x 10	17,5	--	--	--	--	--	--
15	'Bizcochuelo'	--	--	4 x 8	7,3	--	--	--	--
16	'Julie'	--	--	4 x 8	6,6	--	--	--	--
17	'Mamey'	--	--	5 x 10	5,1	--	--	--	--
18	'Lancetilla'	--	--	5 x 10	5,0	--	--	--	--
19	'Corazón'	--	--	--	--	5 x 10	5,5	--	--
20	'Haden'	--	--	--	--	--	--	10 x 10	5,8
21	'Haden de Muñoz'	--	--	--	--	--	--	10 x 10	5,7
22	'Chino Rojo'	--	--	--	--	--	--	10 x 10	7,5
23	'Estero Pinar # 2'	--	--	--	--	--	--	10 x 10	6,9

Leyenda:

DP: distancia de plantación (m)

R: rendimiento promedio (t/ha)

¹ Actual provincia Artemisa² Provincia Sancti Spiritus³ Provincia Villa Clara

- Enanismo.
- Buena absorción de nutrientes.
- Tolerancia a plagas y enfermedades.
- Tolerancia al encharcamiento.
- Tolerancia a la sequía.
- Mejora de la calidad de la fruta, incluyendo aumento o reducción del tamaño del fruto.
- Adaptación a suelos calcáreos.
- Alteración del vigor del cultivar y de la arquitectura del árbol.
- Mejora de la floración.
- Resistencia a vientos fuertes o aumento de la profundidad de raíces.
- Acortamiento de la fase juvenil.

No resulta sorprendente que la tolerancia a la salinidad y al enanismo sean las características más demandadas para un patrón de mango, ni el hecho de que la tolerancia al encharcamiento y a la sequía, además de la tolerancia a plagas y enfermedades se encuentren también entre las características más deseadas (Galán Saúco, 2016). Con el esperado cambio climático, varias, si no todas las variables climáticas, se verán afectadas. El esperado aumento de las temperaturas y los cambios en las precipitaciones en los trópicos y subtropicos traerán consigo alteraciones más frecuentes e impredecibles del comportamiento de estas variables meteorológicas, mientras que la elevación del nivel del mar en las zonas costeras provocará aumentos de la salinidad de las aguas de riego y suelos debido a la intrusión de agua del mar en las capas de agua freática utilizadas para el riego (IPCC, 2014).

Estos cambios pueden también acentuar la mayor o menor incidencia de las plagas y enfermedades que afectan al mango (Normand *et al.*, 2015). Es a su vez obvio que los patrones enanizantes o semienanizantes, en los subtropicos, son necesarios para las modernas plantaciones a gran densidad ya establecidas en varios países como México, Egipto, India y Sudáfrica, entre otros (Galán Saúco, 2015). La alteración del vigor del árbol y la modificación de su arquitectura, así como el acortamiento de la fase juvenil y la mejora de la floración, pueden también adscribirse a la necesidad de producir árboles más compactos y de más rápida entrada en producción requeridos para esas plantaciones a gran densidad (Galán Saúco, 2016).

Es evidente que un patrón con raíces profundas estará mejor preparado para soportar los huracanes y tifones que se espera que ocurran con mayor frecuencia en el escenario del esperado cambio climático global, y que la adaptabilidad a los suelos problemáticos y la capacidad de absorción de nutrientes son buenas características para un patrón. La mejora de la calidad de la fruta y, especialmente, la reducción del incremento del tamaño del fruto por medio del uso de un patrón determinado es más problemática, dado que estas características se encuentran sobre todo ligadas al cultivar y a la carga de fruta, pero existen referencias en la literatura de que es posible influir en la calidad de la fruta por medio del empleo de un patrón apropiado (Galán Saúco, 2016).

Es válido resaltar que ninguno de los patrones usados comercialmente a nivel internacional en los principales países productores de este frutal exhibe la totalidad de las características deseadas para un buen patrón. Aún más, no existe un patrón que combine los dos atributos más demandados por la industria del mango: tolerancia a la salinidad y efecto enanizante (Galán Saúco, 2016).

En Cuba, los cultivares que se recomienda utilizar como patrones en el Instructivo Técnico para el cultivo del Mango (IIFT, 2011) son: 'Manga Amarilla' o 'Hilacha', 'Manga Blanca', 'Mango Mamey', 'Filipino' y 'Mango Macho'. Los dos primeros son los de uso más frecuente por los productores para la producción de plantas procedentes de injerto. Debe señalarse que, aunque todos los tipos de 'Gomera' fueron seleccionados localmente en la isla de La Gomera entre los mangos tradicionalmente cultivados en las Islas Canarias (Galán Saúco y García Samarín, 1979), 'Gomera 1' no parece diferente de lo que Popenoe (1920) llamaba 'Manga Blanca' (Grajal-Martín, 2012), actualmente utilizado como patrón en Cuba. Se plantea en la literatura que 'Gomera 1' es un patrón tolerante a la salinidad y que muestra compatibilidad con los principales cultivares comerciales de la Florida. Sus frutos son de tamaño pequeño, forma redondeada, con coloración de corteza y de pulpa amarilla y presentan una gran cantidad de fibra (Coello *et al.*, 1997; Galán Saúco, 2016) (Figura 35 a).

Por otra parte, se refiere que el patrón 'Hilacha' es tolerante también a la salinidad y, además, al encharcamiento, ya que posee un sistema radical bien desarrollado que le proporciona una buena tolerancia a condiciones adversas de drenaje (Galán Saúco, 2016). Sus frutos son de tamaño mediano, forma obovoide, con color de corteza y de pulpa amarillo, gran contenido de fibras largas y mayor proporción de corteza y de semilla que de pulpa con relación al peso total del fruto (Aular y Rodríguez, 2005) (Figura 35 b). No obstante, tiene un sabor dulce y su pulpa es jugosa, por lo que en algunas regiones de Cuba sus frutos se consumen tanto en fresco como para el procesamiento industrial a pesar del alto contenido de fibra. Ambos patrones son poliembriónicos.

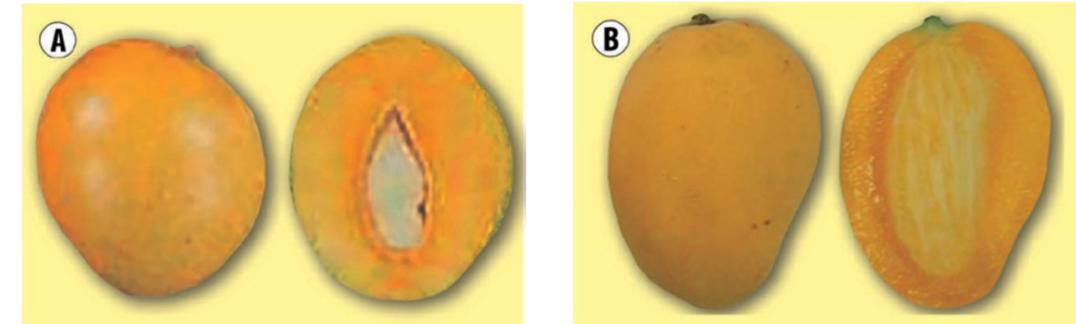


Fig.35. Patrones de mango. A) 'Gomera 1'. B) 'Hilacha'. Fuente: Coello *et al.* (1997) y Aular y Rodríguez (2005).

En la actualidad, los cultivares más extendidos en el país son el 'Tommy Atkins', el 'Súper Haden', el 'Kent' y el 'Keitt'. En la región oriental predominan el 'Bizcochuelo' y el 'Corazón' por la tradición de su cultivo y las condiciones edafoclimáticas que favorecen la obtención de frutos con un sabor y aroma peculiares. Todos tienen como destino el consumo como fruta fresca y el procesamiento industrial, independientemente de las características de sus frutos, que los hacen ideales para un determinado tipo de comercialización.

Para realizar la exportación de mango a pequeña escala resulta una premisa indispensable disponer de diferentes cultivares; así como de estudios de mercado que permitan desarrollar un programa de siembra y una estrategia de cultivares acorde a la demanda previamente identificada. En este sentido, cultivares como 'San Diego', 'Súper Haden', 'La Paz', 'Springfield', 'Minin', 'Pedro', 'Keitt', 'San Felipe', 'Santa Cruz', 'Delicias No.1', 'Lancetilla', 'Chino Esperón' y 'Kent', por sus altos contenidos en pulpa, son buenos para ser utilizados en la industria para la producción de jugos y pulpa, entre otros subproductos (Capote *et al.*, 2014b).

En contraste, cultivares como 'Eldon', 'Chino Amarillo', 'Chino Rojo', 'Estero del Pinar No. 2', 'Reina de México', 'Smith' y 'Bombay Tardío' poseen un fruto mediano, tamaño aceptado para la comercialización en el mercado como fruta fresca, sobre todo el de la Florida. A su vez, el mercado europeo prefiere frutos más pequeños, lo que genera una oportunidad para cultivares como 'Delicioso', 'Haden de Muñoz', 'Bizcochuelo', 'Señora', 'Filipino Amarillo' y 'Julie' (Capote *et al.*, 2014b).

La dinámica que está presentando el mercado de esta fruta en los últimos 10 años constituye una premisa de primer orden para el establecimiento de nuevas estrategias en el mejoramiento genético del cultivo en todos los países donde representa un renglón comercial (Capote *et al.*, 2014b). Por tanto, se debe definir de qué se dispone y qué se necesita en esta temática para satisfacer las demandas actuales y futuras del mercado; así como de la tolerancia a factores bióticos (plagas) y abióticos (salinidad y factores del clima relacionados con el cambio climático, etc.) que influyen negativamente en los rendimientos productivos esperados.

2.4. MEJORAMIENTO GENÉTICO Y DIVERSIDAD

El mejoramiento genético es la aceleración del proceso evolutivo natural de las especies, con el objetivo de crear nuevos individuos que tengan ventajas para el cultivo, uso y consumo del hombre. Esto se logra aplicando las leyes de la genética, de la evolución y la probabilística. Cuando se aplica a

las plantas se le denomina fitomejoramiento. Para poder llevarlo a cabo se debe disponer de variabilidad genética, para lo cual el establecimiento de bancos de germoplasma o colecciones de trabajo es indispensable para el almacenamiento y conservación de los recursos genéticos que tienen o tendrán un valor utilitario en estos programas en función de las demandas de mejora (Sotolongo *et al.*, 2014).

De no existir suficiente variación disponible en las características de interés, es necesario introducirla de otras regiones del mundo o crearla en forma artificial, ya sea mediante hibridación intra (dentro de una misma especie) o interespecífica (entre especies diferentes), mutación, inducción de poliploidia, o inclusive mediante el uso de técnicas más sofisticadas como la hibridación somática o la ingeniería genética (Sotolongo *et al.*, 2014).

Posteriormente se procede a combinar esta variabilidad disponible a través de los diferentes métodos de mejoramiento que existen. El próximo paso es la selección de los individuos con las características de interés empleando diversos tipos de marcadores (morfoagronómicos, fisiológicos, isoenzimáticos, moleculares). Una vez seleccionados, se procede a multiplicarlos por las vías de propagación que garanticen la replicación exacta del material genético desarrollado y por último se introducen en la práctica productiva para los fines que fueron diseñados (Sotolongo *et al.*, 2014) (Figura 36).

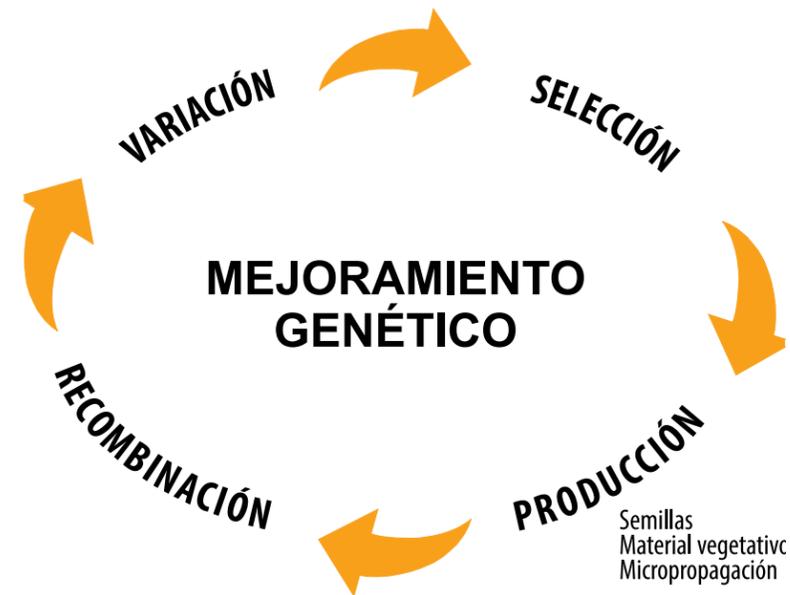


Fig.36. Etapas en el ciclo de mejoramiento genético. Fuente: Sotolongo *et al.* (2014).

En la actualidad existen muchos cultivares de mango, cada uno con sus características propias. La explicación de esta alta diversidad está, en primer término, en el mecanismo de polinización cruzada que presenta la especie, la cual permite la formación continua de híbridos. Como resultado de este proceso, la descendencia es altamente heterocigótica (variantes diferentes para una misma característica) y las plantas exhiben un amplio rango de variación, lo cual ayuda a la selección de tipos deseables (de Santiago *et al.*, 2014).

El mango se ha considerado tradicionalmente como una especie difícil de manejar en un programa de mejora. Iyer y Dinesh (1997) y Galán Saúco (1999) señalaron como aspectos negativos en la mejora del mango los siguientes:

- Larga fase juvenil: alarga en el tiempo los resultados en un proceso de mejora y liberación de nuevos cultivares.
- Alto nivel de heterocigosis: de utilidad cuando se quiere incrementar la diversidad porque produce muchas variantes de una misma característica, pero constituye una desventaja cuando se quiere fijar un determinado carácter.

- Producción de una sola semilla por fruto: limita la cantidad de descendientes de un cruzamiento que van a ser evaluados.
- Escaso cuajado y retención de fruta: dificulta la obtención de descendencia viable para ser evaluada.
- Poliembrionía: útil cuando se quiere descendientes idénticos al progenitor femenino pero una limitante cuando se quiere generar variabilidad.
- Necesidad de grandes parcelas para la evaluación de híbridos: encarece y complejiza el proceso al destinarse mayor cantidad de recursos humanos y materiales para la selección.
- Escaso conocimiento de la heredabilidad de las diferentes características productivas y de las correlaciones genéticas entre las mismas: disminuye la efectividad de los cruzamientos y de los resultados esperados al no poder predecir si la característica deseada se presentará en la mayor parte de la descendencia o en unos pocos individuos.
- Fuerte interacción genotipo-ambiente en la mayoría de los caracteres de interés comercial: las características que se manifiestan depende más de su expresión del ambiente en el que se cultivan las plantas que de la heredabilidad (base genética), lo que no favorece la fijación de los caracteres deseados.

El comportamiento de la floración y la fructificación del mango también ha sido un factor limitante para lograr un programa de mejoramiento y selección más amplio. Existen muchas variaciones en el número de inflorescencias, el número de flores por inflorescencias y la proporción de flores hermafroditas y estaminadas, aun dentro del mismo cultivar, de año a año. Otra limitante es que, a pesar de existir muchas flores en una misma inflorescencia, muy pocas llegan a producir frutos maduros. Esto ha provocado que no se haya desarrollado un amplio programa de mejora basado en cruzamientos dirigidos (Genú y Pinto, 2002).

Otro problema es la marcada tendencia de ciertos cultivares a producir en años alternos. Algunas de las alternativas más utilizadas para disminuir esto lo constituyen la interplantación de cultivares para promover la polinización cruzada; la introducción de abejas y otros insectos a la plantación durante la época de floración; el manchado (efectivo en ciertos países para la fructificación fuera de temporada); el circundado y la eliminación selectiva de los frutos jóvenes cuando el amarre es muy fuerte. Atendiendo a esto, la selección de plantas a partir de semillas procedentes de polinización libre ha sido durante varias décadas, y sigue siendo, el método de mejora más empleado, con un mayor énfasis en la calidad del fruto y la regularidad de la producción (Pinto *et al.*, 2005).

En cuanto a la herencia de los caracteres en esta especie, no existen muchos estudios, pero se conoce que el hábito de crecimiento erecto domina sobre el extendido y este sobre el enano, lo que sugiere que el carácter enano está determinado por genes recesivos (de muy baja expresión en la descendencia). Por otra parte, una fase juvenil larga parece dominar sobre los períodos juveniles cortos; así como la regularidad de la cosecha parece estar estrechamente ligada a la calidad de la fruta. Igualmente, la poliembrionía parece presentar una herencia dominante (se presenta en la mayor parte de la descendencia); mientras que el sabor del fruto parece mostrar una dominancia incompleta. Todos estos estudios revelan que la herencia en el mango es de naturaleza compleja, atendiendo a que muchos de estos caracteres no siguen un patrón de herencia mendeliana, sino que muestran una herencia cuantitativa que tiene una alta influencia del ambiente en la expresión de estos caracteres (Capote, 2007).

Los objetivos dentro de un programa de mejora varían en cada país, atendiendo a las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla, los requerimientos del mercado local, conjuntamente con la obtención de altos rendimientos y de híbridos con una mejor calidad. Actualmente estos objetivos están sujetos al mercado. Por ello, los programas de mejoramiento precisan atender a los principales segmentos de la cadena que son los productores, distribuidores, consumidores y la agroindustria.

Esto hace que se contemplen, para satisfacer las demandas de los productores, las siguientes características: obtención de cultivares con fructificación precoz; porte de mediano a pequeño para incrementar densidad de plantación y rendimiento; mayor productividad; regularidad anual de la

cosecha; fácil manejo para las atenciones culturales; buena adaptación a las condiciones climáticas adversas; fruto, inflorescencia y follaje tolerantes a las principales plagas y enfermedades (especialmente a la antracnosis) y con diferente fecha de cosecha, lo que permite obtener precios diferenciados en el mercado si son tardíos o tempranos.

Por parte de los distribuidores, se requieren selecciones que no se dañen durante la transportación, de pulpa firme y larga vida poscosecha (tiempo que media entre la cosecha y la sobremaduración). En contraste, por parte de los consumidores de fruta fresca se exige la buena calidad externa e interna de la misma, y se presta mucha atención a la coloración (preferentemente rojizo, anaranjado o púrpura), el tamaño (mediano a pequeño) y la fibrosidad (poca o ninguna). Para la agroindustria se prefieren cultivares con alto rendimiento en pulpa, dulce, jugosa, con poca o ninguna fibra y semilla pequeña que no represente más allá del 10% del peso total del fruto, lo que propicia su uso en la preparación de jugos, néctares, compotas, jaleas, deshidratados, etc. (Pinto y Ferreira, 1999).

Los trabajos de mejoramiento en mango comenzaron a principios del siglo XVII en la India por selección de plantas procedentes de semillas a partir de polinización abierta. Desde entonces, diferentes programas de mejora han liberado a la producción cientos de cultivares en varios países. Los métodos de mejora utilizados en mango incluyen tanto la selección a partir de plantas de polinización abierta como de polinización controlada (Pinto *et al.*, 2004). Actualmente se emplean técnicas biotecnológicas para acelerar y complementar la obtención de resultados en estos programas de mejora convencionales. A continuación, se describen brevemente los principales métodos de mejora empleados en mango.

2.4.1. MEJORAMIENTO POR SELECCIÓN DIRECTA

El mejoramiento genético por selección es una actividad que se ha realizado en la mayoría de los países donde se cultiva el mango. Esta se realiza por la vía sexual a través de sus semillas o por la asexual como resultado de la variación intraclonal producida por mutaciones somáticas de forma natural, acumulada por años y preservada por la propagación vegetativa. Este mecanismo ha dado lugar a la mayoría de los cultivares de la India y la Florida, y todavía es de amplio uso en muchos países, obteniéndose con ella excelentes cultivares (Capote, 2007).

Es la principal fuerza en el proceso de domesticación y programa de mejoramiento genético de las especies. En Cuba ha sido, y sigue siendo, uno de los principales métodos empleados para la identificación de genotipos promisorios con caracteres de interés para la comercialización. Constituye la base de obtención de la mayoría de los cultivares locales que se encuentran actualmente conservados en el banco de germoplasma del cultivo (Capote, 2007; Izquierdo *et al.*, 2017).

2.4.2. MEJORAMIENTO POR CRUZAMIENTOS O HIBRIDACIÓN

La mejora por cruzamientos posibilita reunir características y cualidades de diferentes poblaciones, por lo que amplía las bases genéticas para la selección y acelera los resultados del mejoramiento (Izquierdo *et al.*, 2017). Puede ser entre individuos de una misma especie (intraespecífico) o entre individuos de especies diferentes (interespecífico) y a través de polinización abierta o controlada.

En el mango, los trabajos de mejoramiento genético por este método a nivel internacional se han llevado a cabo fundamentalmente por hibridación intraespecífica, ya que la interespecífica suele ser más complicada por la incompatibilidad que se puede presentar entre las diferentes especies. Además, estas otras especies afines al mango suelen ser empleadas como patrón para aportar la tolerancia a estrés biótico (plagas y enfermedades) y abiótico (salinidad, sequía, altas temperaturas, etc.) (Capote, 2007).

Las progenies obtenidas se han logrado tanto por polinización abierta como controlada. La polinización abierta es un método simple que permite obtener una variabilidad alta con un bajo costo operacional, y figura dentro de los más recomendados en términos de eficiencia para este cultivo (Fernández-Santos *et al.*, 2010). Por otra parte, la polinización controlada se ve afectada por diversos factores como son: la alta heterocigosidad en el cultivo, el pequeño tamaño de la flor, la compleja

herencia de muchos caracteres, así como el alto costo y tiempo que implica su realización (Pinto *et al.*, 2011).

La polinización controlada en el mango puede ser manual o mediante la colocación de cajuelas. La manual es el método más antiguo, y sin dudas es el más engorroso, debido a que incluye la emasculación (eliminación) de las flores hermafroditas y su polinización con el polen del cultivar de interés (Figura 37).



Fig.37. Polinización manual en mango. Fuente: Grajal–Martin (2016).

Posteriormente, se preservan en una bolsa para evitar la contaminación con polen de otros cultivares cercanos. Otros factores limitantes son la obtención de un solo fruto por inflorescencia, lo que precisa la polinización de un número limitado de flores (hasta un máximo de 10) y un buen número de inflorescencias (Capote, 2007).

Atendiendo a todos los factores limitantes comentados anteriormente, la búsqueda de nuevas metodologías que permitieran mejorar los resultados obtenidos por polinización manual constituyó un elemento importante a tener en cuenta para aumentar la eficiencia de los programas de mejora en este cultivo. Surge entonces la polinización por colocación de cajuelas. Estas cajuelas se construyen a prueba de insectos y dentro de ellas se encierran los parentales a cruzar, incluyendo colmenas de abejas o garantizando una adecuada presencia de moscas que puedan efectuar la polinización. Este método alternativo ha sido de utilización común en los programas de mejora de Israel y Brasil. Los trabajos desarrollados por Pinto *et al.* (2004) han permitido incrementar el porcentaje de éxito de un 1,47 % al 8 %. Aunque el empleo de las cajuelas es laborioso y caro, se obtiene un número mucho mayor de flores polinizadas que con el método manual.

En Cuba, los trabajos de mejoramiento genético realizados, basados en este método, han sido de hibridación intraespecífica y por polinización abierta. Esto ha conllevado a una disminución de la base genética del banco de germoplasma del cultivo en el país, validado por métodos moleculares e isoenzimáticos (Capote *et al.*, 2005; Capote, 2007; Izquierdo *et al.*, 2017), al combinarse genotipos altamente emparentados que proceden de unos pocos cultivares introducidos (Capote, 2007; Izquierdo *et al.*, 2017).

2.4.3. MEJORAMIENTO POR INDUCCIÓN DE MUTACIONES

Las mutaciones naturales son la principal fuente de nueva variabilidad genética. Sin embargo, la tasa de ocurrencia de mutaciones espontáneas en las plantas es usualmente bastante baja. Para fines de mejoramiento se desea incrementar la frecuencia de estas mutaciones con la idea de que haya una mejor oportunidad de detectar aquellas que puedan ser de utilidad. Esto se logra provocando una inducción, la cual es posible mediante varios métodos: radiaciones ionizantes (rayos X y rayos gamma) y sustancias químicas de efectos mutagénicos (Soraluz, 2015).

La efectividad de un agente para producir mutaciones está relacionada con la dosis empleada, es decir, con el intervalo de tiempo y la concentración con que se aplica. Estas mutaciones inducidas artificialmente son, en principio, de la misma clase que las espontáneas, ya que constituyen una amplificación del fenómeno natural. No producen una mutación específica. Más bien producen un incre-

mento en la frecuencia general de mutaciones, aumentando las probabilidades de que se produzca una mutación valiosa (Novak y Brunner, 1992).

Pueden provocar cambios en la estructura o número del material genético, tales como alteración o pérdida, rearrreglo o duplicación de la secuencia de bases del ADN y los cromosomas. Ha resultado ser un método eficaz para lograr variaciones dentro de un tipo de cultivo, ya que ofrece la posibilidad de inducir características deseadas que no se pueden hallar en la naturaleza o se han perdido durante el proceso evolutivo. Debido a lo impredecible del mejoramiento a través de mutaciones, en un programa práctico de mejoramiento, este método se recomienda fundamentalmente cuando las fuentes de variación han sido explotadas y requieren ser renovadas. Las semillas suelen ser la parte de la planta que más se emplea para la inducción de mutaciones, aunque también se emplean plantas completas, polen y material procedente del cultivo de tejidos (Rojas, 2015).

Estas técnicas se han empleado en países que hoy son principales productores de este frutal como México. En Cuba, este método no ha sido empleado en la obtención de nuevos cultivares y nuevas fuentes de variabilidad, a pesar de existir condiciones para su empleo en el programa de mejora del cultivo.

2.4.4. MEJORAMIENTO POR MÉTODOS BIOTECNOLÓGICOS

Las técnicas biotecnológicas contribuyen positiva y significativamente en los programas de propagación, conservación y mejoramiento de las especies vegetales. El progreso de las técnicas de cultivo *in vitro* hace razonable el considerar al cultivo de tejidos como una herramienta complementaria valiosa. De hecho, actualmente están incluidas en distintos niveles de los programas de mejoramiento de muchas especies de plantas (Valdés–Infante *et al.*, 2012). Tiene dos papeles importantes: facilitar la multiplicación de las plantas y como vía para la creación de nuevas fuentes de variabilidad genética en los cultivares existentes. Esto último se debe a que la mejora por hibridación convencional puede presentar barreras naturales de compatibilidad sexual, lo cual limita su uso (Capote, 2007).

En este sentido, tres tecnologías del cultivo de tejidos han demostrado su potencial para superar estas limitaciones: el rescate de embriones (embriones sexuales obtenidos de forma natural o artificial que son puestos a germinar bajo condiciones ideales que no se presentan en la naturaleza para evitar que aborten y no se produzca descendencia, Figura 38), la fusión de protoplastos (unión de células de especies o cultivares que naturalmente pueden presentar problemas para su hibridación) y la transformación genética (introducción, por vía directa o indirecta, de genes de una misma especie o de especies diferentes) (Valdés–Infante, 2009).

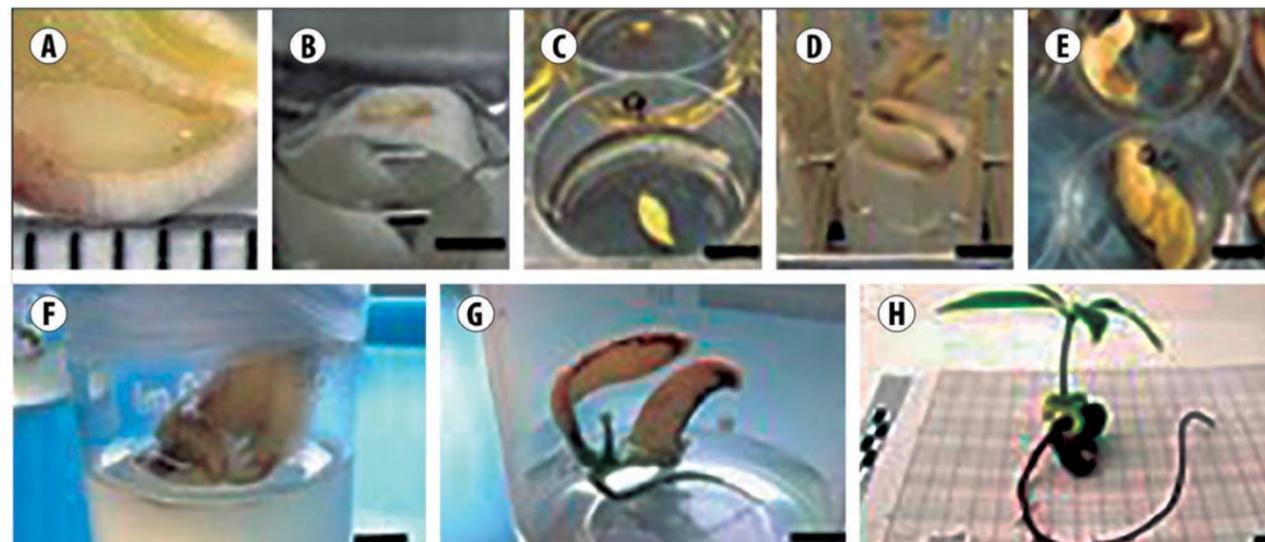


Fig.38. Rescate de embriones sexuales de mango. Fuente: Grajal–Martin (2016).

El cultivo *in vitro* en mango presenta ciertas dificultades, las cuales están relacionadas con la exudación o liberación de polifenoles (sustancias naturales presentes en los tejidos del mango que oscurecen el medio de cultivo, limitando el crecimiento de los explantes); contaminación por bacterias, resistencia de determinados tejidos al cultivo, entre otras. A esto se le adiciona que los métodos generalmente son cultivar específicos, o sea, no son aplicables a todos los cultivares por igual y se necesitan protocolos específicos para cada uno (Rivera–Domínguez, 2006).

No obstante, algunas de las técnicas mencionadas anteriormente, así como la embriogénesis somática (desarrollo de embriones a partir de tejido no sexual o nucelar, (Figura 39) han sido desarrolladas para este frutal a nivel internacional, como apoyo al proceso de mejora convencional (Cruz–Hernández y Litz, 1997; Cruz–Hernández *et al.*, 2000; Chavarri *et al.*, 2004; Pérez–Hernández y Grajal–Martín, 2011; Tuwair *et al.*, 2016; Souza *et al.*, 2020). Todos estos métodos ofrecen la ventaja de disminuir el tiempo de mejoramiento genético, permitiendo la producción de materiales sanos, sobresalientes en una o varias características y, al mismo tiempo, conservando las bondades del cultivar (Capote, 2007).

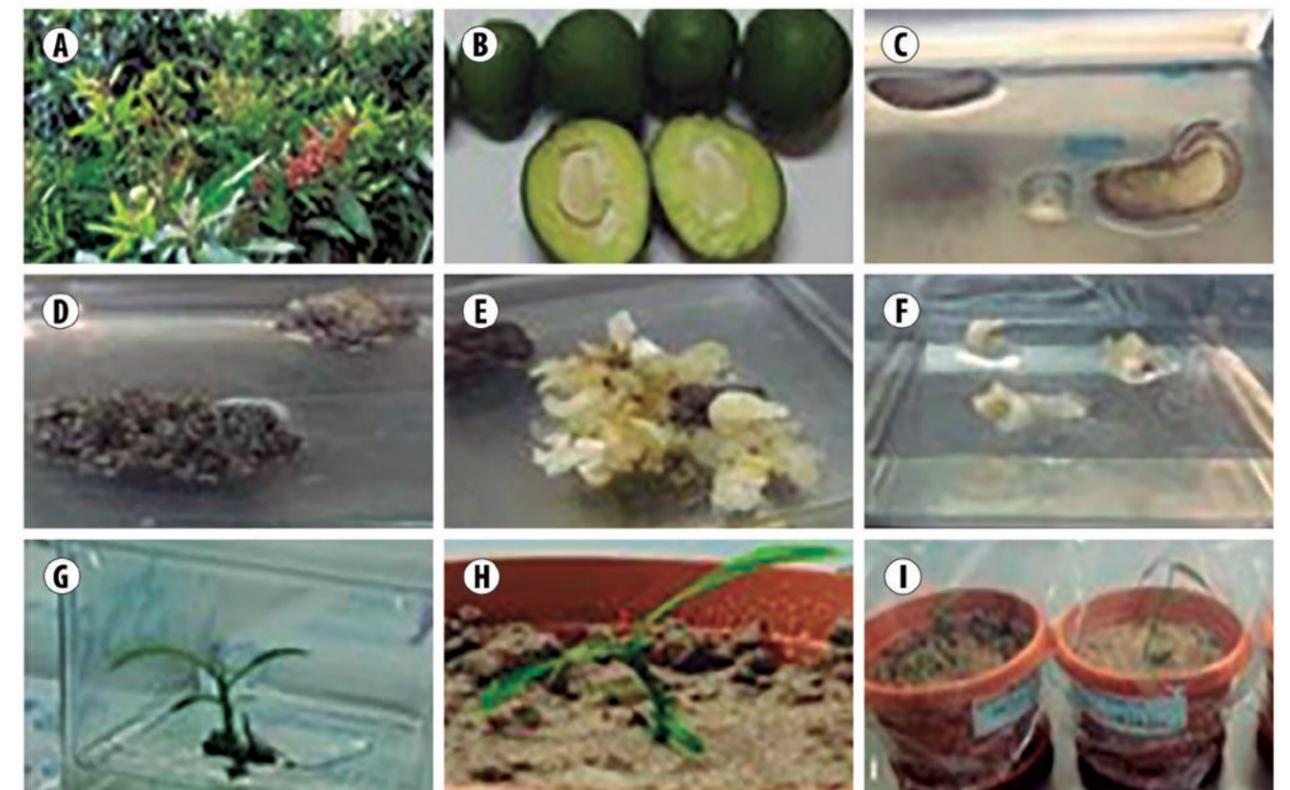


Fig.39. Proceso de embriogénesis somática en mango. (A) árbol de mango de donde se toman los frutos, (B) fruto inmaduro de donde se extrae el embrión, (C) embrión empleado como explante, (D) callo formado, (E) formación de embriones somáticos, (F) embriones germinados, (G) plantas regeneradas, (H) plántulas transferidas a macetas con arena y suelo, (I) aclimatización de las plántulas. Fuente: Tuwair *et al.* (2016).

En Cuba, se ha empleado el cultivo de tejidos como método alternativo de conservación de germo-plasma, pero no para la creación de nuevas fuentes de variabilidad. De igual forma, no se ha explorado la utilidad de la transformación genética para la introducción de genes que permitan la reducción del porte de la planta, tolerancia a estrés biótico y abiótico, alternancia de las cosechas, extensión de la vida de anaquel, entre otras características de interés a mejorar en los cultivares que hoy existen.

2.5. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, J. A.; M. Gómez; T. López y B. Díaz Pérez. 2014. Capítulo 16: Agricultura Urbana y Periurbana en Cuba. En: Agricultura Urbana, Ornamental y Alimentaria. Una visión global e internacional. ISBN: 978-84-92928-36-1. pp. 323-339.
- AGROFRUTALES. 2021. Fototeca del proyecto "Apoyo al fortalecimiento de la cadena de frutales a nivel local". Número del Proyecto: 00085124 / Output: 00092873. Oficina de Cadenas de Valor, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.
- Asohofrucol (Asociación Hortifrutícola de Colombia) y Corpoica (Corporación Colombiana de Investigaciones Agropecuarias). 2013. Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el Valle del Alto Magdalena en el Departamento del Tolima. pp.112.
- Aular, J. y Y. Rodríguez. 2005. Características físicas y químicas, y prueba de preferencia de tres tipos de mangos criollos venezolanos. *Bioagro*. 17(3): 171-176.
- Betancourt Grandal, M.; J. Valdés-Infante Herrero; T. Mulkay Vitón; G. Guevara Ruenes; Y. Rodríguez Álvarez; S. Abreu Saiz; Z. María Acosta Porta; Y. Caridad Méndez Gallo; M. Alonso Esquivel; A. López González; A. Hernández Morales; K. Brutau Proenza; I. Rodríguez Reyes; C.M. Noriega Carreras; I. Fuentes Elías; R. Rosabal Mojena; J. Placeres Gafa; E. Farres Armentero y E. Mejías Sedeño. 2020. La cadena de valor del mango en Cuba. Diagnóstico en cinco municipios de las provincias de Artemisa y Santiago de Cuba. ISBN 978-959-296-063-3. pp. 230.
- Calvet-Mir, L.; T. Garnatje; M. Parada; J. Vallès y V. Reyes-García. 2014. Más allá de la producción de alimentos: los huertos familiares como reservorios de diversidad biocultural. *Ambiente*. 107: 1-15.
- Cañizares, J. 1984. Las frutas Anacardiaceas. Editorial Científico Técnica, Ciudad de La Habana. pp. 284.
- Capote del Sol, M. 2007. Caracterización morfoagronómica y molecular de variedades comerciales de mango (*Mangifera indica* L.) en Cuba. Tesis en Opción al Grado Científico de Master en Biología Vegetal, Mención Biotecnología Vegetal. Universidad de la Habana, Cuba. pp. 80.
- Capote del Sol, M.; G. González García; A. Naveira de la Osa; D. Gaspar Sourd Martínez; J. Valdés-Infante Herrero, M. Blanco, M. E. Rodríguez; C. Noriega Carrera y J. B. Velásquez Palenzuela. 2014a. Catálogo de las principales variedades comerciales de mango (*Mangifera indica* L.). ISBN: 978-959-296-023. pp. 70.
- Capote del Sol, M.; D. Sourd-Martínez; J. Rodríguez-Rodríguez; J. Valdés-Infante-Herrero; B. Velásquez Palenzuela y C. Noriega Carreras. 2014b. Caracterización morfoagronómica de cultivares comerciales de mango (*Mangifera indica* L.). *CitriFrut*. 31(1): 17-24.
- Capote del Sol, M.; J. Valdés-Infante; W. Rohde; D. Becker y J. R. Cueto. 2005. Nuevos elementos acerca de la introducción del mango (*Mangifera indica* L.) en Cuba complementada por técnicas biotecnológicas. Memorias FITOGEN 2005. ISBN 959-7131-07-02. pp. 44-45.
- Chavarri, M.; A. Vegas, A. Y. Zambrano y J. R. Demey. 2004. Transformación de embriones somáticos de mango por biobalística. *Interciencia*. 29(5): 261-266.
- CNAP (Centro Nacional de Áreas Protegidas). 2013. Plan del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Cuba: Período 2014-2020. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, La Habana. pp. 30.
- Coello Torres, A.; D. Fernández Galván y V. Galán Saúco. 1997. Guía Descriptiva de Cultivares de Mango. Departamento de Fruticultura Tropical. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación. ISBN 84-86840-11-2. pp. 43.
- Companioni, N.; A. Rodríguez-Nodals y J. Sardiñas. 2017. Avances de la Agricultura Urbana, Suburbana y Familiar. *Agroecología*. 12(1): 91-98.
- Cruz-Hernandez, A.; L. Town; A. Cavallaro y J. R. Botella. 2000. Transient and stable transformation in mango by particle bombardment. *Acta Hort*. 509: 237-298.
- Cruz-Hernández, A. y R. E. Litz. 1997. Transformation of mango somatic embryos. *Acta Hort*. 455: 292-298.
- Cuesta Moliner, C. 2018. Gestión de especies amenazadas. Biotecnología y conservación de germoplasma vegetal. pp. 20.
- Cueto, J. R.; M. Capote; M. Alonso; R. Llauger; J. Valdés-Infante; D. Becker y W. Rohde. 2004. Aplicación de la técnica de ISTR (Repetición de Secuencias Inversas Marcadas) para análisis moleculares en los cultivos tropicales de cocotero (*Cocos nucifera* L.) y mango (*Mangifera indica* L.). Memorias del XV Seminario Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, INCA. Mayabeque, Cuba. ISBN: 959-7023-27-X. pp. 10-15.
- De Santiago, E.; M. Miuilena; V. Pantoja; L. Pérez y L. Pérez. 2014. Fitomejoramiento del mango (*Mangifera indica* L.), papa (*Solanum tuberosum*) y aguacate (*Persea americana* Mill.). Universidad Politécnica Territorial del Estado Portuguesa J. J. Montilla. pp. 20.
- Encina, C. L.; I. M. Padilla; J. M. Cazorla; V. I. Mercado; y E. Caro. 2002. Mejora biotecnológica del chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). *Fruticultura*. 21(241): 25-28.
- Fernández-Santos, C. A.; J. M. Pinheiro Lima y F. Pinheiro Lima. 2010. Estratégias para o desenvolvimento de novas cultivares de Mangueira para o semiárido Brasileiro. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal-SP*. 32(2): 493-497.
- Galán Saúco, V. 2015. Ventajas y desventajas del cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en zonas subtropicales y potencial del cultivo bajo invernadero. *Acta Hort*. 1075: 167 - 178.
- Galán Saúco, V. 2016. Patrones de mango. Revisión de literatura y entrevistas. pp. 55.
- Galán Saúco, V. y J. García Samarín. 1979. Pasado, presente y futuro del mango en Canarias. Cuadernos INIA. 9. pp. 39.
- Galán Saúco, V. 1999. El Cultivo del Mango. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 300.
- Gamboa Porras, J. R. y J. Mora Montero. 2010. Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en Costa Rica. INTA. ISBN 978-9968-586-06-1. pp. 61.
- Genú, P. y A. C. Pinto de Queiroz. 2002. A Cultura de Mangueira. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília. pp. 452.
- González, G.; V. Fuentes; N. N. Rodríguez; M. Torres; M. Capote; J. Cañizares; H. Lima y P. Orozco. 1995. Colecciones y recursos fitogenéticos en la Estación Nacional de Frutales en Cuba. Memorias del Primer Simposio Internacional sobre Fruticultura Tropical y Subtropical. La Habana, Cuba. pp. 71-72.
- González - Arnao, M. T.; Y. M. Martínez Ocampo y J. Molina Torres. 2009. Para conservar la biodiversidad genética vegetal. *Ciencia*. pp. 78-86.
- Grajal-Martín, M. J. 2012. Selecciones de mango en Canarias. *Actas de Horticultura*. 62: 235-236.
- Grajal-Martín, M. J. 2016. El cultivo del mango. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. pp. 84.
- Grandi, C. y A. Triantafyllidis. 2010. Agricultura orgánica en áreas protegidas. La experiencia italiana. Informe del departamento de Ordenación de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). pp. 30.
- Guerra, M.; R. Ruiz y E. Pardo. 2018. Diversidad genética de *Mangifera indica* (Anacardiaceae) en Valencia, Córdoba, Colombia, usando marcadores microsatélites. *Acta Botánica Mexicana*. 124: 1-14.
- Hermoso González, J. M.; E. Guirado Sánchez y J. M. Farré Massip. 2018. Introducción al cultivo del mango en el sur peninsular. ISBN 978-84-09-00865-0. pp. 93.
- Hernández, J. A. 2012. Caracterización morfoagronómica de la variedad de mango Panadés (*Mangifera indica* L.) en finca La Granja municipio de San Luis Talpa Departamento de la Paz. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de El Salvador. pp.110.

- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 2011. Instructivo Técnico para el cultivo del mango en Cuba. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, Primera Edición. pp. 36.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Volume 1: Global and Sectoral Aspects y Volume 2: Regional Aspects. IPCC/WGO/UNEP. pp. 70.
- Iyer, C. P. A.; M. R. Dinesh. 1997. Advances in classical breeding and genetic in mango. V International Mango Symposium. *Acta Hort.* 465:10–15.
- Izquierdo Rivero, M.; M. Capote del Sol; L. A. Valdés Silverio; J. Valdés–Infante Herrero; O. Coto Arbelo; L. Pérez Pelea y M. I. Valdés de la Cruz. 2017. Caracterización cualitativa de una progenie de mango (*Mangifera indica* L.) obtenida por polinización abierta. *Revista Cubana de Ciencias Biológicas.* 5(3): 1–10.
- Martínez Montero, M. E.; M. T. González – Arnao; M. de los Á. Torres Mederos; L. García y Z. Fundora. 2013. Desarrollo de la crioconservación de las plantas en Cuba. En: Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe. ISBN 978–92–9248–446 – 0. pp. 128–144.
- Normand, F.; P. É. Lauri y J. M. Legave. 2015. Climate Change and its Probable Effects on Mango Production and Cultivation. *Acta Hort.* 1075: 21–31.
- Novak, F. J. y H. Brunner. 1992. Fitotecnia: Tecnología de mutación inducida para el mejoramiento de los cultivos. BOLETÍN DEL OIEA. 4: 25–33.
- Orellana Gallego, R.; L. Castiñeiras; Z. Fundora; T. Shagarodsky; V. Fuentes; O. Barrios; R. Cristóbal; M. García; F. Hernández; M. García; C. Giraudy; L. Fernández; P. Sánchez; V. Moreno y A. Valiente. 2006. Contribución de los huertos caseros rurales cubanos a la sostenibilidad ambiental. *Revista electrónica de la Agencia de Medio Ambiente.* 6(11): 1–5.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. ISBN 978–92–5–308262–9. pp. 167.
- Pérez–Hernández, J. B. and M. J. Graja–Martín. 2011. *In vitro* culture of immature zygotic mango embryos and plantlet development. *Hort. Science.* 46: 1528–1532.
- Pino, M. de los A. 2008. Diversidad agrícola de especies de frutales en el agroecosistema campesino de la comunidad Las Caobas, Gibara, Holguín. *Cultivos Tropicales.* 29(2): 5–10.
- Pinto de Queiroz, A. C y F. R. Ferreira. 1999. Recursos Genéticos e Melhoramento da Mangueira no Brasil. In: Queiroz, M. A. de; Goedert, C. O.; Ramos, S. R. R. (eds) Recursos genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste Brasileiro (on line). Version 1.0. Petrolina–PE: Embrapa Semi–arido/ Brasília–DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnología. Tomado de <http://www.cpatia.embrapa.br>. ISBN 87–7405–001–6.
- Pinto de Queiroz, A. C.; J.C. Rossetto y F. Gelape. 2005. Melhoramento genético da manga: Métodos, resultados, limitações e estratégias. I Simpósio da Manga do Vale do São Francisco. Documento 189. ISSN 1806–7476. Centro de Cultura João Gilberto–Juazeiro – BA. Embrapa Semi Árido, Brasil.
- Pinto de Queiroz, A. C.; S. R. M. Andrade S. Venturoli. 2004. Fruit set success of three mango (*Mangifera indica* L.) cultivars using reciprocal crosses. Proc. VII Simp. on mango. *Act. Hort.* 645, ISHS. 10.
- Pinto, A. C.; F. Pinheiro y T. Guimaraes. 2011. Estratégias do melhoramento genético da manga a visando atender a dinâmica do mercado. *Rev. Bras. Frutic.* 3(1): 64–72.
- Pita Villamil, J. M. y J. M. Iriondo Alegría. 1997. Conservación de Recursos Fitogenéticos. *Agricultura.* 7: 800–804.
- Popenoe, W. 1920. Manual of tropical and subtropical. Hafner Press. Nueva York. pp. 474.
- Ramírez Méndez, R.; O. Quijada; G. Castellano; M. E. Burgos; Camacho, R. Marin, C. 2010. Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en el municipio Mara en la Planice de Maracaibo. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha.* 10(2): 65–72.
- Ramírez, I. M.; N. N. Rodríguez; J. Valdés–Infante; M. Capote; D. Becker and W. Rohde. 2004. Isolation of genomic DNAs from the tropical fruit trees avocado, coconut, guava and mango for PCR–based DNA marker application. *Cultivos Tropicales.* 25(1): 33–38.
- Reveles–Torres, L. R. y R. Velásquez–Valle. 2017. Patrimonio fitogenético: Banco de germoplasma de semillas ortodoxas del Campo Experimental Zacatecas. Folleto Técnico Núm. 81. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC–INIFAP. ISBN: 978–607–37–0796–1. pp. 44.
- Rey Fraile, I. 2014. La conservación del patrimonio genético: colecciones de ADN y tejidos. Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias. Universidad Complutense de Madrid, España. pp. 324.
- Rivera, D.; C. Obón; A. Verde; J. Fajardo; F. Alcaraz; E. Carreño; J. A. Ferrándiz; M. Martínez y E. Laguna. 2014. El huerto familiar, repositorio de cultura y recursos genéticos, tradición e innovación. *Revista Agricultura Familiar y Huertos Urbanos.* 7: 20–39.
- Rivera–Domínguez, M. 2006. La biotecnología en plantas y aspectos biotecnológicos del mango. *Interciencia.* 31(2): 95–100.
- Rodríguez Dopazo, A.; D. Jardines Saínez; E. Farrés Armenteros; J. Placeres Gafas; O. Peña González; L. M. Fornaris Rodríguez; M. Capote del Sol; C. González Fernández; J. L. Rodríguez Tapia; D. Hernández Espinosa, L. Pérez Artiles, G. del Vallín Borrego. 2009. Las fincas integrales de frutales en Cuba. *CitriFrut.* 24(1): 52–55.
- Rojas Herrera, V. 2015. Protocolo para la multiplicación *in vitro* e inducción de mutaciones en *Polyscias scutellaria* cv. ‘Fabian’. Tesis en opción al grado de Ingeniero Agrónomo. Escuela de Agronomía. Universidad de Costa Rica. pp. 52.
- Sánchez–Chiang, N.; V. M. Jiménez. 2010. Técnicas de conservación *in vitro* para el establecimiento de bancos de germoplasma en cultivos tropicales. *Agronomía Mesoamericana.* 21(1): 193–205.
- Soraluz Cubas, L. E. 2015. Inducción de mutaciones en centeno (*Secale cereale* Linneo) empleando radiación Gamma. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. pp. 65.
- Sotolongo Sospedra, R.; G. Geada López y M. Cobas López. 2014. Mejoramiento Genético Forestal. Texto para estudiantes de Ingeniería Forestal. pp. 52.
- Souza, F. V. D.; C. C. Rebouças; E. H. Souza, C. P. Peixoto. 2020. *In vitro* conservation of mango (*Mangifera indica* L.) Ubá and Carlota cvs. through culturing immature embryos. *An Acad Bras Cienc.* 92(1): 1–11.
- Tuwair Al–Busaidi, K.; M. Shukla; A. Hamed Al–Burashdi; G. Sultan A–Blushi; M. Hamed Al–Jabri; B. Saif A–Kalbani and H. Darwish A–Hasani. 2016. *In vitro* regeneration of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Baramasi through nucellar embryogenesis. *Journal of Horticulture and Forestry.* 8(5): 37–43.
- Valdés–Infante Herrero, J.; N. N. Rodríguez Medina; L. González; J. B. Velásquez Palenzuela; D. Rivero Rodríguez; D. G. Sourd Martínez; F. Martínez González y J. A. Rodríguez. 2012. La biotecnología como herramienta para la propagación, conservación y el mejoramiento genético del guayabo. *Revista Colombiana de Biotecnología.* XIV (2): 7–19.
- Valdés–Infante, J. 2009. Utilización de caracteres morfoagronómicos y de marcadores de ADN para el desarrollo de una metodología que contribuya al mejoramiento genético del guayabo (*Psidium guajava* L.) en Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología. Universidad de la Habana, Cuba. 100.
- Valero, U. 2005. Propagación de los frutales. Monografía de Fruticultura. No 7. ISBN: 84–689–0544–5. pp. 252.

Vargas Batis, B.; L. Candó González; Y. G. Pupo Blanco; M. Ramírez Sosa; Y. Escobar Perea; M. Rizo Mustelier; L. Bárbara Molina Lores; T. D. Bell Mesa y D. R. Vuelta Lorenzo. 2016. Diversidad de especies vegetales en fincas de la Agricultura Suburbana en Santiago de Cuba. *Agrisost*. 22(2): 1–23.

Vovides, A. P.; E. Linares y R. Bye. 2010. Jardines botánicos de México: historia y perspectivas. Secretaría de Educación de Veracruz, México. ISBN: 978–607–7579–18–2. pp. 232.





CAPÍTULO 3

FISIOLOGÍA Y SU RELACIÓN CON EL CLIMA

Mayda Betancourt Grandal
Caridad M. Noriega Carreras
María E. García Álvarez

3.1. INTRODUCCIÓN

El mango es una especie perennifolia, y puede ser cultivada en diferentes tipos de clima: subtropical y tropical. Las ramas, dentro de un mismo árbol, muestran un crecimiento no sincronizado, lo cual está determinado por el volumen de la cosecha anterior y las condiciones climáticas. Las temperaturas, precipitaciones y la radiación solar, así como el estado hídrico y nutricional del suelo influyen de forma diferente sobre los procesos del desarrollo de las fases vegetativa y reproductiva del mango, principalmente, sobre la floración.

En Cuba la floración se presenta de manera importante en períodos diferenciados, que le confieren la característica particular de ser un fruto de producción estacional, asociada a la alternancia de períodos de lluvia y sequía. En este capítulo se recogen los aspectos fundamentales del desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivo, con especial énfasis en la influencia del clima sobre estos procesos y las técnicas para reducir las afectaciones.

3.2. CONCEPTO DE FISIOLOGÍA VEGETAL

La fisiología vegetal es la ciencia que estudia los procesos que tienen lugar en las plantas. Por la importancia que reviste para la agricultura, Torres *et al.* (2018) definieron que el objeto de la fisiología vegetal es aportar los conocimientos para dirigir el crecimiento y desarrollo de las plantas, en interacción con los factores ambientales, con el propósito de obtener rendimientos agrícolas regulares, elevados y sostenibles.

3.3. FENOLOGÍA

La fenología es la ciencia que estudia las expresiones visibles de las fases del desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta, como consecuencia de la ocurrencia de diferentes procesos fisiológicos. La fenología está relacionada estrechamente con las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, luz y humedad) y forman un todo con los factores edáficos. Pero, el clima, es considerado el factor crítico en el desarrollo de las plantas, debido a que limita y modifica los procesos biológicos fundamentales, por las múltiples interacciones que provoca. Por consiguiente, es calificado por la agricultura de incalculable valor técnico, porque a través de la ejecución de observaciones fenológicas periódicas se puede definir el nivel de adaptabilidad de diversas especies genéticas a diferentes condiciones edafoclimáticas de cultivo (Victoria *et al.*, 2010).

Las investigaciones relacionadas con el clima con base en la fenología de las plantas se concentran fundamentalmente en la región subtropical, posiblemente porque el ambiente climático del subtrópico está marcado, en cuanto a eventos estacionales se refiere, por la temperatura, factor que condiciona la dinámica del crecimiento y desarrollo de las plantas. Se conoce que los procesos naturales de floración de muchas especies frutales leñosas, casi siempre están asociados con la inhibición del crecimiento vegetativo en función de la edad (ontogenia) y del estado nutricional del árbol.

El conocimiento de la fenología de una planta permite determinar cómo puede ser afectada por los distintos factores del entorno y comprender las interrelaciones entre sus procesos fisiológicos. Esta información es fundamental para predecir qué respuestas darán las plantas ante determinados manejos fitotécnicos o eventos ambientales. Además, contribuye a la obtención de una visión global y su posible relación con las condiciones meteorológicas, a través del registro cronológico de las diferentes fases del desarrollo (De Azkues, 2009).

La fenología del mango (*Mangifera indica* L.) se caracteriza por presentar fases bien marcadas en climas subtropicales, mientras que en condiciones de clima tropical se solapan en un mismo período de tiempo. Es una especie frutal en la que el desarrollo vegetativo y el reproductivo están separados para cada rama terminal, pero no para el total del árbol. La asincronía consiste en un marcado antagonismo entre el vigor vegetativo y la intensidad de la floración. De ahí, que se presenten diferentes etapas de crecimiento en un mismo árbol, lo que es bastante común y varía en dependencia del clima, el suelo y la tecnología de cultivo empleada (Shaban, 2009; Davenport y Ramírez, 2009). Debe tenerse en cuenta que todo factor que reduzca el desarrollo vegetativo sin alterar la actividad metabólica, favorece la floración.

El árbol de mango presenta diferentes tipos de brotes (Segovia, 2012):

- Brote vegetativo (solo hojas).
- Inflorescencia pura (solo flores).
- Brote mixto (hojas y flores; estas últimas casi siempre en las axilas de las hojas).
- Brote de transición vegetativo a floral (hojas en la parte inferior y flores en la superior).
- Brote de transición floral a vegetativo (flores en la parte inferior y hojas en la superior).
- Brote quimérico (flores a un lado y hojas a otro).

3.3.1. ESCALAS FENOLÓGICAS DISEÑADAS PARA EVALUAR EL CICLO FENOLÓGICO DEL MANGO

El seguimiento de los estadios fenológicos del mango se realiza mediante observaciones visuales. El procesamiento o cómputo de los datos y la interpretación de los resultados requieren de un código homologable, de fácil comprensión por toda la comunidad de investigadores y especialistas nacionales e internacionales.

La escala de Codificación BBCH para la descripción de los estadios fenológicos del desarrollo del mango se fundamenta en la utilización de siete estadios principales del desarrollo, desde la dormancia de la yema hasta la madurez del fruto (Figura 1) (Hernández *et al.*, 2011). Con posterioridad al diseño de esta escala, varios autores han incorporado diferentes estadios secundarios de la floración y el desarrollo del fruto (Rajan *et al.*, 2011; Corredor y García, 2011).

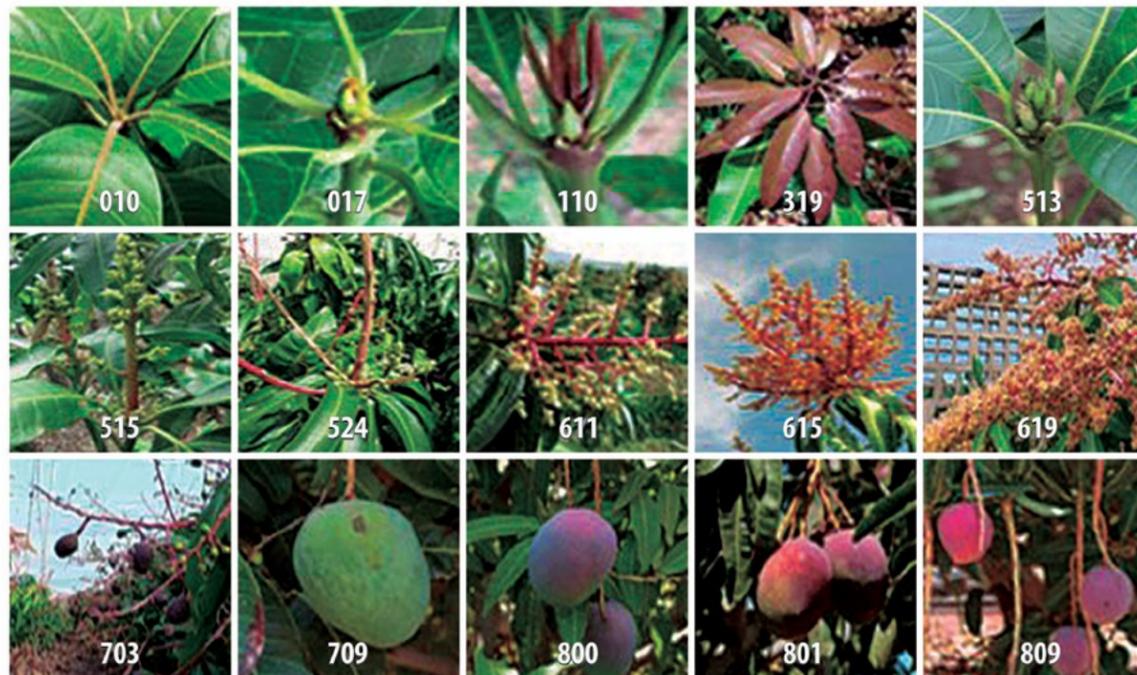


Fig. 1. Estadios principales y secundarios del desarrollo del mango, acorde a la escala BBCH diseñada para su identificación y reconocimiento en campo. Fuente: Hernández *et al.* (2011).

Desarrollo vegetativo

Por su estructura arbórea el mango se clasifica como de tipo parasol o poliaxial, con un crecimiento no sincronizado de las ramas en el mismo árbol. El clima es el factor preponderante que modifica las fases vegetativa y reproductiva. Así, se ha podido constatar que árboles de un mismo cultivar pueden mostrar diferencias en el vigor, la precocidad en el inicio de la producción y el volumen de la misma, de acuerdo a las condiciones climáticas donde se desarrollen. Por consiguiente, las características de un cultivar difieren de una zona geográfica a otra (Makhmale *et al.*, 2015).

El crecimiento del árbol de mango tiende a ser periódico, debido a que el desarrollo de los brotes transcurre en etapas alternadas con períodos de reposo, cada una de las cuales, se denominan flujo de crecimiento o unidad intercalar (Figura 2). Cada flujo es el período de crecimiento, y cada nudo, el reposo. Los flujos de crecimiento son más numerosos en árboles cultivados en condiciones de clima tropical, asociados a la presencia de altas temperaturas y disponibilidad de agua en el suelo, en contraste con las zonas de cultivo que poseen climas subtropical o mediterráneo donde los cambios en las temperaturas regulan este proceso. Generalmente, en cada ciclo anual del cultivo ocurren varios eventos de crecimiento vegetativo y uno de crecimiento reproductivo (Gamboa y Marín, 2012; García, 2011).



Fig. 2. Flujos de crecimiento que se producen en las ramas durante el desarrollo de un árbol de mango (*Mangifera indica* L.). Fuente: García (2011).

El ciclo de crecimiento vegetativo tiene una duración de tres a seis semanas. Los incrementos en longitud y diámetro del brote transcurren en las dos primeras semanas y, pasados uno o dos meses desde el inicio, el brote alcanza la madurez, es decir, finaliza el período del desarrollo vegetativo. El mango tiene de uno a tres ciclos de crecimiento vegetativo cada año, dependiendo del cultivar, la edad del árbol, nutrición, humedad del suelo, período de tiempo con temperaturas día/noche y del volumen de producción que lo antecedió (Ramírez y Davenport, 2010; Davenport, 2007).

Las hojas constituyen la mayor superficie del área de la copa fisiológicamente activa de intercambio con la atmósfera. Procesos como la fotosíntesis, que absorbe luz, consume y asimila carbono, transpira agua y emite compuestos orgánicos volátiles, se desarrollan, casi exclusivamente, en la superficie de las hojas. Los procesos de degradación de elementos, la interceptación de la lluvia, la evaporación y la susceptibilidad al daño por el viento son, en parte, dependientes del área superficial de la copa. Las hojas juegan un papel importante en la inducción floral, principalmente por el suministro de asimilados hacia los sitios de diferenciación floral (Miranda, 2001) y el crecimiento y desarrollo de los frutos. Los brotes vegetativos del mango pueden contar con alrededor de 24 hojas cada uno durante el período de inducción floral en climas subtropicales.

Desarrollo reproductivo

El desarrollo reproductivo consiste en la transición del estado vegetativo al reproductivo. Este proceso conduce a la producción de órganos florales. La inflorescencia está compuesta por un eje principal y ramificaciones laterales. Estas son de crecimiento determinado y se generan a partir de yemas apicales, pero pueden emerger de yemas axilares próximas a la apical, cuando esta última es eliminada (Pérez, 2013).

Iniciación y diferenciación floral

Para que una yema se active y suceda la emisión de un brote vegetativo o reproductivo, deben ocurrir dos procesos conocidos como iniciación e inducción. La floración solo acontece si la yema dormante se activa (iniciación). Mientras que la inducción está regulada por diferentes señales, principalmente ambientales, que afectan la relación entre sustancias inhibitorias (en hojas jóvenes) y promotoras (en hojas maduras), las cuales determinan el desarrollo vegetativo o reproductivo del brote terminal, de acuerdo al predominio de una de ellas. Ambos procesos, pueden ser manejados por métodos físicos y químicos.

Un brote será vegetativo cuando predominen en el balance endógeno del árbol niveles de promotores del crecimiento (auxinas y giberelinas); reproductivo, si la edad y madurez del brote vegetativo contiene menores promotores y prevalecen las citoquininas; o mixto, si las condiciones ambientales varían dentro del período de iniciación, afectado por la proporción entre el promotor vegetativo y floral (Figura 3) (García, 2011).



Fig.3. Procesos de iniciación e inducción que establece el destino final de una yema o brote terminal en mango. Fuente: García (2011).

Entre los factores que desencadenan la floración se encuentra la inducción por bajas temperaturas como el principal factor en climas subtropicales y la edad del último brote vegetativo, asociado a períodos de estrés hídrico en climas tropicales. Pero existen otros factores que condicionan la inducción e intensidad de la floración, como es el grosor de la rama que sostiene el brote floral (Dambreville *et al.*, 2013; Normand *et al.*, 2009).

Con respecto a esta última, se requiere que haya finalizado uno o dos meses antes de la fecha de ocurrencia de la diferenciación de la yema floral. Así, se ha podido comprobar que brotaciones vegetativas que emergieron entre octubre y noviembre probablemente no alcanzaron la suficiente madurez para una óptima diferenciación floral.

La iniciación floral de las yemas de mango está precedida por la acumulación de una sustancia inductora de la floración que se sintetiza en condiciones de estrés producido por temperaturas bajas. El rango de temperaturas comprendidas entre 13 °C y 18 °C aceleran el proceso de floración en mango (Osuna, 2000).

En condiciones de campo, la duración de las temperaturas frías inductivas (unidades de frío) a veces no es suficiente para un cultivar específico, o se puede revertir la inducción floral a la formación de yema vegetativa antes de que se haya completado este estado. Estas condiciones solo favorecen una inducción parcial de la floración o un desarrollo vegetativo completo, debido a que no se asegura una iniciación floral completa. Las yemas de crecimiento vegetativo inducidas bajo condiciones de temperaturas frías no fueron suficientes para la iniciación floral, debido a la inducción insuficiente de las yemas apicales, y los árboles contaron con una brotación vegetativa en detrimento de la reproductiva (Yeshitela *et al.*, 2004).

Los estudios desarrollados por Pérez *et al.* (2012) sobre la influencia del régimen hídrico en la inducción de la floración del mango bajo condiciones tropicales de Venezuela, permitieron definir la longitud del período de tiempo requerido por los árboles para alcanzar la condición de estrés, entre 20–30 días consecutivos sin riego.

No obstante, la duración del período de sequía varía en dependencia de la zona de cultivo y los requerimientos de cada cultivar. De esta forma, en la literatura se recogen períodos de estrés hídrico que fluctúan entre 11 y 90 días para la ocurrencia de la floración. Con respecto al cultivar, se

reportan condiciones de sequía moderada (entre 11–20 días) para la inducción de la yema floral en los cultivares ‘Haden’ y ‘Edward’.

La mayoría de los frutales bajo condiciones de clima tropical, incluyendo al mango, se comportan de manera diferente a los modelos de regulación floral establecidos para las zonas subtropicales, y su respuesta al medio ambiente es una unión de factores, en la que la temperatura mínima es el factor principal y el estatus hídrico su complemento. Se conoce que existe una relación inversamente proporcional entre el número de inflorescencias y la longitud del brote vegetativo desarrollado, debido a que el crecimiento y la fructificación son antagónicos. Así, una excesiva brotación vegetativa es probablemente la causa de los bajos rendimientos, cuando no ocurre una estación seca. Como consecuencia, cuando los árboles de mango exhiben un elevado vigor vegetativo, la floración es irregular y escasa.

Las flores tienen una estructura funcionalmente diferenciada en forma y tipo con respecto al resto de las partes que conforman el árbol. El número de flores por inflorescencia depende del cultivar y de la posición que esta ocupa en el árbol, la cantidad oscila entre cientos o miles de flores individuales. Las inflorescencias cuentan con dos tipos de flores: hermafroditas y masculinas (Figura 4) (Gamboa y Méndez, 2012; Gehrke *et al.*, 2011).

Las flores hermafroditas son ligeramente más grandes que las masculinas, característica que se manifiesta en otras especies arbóreas. Las flores hermafroditas predominan en las inflorescencias que brotan en la parte apical del brote y en los primeros días de inicio de la floración. La proporción entre los dos tipos de flores depende del cultivar, la posición en la arquitectura de la inflorescencia y las condiciones ambientales (Sukhvibul *et al.*, 1999a).

La ocurrencia de una mayor cantidad de flores hermafroditas al inicio de la floración, seguida de un pico de flores masculinas, puede deberse a que el árbol primero asegura la descendencia a través de la función femenina y después produce mayor cantidad de flores masculinas, para dispersar sus genes a través del polen (Guillon *et al.*, 2006). La producción de muchas flores, con predominio de masculinas, conduce a la obtención de una mayor cosecha (Dai y Galloway, 2012).

La polinización en mango es entomófila, los himenópteros (Apidae, *Apis mellifera*) y dípteros (Syrphidae, Calliphoridae), son los principales polinizadores (Figura 5), aunque también es frecuente la visita de otras especies pertenecientes a los coleópteros (Cantharidae) y lepidópteros (Nymphalidae y Licaenidae) (Medeiros de Siqueira *et al.*, 2008; Galán *et al.*, 1997). Aunque la autopolinización de esta especie es posible y se ha registrado en algunos cultivares, la polinización cruzada mejora notablemente la producción. Las condiciones climáticas regulan la liberación del polen.

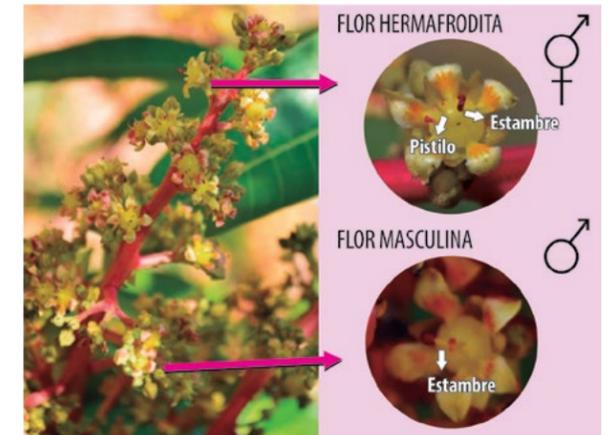


Fig.4. Inflorescencia de mango compuesta por flores hermafroditas y masculinas. Cultivar ‘Kent’. Fuente: Pérez (2013).



Fig.5. Polinizadores y visitantes de flores en mango. A – B) Polinizadores, C – D) visitantes. (A) *Apis* sp. (B) díptero, (C) coleóptero, (D) himenóptero. Fuente: Pérez (2013).

Desarrollo del fruto

Se define como desarrollo el conjunto de eventos que contribuyen a la progresiva formación del cuerpo de la planta o de un órgano. Comprende dos procesos básicos: el crecimiento y la diferenciación; el primero denota los cambios cuantitativos durante el desarrollo, mientras que la diferenciación se refiere a los cambios cualitativos.

El fruto de mango es una drupa carnosa compuesta por el exocarpio (corteza), mesocarpio (pulpa) y la semilla. Está constituido por más de un 80 % de agua. El tamaño final depende de la acumulación de agua y materia seca en varias partes del fruto durante el crecimiento. La corteza, la pulpa y la semilla tienen compuestos específicos que acumulan agua y materia seca en diferentes proporciones, dependiendo de las condiciones climáticas (Léchaudel *et al.*, 2002).

Las partes que constituyen el fruto de mango son: el seno, los hombros ventral y dorsal, la base, la cavidad, el pedúnculo, el ápice, el pico y la espalda. Las formas del fruto de mango son: oblonga, oblonga elíptica, oblonga oval, oblonga reniforme, ovoide, ovoide oblonga, ovoide oblicua, redondeada ovoide, oval, oval irregular, aplanada y redondeada (Mora *et al.*, 2017).

El período de desarrollo del fruto del mango describe una curva de sigmoide simple y se divide en tres fases: Fase I, de 0 a 14 días después de la floración (DDF), caracterizada por un crecimiento lento, pero con presencia de una activa división celular en el pericarpio, después de la polinización y fertilización de la flor. La Fase II, de 15 a 42 DDF, es de crecimiento rápido, hay expansión celular y se inicia el desarrollo de la semilla. La Fase III comprende el período de edad del fruto de 43 a 77 DDF, en la cual el mismo crece por un aumento acelerado del tamaño de las células (expansión celular) hasta alcanzar su dimensión final; se inicia la maduración y concluye en el estado de madurez fisiológica, la cual coincide con el máximo crecimiento. La duración de cada fase es variable y depende del tipo de cultivar, la tecnología aplicada y las condiciones edafoclimáticas donde se desarrolle el cultivo (Varoquaux *et al.*, 2000).

Durante las fases de desarrollo se producen tres flujos de abscisión (caída) de frutos. El primero ocurre durante la primera semana después de la floración y se atribuye a fallas en los procesos de polinización–fecundación. El segundo flujo sucede entre los 28–35 días después de la floración (DDF), debido a la escasez de citoquininas y niveles altos de inhibidores; al parecer, coincide con fallas en el desarrollo del embrión. El tercer flujo, se presenta con posterioridad a los 42 DDF y está relacionado con la nutrición y la fotosíntesis (Singh *et al.*, 2005).

El crecimiento del fruto después de la división celular consiste en el alargamiento de las células caracterizadas por una gran acumulación de agua como resultado del balance entre el consumo y la transpiración. La materia seca está constituida principalmente por carbohidratos, 60 % de los cuales son azúcares y ácidos, principales compuestos que contribuyen al dulzor y la acidez de los frutos (Malundo *et al.*, 2001).

Las condiciones prevalecientes durante el período de crecimiento del fruto, como la carencia de aportes minerales al árbol (fertilización), implican una disminución del suministro de nutrientes al fruto. Como consecuencia, los indicadores de calidad se modifican y los frutos contienen bajos niveles de sólidos solubles totales (SST) expresados en °Brix al momento de cosecha, y menor concentración de ácido ascórbico durante la maduración. Las condiciones ambientales modifican la calidad de los frutos, por ello, conocerlas y ser capaz de controlarlas y adoptar prácticas culturales adecuadas, es esencial para obtener frutos de elevada calidad.

Los resultados procedentes de las investigaciones para conocer las características del período de desarrollo del fruto muestran comportamientos diferenciados de acuerdo al cultivar evaluado y a las condiciones edafoclimáticas donde se encuentran establecidas las plantaciones.

Los estudios sobre el desarrollo de los frutos de ‘Tommy Atkins’ y ‘Keitt’ realizados por Fallas *et al.* (2010) bajo las condiciones de clima tropical con estación seca en Guanacaste, Costa Rica, mostraron un período de desarrollo conformado por dos fases. En ‘Tommy Atkins’, la primera fase estuvo caracterizada por una expansión celular que transcurre desde el inicio de la floración media hasta los 79

DDF, mientras que en el cultivar ‘Keitt’ se extendió hasta los 93 días. En esta fase, el crecimiento se caracterizó por un incremento notable de los diámetros longitudinal (polar) y transversal (ecuatorial), mientras los valores de la masa fresca (peso) fueron relativamente bajos. Antes de los 79 y 93 DDF los frutos alcanzaron el 70 % y 74 % de los diámetros transversal y longitudinal, prácticamente su tamaño final.

La masa del fruto (peso) mostró un comportamiento diferente con respecto a los diámetros. La dinámica fue lenta durante la Fase I y solo acumuló el 31 % y 17 % de las masas fresca y seca. Posterior a esta fase, ocurrió el mayor aumento, 42 % y 41 %, y continuó con una dinámica de incrementos más lentos hasta próximo a la fecha de cosecha, debido a la disminución del contenido de agua. Como resultado de la suma de las dos fases (períodos de edad: 79 – 93 DDF para ‘Tommy Atkins’ y 94 – 100 DDF para ‘Keitt’) los frutos acumularon una masa seca total del 83 % mientras que la masa fresca fue de 69 % (Fallas *et al.*, 2010).

La diferencia mostrada por los frutos entre cultivares fue la duración de cada fase, mayor cantidad de días en el ‘Keitt’ con respecto al ‘Tommy Atkins’ y, por consiguiente, el período de desarrollo del fruto tuvo una mayor longitud. De los resultados descritos por los autores, se puede inferir que existió un solapamiento de las Fases I y II, lo que puede estar dado por las condiciones climáticas que caracterizan los climas tropicales, temperaturas elevadas durante casi todo el año asociadas a un balance de humedad del suelo favorable para el desarrollo de los procesos del desarrollo.

Bajo las condiciones de cultivo de clima tropical monzónico en El Espinal, Tolima, Colombia, se ha informado que los frutos del cultivar ‘Van Dike’ requirieron 90 días para ser cosechados. Este período se enmarcó desde la floración hasta la madurez fisiológica. En este estudio el crecimiento del fruto contó con tres fases. La primera comprendió desde la antesis hasta el día 30 DDF y se caracterizó por un crecimiento lento. La segunda fase transcurrió desde 31 hasta 70 DDF, y mostró un crecimiento rápido de los diámetros y la masa. Finalmente, la Fase III, período de tiempo de 71 a 90 DDF, estuvo definida por un crecimiento lento de sus diámetros y la masa fresca (Galvis *et al.*, 2002).

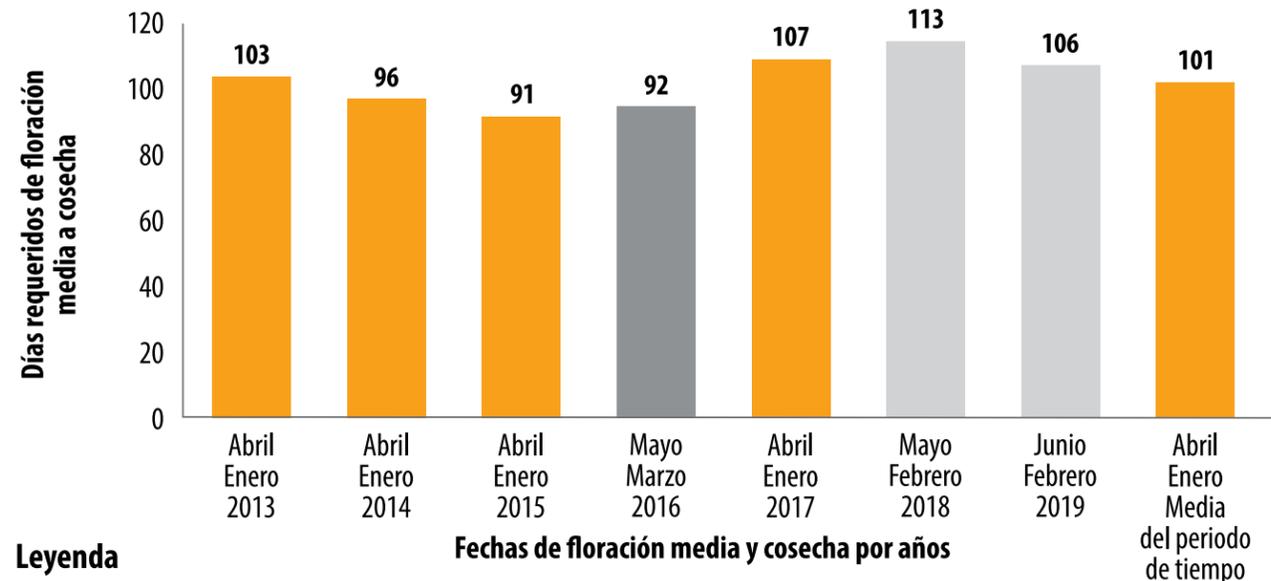
En Cuba, bajo condiciones de clima tropical húmedo, los frutos del cultivar ‘Súper Haden’ procedentes de tres localidades, dos en la región Occidental, (áreas de la empresa frutícola especializada Enrique Troncoso, provincia de Pinar del Río y Alquizar, provincia de Artemisa y otra en la región Oriental (Contramaestre, provincia de Santiago de Cuba) manifestaron diferentes períodos de tiempo para alcanzar la madurez fisiológica (Betancourt *et al.*, 2019).

En la localidad de Pinar del Río, en cuatro de los siete años evaluados, la floración media ocurrió en el mes de enero (57 %) y la cosecha fue realizada en el mes de abril. El período de tiempo promedio desde la floración media hasta la cosecha fue de 101 días (Figura 6). En Alquizar se observó similar comportamiento con respecto a la ocurrencia de la floración, pero mayo resultó el mes con mayor repetición de la fecha de cosecha. El tiempo promedio desde la floración hasta la cosecha resultó mayor, 117 DDF para que los frutos alcanzaran la madurez fisiológica (Figura 7).

La floración de los árboles del cultivar ‘Súper Haden’ en Contramaestre no tuvo una tendencia definida. Para cada uno de los tres años evaluados la floración ocurrió en meses diferentes y se considera como tardía para las condiciones edafoclimáticas de Cuba. Con respecto a la fecha de cosecha, el mes de julio predominó en dos de los tres años. Los frutos necesitaron 81 días para ser cosechados (Figura 8). Este período de tiempo desde la floración hasta la cosecha resultó inferior con respecto a los árboles evaluados en la región Occidental. Al parecer, esta característica del período de desarrollo del fruto, puede estar relacionada con las condiciones climáticas de la localidad (Betancourt *et al.*, 2019).

Se conoce que el clima de la región Oriental muestra una tendencia a la disminución de las precipitaciones en el período lluvioso, desde la década de los años 90, con significativos déficits, asociados con altos valores de temperatura con respecto a la región Occidental del país (Planos *et al.*, 2012). Estas condiciones favorecen la dinámica de los procesos de síntesis de azúcares y ácidos en los frutos y, como consecuencia, maduran antes.

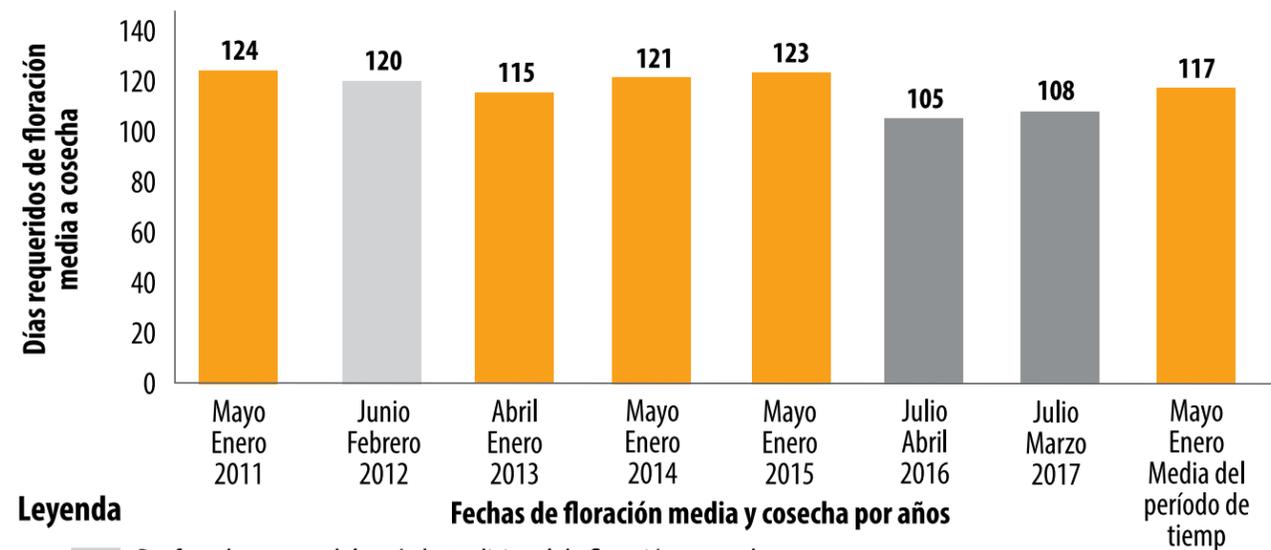
Para las condiciones de Jagüey Grande, provincia de Matanzas, Aranguren *et al.* (2014) informaron que los frutos de los cultivares 'Tommy Atkins', 'Súper Haden' y 'Keitt', durante dos años de evaluación (2011– 2012), requirieron un período de tiempo desde la floración hasta la maduración de 130, 140 y de 170 –195 DDF, respectivamente. El tiempo requerido por el mango 'Súper Haden' resultó superior en relación con los frutos de las tres localidades antes analizadas.



Leyenda

- Desfase de un mes del período tradicional de floración y cosecha
- Período tradicional de floración y cosecha
- Desfase de dos meses del período tradicional de floración y cosecha

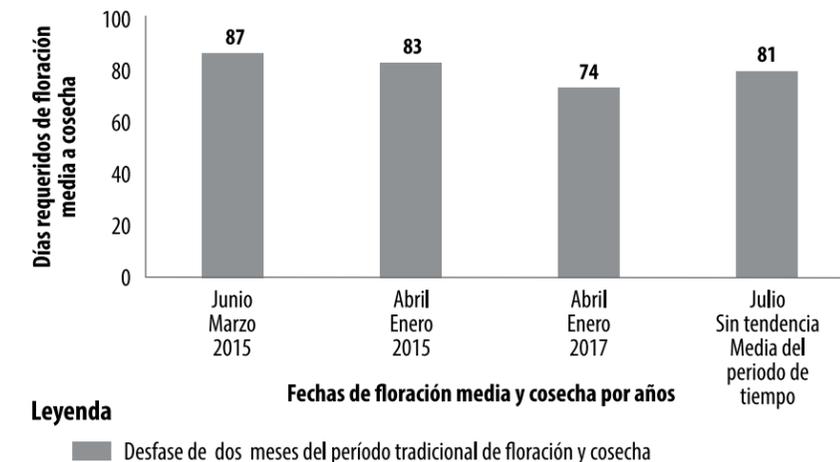
Fig.6. Período de tiempo requerido por los frutos de mango 'Súper Haden' cultivado en las áreas de la empresa frutícola especializada Enrique Troncoso, Pinar del Río para alcanzar la madurez fisiológica, n =16 muestreos por año. Fuente: Betancourt *et al.* (2019).



Leyenda

- Desfase de un mes del período tradicional de floración y cosecha
- Período tradicional de floración y cosecha
- Desfase de dos meses del período tradicional de floración y cosecha

Fig.7. Período de tiempo requerido por los frutos de mango 'Súper Haden' para alcanzar la madurez fisiológica en la localidad de Alquízar, Artemisa. n= 16 muestreos por año. Fuente: Betancourt *et al.* (2019).



Leyenda

- Desfase de dos meses del período tradicional de floración y cosecha

Fig.8. Período de tiempo requerido por los frutos de mango 'Súper Haden' para alcanzar la madurez fisiológica en la localidad de Contramaestre, Santiago de Cuba. n= 16 muestreos por año. Fuente: Betancourt *et al.* (2019).

3.3.2. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Factores internos

El mango es un árbol muy eficiente en la absorción de nutrientes y presenta diferentes requerimientos nutricionales, en dependencia del estado del desarrollo fenológico en que se encuentre. De los estudios realizados sobre la nutrición, algunos han estado dirigidos a mejorar las técnicas, épocas y métodos de fertilización, y otros a la determinación de la extracción de nutrientes por parte de los frutos de algunos cultivares, e inclusive, sobre la extracción total del árbol (da Silva *et al.*, 2014).

Los resultados sobre la absorción de nutrientes por los frutos varían entre cultivares y hasta en el mismo cultivar. Esto se asocia, al parecer, a diferencias en los contenidos de nutrientes en el suelo de las localidades donde se desarrollaron los estudios. La absorción depende de la edad del árbol y los requerimientos nutricionales relacionados con el desarrollo de diferentes órganos.

Los carbohidratos transportados de las hojas u órganos de reserva son decisivos para el crecimiento y desarrollo. Estos pueden constituir más del 65 % de la materia seca de los cultivos arbóreos. Durante su desarrollo, los frutos acumulan carbohidratos, almidón, sacarosa, o hexosas, las que son altamente dependientes de la fase de maduración y varían de acuerdo al cultivar, la relación hoja/fruto y las condiciones de cultivo (Léchaudel y Joas, 2007; Friedrich y Fischer, 2000).

El desarrollo del fruto consume el 80 % de los fotosintatos de todo el árbol. Los frutos son los órganos de mayor demanda, a expensas del incremento de la fotosíntesis de las hojas. Cuando los árboles cuentan con pocos frutos se origina una acumulación de fotosintatos en las hojas y, por consiguiente, la fotosíntesis es menor. Por el contrario, una elevada cantidad de frutos disminuye la distribución a las raíces y otros órganos permanentes del árbol; la carencia de estos solutos puede tener efectos negativos sobre la producción del año siguiente (Lenz, 2009).

Las ramas vegetativas en crecimiento, al igual que los frutos en desarrollo, son fuente de auxinas y giberelinas, y están involucradas en el proceso de regular el tiempo entre las brotaciones. La inducción floral en mango requiere de un estado de madurez del árbol que proporcione un equilibrio entre los promotores del crecimiento (auxinas y giberelinas) y los de la floración (citoquininas).

Factores climáticos

Las condiciones ambientales óptimas para el cultivo del mango se encuentran desde el clima subhúmedo tropical hasta el subárido subtropical, siempre que exista una marcada estación seca. Sin

embargo, las características climáticas de la región ecuatorial no son favorables para el cultivo, debido a que los períodos secos son muy cortos y ante la ocurrencia de lluvias, la floración se afecta. En áreas secas la floración y el cuajado de la flor deben ocurrir en la época seca, antes del inicio de las lluvias. Se plantea que la inducción floral y la floración son estacionales bajo condiciones de cultivo de clima subtropical, mientras que en el trópico se pueden presentar en cualquier período del año. Como consecuencia, el papel de la temperatura y la sequía se hacen más difíciles de interpretar (Samson, 1991 citado por García, 2011).

Temperatura

Numerosos estudios han demostrado el efecto de la temperatura sobre la floración del mango. La señal inductiva en el mango puede estar presente antes de la iniciación de la yema y permanecer durante la etapa de inducción. Si la señal inductiva cambia por las fluctuaciones de las temperaturas en el subtrópico, el estado de la yema puede transitar de vegetativa a reproductiva, o viceversa, por consiguiente, la condición de la yema es reversible, siempre y cuando el árbol esté expuesto al inicio del desarrollo del brote (García, 2011).

Las yemas axilares del 'Haden', bajo dos rangos diferentes de temperaturas —19 °C día/13 °C noche y 25 °C día/19 °C noche—, mostraron una floración de 87 % y 60 %, respectivamente. En condiciones tropicales de baja latitud, con temperaturas por encima de 25 °C y alta humedad relativa, otros factores como la edad de la rama y la época de la brotación se convierten en componentes importantes en la definición de que un brote sea vegetativo o floral. Si el árbol se expone a altas temperaturas (30 °C día/25 °C noche) durante la etapa de iniciación del brote, se originan solo brotes vegetativos (Albuquerque, 2000).

También el inicio de la floración está asociado al incremento del número de días con temperaturas nocturnas iguales e inferiores a 20 °C y al tipo de cultivar. En los mangos 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Springfield' y 'Edward', cada uno requirió valores diferentes de acumulados de unidades de frío para florecer. En relación a los cultivares, se ha demostrado la existencia de una relación estrecha entre el genotipo y la respuesta al ambiente de los grupos embrionarios del mango, lo cual puede ser el responsable de su comportamiento (Avilán *et al.*, 2003).

Las condiciones climáticas, fundamentalmente los valores de las temperaturas, influyen significativamente sobre la duración del período de floración. Se ha observado que las altas temperaturas reducen la duración del desarrollo fenológico de las inflorescencias (Sukhvibul *et al.*, 1999b). Además, la disminución en el número de días de floración debido a altas temperaturas también fue informada por Pérez (2013) para el sur de España.

Las temperaturas también ejercen una fuerte influencia sobre la proporción de flores hermafroditas y masculinas en el mango. Las bajas temperaturas favorecen una mayor proporción de flores masculinas en la inflorescencia, mientras que las temperaturas muy frías al inicio de la floración pueden dar lugar a inflorescencias con la totalidad de sus flores masculinas. Se ha observado que los árboles sometidos a condiciones de estrés priorizan la función masculina cuando los recursos son limitados o cuando ya ha ocurrido la función femenina mediante la presencia de flores hermafroditas (Pérez, 2013).

Además, las temperaturas intervienen en la viabilidad del polen. Temperaturas de <10 °C y >33 °C, afectan la vida del polen; esta es una de las posibles causas del bajo porcentaje de cuajado que muestran las flores de algunos cultivares de origen subtropical (Ficha Técnica No. 8, 2019).

Las altas temperaturas durante la noche (28 °C – 32 °C) hacen que el fruto sea dulce y madure bien; asimismo, los días calurosos y las noches frescas (12 °C – 20 °C), al parecer, ayudan a que el fruto desarrolle un color más atractivo (Fallas *et al.*, 2010).

Precipitaciones

La ausencia de precipitaciones previas al inicio de floración detiene el crecimiento vegetativo y permite la maduración de las hojas. En estas condiciones es normal que el mango pueda florecer en

respuesta al riego o a las lluvias después de un estrés hídrico de 6 a 12 semanas o más. El efecto de las condiciones de sequía sobre el cultivo se hace sentir con mayor intensidad en los procesos de la floración y la fructificación. Por esta razón, se considera que el mango es un árbol esencialmente adecuado para cultivarse en regiones con una estación seca acentuada en cualquier latitud (García, 2011).

Es una aseveración común que el estrés hídrico proporciona el estímulo para que ocurra la floración; sin embargo, algunos estudios no sustentan correctamente su papel como agente inductor en el cultivo del mango. El efecto principal de los períodos de estrés hídrico en el mango es evitar el crecimiento continuo de los flujos vegetativos, es decir, lograr la detención del crecimiento. Además, la edad acumulada de los brotes es mayor en árboles estresados que en árboles mantenidos bajo buenas condiciones de irrigación. En este caso, se ha podido apreciar una mayor duración en el crecimiento continuo de los flujos vegetativos, lo que significa que el árbol tiene una mayor condición de juvenilidad en suelos con alta disponibilidad de agua. El estrés nunca debe ser severo, debe evitarse la deshidratación y muerte de los tejidos, porque lo que se persigue es disminuir el crecimiento del árbol y favorecer la maduración de las hojas. Sin embargo, los árboles que manifiestan un elevado vigor vegetativo requieren de períodos más intensos de sequía para poder variar los contenidos hídricos internos, por lo que pueden florecer durante la época seca sin necesidad de riego adicional (García, 2011).

La luz

La duración del día y la noche (fotoperíodo) no tienen efecto alguno sobre el destino vegetativo o floral de las yemas, el efecto de la temperatura baja como inductor de la floración es independiente de la luz (Núñez-Elísea y Davenport, 1995). No obstante, los días soleados favorecen la polinización, debido a que facilitan la dehiscencia de las anteras (De Wet *et al.*, 1986).

3.4. VULNERABILIDAD DEL CULTIVO AL CAMBIO CLIMÁTICO Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

El cambio climático es el término utilizado para referir los cambios a largo plazo de las tendencias de los factores ambientales. Estos cambios pueden deberse a la variabilidad natural o al resultado de la actividad humana (Makhmale *et al.*, 2016). De acuerdo con el análisis de varios escenarios de emisiones, se espera que ocurran incrementos de los valores en: temperaturas medias, concentración de CO₂ atmosférico, salinidad de los suelos de algunas áreas y precipitaciones inferiores y más irregulares. La variabilidad climática y la frecuencia de eventos extremos (calor intenso, abundantes precipitaciones, sequía y huracanes) se espera que aumenten. Por lo tanto, el cambio climático es de gran importancia para la agricultura (Normand *et al.*, 2015).

Prácticamente todas las variables climáticas se verán afectadas. Los efectos no son uniformes a través de las regiones y muestran una variabilidad estacional. Los cambios para algunas variables climáticas de importancia para la agricultura (IPCC, 2007) en regiones tropicales y subtropicales pronostican un aumento de la media de la temperatura de 2 °C– 4 °C al final del siglo XXI. Se pronostican valores superiores (hasta más de 4 °C) para latitudes altas del hemisferio norte con respecto a los trópicos (1 °C– 3 °C). Pero la principal vulnerabilidad de estas últimas regiones radica en que ya están sujetas a temperaturas más altas y un incremento futuro determinará la vida de los organismos (Normand *et al.*, 2015).

Las precipitaciones disminuirán en general en las regiones tropicales, mientras que se incrementarán en las regiones ecuatoriales y templadas. La humedad del suelo también disminuirá en los trópicos, conduciendo a sequías más severas. Como consecuencia, el déficit de presión de vapor (DPV) se incrementará. Una característica de estos cambios es el incremento de la variabilidad climática, con una mayor frecuencia e intensidad de los eventos climáticos. Los trópicos y subtrópicos contarán con una mayor repetición de los eventos de calor, las precipitaciones y la sequía, manifestándose una alta intensidad en los últimos dos eventos. De igual forma, se esperan huracanes con mayor frecuencia de ocurrencia y más intensos. El incremento del nivel del mar, como resultado del derretimiento de los glaciares, es un impacto medible del cambio climático. Las consecuencias para la agricultura son relevantes, con la pérdida de tierras cultivables, baja elevación de las áreas cercanas al océano y el

incremento del suelo y el agua salinizados, debido a la intrusión salina en las capas freáticas (World Bank, 2012).

Finalmente, el incremento de la concentración de CO₂, principal fuerza impulsora del cambio climático, tiene efectos importantes en la agricultura, debido a que el CO₂ está involucrado en los procesos fundamentales de las plantas, como la fotosíntesis (Normand *et al.*, 2015).

Las consecuencias del cambio climático en la agricultura pueden ser evaluadas en dos niveles: el impacto y los efectos. Los impactos son los efectos observados y demostrados. Un impacto conocido son los cambios en la fenología de las plantas bajo la influencia del incremento de la temperatura.

Los futuros efectos del cambio climático pronosticado sobre la producción agrícola pueden ser evaluados a través de dos enfoques:

- a) La predicción del cambio climático a escala regional puede ser utilizado como contribución en los modelos de cosecha, que permiten evaluar la pérdida o la ganancia de la producción esperada con respecto a la producción histórica y/o el efecto de diferentes sistemas de cultivo para mitigar los efectos del cambio climático (Khouma *et al.*, 2013; Gérardaux *et al.*, 2012).
- b) El segundo enfoque trata principalmente sobre los aspectos ecológicos, para cultivos con requerimientos específicos. La proyección de los escenarios climáticos a nivel regional puede ser utilizada en modelos bioclimáticos para pronosticar los cambios de áreas actuales hacia otras más apropiadas para una especie o un cultivo (Davis *et al.*, 2012; Assad *et al.*, 2004).

3.4.1. PRINCIPALES VULNERABILIDADES

El efecto del clima sobre los procesos fundamentales en el cultivo del mango requiere de un modelo de producción. Están disponibles varios modelos parciales: específico de fotosíntesis (Urban *et al.*, 2003), conductancia estomática (Damour *et al.*, 2010), crecimiento del fruto y acumulación de calidad (Léchaudel *et al.*, 2005a, 2007) y los modelos de temperatura (Normand y Léchaudel, 2006; Mosqueda *et al.*, 1993). Sin embargo, no se cuenta con un modelo de simulación completa de la producción de mango, estos han sido desarrollados fundamentalmente para cultivos anuales (cereales).

Por consiguiente, aun no es posible valorar los efectos del cambio climático sobre la producción y el cultivo del mango, debido a que estos modelos parciales no son suficientes para realizar un pronóstico confiable. No obstante, es viable evaluar la respuesta del árbol a la predicción del clima futuro, basado en el conocimiento actual de sus funciones y los factores que lo afectan.

Los dos factores más importantes que determinan la conveniencia de un área climática para el cultivo del mango son la temperatura del aire y la lluvia. La secuencia de cambios fenológicos son su adelanto o retardo, como consecuencia del incremento y la disminución en la temperatura y el inicio de las estaciones lluviosa y seca. El cambio climático es la principal influencia que tiene el ciclo fenológico, e indirectamente los procesos vegetativos y reproductivos. Estos conducen a la reducción de la producción y la calidad de la cosecha, debido al desfase del período tradicional de floración y el desarrollo del fruto (Makhmale *et al.*, 2016).

A continuación, se explica la influencia de los factores climáticos sobre cuatro procesos fundamentales de la producción de mango: la fotosíntesis, el crecimiento vegetativo, la floración y el desarrollo del fruto, basados en las proyecciones a futuro de los escenarios climáticos.

Los factores climáticos más importantes que afectan la fotosíntesis son: temperatura, radiación solar y concentración de CO₂. Un incremento del nivel de estos factores podría tener un efecto positivo sobre la fotosíntesis. Pero si las temperaturas y la concentración de CO₂ son más elevadas, se manifestará un efecto de equilibrio, debido a que ambos incrementan la asimilación de la fotosíntesis y la pérdida respiratoria. Temperaturas extremas (> 45°C) o altos niveles de intensidad de la luz provocan daños del mecanismo fotosintético (Davenport, 2009; Crane *et al.*, 2009).

Los valores más altos de la temperatura conducirán a una dinámica de crecimiento más rápida (intervalos más breves entre sucesivas brotaciones vegetativas) y al desarrollo de unidades de creci-

mientos y hojas, lo que propiciará la demora del reposo vegetativo del árbol en invierno. Esto conlleva a una afectación de la inducción floral, la longitud de la inflorescencia y el número de flores. Pero en regiones con clima frío el incremento de la temperatura podría tener un efecto positivo sobre la viabilidad del polen y el cuajado de la flor (Rajatiya *et al.*, 2018; Moreira y Castro, 2016).

La ocurrencia de la lluvia durante la pre floración y la floración puede causar un pobre cuajado de la flor y baja actividad polinizadora. La lluvia durante la floración afecta adversamente el cuajado de las flores, el desarrollo del fruto y la producción, debido al excesivo crecimiento vegetativo y la abscisión de flores. Sin embargo, la sequía y el déficit de presión de vapor (DPV) podrían tener un efecto negativo sobre la fotosíntesis, el cuajado de las flores, la reducción del tamaño y la retención de frutos. Sin embargo, pueden ejercer un efecto beneficioso por el incremento de la materia seca y la concentración de azúcares (Spreer *et al.*, 2009; Léchaudel *et al.*, 2005b).

La alta intensidad luminosa acrecienta el color de la corteza de los cultivares coloreados en la maduración (Léchaudel *et al.*, 2013). Además, puede convertirse en un factor de estrés y, como las altas temperaturas, elevaría la calidad del fruto. También el tamaño del fruto podría ser beneficiado, como consecuencia de la mejora de la fotosíntesis. A mayor concentración de CO₂ se incrementa la fotosíntesis y, por lo tanto, tendría un efecto positivo sobre la calidad del fruto. El crecimiento del fruto a concentración de CO₂ más alta tiene mayor masa seca, principalmente debido al incremento de la masa seca de la pulpa. Los efectos de la sequía sobre la calidad del fruto son positivos y negativos, en plantaciones de secano (sin riego).

Cuba cuenta con resultados novedosos derivados de estudios desarrollados por más de cinco años (2012–2019) en el cultivo del mango 'Súper Haden' en plantaciones bajo las condiciones edafoclimáticas de las empresas frutícolas especializadas. Estas son: Enrique Troncoso (Pinar del Río) y Victoria de Girón (Matanzas), y en la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquizar (Artemisa), adscrita al Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Estos estudios se realizaron con el objetivo de conocer la relación entre la fecha de inicio y culminación de la floración y el comportamiento de las variables meteorológicas que anteceden esta etapa fenológica.

Los principales resultados consistieron en: 1) presencia de estructuras vegetativas en desarrollo (yemas, hojas y brotes) durante todo el año; el mayor porcentaje medio (80 % – 100 %) se observó durante el trimestre octubre–diciembre, los árboles no contaron con un período de reposo vegetativo, 2) identificación del retraso del inicio (finales de enero) y culminación de la floración (tercera decena de marzo) con respecto al período tradicional (diciembre – enero), caracterizada por brotaciones reproductivas en oleadas de baja intensidad (menos del 40 % del total de la copa florecida), 3) definición del periodo de tiempo (noviembre – diciembre) con el estrés hídrico requerido por los árboles para que ocurran floraciones tempranas y conocer con antelación cómo se manifestará la floración — temprana o tardía —, condición que repercute sobre el período de desarrollo del fruto y el inicio de la cosecha. La modificación del período de floración se expresó por la asociación negativa de bajo porcentaje de floración del árbol, cuando le antecieron condiciones climáticas caracterizadas por mayores acumulados de precipitaciones y días con lluvias; y mayor amplitud de las temperaturas extremas, reforzado por la presencia de altos valores de temperaturas máximas y mínimas (Betancourt *et al.*, 2020).

El impacto observado consistió en el desfase de la floración, como consecuencia del cambio fenológico de la fase reproductiva en respuesta a la variabilidad climática. Este conocimiento contribuye a la actualización y ajuste de las tecnologías de cultivo y de cosecha que tributen a la obtención de producciones sostenibles, frutos de mejor calidad y la disminución de las pérdidas pre y poscosecha.

Las proyecciones futuras de los escenarios climáticos para Cuba pronostican un clima más cálido y la reducción de las precipitaciones en un 10 %, con distribución aleatoria en el período poco lluvioso (Planos *et al.*, 2012). Por consiguiente, es de esperar una modificación acentuada del período reproductivo del mango, por lo que es fundamental rediseñar las tecnologías de cultivo, para atenuar la vulnerabilidad del proceso de floración y contar con medidas de adaptación al cambio climático. Entre las medidas a aplicar se destacan el empleo de inductores de la floración y/o la práctica del anillado.

3.4.2. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN PARA ATENUAR LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Ante la situación creada por los impactos del cambio climático es necesario trabajar en la implementación de prácticas de cultivo para la adaptación. El diseño de estas medidas debe contar con bases bien fundamentadas, y deben ser utilizadas por todos los actores involucrados: profesionales, responsables de políticas y científicos. A continuación, se relacionan las medidas generales de adaptación propuestas por Rajatiya *et al.* (2018) para la agricultura:

1. Obtención de cultivares/variedades o patrones de cultivo adaptados a las condiciones cambiantes del clima.
2. Obtención de modelos de cultivo que incluyan sistemas de cosecha, policultivos, diversificación y transferencia a áreas alternativas.
3. Adaptación basada en cultivares/variedades.
 - a) Desarrollo de tolerancia o resistencia para enfrentar el cambio climático.
 - b) Plantación de diferentes cultivares o especies de cultivo.
4. Modificación de tecnologías de cultivo.
 - a) Modificación de fecha de plantación, ajuste de la estación de cosecha de la producción estacional y la mercadotecnia de cultivos hortofrutícolas.
 - b) Uso sostenible de fertilizantes o el empleo de fertilizantes líquidos.
 - c) Prácticas de cultivo para mejorar el drenaje del suelo, cero laboreos, etc.
 - d) Implementar mejoras tecnológicas en los sistemas de riego actuales.
 - e) Mejora del manejo de los residuos de cosecha y control de malas hierbas, e implementar cambios en las prácticas de administración en el uso de la tierra.
 - f) Uso eficiente de los recursos.
 - g) Adoptar nuevas técnicas y tecnologías de conservación de los recursos.
 - h) Manejo sostenible de plagas y enfermedades.
5. Empleo de coberturas (mulching) para la conservación de la humedad del suelo, mejora del microclima del suelo, actividad microbiana y salud del suelo (Patil *et al.*, 2013).
6. El empleo de antitranspirantes similares a la quitosana, caolín y otros químicos, etc., los cuales reflejan la radiación solar de partes de la planta, reducen la pérdida de agua a través de la transpiración, la temperatura del fruto y la superficie de las hojas (Ahmed, 2014).
7. Cortinas rompe vientos que modifican el microclima de cultivo y el suelo, proporcionan refugio para los insectos polinizadores, protegen a la plantación de la erosión eólica y de otros desastres naturales, etc. El porcentaje mínimo de mortalidad de plantas de frutales afectadas por heladas fue observado en plantaciones de frutales rodeadas por cortinas rompe vientos (de 30,81 % a 2,97 %), mientras la ausencia de estas barreras condujo a la máxima mortalidad (superior a 91,43 %) (Rathore *et al.*, 2012).
8. Pronósticos meteorológicos y planes de seguro de cosecha para agricultores. Así como la implementación de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
9. Tecnologías de reciclaje de aguas de desperdicios, desechos sólidos y la actividad de cosecha en la agricultura.

3.5. PRÁCTICAS PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DE LAS COSECHAS

La producción de mango es alternante, la tendencia observada es un año de abundante cosecha (año on), seguido de uno o varios de menor producción (años off). La falta de uniformidad en la producción de los árboles se observa por períodos o años consecutivos. Se atribuye, al parecer, a la cantidad de sustancias de reserva acumuladas por el árbol. Hay otros factores que también determinan la alternancia, estos son; los cultivares, el volumen de la producción anterior, la emergencia de brotes vegetativos después de la cosecha, el estado de madurez de los brotes terminales durante la diferenciación floral, la relación carbono/nitrógeno de las yemas terminales cuando se dan las condiciones ambientales adecuadas para la inducción floral, el estado del balance nutricional y los factores climáticos presentes y ocurridos a los que han estado expuestos los árboles (Schaffer *et al.*, 1994).

El estudio del metabolismo de los carbohidratos es esencial para entender eventos como producción de follaje, ramas, raíces, flores y frutas, y su relación con la formación, acumulación y utilización

de carbohidratos de reserva. El contenido de almidón se considera el mejor indicador del estado fisiológico de los árboles y de su potencial productivo (Monselise y Goldschmidt 1982; Ponchner 1992).

El manejo de las condiciones de la plantación —poda, fertilización, anillado, riego, aplicación de reguladores del crecimiento vegetal, estrés hídrico, nutrición— y la edad de la última brotación del árbol pueden contribuir a mejorar el potencial productivo de los cultivares y adelantar o retrasar la cosecha (Ramírez *et al.*, 2010).

3.5.1. EMPLEO DE REGULADORES DEL CRECIMIENTO Y SALES DE NITRATO

Los reguladores del crecimiento como el Paclobutrazol (PBZ) han mostrado ser efectivos. El PBZ, es un retardante del crecimiento que ha sido ampliamente utilizado para disminuir el tamaño de los árboles, con resultados satisfactorios en frutales tanto de clima templado como tropicales. Ha sido evaluado en diversos cultivares de mango con resultados satisfactorios en la reducción del vigor vegetativo debido a una reducción en la elongación de los brotes. Las aplicaciones de PBZ reducen la formación de brotes vegetativos, promueven la floración temprana, incrementan la floración, aumentan el número de flores cuajadas, disminuyen la producción alternante, elevan el rendimiento y adelantan la fecha de cosecha de 45 a 51 días en los cultivares 'Tommy Atkins' y 'Manila' (Mansuroglu *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2007).

Este regulador del crecimiento además de disminuir el vigor vegetativo, también modifica las etapas fenológicas de floración y fructificación, adelantándolas (Salazar y Vázquez, 1997). Para garantizar el éxito de las aplicaciones de Paclobutrazol es importante tener en cuenta:

Cómo y cuándo aplicarlo. Después de la cosecha, se realiza la poda, la fertilización y emerge un flujo masivo de crecimiento vegetativo. Es precisamente después de generarse este flujo que debe aplicarse al suelo. Se recomienda aplicar de 1 ml – 2 ml del producto comercial por metro lineal de copa. La mejor época es la de 90 – 120 días antes de la floración. Este esquema funciona perfectamente en los cultivares: 'Ataulfo', 'Tommy Atkins' y 'Manila' (Pérez *et al.*, 2011).

Rompimiento del letargo. Una vez detenido el crecimiento del brote vegetativo, se procede a romper el letargo de la yema apical para dar lugar a la floración. Una de las técnicas más empleadas son las aplicaciones de nitratos. México las utiliza para adelantar la floración. Los nitratos pueden ser tanto de amonio como de potasio (Salazar *et al.*, 2000). Se ha demostrado que el KNO₃ (nitrato de potasio) no tiene influencia en el proceso de diferenciación, solo estimula la brotación de la yema vegetativa o reproductiva. En los cultivares 'Ataulfo' y 'Manila' se ha confirmado que la aplicación de PBZ estimula la floración, y se inicia hasta 30 días antes con respecto a árboles donde no se aplica, prescindiendo del nitrato. No obstante, el nitrato podría ser utilizado como una forma de uniformar la floración al inicio de la misma (Pérez *et al.*, 2011).

A continuación, se relacionan tres tipos de manejo integral encaminados a lograr el adelanto y uniformidad de la floración que recogen los resultados de Tailandia, Brasil y México. (Vázquez *et al.*, 2009):

1. Manejo integral uno (MI-1).
Consiste en una poda ligera y fertilización después de la cosecha (principios de julio) para favorecer el crecimiento. Aplicación de Paclobutrazol (PBZ) al suelo en dosis de 0,5 ml/m lineal de diámetro de copa después de un flujo vegetativo (de finales de julio a principios de agosto) para madurar los brotes vegetativos, inhibir un nuevo crecimiento y promover una floración temprana. Luego se realizan aplicaciones de nitrato de potasio (KNO₃) a los 90 días de aplicado el PBZ para inducir floración, y dos riegos durante el desarrollo del fruto (febrero y marzo).
2. Manejo integral dos (MI-2).
Se realiza una poda moderada (eliminación de los dos últimos flujos de crecimiento vegetativo); riego y fertilización después de cosecha para favorecer el crecimiento. Aplicación de PBZ al suelo (1 ml/m lineal de diámetro de copa) y suspensión del riego para madurar los brotes emergidos, inhibir un nuevo flujo vegetativo y promover la floración temprana. Aplicación de urea, nitrato de amonio (NH₄NO₃), sin Biuret al 0,5 %, a los 120 días después de la aplicación de PBZ para inducir floración y dos riegos durante el desarrollo del fruto.

3. Manejo integral tres (MI-3).

Poda moderada, riego y fertilización, aplicación de nitrato de potasio al 4 % como estimulador de la brotación vegetativa, inmediatamente después de la poda (principios de julio). Aplicación de PBZ al suelo (1 ml/m lineal de diámetro de copa) y suspensión del riego para madurar los brotes emitidos, inhibir un nuevo flujo vegetativo y promover una floración temprana. Aplicación de nitrato de potasio al 4 % cuando los brotes tengan un color verde oscuro, madurez fisiológica para inducir la floración. Dos riegos durante el desarrollo del fruto.

Con la aplicación de cualquiera de los manejos se adelantó la floración de 30 a 40 días y se incrementó la producción, el rendimiento y el período de tiempo entre floración y cosecha se redujo (Vázquez *et al.*, 2009).

El efecto de las aplicaciones de PBZ no solo se limita a la floración y al adelanto de la fecha de cosecha. También se ha constatado que incrementa la masa fresca, los contenidos de sólidos solubles totales, la vitamina C y los carotenoides de los frutos de mango procedentes de diferentes zonas de cultivo (Usha Rani, 2018; Babul y Rahim, 2012).

Con respecto al nitrato de potasio, resulta importante señalar que su acción sobre la floración no es como una hormona vegetal ni como un nutriente, sino que se utiliza con el objetivo de romper la dormancia de la yema inducida al estado de vegetativa o reproductiva sin cambiar el estatus de la inducción. Los mejores resultados se obtienen cuando se combina con el estrés hídrico, pero cuando ocurren lluvias erráticas que interrumpen el período de estrés requerido para inducir la floración, el tratamiento con la sal no es efectivo (Makhmale *et al.*, 2015).

3.5.2. ANILLADO

Otra técnica para inducir floración es la práctica del anillado. Consiste en realizar un corte en forma de anillo en la corteza de las ramas, seis meses antes de la floración. Esta incisión provoca la acumulación de los niveles de carbohidratos y nitrógeno e interrumpe el movimiento de las sustancias elaboradas en las hojas a través del floema hacia las raíces; se detiene el crecimiento vegetativo y se favorece el proceso de floración. El floema se obstruye temporalmente y cicatriza rápidamente, con lo cual se logra estimular el incremento de la floración. Es una práctica riesgosa y requiere de mucho cuidado al realizarse, por el peligro de incurrir en cortes profundos que pueden causar severos daños a las ramas, pérdida total de las hojas y constituir una vía de entrada de gérmenes patógenos (Villalobos *et al.*, 2011; Jiménez y Mora, 2003).

Como ocurre con otras prácticas, los resultados no son consistentes. Sin embargo, si el método se convierte en parte de un manejo tecnológico que incluya la aplicación cada 10 días de KNO₃ al 3 % por tres veces, y el anillado se hace entre 75 – 90 días antes de las aplicaciones, se logra incrementar la producción y adelantar hasta en 23 días la cosecha, sin que se afecte de manera notable la masa fresca del fruto (Usha Rani, 2018).

3.5.3. TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS

La utilización de tecnologías alternativas para manejar la inducción floral en mango, constituye una práctica novedosa para este cultivo. La inoculación de árboles de mango con *Burkholderia caribensis* XV y *Rhizobium* sp. XXV promovieron el crecimiento (89 % de incremento de la masa seca de la raíz, 34 % en tallo, 51 % en hojas y 53 % de área foliar), 100 % de yemas florales, así como el incremento de flores por inflorescencias. El contenido de nitrógeno total aumentó significativamente (56 %) y la dinámica de la glucosa y fructosa mostró mayores valores con respecto al control. Los autores concluyeron que el empleo de promotores del crecimiento, como rizobacterias, constituye un potencial alternativo y una vía para promover el crecimiento y la inducción floral en mango, con una reducción importante de los elevados costos económicos y la contaminación ambiental asociados a prácticas agrícolas tradicionales (Villalobos *et al.*, 2013).

Las aplicaciones de micronutrientes y bioestimulantes del crecimiento corrigieron los bajos niveles de ZnSO₄, FeSO₄ y boro en las fases del desarrollo vegetativo y reproductivo del cultivar 'Kesar'.

En consecuencia, la cantidad de días requeridos para que el árbol alcanzara el 50 % de floración se redujo y se incrementó la longitud de la inflorescencia (Nehete *et al.*, 2011).

Para mejorar la polinización y el cuajado de la flor se pueden realizar aplicaciones de boro. Este elemento es fundamental para la germinación del grano de polen y el crecimiento del tubo polínico (Lovatt y Dugger, 1988). Cuando está en estado deficiente, en el árbol se presentan problemas con la producción de mango, debido a las dificultades que se originan durante la polinización y el cuajado de la flor (Pérez *et al.*, 2011).

3.5.4. MANEJO DE LA FLORACIÓN EN CUBA

Cuba cuenta con resultados sobre el empleo de los reguladores del crecimiento en el cultivo del mango. La comunidad científica de la fruticultura ha mantenido un constante quehacer en regular la floración del mango bajo las condiciones edafoclimáticas del país. No obstante, aún persisten producciones irregulares, debido a la insuficiente floración y baja fructificación en determinados años (Noriega *et al.*, 2006).

Se han realizados diversos trabajos encaminados a inducir floración e incrementar rendimientos en el cultivo. Entre ellos, se pueden relacionar las aplicaciones de FMX (CEPA ácido 2 cloro etilfosfónico, como generador de etileno) en una dosis única de 250 mg/L, y NH₄NO₃ en sustitución del nitrato de potasio, a una dosis de 2 kg/100 LH₂O (dosis inferior a la recomendada para el nitrato de potasio). Se observó que los árboles tratados con CEPA mostraron un ligero adelanto en el inicio de la floración de aproximadamente ocho días en los cultivares 'Súper Haden', 'Keitt' y 'Kent'. En este caso, las aplicaciones de NH₄NO₃ en ninguno de los cultivares revelaron adelantos en el inicio de la floración; sin embargo, sí incrementaron el número de inflorescencias por árbol, la fructificación y, por tanto, la producción. El resultado más notorio se obtuvo al aplicar antes de la diferenciación de las yemas (Noriega *et al.*, 2011).

El producto comercial Cultar 250 EC (25 % de Paclobutrazol) aplicado al suelo en plantaciones comerciales de 'Tommy Atkins' y 'Kent' de cuatro años de edad, fue realizado a razón de 1 g/metro lineal del diámetro de la copa, diluido en dos litros de agua y aplicado a 10 cm de profundidad y a 40 cm del tronco. Los resultados mostraron, para los dos cultivares, una reducción del tamaño de los brotes vegetativos y se promovió el inicio de la floración. No se obtuvo un adelanto de la floración, debido a contenidos elevados de nitrógeno en las hojas. No obstante, se observó, entre los 30 y 45 días posteriores a la ejecución del tratamiento, una coloración verde intensa de los árboles, y no se encontraron diferencias en el número de flujos entre árboles tratados y el control. La emergencia de la inflorescencia en las yemas apicales, sub apicales y axilares fue compacta y de menor tamaño. En el cultivar 'Kent' se formaron brotes mixtos, lo que sugiere un mayor requerimiento de estímulo floral para lograr mayor proporción de brotes reproductivos (Farrés, 2007).

En el mango 'Tommy Atkins', cultivado en las condiciones de Jagüey Grande, Matanzas, se evaluaron tres tratamientos que consistieron en la aplicación de PBZ a la dosis de 1 g de ingrediente activo/metro lineal del diámetro de la copa, nitrato de amonio al 3 % y la combinación de nitrato al 3 % + aplicación de PBZ a la concentración antes señalada. Del nitrato se realizaron tres asperjaciones foliares con una frecuencia semanal a partir de la segunda quincena de octubre. El PBZ se aplicó al suelo alrededor del tronco del árbol, previamente diluido en un litro de agua. Este tratamiento se ejecutó en la segunda quincena de julio. Los resultados permitieron conocer que en los árboles que recibieron la aplicación de PBZ la floración se presentó a los 145 días de forma masiva (100 % de los brotes con actividad reproductiva), la longitud de las inflorescencias fue reducida y la producción resultó superior con respecto al control. También se observó una reducción del desarrollo vegetativo, que consistió en la disminución de emisiones de flujos vegetativos con brotes de menor longitud y grosor. La combinación de ambos productos, resultó el tratamiento más eficaz (Rodríguez *et al.*, 2018).

En plantaciones comerciales de 'Tommy Atkins' y 'Súper Haden', establecidas en Ciego de Ávila, se evaluó la influencia de la aplicación de Paclobutrazol a una concentración de 1 L/ha y asperjaciones foliares de nitrato de potasio entre 2 % – 3 %. Los efectos se tradujeron en: emisión de brotes vege-

tativos cortos, inducción de floraciones profusas, tempranas y homogéneas, con inflorescencias de menor longitud, de 15 cm y 25 cm y mayor número de flores. También se incrementó el cuajado de la flor y el número de frutos por inflorescencias y disminuyó la abscisión de frutos (López y Domínguez, 2018).

Los resultados analizados para las condiciones de Cuba evidencian la necesidad de proponer un esquema de inducción de la floración en mango, fundamentado en los experimentos desarrollados en campo (Rodríguez *et al.*, 2018; López y Domínguez, 2018; Farrés, 2007) y como medida de adaptación al cambio climático para atenuar los impactos observados y reducir la vulnerabilidad del cultivo del mango en el escenario climático actual y futuro (Betancourt *et al.*, 2020). Este es el siguiente:

Esquema para la inducción de la floración en mango:

- Aplicación de Paclobutrazol (Cultar al 25 % de i.a.) a la concentración de 1 ml o g de ingrediente activo/ metro lineal del diámetro de la copa, diluido en uno o dos litros de agua alrededor del tronco, a 10 cm de profundidad y a la distancia de 40 cm del tronco. Se aplica cuando se presenta la brotación vegetativa que emerge después de la cosecha.
- Aplicar nitrato foliar para romper la dormancia de la yema. La concentración de nitrato varía de acuerdo a la disponibilidad del producto: nitrato de potasio (KNO₃) se emplea a la concentración entre 3 % y 4 %, nitrato de calcio Ca(NO₃)₂ al 2 % y nitrato de amonio (NH₄NO₃) al 1,5 %. Las aplicaciones se realizan cuando los brotes vegetativos han alcanzado su estado de madurez y dependen del desarrollo vegetativo del árbol y las condiciones de cultivo y ambientales (precipitaciones y temperaturas máximas). Si no se observa la emergencia de yemas florales en el transcurso de siete o diez días, se repite el tratamiento.

3.6. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, Y. M. 2014. Impact of spraying some anti-transpirants on fruiting of 'Williams' banana, grown under Aswan region conditions. *Stem Cell*. 5(4):34–39.
- Albuquerque J. A. y M. M. A. Carmon. 2000. Manga: indução floral. Circular técnica da Embrapa semi-árido. pp. 47.
- Aranguren, M.; D. Hernández y A. Puentes. 2014. Resultados de la evaluación de los estadios fenológicos con la escala BBCH en Jagüey Grande. VI Edición de la Conferencia Científica Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad. *AGROCENTRO* 2014. 9–11 abril–2014. pp. 5.
- Assad, E. D.; H. S. Pinto; J. Zullo Junior and A. M. Helminsk. 2004. Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. *Pesq. Agropec. Bras.* 39(11):1057–1064.
- Avilán, L.; M. Pérez, E. Soto, M. Rodríguez, J. Ruiz y H. Escalante. 2003. Efecto de la poda y el empleo de un regulador de crecimiento sobre el inicio de la floración en mango. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 20:430–442.
- Babul C. S. and M. A. Rahim. 2012. Vegetative growth, harvesting time, yield and quality of mango (*Mangifera indica* L.) as influenced by soil drench application of Paclobutrazol. *Bangladesh J. Agril. Res.* 37(2): 335–348. ISSN 0258–7122
- Betancourt, M. G., M. G. Aranguren, M. A. Díaz, A. B. Triana, A. M. M. Peralta, M. E. A. García, N. R. Reyes, R. M. Rosabale Y. C. G. Méndez. 2019. Informe final de proyecto Enfrentamiento al Cambio Climático en los cultivos de cítricos y mango. Biblioteca del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba, pp. 63.
- Betancourt, M. G.; A. M. M. Peralta; M. G. Aranguren; G. G. Almenares; *et al.*, 2020. Vulnerabilidad e impacto del cambio climático sobre los frutales en Cuba: cítricos y mango. 3ra Comunicación Nacional sobre Cambio Climático en Cuba. Biblioteca del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba, pp.17.
- Corredor, J. P. P. y J. L. García. 2011. Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) 'Hilacha' y 'Tommy Atkins' en el valle del alto Magdalena (Colombia). *Corpoica Cienc. Technol. Agrop.* 12 (1) : 21–32.

- Crane, J. H.; S. Salazar-García; T.S. Lin; P. A. C. de Queiroz and Z. H. Shü, 2009. Crop production: management. In: R.E. Litz (Ed.). *The Mango. Botany, Production and Uses*. Second Edition. CAB, Wallingford. pp. 432–483.
- Da Silva, A. C.; A. S., Pacheco; S. Leonel; M. E. de Souza; D. R. Portes y A. T. Aki. 2014. Growth and flowering of five-mango cultivar under subtropics conditions of Brazil. *American Journal of Plant Sciences*, 5: 393–402.
- Dai, C. y L. F. Galloway. 2012. Male flowers are better fathers than hermaphroditic flowers in andromonoecious *Passiflora incarnata*. *New Phytologist*, 193: 787–796.
- Dambreville, A.; P. É. Lauri; C. Trottier; Y. Guédon y F. Normand. 2013. Deciphering structural and temporal interplays during the architectural development of mango trees. *Journal of Experimental Botany* 64: 2468–2480.
- Damour, G.; T. Simonneau; H. Cochard and L. Urban. 2010. An overview of models of stomatal conductance at the leaf level. *Plant, Cell and Environment*, 33:1419–1438.
- Davenport T. L. 2009. Reproductive physiology. En: Litz, R.E. editor. *The mango: botany production and uses*. Reproductive physiology. Wallingford, UK: CAB International. pp. 97–169.
- Davenport, T.L. 2007. Reproductive physiology of mango. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19: 363–376.
- Davenport, T. L. y F. Ramírez. 2009. Comparison of the mango florigenic promoter activity in the subtropics and tropics. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 44: 1037–1037.
- Davis, A.P.; T. W. Gole; S. Baena and J. Moat. 2012. The impact of climate change on indigenous Arabica coffee (*Coffea arabica*): predicting future trends and identifying priorities. *PLoS One*, 7(11): e47981. doi: 10.1371/journal.pone.0047981
- De Azkues, M. La fenología como herramienta en la Agroclimatología. 2009; Tomado de <http://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>. Recuperado en 2017
- De Wet, E.; P. J. Robbertse y L. A. Coetzer, 1986. Pollination and ponticles development of *Mangifera indica* L. cv. 'Haden' and 'Sensation'. *South African Journal of Plant and Soil*, 3: 76–79.
- Fallas, R.; F. Bertsch; E. Miranda y C. Henríquez. 2010. Análisis de crecimiento y absorción de nutrientes de frutos de mango, cultivares Tommy Atkins y Keitt. *Agronomía Costarricense*. 34(1): 1–15. ISSN: 0377–9424.
- Farrés, E. 2007. Efecto del Paclobutrazol en el desarrollo vegetativo e inicio de la floración de dos cultivares de mango en Jagüey Grande. Tesis presentada en opción al título de Master en Fruticultura Tropical. Jagüey Grande, Matanzas. pp. 50.
- Ficha Técnica No. 8. Requerimientos agroclimáticos del cultivo del mango. MINAGRI/DGSEP. Tomado de DGPA/DEEIA. : www.minagri.gob.pe. Recuperado en 2019.
- Friedrich, G. y M. Fischer. 2000. *Physiologische Grundlagen des Obstbaues*. Ulmer Verlag, Stuttgart, Alemania. pp.13.
- Galán Saúco, V.; D. G. Fernández; J. C. Hernández y A. N. Morales. 1997. Preliminary studies on fruit-set of mango cultivar Tommy Atkins under greenhouse cultivation in the Canary Islands. *Acta Horticulturae*, 455: 530 – 537.
- Galvis, J. A. V.; A. D. Harvey y R. B. Martínez. 2002. Caracterización fisiológica del crecimiento y desarrollo del fruto de mango (*Mangifera indica* L.) variedad 'Van Dike' en el municipio del Espinal. *Agronomía Colombiana*. 20(3): 39–45.
- Gamboa, J. P. R. y M. W. Méndez. 2012. Fenología, producción y contenido de almidón en árboles de mango en Guanacaste, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 23 (1): 81 – 91.
- García J. L. I.A. 2011. Fenología del cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en el alto y bajo Magdalena. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. CI, Nataima. pp. 76. ISBN: 978–958–740–073.

- Gehrke, M. R. V.; V. A. Castillo; R. B. C. Ruiz y M. J. L. Moreno. 2011. Viabilidad y germinación del polen en mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Ataulfo'. *Interciencia*. 36: 378–385.
- Gérardeaux, E.; M. Giner; A. Ramanantsoanirina, y J. Dusserre. 2012. Positive effects of climate change on rice in Madagascar. *Agron. Sustain. Dev.* 32:619–627.
- Guillon, J. M.; R. Julliard y H. Leturque. 2006. Evolution of habitat-dependent sex allocation in plants: superficially similar to, but intrinsically different from animals. *Journal of Evolutionary Biology* 19: 500–512.
- Hernández, P. M. D.; M. Aranguren; C. Reig; D. G. Fernández; C. Mesejo; A. F. Martínez; V. S. Galán y M. Agustí. 2011. Phenological growth stages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 130: 536–540.
- IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, pp.104.
- Jiménez, J. A. D. y J. M. Mora. 2003. Manual para el cultivo del mango. Documento electrónico. 1ra edición, Guácimo, Costa Rica: EARTH, pp. 102. ISBN 9977–84–005–9
- Khouma, M.; A. Jalloh; T. S. Thomas y G.C. Nelson. 2013. Senegal. pp. 291–322. In: A. Jalloh, G.C. Nelson, T.S. Thomas, R. Zougmore y H. Roy – Macaule (eds.), *West African Agriculture and Climate Change. A Comprehensive Analysis*. IFPRI, Washington D.C.
- Léchaudel, M. y J. Joas. 2007. REVIEW. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behavior. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. Vol.19 (4). Print version ISSN 1677–0420.
- Léchaudel, M.; F. L. Lopez; V. Vidal; H. Sallanon y J. Joas. 2013. Response of the physiological parameters of mango fruit (transpiration, water relations and antioxidant system) to its light and temperature environment. *J. Plant Physiol.* 170:567–578.
- Léchaudel, M.; G. Vercambre; F.N. Lescourret; F. Normand y M. Génard. 2007. An analysis of elastic and plastic fruit growth of mango in response to various assimilate supplies. *Tree Physiol.* 27:219–230.
- Léchaudel, M.; J. Joas; Y. Caro; M. Génard y M. Jannoyer. 2005b. Leaf: fruit ratio and irrigation supply affect seasonal changes in minerals, organic acids and sugars of mango fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 85(2):251–260.
- Léchaudel, M.; M. Génard; F. Lescourret, L. Urban y M. Jannoyer. 2002. Leaf-to-fruit ratio affects water and dry-matter content of mango fruit. *J. Hort. Sci. Biotechnol*, 77:773–777.
- Léchaudel, M.; M. Génard; F. Lescourret; L. Urban y M. Jannoyer. 2005a. Modeling effects of weather and source – sink relationships on mango fruit growth. *Tree Physiol.* 25:583–597.
- Lenz, F. 2009. Fruit effects on the dry matter and carbohydrate distribution in apple tree. *Acta Hort.*, 835, 21–38.
- López, D. H. y Q. M. Domínguez. 2018. El cultivo de mango (*Mangifera indica* L.) con destino al turismo y la exportación en Ciego de Ávila, Cuba. *CitriFrut*. Vol. 35 (2): 62–66.
- Lovatt, C.J. y W.M. Dugger. 1988. Boron. pp. 389–421. In: E. Frieden (Ed.) *Biochemistry of the essential ultra-trace elements*.
- Makhmale, S.; A. N. Makwana; A. V. Barad y B. D. Nawade. 2015. Physiology of Flowering – The Case of Mango. *International Journal of Applied Research*, 1(11): 1008–1012.
- Makhmale, S.; P. Bhutada; L. Yadav; B. K. Yadav. 2016. Impact of climate change on phenology of Mango–The case study. *Eco. Env. & Cons.* 22 (September Suppl.): 127–132. ISSN 0971–765X.
- Malundo, T. M. M.; R. L. Shewfelt; G. O. Ware; E. A. Baldwin. 2001. Sugars and acids influence flavor properties of mango (*Mangifera indica* L.). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 126:115–121.
- Mansuroglu, S.; O. Karaguzel; V. Ortacesme; M. S. Sayan. 2009. Effect of paclobutrazol on flowering, leaf and flower color of *Consolidates orientalis*. *Pak. J. Bot.*, 41(5): 2323–2332.
- Medeiros de Siqueira, K. M.; L. H. K. Piedade; F. M. Celso; L. I. Borges y S. M. Pitombeira 2008. Estudo comparativo da polinização de *Mangifera indica* L. em cultivo convencional e orgânico naregião do Vale do Submédio do São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, pp. 30.
- Miranda, D. 2001. Evaluación de inductores de la floración en tres cultivares de mango (*Mangifera indica* L.). *Agronomía Colombiana*. 18(1–2):7–13.
- Monselise, S.P.; E.E. Goldschmidt. 1982. Alternate bearing in fruit trees. *Rev. Hort.*, 4:128–173.
- Mora, G. A.; D.H. C. Noriega y M. H. B. Pérez 2017. El Mango. Su cultivo, fitosanidad y comercialización. Primera edición. pp. 140. ISBN: 970–18331934.
- Moreira, D. y C. Claudio. 2016. Adaptación del cultivo de mango al cambio climático. EUROCLIMA - IICA UN DÍA EN LA FINCA Unión Europea. IICA. pp.12.
- Mosqueda, V. R.; A. O. Ireta. 1993. Degree-days and base temperatures required for inflorescence and fruit development in mango 'Manila'. *Acta Hort.*, 341:232–239.
- Nehete, D. S.; B. V. Padhiar; P. P. Bhalerao; B. N. Kolambe y R. R. Bhalerao. 2011. Influence of micro-nutrient spray on flowering, yield, quality and nutrient content in leaf of mango cv. 'Kesar'. *The Asian Journal of Hort.*, Vol. 6(1): 63–67.
- Noriega, C. M.; M. E. Rodríguez; H. M. Oliva. 2006. Aspectos fisiológicos del cultivo del mango en Cuba (*Mangifera indica* L.) Primer Congreso Internacional de Productores y Comercializadores del Mango en Cuba. Centro de Convenciones Heredia. Santiago de Cuba. Cuba. pp. 18–23.
- Noriega, C. M.; M. E. Rodríguez y H. M. Oliva. 2011. Inducción de la floración en mango (*Mangifera indica* L.). *CitriFrut*, Vol. 28 (1): 63–67.
- Normand, F. and M. Léchaudel. 2006. Toward a better interpretation and use of thermal time models. *Acta Hort.*, 707:159–165.
- Normand, F.; A. K. P. Bello; C. Trottier y P. É. Lauri. 2009. Is axis position within tree architecture a determinant of axis morphology, branching, flowering and fruiting? An essay in mango. *Annals of Botany*, 103: 1325–1336.
- Normand, F.; P. E. Lauri; J.M. Legave. 2015. Climate change and its probable effects on mango production and cultivation (in line). In *Acta Horticulturae*, 1075. Bruselas, Bélgica, ISHS. Tomado de <https://www.researchgate.net/publication/281890776>. Recuperado 2019.
- Núñez-Elísea R.; T., L.; T. L. Davenport. 1995. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. *Scientia Horticulturae*, 62:6–73.
- Osuna, E. T.; E. M. Engleman; R. R. Becerril; M. V. Mosqueda; S. Hernández y A. M. Castillo. 2000. Iniciación y diferenciación floral en mango 'Manila'. *Agrociencia*, 34 (5): 573–581.
- Patil, S. S.; T. S. Kelkar; S.A. Bhalerao. 2013. Mulching: a soil and water conservation practice, *Res. J. Agriculture and Forestry Sci.* 1(3):26–29.
- Pérez, M. H. B.; M. A. L. Urias; R. J. Gómez y V. V. Vázquez. 2011. Uso del Paclobutrazol para obtener floraciones adelantada y baja presencia de «Mango niño» en el cultivar 'Ataulfo'. Folleto Técnico No. 18. pp: 64. ISBN 978–607–425–645–1.
- Pérez, M. M.; M. Puche y E. Soto. 2011. Temperatura y determinantes ambientales en la floración del mango. Editorial Academia Española. pp.128.
- Pérez, M. M.; M. Puche; E. Soto; R. Figueroa; M. Gutiérrez y L. A. R. Avilán. 2012. El régimen hídrico como determinante ambiental en la iniciación floral de los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) 'Haden' y 'Edward' en condiciones tropicales. *Revista Científica UDO Agrícola*. 12 (4): 770–778.

- Pérez, V.M. 2013. Biología reproductiva del mango (*Mangifera indica* L.). Tesis Doctoral. Instituto de Hortofruticultura Subtropical y Mediterránea La Mayora, 29750 Algarrobo – Costa (Málaga) España. pp.205.
- Planos, G. E.O., R. V. Rivero y V.V. Guevara. 2012. Impacto del Cambio Climático y medidas de Adaptación en Cuba. La Habana, Cuba. pp. 520.
- Ponchner, S. 1992. Carbohydrate partitioning to roots of “French Prune” trees as affected by crop load and potassium nutrition. Thesis Master of Science. University of California Davis. pp. 81.
- Rajan, Sh.; D. Tiwari; V. K. Singh; P. Saxena; Shilpiingh; Y. T. N. Reddy; K. K. Upreti; M. M. Burondkar; A. Bhagwan; I. Kennedy. 2011. Application of extended BBCH scale for phenological studies in mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Applied Horticulture*. 13(2): 108–114.
- Rajatiya, J.; D. K. Varu; P. Gohil; M. Solanki; F. Halepotara; M. Gohil; P. Mishra; R. Solanki. 2018. Climate Change: Impact, Mitigation and Adaptation in Fruit Crops *Int. J. Pure App. Biosci*, 6 (1): 1161–1169. ISSN: 2320–7051. DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.6161>
- Ramírez, F.; T. L. Davenport. 2010. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. *Scientia Horticulturae*, 126: 65–72.
- Ramírez, F.; T. L. Davenport; G. Fischer; J. C. A. Pinzón. 2010. The stem age required for floral induction of synchronized mango trees in the tropics. *Hort. Sci.*, 45 (10):1453–1458.
- Rathore, A. C.; A. Raizada; P. J. Jaya; V. N. Sharda. 2012. Impact of chilling injury on common fruit plants in the on valley, *Current Science*. 102(8):1107–1111.
- Rodríguez, K. R.; J. R. Pérez; O. B. Sardiñas; I. B. Martínez y A. T. Torriente. 2018. Influencia del paclobutrazol y el nitrato de amonio sobre la floración y el rendimiento de mango (*Mangifera indica* L.) cv. ‘Tommy Atkins’ en Jagüey Grande. *CitriFru*, Vol. 35 (1):41–46.
- Salazar, S. M. G. and V. V. Vázquez. 1997. Physiological persistence of paclobutrazol on the ‘Tommy Atkins’ mango (*Mangifera indica* L.) under rained conditions. *J. Hort. Sci.* 72 (2):339–345.
- Salazar, S. M. G.; M. H. B. Pérez y V. V. Vázquez. 2000. Effect of ammonium nitrate spray of flowering and harvest time of ‘Manila’, ‘Ataulfo’ and ‘Tommy Atkins’ mango in Nayarit, México. *Acta Hort.* 509:573–580.
- Schaffer, B; A. Whaley; J. Crane. 1994. Mango. In Schaffer, B. y P. Andersen, eds. Handbook of environmental physiology of fruit crops, VOLUMEN II: Sub tropical and tropical crops. Florida. pp. 165–197.
- Segovia, I. R. 2012. Comportamiento del mango Kent y Keitt. Tomado de: <http://www.asohofrocd.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca-224->. Recuperado 2018.
- Shaban, A. E. A. 2009. Vegetative Growth Cycles of Some Mango Cultivars in Relation to Flowering and Fruiting. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5 (6): 751–759, ISSN 1817–3047
- Silva, C. M. G.; S. J. A. Rebouças; V. A. E. Silveira; S. N. Matsumoto and R. N. T. Hojo. 2007. Florescimento e fructificação de mangueira (*Mangifera indica* L.) cv. ‘Rosa’ promovidos por diferentes doses de paclobutrazol. *Rev. Bras. Frutic.* 29(2):209–212.
- Singh, Z.; U. Mallik and T. L. Davenport. 2005. Fruit drop in mango. En Janick J (Ed.) *Hort. Rev.* 31: 11 – 153.
- Spreer, W.; S. Ongprasert; M. Hegele; J. N. Wünsche and J. Müller. 2009. Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L.) cv. ‘Chok Anan’ under different irrigation regimes. *Agric. Water Manage.* 96: 574–584.
- Sukhvibul, N., Hetherington, S., Whaley, A., Smith, M., Vithanage, V. 1999a. Effect of temperature on pollen germination, pollen tube growth and seed development in mango (*Mangifera indica* L.). *Acta Horticulturae*, 509: 609–616.
- Sukhvibul, N.; A. W. Whaley; M. K. Smith; S. E. Hetherington and V. Vithanage. 1999b. Effect of temperature on inflorescence development and sex expression of mono – and poly – embryonic mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *J. Hort. Science & Biotech*, 74:64–68.
- Torres, A.; E. Héctor; J. Cué y M. Cevallos. 2018. VOLUMEN I: 2018. Nutrición hídrica y mineral de las plantas. Ediciones UTM– Universidad Técnica de Manabí. pp. 126. ISBN: 978–9942–948–16–8.
- Urban, L.; X. Le Roux; H. Sinoquet; S. Jaffuel and M. Jannoyer. 2003. A biochemical model of photosynthesis for mango leaves: evidence for an effect of the fruit on photosynthetic capacity of nearby leaves. *Tree Physiol.* 23:289–300.
- Usha Rani K. 2018. Advances in crop regulation in mango (*Mangifera indica* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 7(9): 35–42.
- Varoquaux, F.; R. Blanvillain; M. P. D. Gallois. 2000. Less is better: new approaches for seedless fruit production. *TIBTECH*, 18: 233–242.
- Vázquez, V. V.; B. M. H. Pérez; G. J. A. Osuna y L. M. A. Urías. 2009. Manejo Integral de Huertos de Mango ‘Ataulfo’ con altas densidades de plantación. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.*, 15(2):155–160.
- Victoria, F.; I. Costa; T. Castro; et al. 2010. Iniciativas para una economía baja en carbono. Cambio Climático en la Región de Murcia. Trabajos del Observatorio Regional del Cambio Climático. Conserjería de Agricultura y Agua. ISBN: 978–84–693–8114–4.
- Villalobos, S. S.; S. Folter; J. P. F. Délano; M. Á. L. Gómez; D. A. O. Guzmán; P. G. Sánchez y J. J. C. Peña. 2011. Puntos críticos en el manejo integral de mango: floración, antracnosis y residuos industriales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol.2 (2): 221–234
- Villalobos, S. S.; S. Folter; J. P. F. Délano; M. A. L. Gómez; D. A. O. Guzmán y J. J. C. Peña. 2013. Growth promotion and flowering induction in mango (*Mangifera indica* L.) cv ‘Ataulfo’ trees by Burkholderia and Rhizobium Inoculation: Morphometric, Biochemical, and Molecular Events. *Journal of Plant Growth Regulation*. Vol.32 (3):615–627.
- World Bank 2012. Turn down the heat: why a 4 °C warmer world must be avoided. Washington D.C., World Bank. Tomado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/2012/11/>. Recuperado 2019.
- Yeshitela, T.; P. J. Robbertse and P. J. C. Stassen. 2004. Effects of various inductive periods and chemicals on flowering and vegetative growth of ‘Tommy Atkins’ and ‘Keitt’ Mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.*, 32: 209–215.



CAPÍTULO 4

MANEJO DEL CULTIVO

Yadany Herrera Ramírez
Rolando Clavijo Izquierdo

4.1. INTRODUCCIÓN

Realizar un manejo adecuado del cultivo del mango resulta fundamental, ya que determina tanto la obtención de elevados volúmenes de producción como la óptima calidad de las frutas. Así se garantiza la productividad y rentabilidad de la plantación. En este capítulo se abordan los aspectos esenciales a tener en cuenta para alcanzar estos propósitos.

4.2. PROPAGACIÓN

El mango puede ser propagado a través de dos vías: sexual (semillas) y asexual (injertos). La forma sexual se utiliza básicamente para producir patrones, o en posibles programas de mejoramiento genético. La forma asexual es la forma más común de propagar los diferentes cultivares. Para la reproducción asexual se pueden utilizar diferentes métodos como, por ejemplo: acodos, embriones nucelares (método también utilizado en la propagación de patrones en materiales poliembriónicos), estacas, injertos. Este último es el más utilizado, y se puede realizar mediante el empleo de diferentes técnicas (Mora *et al.*, 2002; Farrés, 2008). Para la explotación de plantaciones de mango se recomienda la propagación asexual a través del injerto. Para otros fines tales como la reforestación y sombra para los animales, puede emplearse la propagación por semillas.

Los cultivares utilizados en Cuba como patrones para el establecimiento de las plantaciones, así como sus características, aparecen detallados en el Capítulo 2.

4.2.1. PREPARACIÓN DE LAS SEMILLAS

Para disponer de las semillas que se utilizarán para la obtención de patrones se cosechan los frutos maduros de los cultivares recomendados, se pelan y se separan las semillas de la pulpa, se lavan con agua y se ponen a secar a la sombra. Las semillas se deben conservar en lugares secos y ventilados por un tiempo no mayor de 20 días, debido a que pierden su poder germinativo rápidamente (Galán, 1999; Farrés, 2008).

La época adecuada para cosechar los frutos para la extracción de las semillas es en el periodo comprendido entre la primera quincena de abril y la primera quincena de junio.

4.2.2. SEMILLERO O GERMINADERO

Para favorecer la germinación de las semillas y disminuir las deformaciones radiculares, se elimina la testa con una tijera, evitando dañar el cotiledón y, posteriormente se siembra en el germinadero en forma de C hacia abajo. Luego se cubre ligeramente con el sustrato, se realiza un riego y una aplicación de fungicida. También pueden sembrarse directamente en la bolsa de igual forma a la descrita anteriormente. Las semillas nunca se deben poner a germinar directamente en las bolsas sin eliminar las testas (Galán, 1999; Farrés, 2008) (Figura 1).

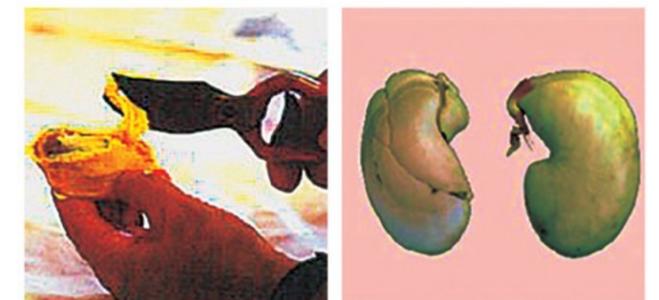


Fig.1. Eliminación de la testa de la semilla. Fuente: IIFT (2011).

4.3. VIVERO

El vivero es el lugar donde permanecen las plantas durante las fases de germinación, crecimiento, educación de los patrones e injertación, hasta el momento de ser llevadas a la plantación. Se puede hacer directamente en la tierra o en envases. Si se emplean envases, estos, por lo general, son de plástico, de color oscuro, preferentemente negro (Figura 2). Los viveros que se realizan directamente en la tierra necesitan de una mayor área, insumos y fuerza de trabajo, por lo que no se utilizan comercialmente (Pedrera *et al.*, 2002; IIFT, 2011).



Fig.2. Vivero de mango (*Mangifera indica* L.). Fuente: AGROFRUTALES (2021).

4.3.1. REQUISITOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LOS VIVEROS

Para establecer un vivero se deben tener en cuenta los requisitos siguientes (Farrés *et al.*, 2006, Farrés, 2008, IIFT, 2011):

- Contar con una fuente permanente de abasto de agua.
- Topografía llana, sin encharcamiento de agua.
- El lugar debe estar a pleno sol.
- El suelo que se utilice para el llenado de los envases debe ser suelto, de textura algo compacta, con buen drenaje y contenido de materia orgánica.
- Se deben emplear envases de polietileno negro de 26 cm x 36 cm y con 120 a 150 micras de espesor (Figura 2).
- Trazar secciones compuestas por 8 o 10 hileras dobles o triples, de 20 m a 25 m de largo, separadas entre sí por pasillos interiores y transversales de 60 cm. Entre una sección y la otra se dejará una calle de 3,0 m, si es necesario (Figura 2).
- Hacer hileras dobles a 50 cm una de la otra y a 50 cm entre plantas cuando el vivero se hace directamente en el suelo. Entre una hilera doble y la otra se dejará un pasillo de 1 m, formando grupos de 4 hileras dobles al principio, luego se continúa con 8, hasta el final que se concluye con 4. Los pasillos entre bloques son de 3 m (Figura 2).
- Cercar el área perimetral de manera tal que se limite la entrada de personal ajeno a la instalación o la entrada de animales.
- Tener puertas de entrada para el personal, los equipos y transporte con un badén para la desinfección.
- Tener una valla para la identificación del vivero y otras vallas que reflejen la información acerca de patrones utilizados, cultivares injertados, fecha de injerto y otros datos de interés.

4.3.2. SUSTRATO

El suelo que se tomará para hacer el sustrato debe cumplir los requisitos siguientes (Farrés, 2008):

- Poseer valores de pH comprendidos en el rango entre 5,0–7,0.
- Ser suelto, de textura areno – arcillosa o arcillo–arenosa, con buen drenaje y preferiblemente con una fertilidad natural que ayude al desarrollo rápido y saludable de las plántulas.
- Estar libre de piedras y otros obstáculos que dificulten la germinación y desarrollo de las raíces.
- Estar libre de plagas.

De acuerdo con Farrés (2008), si se emplea el suelo donde está situado el vivero para preparar el sustrato, se requiere de una buena elaboración previa para que quede bien mullido. En dependencia de la textura, a veces es importante cernirlo antes de llenar los envases para evitar la presencia de terrones (Figura 3).

La cantidad de materia orgánica que se aplicará al suelo estará de acuerdo con el contenido que este posea, y puede suministrarse antes de la última labor para que sea incorporada cuando se realice la misma.

Cuando el suelo proviene de otro lugar, la preparación del sustrato se realiza donde existan las condiciones para su manipulación por los trabajadores. Además, se debe disponer de los medios y herramientas adecuados, tales como cernidores, palas, tridentes y carretillas (Farrés *et al.*, 2006).

El sustrato para el germinadero y el llenado de las bolsas debe ser una mezcla con una proporción de suelo de un 40 % – 50%, un 25 % – 30% de zeolita con granulometría de 1 mm a 3 mm y un 20 % – 25% de humus de lombriz. Puede emplearse, en sustitución del suelo y la zeolita, algún material inerte, como arena de río, fibra de coco y carboncillo de arroz. Esta mezcla debe estar desinfectada contra patógenos del suelo (Torres *et al.*, 1996; Pedrera *et al.*, 2002).

En los pregerminaderos, las semillas se colocan en pequeños surcos que se trazan en sentido transversal a los canteros. Estas se depositan pegadas unas a otras, arropándose con hierba seca para preservar la humedad e incrementar la temperatura. El arropo se retira cuando se inicia la germinación, la cual debe comenzar a partir de los 15 días hasta los 50 o 55 días (Farrés *et al.*, 2006).

Cuando las plántulas tengan de 2 a 3 hojas de color bronceado (10 cm – 15 cm de altura), serán extraídas y llevadas a los envases. Se deben desechar las que no estén vigorosas o tengan cualquier otro defecto, y cuidar de que no se desprendan sus cotiledones, (semilla), en esta operación. Se debe tener cuidado de no estropear el tallo ni las raíces (Farrés, 2008).

La preparación del sustrato, independientemente de la proporción o tipo de componente, culmina con su desinfección, con lo cual se evitan las afectaciones provocadas por bacterias, hongos, nematodos, insectos y malas hierbas. La desinfección del sustrato puede realizarse por métodos físicos, químicos y biológicos (Farrés, 2008).

Se puede aplicar Formalina al 40 %. Para ello, se emplean dos litros del producto en 100 litros de agua, cubriendo inmediatamente la superficie del sustrato con sacos o una lámina de polietileno durante 40 horas para evitar el escape de gases. La aplicación se realizará entre los 12 a 14 días antes de la siembra, removiendo el sustrato (Farrés, 2008).

Otro método utilizado para la desinfección del suelo es el biológico. La aplicación de *Trichoderma harzianum*, en un producto comercialmente conocido como TRICOSAVE – 34 en estado sólido, a una dosis de 20 g/m², resulta efectiva. Se puede aplicar directamente en las bolsas o preparar soluciones y aplicar cada 30 días. Este y otros productos biológicos se comercializan en Cuba, se producen en la empresa LABIOFAM S.A.

Es recomendable hacer un análisis biológico al sustrato con el fin de detectar la presencia de patógenos. También se recomienda utilizar plantas indicadoras para la detección de nematodos (*Meloidogyne*), aunque ello no implica la sustitución del análisis biológico (Farrés, 2008).

Los envases a emplear deben llenarse y prepararse con tiempo suficiente, para que su estado sea óptimo cuando las semillas estén listas para la siembra. Esto debe hacerse generalmente antes de la llegada de las lluvias o, de lo contrario, disponer de un local donde el sustrato no se moje para garantizar el buen resultado de esta operación (Pedrera *et al.*, 2002).



Fig.3. Preparación del sustrato. Fuente: Farrés (2008).

4.3.3. ATENCIONES CULTURALES EN EL PREGERMINADERO

Las actividades a realizar para el buen desarrollo del pregerminadero se detallan a continuación (Farrés, 2008; IIFT, 2011):

- **Arrope:** consiste en cubrir el cantero con una capa de hierba seca de 6 cm a 8 cm de espesor, con el objetivo de retener la humedad e incrementar la temperatura del sustrato. Una vez iniciada la germinación, el arrope se retira, ya que puede provocar la deformación de las plántulas.
- **Riego:** la humedad es un factor determinante en la germinación de las semillas. Se dará un riego antes de la siembra y otro después de finalizada la misma. En lo sucesivo se regará para mantener el sustrato húmedo, pero sin excesos. La norma y la frecuencia del riego se determinarán de acuerdo a las condiciones climáticas, pero, por lo general, se debe regar prácticamente todos los días.
- **Control fitosanitario:** esta fase se centra fundamentalmente en el control de las enfermedades de origen fungoso, por lo que se recomiendan las aplicaciones a base de oxiclورو de cobre, con una dosis de 3 L/ha. También en vigilar la presencia de insectos, y realizar aspersiones de los insecticidas recomendados para el control de cada especie.
- **Control de las malezas:** se deben realizar los escardes manuales que permitan que los canteros, pasillos y áreas aledañas se mantengan libres de malezas.
- **Extracción de plántulas:** se inicia cuando las mismas alcanzan el tamaño recomendado para el trasplante al vivero. Para ello deben tener la humedad adecuada y realizar las operaciones de extracción cuidando de no dañar el sistema radicular.

4.3.4. MANEJO DEL VIVERO

Una vez preparado el terreno se procede al trazado del vivero. Para ello se utilizarán cordeles, estaquillas e instrumentos de medición. Al hacer el trazado se deben dejar pasillos que permitan que los equipos e implementos agrícolas o de transporte puedan realizar sus operaciones.

Se pondrán cuatro estacas a 1,10 m y después se intercalarán otras cuatro, partiendo de la primera a 50 cm, quedando espacio para cuatro hileras dobles de bolsas y un pasillo de 60 cm. Después de constituido el bloque inicial, se procederá a dejar un espacio de 2,5 m a 3,0 m para calles de circulación y se comienza el segundo bloque con ocho hileras dobles de las mismas dimensiones. El campo debe terminar con cuatro hileras, igual que al comienzo. El largo de los bloques puede ser de 20 m a 25 m, con pasillos de 60 cm (Farrés, 2008; IIFT, 2011) (Figura 4).

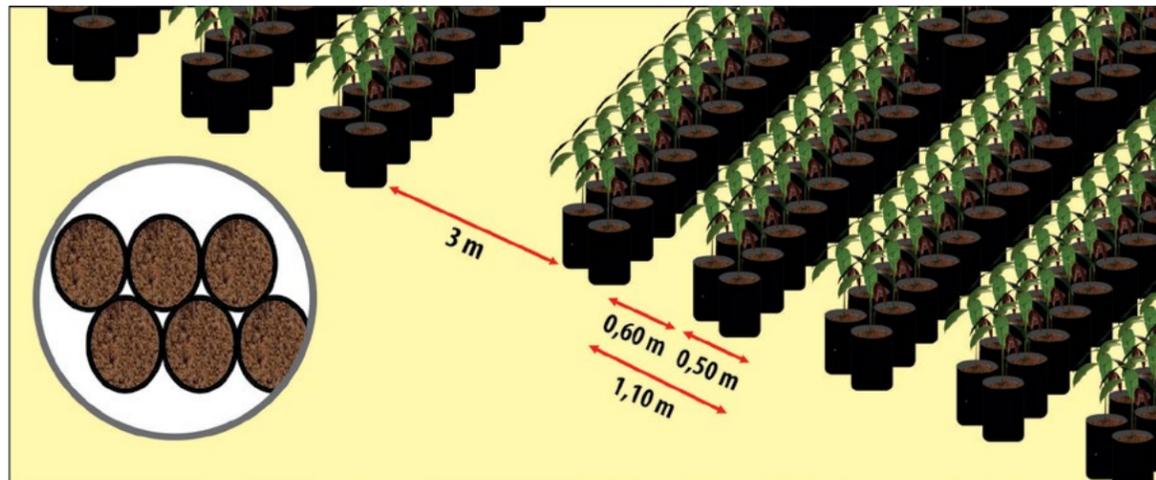


Fig.4. Representación del trazado del vivero. Fuente: Farrés (2008).

Es necesario señalar que las medidas de los canteros y bloques que se empleen en el trazado del vivero deben estar en dependencia del alcance efectivo de los equipos y el sistema de riego empleado.

Si el control fitosanitario se realiza con asperjadoras manuales (mochila), se harán los bloques continuos de nueve hileras dobles y después una calle de 2,5 m o 3,0 m, igual que la anterior.

Se emplearán bolsas de polietileno negro de 26 cm x 36 cm y de 120 a 150 micras de espesor. Deben quedar bien llenas y colocarse con buena alineación. Después de dos riegos se revisarán y rellenarán todas aquellas que lo requieran, antes de la siembra de las semillas o el trasplante de las plántulas (Farrés, 2008; IIFT, 2011).

4.3.5. SIEMBRA O TRASPLANTE DE PLÁNTULAS

Para ejecutar el trasplante de la plántula extraída del semillero o pregerminadero, se abre un hueco profundo en el centro del envase y se coloca la misma, procurando que el cuello de la plántula quede al nivel del sustrato y que las raíces no se doblen. Posteriormente se coloca tierra por los lados hasta que quede cubierto el cuello de la raíz. De esa forma el cuello de la plántula quedará en la misma posición y profundidad que tenía en el germinadero o semillero (IIFT, 2011).

Antes del trasplante se debe dar un riego para garantizar la humedad y otro riego después de que este termine.

4.3.6. ATENCIONES CULTURALES EN EL VIVERO

Son las actividades que se realizan con el objetivo de lograr plantas injertadas vigorosas, con una buena formación de sus ramas, que garanticen que se mantengan las características agronómicas del cultivar injertado y que estén libres de plagas y enfermedades. Las actividades a realizar para el buen desarrollo del vivero se detallan a continuación (Galán, 1999; Pedrera *et al.*, 2002; Farrés *et al.*, 2006; Farrés 2008; IIFT, 2011):

Fertilización: los fertilizantes químicos se aplicarán cuando las plantas presenten síntomas de deficiencias o para aumentar el vigor en aquellas que muestren un pobre desarrollo. Se debe utilizar el fertilizante como fórmula completa alrededor de las plantas a una distancia de 5 cm del tallo y a una dosis de 30 g/planta. Se recomienda emplear materia orgánica composteada, humus de lombriz y medios biológicos (micorrizas, azotobacter, fosforina). Estos son más importantes que los fertilizantes químicos y, por lo general, son suficientes para el buen desarrollo de las plantas. En ocasiones, cuando se emplea suelo de baja fertilidad para preparar el sustrato, se le incorpora a la mezcla fertilizante. En el vivero no se debe utilizar el nitrato de amonio.

Control de malezas: se mantendrán las calles y pasillos libres de malezas mediante el empleo de algún equipo, escardilla o aplicación de herbicidas. Dentro del cantero o envase se utilizará solo el escarde manual tantas veces como sea necesario. Se tomarán las medidas para evitar que las plantas se afecten, si se hace inevitable el empleo de herbicidas.

Entresaque de plantas o raleo: esta labor solo se realiza cuando se siembran las semillas directamente en el envase. Consiste en realizar un raleo a los 4 o 5 días después de la germinación, dejando 2 o 3 plantas por envase. Cuando las plantas hayan alcanzado entre 8 cm y 12 cm de altura se realiza otro raleo, donde se selecciona, se deja la mejor en cada envase y se eliminan las restantes que pueden emplearse para trasplantar a otros envases que no tengan plantas o en aquellos donde estas hayan muerto.

Educación de patrones: durante el tiempo que media entre la fecha en que se trasplantaron las plantas y el momento en que se deben ejecutar los injertos, es preciso suprimir desde la base todos los brotes que surjan del tallo. Este debe crecer sin ramificaciones hasta una altura de aproximadamente 40 cm por encima de la recomendada para realizar el injerto. El objetivo de esta labor es formar un fuste recto y fuerte que pueda recibir la yema del injerto en el momento oportuno.

Injerto: este se efectúa cuando el patrón haya alcanzado más de 20 cm de altura y esté en crecimiento activo, libre de plagas y enfermedades, sin presentar deficiencias nutricionales. Debe tener un grosor entre 1,5 cm y 2,5 cm de diámetro. La injertación ofrece múltiples ventajas entre las cuales se pueden señalar las siguientes (Farrés, 2008):

1. Las plantas se multiplican con las características agronómicas requeridas.
2. Tienen una mejor adaptación al medio, clima, suelo y plagas.
3. Se obtiene precocidad en la producción de frutos.
4. Se disminuye el porte de las plantas.

El tiempo que demora una plántula de mango en ser injertada es de 7 a 8 meses, y la época óptima para la realización de esta labor es en los meses comprendidos desde octubre hasta febrero.

El injerto recomendado para el mango es el del tipo «injerto tangencial con patrón decapitado», el cual se efectúa a una altura entre 20 y 35 cm. Se puede realizar cortando y decapitando el patrón, o sin decapitar. Para realizarlo se da un corte longitudinal en el patrón, de abajo hacia arriba, empleando la cuchilla de injertar. A continuación, se extrae un pedazo de corteza de 6 cm a 8 cm de largo, con un ancho de, aproximadamente, de 1 cm a 2 cm afectando algo el cambium, pero sin llegar nunca al leño. Una vez preparado el patrón para recibir el injerto, se toma la yema elegida de acuerdo al diámetro de este y con un largo entre 8 cm y 10 cm. Se practica un corte a bisel en ella de un largo entre 6 cm y 8 cm y se coloca la cara de la yema sobre la cara del patrón. Luego se procede a vendar ambas partes de abajo hacia arriba con una cinta de polietileno transparente, cubriéndose todos los cortes y dejando libre solo el ápice de la yema. A partir de los 12 días de realizado el injerto se debe revisar constantemente para detectar posibles engrosamientos del patrón y, de ser necesario, aflojar el amarre cuantas veces se requiera (Farrés, 2008; IIFT, 2011). En la Figura 5 se puede observar como se realiza el injerto tangencial en mango.



Fig. 5. Secuencia de injerto tangencial con patrón decapitado en mango (*Mangifera indica* L.). Fuente: AGROFRUTALES (2021).

Entre los 25 a 30 días después de realizado, el injerto debe estar completamente fusionado, por lo que se eliminará definitivamente la cinta de polietileno (nailon de injertar). Deben tenerse en cuenta los siguientes detalles:

- La operación mecánica se debe realizar con la mayor rapidez posible para evitar la oxidación de los cortes
- La cuchilla debe desinfectarse cuidadosamente con hipoclorito de sodio al 1% cada vez que se realice el injerto.

- La cinta de injertar debe ser incolora para permitir que pase la luz necesaria para lograr el prendimiento y la brotación de la yema.

También se puede utilizar el injerto de hendidura a una altura entre 15 cm y 20 cm.

Educación del injerto: consiste en eliminar todos los brotes que surjan por debajo del injerto, o sea, en el patrón. También deben eliminarse las ramificaciones que surjan por encima del injerto, solamente debe permanecer el tallo primario. Después de injertada la planta tiene un tiempo de permanencia en el vivero de 6 a 8 meses, para alcanzar una altura óptima para la siembra de 70 cm a 80 cm.

Despatronado: esta labor se realiza, en dependencia del tipo de injerto, para eliminar la parte del patrón ubicada encima del punto de injerto. Así solo se desarrollará el injerto. Es recomendable cubrir el corte con un cicatrizante, que puede ser pasta bordelesa u otro producto con similar función. En la Figura 6, se observa el despatronado recién realizado.

Colocación de tutores: para lograr el crecimiento erecto del injerto se colocan tutores. En algunos casos el propio patrón puede servir de tutor antes del despatronado definitivo.



Fig. 6. Despatronado. Fuente: IIFT (2011).

Riego: es una de las labores fundamentales que se ejecutan en el vivero, ya que permite que las plantas tengan la humedad requerida. La cantidad de agua o norma de riego, y el intervalo o frecuencia de riego estarán en dependencia de las condiciones climáticas, de las propiedades del sustrato y el crecimiento de las plantas. Por lo general se establece un riego diario o cada dos días. El trasplante y la injertación son procesos que hacen a las plantas muy susceptibles al déficit hídrico, por lo que, para que sean exitosas, se debe garantizar el riego adecuado.

4.3.7. CONTROL FITOSANITARIO

Durante la etapa de vivero se deben realizar aplicaciones preventivas para el control de las enfermedades fungosas. Las más comunes durante esta etapa son:

Antracnosis: la antracnosis del mango es causada por diversas especies del género *Colletotrichum* spp. Afecta el follaje, especialmente las hojas nuevas, produciendo manchas negras y causando defoliaciones parciales. Se controla mediante aspersiones, preventivas y alternas, de Zineb y Oxidocloruro de cobre realizadas después de cada riego.

Diplodia: afección causada por el hongo *Diplodia natalensis*, que provoca la muerte a los injertos en más de un 60%. El patógeno penetra en las plantas por daños mecánicos. Se controla mediante la desinfección de la cuchilla de injertar con solución al 1% de hipoclorito de sodio.

Damping off: provocada por los hongos *Fusarium* y *Phytophthora*, cuyos síntomas son podredumbre al nivel del cuello de la raíz. Las afectaciones se presentan principalmente por un exceso de humedad, es por ello que la principal medida de control es evitar los encharcamientos mediante adecuadas medidas de drenaje. Se recomienda el empleo de antagonistas, como *Trichoderma*.

Fumagina: afectación ocasionada por el hongo *Capnodium* spp., cuyo síntoma característico es la presencia de una costra negra sobre el follaje de la planta. Se controla con las aplicaciones preventivas que se realizan para combatir la antracnosis.

También en la fase de vivero pueden aparecer afectaciones por insectos y ácaros. Es por ello que se debe mantener una supervisión sistemática para detectar la presencia de estos y realizar, en consecuencia, las aplicaciones con los productos adecuados, a la dosis recomendada, con la finalidad de erradicar o minimizar su población por debajo del umbral económico.

En los Capítulos 5 y 6 se explican más detalladamente las características de las plagas y enfermedades que causan estas afectaciones, así como los métodos de control a emplear.

4.4. NORMAS Y PARÁMETROS DE CALIDAD DE LAS PLANTAS

Las plantas de mango que se producen en el vivero se clasifican, de acuerdo a su calidad, en plantas de primera y segunda. Las características que definen a cada una de ellas son las siguientes (Farrés, 2008):

Calidad primera:

- La planta debe tener un diámetro en la base de 16 mm a 20 mm. El diámetro medio a la altura del injerto será de 10 mm a 15 mm.
- La altura de la base de la planta hasta la zona donde se realiza el injerto debe estar entre 300 mm a 400 mm.
- La altura de la planta desde la base hasta la yema terminal debe ser de 700 mm a 800 mm.
- Esta planta saldrá del vivero con la poda de formación realizada y una altura de 600 mm a 700 mm.

Calidad segunda:

- La planta debe tener un diámetro en la base desde 20 mm a 25 mm. El diámetro medio a la altura del injerto será desde 15 mm a 20 mm.
- La altura de la base de la planta hasta la zona donde se realiza el injerto debe ser de 300 mm a 400 mm.
- La altura de la planta desde la base hasta la yema terminal debe ser de 700 mm a 800 mm.
- La planta de segunda calidad que sobrepase los 800 mm de altura se podará hasta una altura de 700 mm.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros para evaluar los defectos de las plantas y su tolerancia para ambas calidades.

Tabla 1. Tolerancias a los defectos en las plantas para ambas calidades (Farrés, 2008).

PARÁMETROS	CALIDAD PRIMERA	CALIDAD SEGUNDA
Daños mecánicos	5 %	10 %
Daños causados por plagas	5 %	10 %
Roturas de bolsas	10 %	15 %
Desviación de la altura por arriba de 100 mm	10 %	15 %
Desviación de la altura por debajo de 50 mm	10 %	15 %
Altura por encima del máximo permitido	40 cm	70 cm

El tiempo de las plantas en el vivero no debe exceder los 14 –19 meses.

Para la transportación de las plantas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos (Farrés *et al.*, 2006; Farrés, 2008; IIFT 2011):

- Se realizará en vehículos, tomando las medidas adecuadas para proteger las plantas del viento fuerte.
- El vehículo debe estar limpio, libre de residuos de tierra y de productos químicos (plaguicidas, fertilizantes u otros de síntesis química).
- Durante la carga de los vehículos, se velará porque no queden espacios vacíos entre una planta y otra.
- La segunda y última camada se colocará entre las plantas inferiores, quedando apoyados los envases sobre las bolsas de abajo.
- Se tomarán las medidas de seguridad adecuadas para garantizar la integridad del producto.
- Se realizará teniendo cuidado que las mismas no reciban golpes. Los envases que contengan las plantas no se tirarán ni arrastrarán para evitar que los mismos se rompan y dañen las mismas.

4.5. ESTABLECIMIENTO DE LAS PLANTACIONES

4.5.1. PREPARACIÓN DEL SUELO

La preparación del suelo tiene como objetivo lograr un lecho adecuado para el desarrollo de las plantas, donde las raíces tengan la aireación y el drenaje interno requerido. Se deben realizar tantas labores como sean necesarias para lograrlo. Por lo general, si la topografía permite el empleo de maquinaria agrícola, se pueden ejecutar las siguientes labores: rotura, cruce, dos o tres pases de rastra, nivelación, estaquillado, marque y hoyado. En los terrenos con topografía accidentada se pueden efectuar las labores eliminando las malezas, con el empleo de la tracción animal o manualmente y, posteriormente, el marcado y el hoyado (Mora *et al.*, 2002 y Pedrera *et al.*, 2002; IIFT, 2011).

4.5.2. ÉPOCA DE PLANTACIÓN

El mango se puede plantar durante todo el año, en dependencia de las condiciones locales y las posibilidades de suplir las necesidades hídricas de las plantas. Por esta última razón, y considerando además el factor de ahorro de fuerza de trabajo y recursos materiales, especialmente los portadores energéticos, el período lluvioso constituye la mejor época para realizar la plantación ya que hay mayor posibilidad de que las precipitaciones suplan las necesidades hídricas del cultivo (IIFT, 2011).

4.5.3. DISTANCIA DE PLANTACIÓN

La distancia de plantación está en función de las características del suelo, de mayor o menor fertilidad, etc. La tendencia actual para el manejo de las plantaciones de mango, incluso en zonas de temperaturas altas, es establecer una densidad de población superior a las 280 plantas/ha (IIFT, 2011). Para ello se emplean diferentes tipos de poda, primeramente, para formar la copa y, posteriormente, para reducir el tamaño de los árboles con el empleo, además, de reguladores del crecimiento. La utilización de las altas densidades de plantación es el primer paso para lograr incrementos en el rendimiento y la calidad de los frutos.

En Cuba, los marcos de plantación tradicionales empleados han sido de 10 m x 10 m y 12 m x 12 m que, por la baja densidad, ya no se recomiendan. En la actualidad se utiliza una distancia de plantación de 6 m x 8 m, con la cual aún no se logra una adecuada densidad de plantas. Se requiere establecer distancias que incrementen la población como de 5 m x 5 m o 6 m x 6 m, con las cuales se logran densidades de 400 y 280 plantas por hectárea respectivamente. Para lograr el objetivo que se persigue con el empleo de estas densidades se requiere del uso riguroso de la poda (IIFT, 2011).

4.5.4. PLANTACIÓN O TRASPLANTE A CAMPO

Los hoyos para plantar el mango deben ser amplios, de 60 cm x 60 cm, a los cuales se les aplica de 5 kg a 10 kg de materia orgánica bien descompuesta en el fondo de los mismos. Asimismo, se recomienda aplicar un riego profundo 24 horas antes del trasplante (Pedrera *et al.*, 2002; IIFT, 2011).

Para proceder a la siembra, las plantas se colocan en cada hoyo; posteriormente, se les quita el envase evitando que el suelo se separe de las raíces, se tapa con el suelo y se estira hacia arriba para evitar que las raíces queden dobladas. A continuación, se comprime el suelo para evitar cámaras de aire y se aplica un riego (Pedrera *et al.*, 2002; IIFT, 2011).

En las áreas a regar con pipa, se confecciona una caja pequeña circular de unos 15 cm para garantizar el riego posterior. Debe tomarse en cuenta que la planta debe quedar sembrada hasta la altura del cuello de la raíz y no aporcarse (IIFT, 2011).

4.5.5. RESIEMBRA

La actividad de resiembra es importante para garantizar el número de plantas por hectárea; en tal sentido se debe considerar que las plantas faltantes inciden negativamente en la productividad y en el aprovechamiento de los recursos. A los 45 días de la siembra se efectuará la reposición de las plantas que se hayan muerto o que presenten un mal desarrollo. Se mantendrá la revisión mensual de la plantación y la reposición de las pérdidas con el fin de garantizar una supervivencia superior al 95 %.

4.5.6. CULTIVOS EN ASOCIO

Las plantaciones de mango se pueden asociar con otros cultivos, con la finalidad de lograr una rápida recuperación de la inversión. Los aspectos a considerar para asociar con otras especies son los siguientes (Pedrera *et al.*, 2002; Infoagro, 2008; IIFT, 2011):

- El espacio vital necesario para cada cultivo.
- Las plagas y enfermedades comunes.
- La disponibilidad y tipo de sistema de riego, así como los requerimientos de riego para cada cultivo.
- Las exigencias tecnológicas de cada una de las especies asociadas, especialmente las del cultivo principal.

En los primeros años la plantación se debe asociar, tanto en la línea de plantas como en las calles, con cultivos de porte bajo, como son: el papayo (*Carica papaya* L.) y el guayabo (*Psidium guajava* L.); y de ciclo corto: frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.), pimiento (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), col (*Brassica oleracea* var. *viridis* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), boniato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) y calabaza (*Cucurbita máxima* Duchesne).

4.6. MANEJO DE LA PLANTACIÓN

Para que la plantación de mango tenga un desarrollo adecuado, deben realizarse las prácticas fitotécnicas que se explican a continuación.

4.6.1. NUTRICIÓN

El mango es una planta muy tolerante a diversas condiciones de fertilidad. Antiguamente se manejaba el criterio de que el mango no necesitaba de fertilización, ya que la planta es muy robusta y no era necesario realizar esos gastos. Pero un buen programa de fertilización ayuda enormemente al desarrollo y producción del cultivo. El objetivo de un programa de fertilización es el de mantener el árbol en condiciones nutricionales óptimas para su producción y desarrollo (Pedrera, 1989; Avilán *et al.*, 1990; Placeres, 2006).

Antes de realizar recomendaciones para la fertilización es importante definir cuáles son las limitaciones físicas del suelo donde se desarrolla el cultivo, como, por ejemplo, la compactación y el drenaje. En este sentido, Popenoe (1974) afirma que es mucho más importante la configuración mecánica que la química del terreno, especialmente el drenaje.

El mango extrae importantes cantidades de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y, en menor escala, otros elementos (Barvery, 1974; Avilán, 1999).

Los elementos nitrógeno (N) y potasio (K) son los que en mayor cuantía se extraen en la cosecha, y el fósforo (P) se extrae en menor cuantía. La extracción varía de un cultivar a otro, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Extracción de nutrientes (N, P, y K) en kg por tonelada de frutas frescas producidas en los diferentes cultivares (Base 69 plantas/ha y 70 % de humedad en las frutas) (IIFT, 2011).

CULTIVARES	KILOGRAMOS DE MACRONUTRIENTES EXTRAIDOS POR TONELADAS DE FRUTAS FRESCAS		
	Nitrogeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
'Keitt'	5,50	0,080	7,10
'Súper Haden'	8,30	0,640	9,00
'Delicioso'	11,80	2,100	11,20
'Haden'	16,80	4,700	16,40

A los efectos prácticos de la fertilización por restitución, estos datos significan que para obtener una producción de 10 t/ha de frutas frescas se deben garantizar, considerando el coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes, los valores de cada elemento que se reflejan en la Tabla 3.

Tabla 3. Valores mínimos de macronutrientes requeridos para garantizar una producción de 10 kg/ha en diferentes cultivares según el instructivo técnico (IIFT, 2011).

CULTIVARES	MACRONUTRIENTES NECESARIOS (kg/ha)		
	Nitrogeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
'Keitt'	112	3	118
'Súper Haden'	166	18	150
'Delicioso'	236	60	187
'Haden'	336	134	273

Es un método práctico para determinar las necesidades de nutrientes de cualquier cultivo y está basado en el balance entre la demanda de nutrientes y la existencia de estos en el suelo.

Teniendo en cuenta la extracción realizada por la cosecha, el coeficiente de aprovechamiento de los nutrientes, los rendimientos potenciales del cultivo y el conocimiento del productor, se pueden calcular las necesidades de nutrientes para cada plantación individualmente (Avilán, 1977).

La época idónea para la aplicación de fertilizantes depende del ciclo fenológico de la planta, y de los nutrientes que cada etapa requiere. Esto se resume brevemente de la siguiente forma (Pedrera, 1989, 2002; Placeres, 2006; Farrés, 2008):

- Durante el periodo de latencia vegetativa anterior a la floración, las necesidades de nutrientes, especialmente de nitrógeno, son mínimas.
- Durante el crecimiento del fruto la demanda de nutrientes es máxima.
- La aplicación de nitrógeno antes de la cosecha es beneficiosa, ya que permite reponer los carbohidratos consumidos durante el proceso de crecimiento del fruto y poner estos a disposición de las hojas de la nueva brotación.

4.6.2. APLICACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA

El mango, al igual que otras especies de frutales, responde satisfactoriamente a la adición de materia orgánica; su uso, siempre que sea posible, deberá ser complementado con los fertilizantes minerales. La primera aplicación de materia orgánica se realizará cuando se fomente la plantación, en el hoyo se aplicará abono orgánico a razón de 5 a 10 kg/planta (IIFT, 2011).

A las plantaciones se les hará una aplicación anual de materia orgánica en bandas o en el ruedo, en ambos casos habrá que incorporarla con el suelo. La cantidad a aplicar por planta, tanto de los fertilizantes como de los abonos orgánicos en la etapa pre productiva del cultivo principal, será calculada tomando en cuenta la demanda de NPK recomendada por la literatura o por los resultados de los trabajos de investigación y las características del suelo y de los fertilizantes y abonos orgánicos disponibles. Para las especies intercaladas de ciclo corto como el papayo, guayabo o la piña, y para la fase productiva del cultivo principal — el mango —, en el cálculo de la dosis se considerarán, además, los rendimientos potenciales y la extracción media de NPK por tonelada de frutos producidos (Pedrera, 1989; Placeres, 2006).

La calidad y composición de los abonos orgánicos depende de muchos factores que están relacionados con el origen y la naturaleza de los residuos, el proceso de fermentación y de los productos que se empleen para enriquecerlos. En la Tabla 4 se muestran las características de los abonos orgánicos de mayor disponibilidad en Cuba (IIFT, 2011).

Tabla 4. Composición de los abonos orgánicos de mayor disponibilidad en Cuba (IIFT, 2011).

TIPO DE ABONO ORGÁNICO	PARÁMETROS					
	Humedad (%)	Relación C/N	M.O. (%)	NITRÓGENO (%)	FÓSFORO (%)	POTASIO (%)
Estiércol vacuno	80,0	20:1	11,5	0,33	0,23	0,72
Estiércol equino	67,4	30:1	17,9	0,34	0,13	0,35
Estiércol porcino	72,8	19:1	15,0	0,45	0,20	0,60
Estiércol de ovino	61,6	15:1	21,1	0,82	0,21	0,84
Compost	75,0	16:1	13,8	0,50	0,26	0,53
Gallinaza	75,0	22:1	15,5	0,70	1,03	0,49
Guano de murciélago	23,0	8:1	13,2	0,96	12,0	0,40
Turba	70,0	42:1	14,4	0,20	0,17	0,12
Cachaza fresca	71,0	30:1	16,4	0,32	0,60	0,17
Cachaza curada	54,5	15:1	28,9	1,11	1,11	0,15
Humus de lombriz	42,5	15:1	60,4	2,39	0,88	0,22

Leyenda: C/N: Relación carbono/nitrógeno
M. O. Materia orgánica

Cuando no se cuente con datos suficientes para calcular las dosis de abono orgánico y su complemento de fertilizante químico, se pueden asumir las dosis que se muestran en la Tabla 5, para esos tipos de suelo.

Tabla 5. Dosis de materia orgánica a aplicar por tipo de suelo (t/ha) (Placeres, 2006).

TIPO DE SUELO	MATERIA ORGÁNICA		
	Humus de lombriz	Compost	Otros orgánicos
Rojos latosolizados	6	8	10
Arcillosos pardos	5	6	8
Arenosos	7	10	12

Estas dosis se aplicarán anualmente y, de acuerdo al marco de plantación, se determinará la cantidad a aplicar por planta.

Se recomienda aplicar nitrógeno y otros nutrientes al inicio del crecimiento vegetativo y después del cuajado de los frutos; además, durante su crecimiento y desarrollo. En las plantaciones de secano se realizarán en el periodo comprendido entre el comienzo y la mitad de la época lluviosa inmediatamente después de la cosecha (Pedrera, 1989, 2002; Placeres, 2006; IIFT, 2011).

La fertilización solo puede hacerse si el suelo tiene la humedad suficiente y las plantaciones están limpias.

4.6.3. USO DE BIOPRODUCTOS EN EL MANGO

El uso de bioproductos en el manejo de las plantaciones es una opción que contribuye a la obtención de frutas más sanas, la reducción de contaminantes al medio ambiente, del riesgo de intoxicaciones, la afectación de organismos beneficiosos y a eliminar la dependencia de los agroquímicos. A continuación, se explican algunos de ellos, en qué consisten y como utilizarlos.

Microorganismos Eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes (EM, por sus siglas en inglés, *Efficient Microorganisms*) son una combinación de varios microorganismos naturales beneficiosos, fundamentalmente de tres tipos: bacterias fototróficas, bacterias del ácido láctico y levaduras que, en su conjunto, segregan sustancias beneficiosas como las vitaminas, ácidos orgánicos, minerales y antioxidantes. Ellos se encuentran en los ecosistemas naturales y se pueden recolectar y reproducir de forma extensiva en un medio a base de azúcar a un pH bajo (entre 3,0 – 4,0). Las especies que componen los EM son:

- Bacterias del ácido láctico: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactico*.
- Bacterias fotosintéticas: *Rhodospseudomonas plastrus*, *Rhodobacter spaeroides*.
- Levaduras: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*.
- Hongos que realizan la fermentación: *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*, *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*.

Los EM se emplean para mejorar la productividad de los sistemas agrícolas, orgánicos o naturales. Se aplican directamente a la materia orgánica que se adiciona a los cultivos o al compost, y ayudan al proceso de descomposición de materiales orgánicos. Durante la fermentación producen ácidos orgánicos tales como: ácido láctico, ácido acético, aminoácidos y ácido málico, sustancias bioactivas y vitaminas. Este proceso también incrementa el humus en el suelo. Por otra parte, suprime microbios patogénicos directa e indirectamente, debido a la segregación de sustancias inhibidoras de su desarrollo que favorecen el sistema inmunológico de las plantas.

La tecnología EM, en el mango, puede ser utilizada en la preparación del sustrato para el llenado de las bolsas en el vivero y en aplicaciones al suelo o al follaje de las plantas.

La aplicación de EM en el momento de la preparación del suelo, tiene como objetivo establecer los microorganismos benéficos que contiene y favorecer así el desarrollo vigoroso de las plantas. Para esto se procede de la forma siguiente:

- Se cortan y trocean los residuos vegetales presentes en el terreno (restos de cosechas o malezas) y se dejan en el suelo antes de prepararlo.
- Se prepara una dilución de EM y agua teniendo en cuenta la calidad de suelo de la siguiente forma:
 - Para un suelo de baja fertilidad, de bajo contenido de materia orgánica, se aplican 25 litros de EM en 500 litros de agua / ha (dilución al 5 %).
 - Para un suelo de fertilidad media, con contenido medio de materia orgánica, se aplican 10 litros de EM en 500 litros de agua / ha (dilución al 2 %).
 - Para un suelo de alta fertilidad, con alto contenido de materia orgánica, se aplican 5 litros de EM en 500 litros de agua /ha (dilución al 1%).
- Se aplica la dilución de EM al suelo, de forma homogénea, por lo menos de 15 a 20 días antes de la siembra.
- Pasado el tiempo recomendado, se prepara el terreno según la tecnología prevista.

En la plantación de mango, los EM se aplican directamente al suelo o al follaje.

Aplicaciones al suelo

Las aplicaciones al suelo tienen como objetivo establecer los microorganismos en el área de la rizosfera favoreciendo la:

- Solubilización de nutrientes.
- Generación de sustancias bioactivas.
- Protección de las plantas frente al desarrollo de las enfermedades del suelo.

Se deben aplicar 30 litros / ha de una dilución de EM al 5%, tomando en cuenta los aspectos siguientes:

- Aportar materia orgánica previamente para favorecer el establecimiento y desarrollo de los EM.
- Aplicar a primera hora en la mañana antes de las 8:00 a. m., o en la tarde, después de las 4:00 p. m.
- Dirigir las aplicaciones al área de la rizósfera, el área de mayor volumen de raíces de la planta.
- Regar con abundante agua durante o después de la inoculación con microorganismos (a capacidad de campo).
- La frecuencia de aplicación recomendada no debe ser inferior a seis aplicaciones anuales, pero debe valorarse su incremento, en dependencia de la respuesta productiva y el vigor de la plantación.

Aplicaciones al follaje (foliar)

Las aplicaciones al follaje tienen como objetivo:

- Promover el desarrollo de los puntos de crecimiento de las plantas.
- Proteger el follaje contra patógenos, generando un microambiente favorable para el desarrollo vigoroso de plantas.

Se deben tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Asperjar al follaje de las plantas 200 litros / ha de una dilución de EM al 2 %, en las horas de la mañana, antes de las 8:00 a. m., o en la tarde, después de las 4:00 p. m.
- La concentración de la dilución puede ser incrementada en dependencia de la respuesta a la aplicación.
- Se recomienda realizar aplicaciones mensuales.

FitoMas-E®

El FitoMas-E® es el nombre comercial de un estimulante de crecimiento vegetal, conformado por un formulado acuoso, estable, que contiene básicamente aminoácidos, oligosacáridos y bases nitrogenadas. Estimula la nutrición, el crecimiento, la floración, la fructificación, la germinación y el enraizamiento. Tiene acción antiestrés contra la sequía, inundaciones, desequilibrios nutricionales, salinidad, ataques de plagas y daños mecánicos. Se reporta que incrementa los rendimientos en un 30 %.

La utilización de FitoMas-E®, en la plantación de mango, se realiza mediante aspersiones al follaje de las plantas de una solución de 1 litro del producto en 200 litros de agua/ha (Figura 7).



Fig.7. Aplicación foliar de FitoMas-E® a una plantación en producción de mango (*Mangifera indica* L.). Fuente: AGROFRUTALES (2021).

Agromenas

Las Agromenas son mezclas de componentes minerales que incluyen de forma permanente zeolita natural y roca fosfórica, y, opcionalmente, en dependencia del tipo de suelo y de sus características nutricionales, otras fuentes minerales como tobas potásicas, bentonita, magnesita, dolomita, carbonatos, paligorskita, etc. La incorporación del nitrógeno, potasio u otro compuesto químico soluble se realiza por intercambio iónico en el mismo momento de preparación del mineral.

Las Agromenas ecofertilizantes agrupan las formulaciones que reducen al máximo posible el nivel de componentes químicos e incorporan humus o compost de origen animal, enriquecidos con nitrógeno y otros nutrientes. Su empleo se recomienda para todos los cultivos como una opción a los fertilizantes químicos. La composición de las agromenas ecofertilizantes puede estar sujeta a las especificidades de los suelos y determinados cultivos.

La dosis de Agromenas recomendada para el mango, para un año, oscila entre una t/ha y tres t/ha, en dependencia de la fertilidad del suelo y el rendimiento esperado, fraccionada en dos aplicaciones de igual proporción.

La composición de la fórmula órgano – mineral general representativa de las agromenas se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Composición físico – química de la fórmula órgano–mineral (Agromenas).

N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	MgO (%)	CaO (%)	pH	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	HUMEDAD (%)
2.0 – 2.5	7 – 10	2,0	0,64	12,7	6,5 – 6,9	1,0	20 – 25

La granulometría de las agromenas responde al 100 % menor de 5 mm. La fase mineral representa del 55 % – 60%, la orgánica del 30 % – 35 % y los químicos solubles un máximo entre 9 % – 10 %.

4.6.4. CONTROL DE MALEZAS

Se denominan malezas aquellas especies que crecen en torno a un cultivo comercial y no son deseadas, ya que en determinados momentos compiten por agua, luz, nutrientes y espacio físico con las plantas cultivadas. Dificultan la cosecha y, en algunos casos, afectan el rendimiento y la calidad. Además, pueden actuar como huéspedes de patógenos promotores de plagas y enfermedades (IIFT, 2011).

Para diseñar un programa efectivo para el manejo de malezas es importante comenzar realizando estudios sobre el banco de semillas del suelo agrícola. De esta manera se conocen las principales familias, géneros y especies que predominan, la densidad de semillas, el hábito de crecimiento, así como el ciclo y la forma de vida de las especies. Considerando lo anterior, se puede realizar un manejo óptimo de los herbicidas y de otros métodos de control (IIFT, 2011).

Las malezas se deben controlar todo el año en árboles jóvenes fundamentalmente, ya que el auto sombreado favorece el control de las mismas, a partir del cuarto año. El control de malezas es importante en la época seca, lo que minimiza el riesgo de incendios. El uso de coberturas vivas entre las hileras de mango es una alternativa para suprimirlas y mejorar las condiciones biológicas del suelo. No obstante, la tecnología contempla un hilo completamente limpio y en la calle un césped por debajo de los 15 cm, apoyada por un programa trimestral de control de especies agresivas, donde figuran los siguientes métodos de control (Huerte y Arias, 2007):

- **Control manual o mecánico:** utiliza herramientas como el machete, azadón, chapeadoras manuales y mecánicas.
- **Control químico:** a través del uso de herbicidas.
- **Control biológico:** coberturas diversas, especialmente leguminosas.

4.6.5. RIEGO

El mango es una planta tolerante a la sequía; sin embargo, la productividad y el desarrollo de las plantas, así como el desarrollo de sus frutos, mejoran enormemente con el riego. Además, es una condición necesaria si se requiere establecer un programa de manejo de la floración para obtener cosechas fuera de época (Huerte y Arias, 2007).

Un período seco es especialmente crítico para árboles jóvenes recién establecidos antes de que entren en producción, por consiguiente, el riego es un factor indispensable para lograr el cuajado y el crecimiento de la fruta. Para los árboles que entran en producción, se debe suspender el riego dos meses antes de la floración, y luego continuarlo desde el cuajado del fruto hasta poco antes de la madurez fisiológica. En la Tabla 6 se muestra la cantidad de agua requerida según la edad de la plantación.

Existen varios métodos para aplicar el agua en las plantaciones de mango, cada uno de los cuales tiene características propias, ventajas y limitaciones. Su utilización va a depender de la pendiente del terreno, el tipo de suelo, la disponibilidad del agua, la edad del cultivo, la mano de obra y los recursos económicos existentes. El agua de riego se puede aplicar utilizando métodos por gravedad y tuberías

a presión; sin embargo, se sugiere la implementación de un sistema de microaspersión, por la facilidad que brinda para su instalación y mantenimiento.

Tabla 7. Requerimientos hídricos del mango de acuerdo con la edad del árbol (Huerte y Arias, 2007).

EDAD DEL ÁRBOL (años)	CANTIDAD DE AGUA (litros diarios)
1	2 – 5
2	10 – 15
3	20 – 25
4	30 – 35
Mayor de 4	40 – 50

Los métodos utilizados para el riego en el cultivo del mango son los siguientes (Huerte y Arias, 2007):

- Por gravedad (por surcos): eficiencia del sistema 70 %.
- Por tuberías a presión: eficiencia del sistema 80 % aspersión convencional (sub – arbóreo), micro aspersión.
- Goteo: eficiencia del sistema 95 %.

4.6.6. PODA

La poda, definida como un conjunto de operaciones (cortes y despuntes) que se realizan en los árboles para modificarlos, es una de las técnicas de mayor trascendencia en la fruticultura moderna, especialmente en el trópico. Constituye una alternativa para solventar las dificultades del cultivo y conseguir una mejor adaptación a las condiciones edafoclimáticas donde se cultiva (Gil *et al.*, 1998).

El mango es una especie perennifolia la cual, en el trópico bajo, presenta una rápida tasa de crecimiento y numerosos flujos de desarrollo. Esto hace que la copa sea muy compacta y con escasa penetración de la luz, lo cual puede afectar la calidad del fruto, favorecer la incidencia de plagas, entorpecer el control de las mismas, encarecer la recolección e incrementar las pérdidas de frutas (Torres, 1985).

Lo anterior confirma la importancia de la poda para elevar los rendimientos e incrementar la calidad de los frutos. Con esta práctica se logra (Clavijo, 2016):

- Mayor y adecuada distribución de las ramas.
- Adecuada circulación del aire y mayor penetración de la luz dentro de la copa.
- Mayor floración y fructificación.
- Mayor sanidad en los árboles.
- Disminuir la altura de los árboles.
- Agrupar la producción del árbol.

La tecnología moderna del cultivo del mango tiene como basamento fundamental el incremento de la densidad de plantación, el empleo del riego, la poda y la inducción de la floración. Sin la poda es imposible lograr el rendimiento potencial del cultivo, por lo cual es necesario recurrir a esta labor para inicialmente conformar la copa y posteriormente controlar el tamaño de la misma. Es conveniente tomar en cuenta que, mientras más rápido y mayor sea la ramificación del árbol, se logra una más rápida entrada en producción y mayor fructificación (Gil *et al.*, 1998).

Existen varios tipos de poda, tales como (IIFT, 2011):

- Formación.
- Mantenimiento, producción y saneamiento.

- Aclareo.
- Rejuvenecimiento o cambio del cultivar.

A continuación, se describe en qué consiste cada uno de estos tipos de poda.

Poda de formación

La poda de formación se debe iniciar desde el vivero y se continúa durante toda la vida del árbol para mantener una estructura básica que permita una alta producción, excelente calidad de los frutos y fácil manejo de la plantación. La primera poda se realiza por debajo del último nudo, para que se desarrollen brotes de las yemas laterales de forma alterna, con lo cual las ramas serán menos propensas a quebrarse (Avilán, 2000; Mora *et al.*, 2002).

Este tipo de poda se realiza con el objetivo de conformar la estructura que debe de poseer el árbol y consta de cinco etapas. Estudios realizados indican que la aplicación de podas de formación sucesivas en árboles de mango acorta el estadio juvenil del árbol, permitiendo que este entre más rápido en producción (IIFT, 2011).

La primera poda de formación consiste en dejar crecer los árboles con un solo fuste erecto hasta que alcancen de 60 cm – 70 cm, sin permitir el desarrollo de ramas laterales. A la altura de 70 cm se decapita la planta por debajo del nudo de crecimiento de la yema apical, y se seleccionan de tres a cuatro ramas laterales separadas entre sí; de forma equilibrada se elimina el resto de los brotes con una tijera o cuchilla de podar (Farrés *et al.*, 2001) (Figura 8).



Fig.8. Secuencia de la primera poda de formación. Fuente: Farrés *et al.* (2001).

Esta se puede realizar en el vivero, o inmediatamente después que los árboles han sido plantados. Los cortes deben realizarse siempre por debajo del nudo de crecimiento y cuando los brotes cambian del color morado al verde (IIFT, 2011).

De la segunda a la cuarta poda de formación se realizan cortes por debajo del anillo o nudo de crecimiento, en el primer o segundo flujo de crecimiento de las ramas que se formaron durante la primera poda (en dependencia del tamaño del flujo, si este es corto, se dejan dos crecimientos). Al

igual que en la primera poda, se dejan tres ramas distribuidas de forma tal que no se solapen unas con otras, eliminando siempre las que crezcan en sentido vertical, hacia abajo y las que se cruzan. Esta operación se repite de igual forma hasta la cuarta o quinta poda, que están en dependencia de la época y el crecimiento del árbol (Clavijo, 2016) (Figuras 9,10 y 11).



Fig.9. Segunda poda de formación. Fuente: Farrés *et al.* (2001).



Fig.10. Tercera poda de formación. Fuente: Farrés *et al.* (2001).

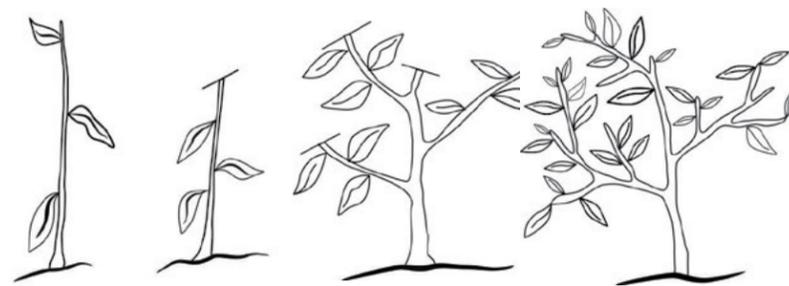


Fig.11. Cuarta poda de formación. Fuente: Farrés *et al.* (2001); AGROFRUTALES (2021).

La quinta poda de formación se realiza por encima del nudo de crecimiento, con el objetivo de obtener un mayor número de puntas fructíferas que formarán panículas florales y, por consiguiente, una mayor producción. En contraste con lo planteado anteriormente, algunos productores prefieren continuar realizando la poda por debajo del nudo de crecimiento y obtener tres puntas fructíferas solamente, alegando mayor vigor y calidad en los frutos (Figura 12). Esta poda debe realizarse con tiempo suficiente para que los brotes estén maduros en la etapa de floración (Clavijo, 2016).



Fig.12. Quinta poda de formación. Fuente: AGROFRUTALES (2021).

El manejo de la poda de formación en el mango en la fase de fomento permite la obtención de árboles de menor altura, con un mayor diámetro de la copa y una mayor cantidad de ramas fructíferas, lo que garantiza una mejor aplicación de la tecnología del cultivo. La poda, cuando se realiza dejando tres o cuatro ramas, y antes del anillo del segundo y tercer flujo de crecimiento del árbol de mango, contribuye al incremento de la producción y a un mayor ingreso económico, por lo que su aplicación dentro del manejo de la tecnología del cultivo contribuirá a una recuperación rápida de la inversión para el establecimiento de la plantación (Clavijo, 2016).

Poda de mantenimiento, producción y saneamiento

De acuerdo con Ramos (2016), esta poda debe realizarse inmediatamente después de la cosecha. Tiene como finalidad eliminar las fuentes de inóculo, disminuir el tamaño del árbol, reducir el auto sombreado, incrementar la entrada de luz dentro de la copa y lograr una adecuada y homogénea brotación vegetativa. Para ejecutarla correctamente se deben seguir los pasos siguientes:

1. Realizar los cortes en las ramas por debajo del nudo.
2. Eliminar los brotes verticales, ramas enfermas, secas o partidas y pedúnculos de inflorescencias y frutos.
3. Eliminar las ramas bajas para la mejora en la práctica del control de las malezas y la distribución del agua de riego por aspersión.
4. Rebajar en las ramas al menos dos flujos de crecimiento vegetativo no lignificados.
5. Pintar con pintura plástica blanca (vinil o lechada) las ramas que hayan quedado muy expuestas al sol.

Poda de aclareo

Esta poda se realiza en los árboles en producción que no han tenido una adecuada conducción. Consiste en la eliminación de las ramas que tienen ángulo de inserción menor de 45 °, con tendencia a crecer hacia el interior y centro de la copa. Con ello se consigue disminuir el tamaño del árbol e incrementar la mayor iluminación de la copa, favoreciendo la floración y la fructificación.

Poda de rejuvenecimiento o cambio del cultivar

Se emplea para rejuvenecer una plantación de baja productividad, causada por el excesivo crecimiento vegetativo, o cuando se quiere realizar un cambio de cultivar. Para ello deben rebajarse los árboles a tocones hasta una altura de 1,0 m o 1,2 m sobre el suelo como máximo. Una vez realizado el corte es preciso pintar las ramas podadas y el tocón con pintura blanca para evitar las quemaduras

solares. Posteriormente deben seleccionarse, según su posición, dos o tres brotes y establecer un ciclo de podas similar al descrito en la poda de formación (Ramos, 2016).

En el caso de cambio de cultivares, los dos o tres brotes seleccionados según su posición se injertarán con el cultivar deseado y posteriormente se realizará la poda de formación.

Durante la poda es importante tener en cuenta los siguientes aspectos (Ramos, 2016):

- Realizar los cortes en forma inclinada para que no se acumule el agua.
- Inmediatamente detrás de la poda cubrir los cortes con pasta bordelesa u otro desinfectante.
- Eliminar del campo los restos de la poda y quemarlos para destruir las fuentes de inóculo.

4.6.7. MANEJO DE PLAGAS

El manejo integrado de plagas (MIP) se define como: «Mantener el nivel del daño de las plagas por debajo del límite económico aceptable, combinando varias formas de control». Las formas para el control son: control químico, control mecánico, control biológico, control del cultivo y otras maneras como vacuna o antibiótico. Además, el pronóstico de plagas es un elemento muy importante para el MIP porque sirve para saber con anterioridad el momento de aparición de las mismas, y también se puede optimizar la actividad de los enemigos naturales (Huerte, 2007).

Las principales plagas que afectan al cultivo del mango en Cuba, así como su manejo se detallan en el Capítulo 5. De igual forma, las enfermedades y su manejo se detallan en el Capítulo 6.

Para el control de las plagas se requiere aprovechar todas las técnicas disponibles que permitan minimizar los daños que ocasionan. Se deben realizar acciones que mantengan las poblaciones en niveles que no afecten el umbral económico del cultivo y que, además, no repercutan negativamente sobre el ambiente. Los objetivos que se persiguen con el MIP son los de proteger la salud de los trabajadores y consumidores y evitar la contaminación del ambiente y la eliminación de los enemigos naturales de las plagas (Huerte, 2007).

4.7. BIBLIOGRAFÍA

- AGROFRUTALES.2021. Fototeca del proyecto Apoyo al fortalecimiento de la cadena de frutales a nivel local. Número del Proyecto: 00085124 / Output: 00092873. Oficina de AGROCADENAS, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba.
- Avilan, L. 1977. Variaciones de los niveles de N, P, K y Ca en las hojas de mango (*Mangifera indica* L.) a través de un ciclo de producción. *Agronomía Tropical* (Venezuela). 21(1): pp. 3–10.
- Avilan, L. y Y. G. Rengifo. 1990. El Mango Editorial América S.A 1ª Ed. Cap. VIII. Nutrición Mineral y Fertilización. pp. 185–241.
- Avilan, L. 1999. Fertilización del mango en el trópico. *Inf. Agronómicas* No. 34: pp. 1– 5.
- Avilan, L., Rodríguez, M. y Ruiz J. 2000. El mango se poda: ¿por qué, cuándo y cómo? FONAIAP DIVULGA NO 65.
- Barbery, R. 1974. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la producción y el contenido mineral de las hojas de mango (*Mangifera indica* L.) variedad 'Súper Haden'. Memoria. IV Reunión Nacional de Investigaciones de Cítricos y Frutales. La Habana. Cuba.
- Clavijo, R. 2016. Manejo de la poda de formación del mango (*Mangifera indica* L.) durante la etapa de fomento. Tesis en opción al grado científico de Master en Fruticultura Tropical. La Habana. Cuba. pp. 15 – 55.
- Farrés, E., Celestino, N. y A. Rodríguez. 2001. Cómo podar su frutal, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana. Cuba.
- Farrés, E. 2003. El Cultivo del Mango. Presentación. Dirección Técnica Productiva. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Ciudad de la Habana. Cuba.
- Farrés, E. *et al.* 2006. Guías técnicas para los cultivos de mango, piña, guayaba, papaya, aguacate. Dirección Técnico Productiva Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.

- Farrés, E. 2008. Manual sobre la propagación de frutales tropicales. La Habana. Cuba.
- Galán Saúco, V. 1999. El cultivo del mango. Ed. Mund–prensa. Cap.3, pp. 73.
- Gil, P. M., Sergent, E. y Leal, F. 1998. Efectos de la poda sobre variables reproductivas y de calidad en mango. (*Mangifera indica* L.) cv. Haden. *Bioagro*. 10 (1): pp.18–23.
- Huete, M. y Arias S. 2007. Manual para la producción de mangos, Honduras: pp. 1–63.
- Huete, M. 2007. Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica* L.), Honduras.
- Instructivo Técnico del Mango Dpto. de Otros Frutales. 1982. Dir. de Cítricos y Otros Frutales MINA-GRI. pp. 35–36.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 2011. Instructivo técnico para el cultivo del mango. © Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura La Habana, Cuba. pp. 32.
- Mora, J., Gamboa, J. y Porras, E. 2002. Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica* L) en Costa Rica. Costa Rica. Ediciones: Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consejo Editorial: Alex May.
- Montero, Fernando Mójica Betancourt, Jimmy Ruiz Blanco, Álvaro Rodríguez Aguilar, Alexis Calderón Villalobos, Daniel Zúñiga van der Laat, Guillermo Guzmán Díaz. Junio (b): pp.1–6.
- Popenoe, W., 1974. Manual of Tropical and Subtropical Fruits, USA.
- Pedrera, B. 1989. Propuesta de esquema de fertilización para mango 'Keitt' y 'Súper Haden' de uno a tres años. Informe final de Etapa 515–05–05. Estación Nacional de Frutales, La Habana. Cuba.
- Pedrera, B. 2001. Nutrición Mineral N–P–K en el Mango en suelo Ferralítico Rojo, durante 5 años de Investigación. Tesis en opción al grado científico de Master en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. pp. 1– 62.
- Pedrera, B., M. Blanco e I. Lambert. 2002. Tecnología Integral para el cultivo del Mango. Informe Final de proyecto. pp. 1–25.
- Placeres, J. 2006. Fertilización mineral del mango (*Mangifera indica* L.) cv. 'Súper Haden' en un suelo ferralítico rojo. Tesis en opción al grado científico de Master en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba. pp. 17 – 70.
- Ramos, J. A. 2016. Influencia de diferentes momentos de realizar la poda en árboles adultos de mango (*Mangifera indica* L.) sobre la producción. Tesis en opción al grado científico de Master en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba.
- Torres, O.M.U. 1995. Resultados obtenidos en las investigaciones. Estación Nacional de Frutales: La Habana Cuba (1992–1994). pp. 18.
- Torres, O.M.; M. Santos; A. Naviera; González; B. Pedrera y C. Noriega. 1996. Tecnología para el cultivo del mango. Informe presentado al CITMA para optar por destacado 1995, Cuba.



CAPÍTULO 5

INSECTOS Y ÁCAROS PLAGAS. RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO

Mirtha Borges Soto
Caridad González Fernández
Maylin Rodríguez Rubial
Jorge L. Rodríguez Tapia
Doris Hernández Espinosa

5.1. INTRODUCCIÓN

La fruticultura es una actividad de gran importancia económica y social en varios países que, por su posición geográfica, presentan una gran variedad de climas y suelos aptos para este tipo de explotación (Borges, 2019). En los últimos años ha ido en aumento la demanda de frutas frescas o procesadas en el mercado internacional y con frecuencia puede haber mayor demanda que oferta. En el cultivo del mango se presentan problemas fitosanitarios debido a la presencia de insectos en hojas, ramas, flores y fundamentalmente en frutos, que ocasionan grandes daños a la producción y la comercialización a nivel mundial.

5.2. INSECTOS. MOSCAS DE LAS FRUTAS (Diptera: Tephritidae)

Las moscas de la fruta se consideran las plagas de mayor importancia en el cultivo del mango por los daños que ocasionan a las frutas. Esto se revierte en cuantiosas pérdidas, si se descuidan las medidas de prevención y vigilancia. Determinadas circunstancias han motivado un especial interés durante los últimos años sobre las del género *Anastrepha*, y se ha podido comprobar que estas se encuentran dentro de las más devastadoras plagas agrícolas del mundo (Aluja, 1993 y Aluja *et al.*, 2009.).

Las especies de este género son endémicas del Nuevo Mundo y están distribuidas en regiones tropicales y subtropicales; se considera como el género más diverso de los Tephritidae nativos de América. De acuerdo con la información taxonómica basada en la morfología, actualmente comprende un total de 216 especies válidas clasificadas en 18 grupos. En estos grupos se concentra el 87% de las especies conocidas, mientras que el 13% restante permanecen sin una clasificación precisa en grupo alguno (Hernández-Ortiz, 2008). Las especies de este género, de mayor importancia económica son: *fraterculus*, *grandis*, *ludens*, *obliqua*, *serpentina*, *striata* y *suspensa* (Hernández-Ortiz, V. y M. Aluja, 1993), y se consideran como las de mayor impacto comercial.

En México se reportan 37 especies de *Anastrepha* (Hernández-Ortiz, 2007) de las cuales únicamente cuatro son de importancia económica: *Anastrepha ludens*, *A. obliqua*, *A. striata* y *A. serpentina*. Sin embargo, existen otras especies de tefritidos sin importancia económica que son capturadas en el sistema de trapeo operado por los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal en el contexto de la Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta. Algunas especies de *Anastrepha* son muy similares entre sí (Hernández-Ortiz, 1992), lo cual puede generar confusión en el reconocimiento de las especies de moscas de la fruta capturadas en las trampas, generando controversias en la identificación correcta de dichas especies.

En Cuba han sido identificadas 30 especies de tefritidos pertenecientes a 14 géneros (en orden alfabético: *Acinia*, *Acrotaenia*, *Anastrepha*, *Blephanroneura*, *Dioxyna*, *Dyseuresta*, *Euaesta*, *Euaestoides*, *Hexachaeta*, *Tetreuaresta*, *Tomoplagia*, *Toxotrypana*, *Trupanea* y *Xanthaciura*), la mayoría de estas sin referencia con su planta hospedera (Fernández *et al.*, 1997). Esta lista fue obtenida fundamentalmente de la colección depositada en el IES (Instituto de Ecología y Sistemática, CITMA); así como las referencias descritas en el catálogo de insectos y sus plantas económicas publicado por Bruner *et al.* (1975).

A continuación, se describen las principales características de las especies de moscas de la fruta presentes en el cultivo del mango en Cuba.

5.2.1. *Anastrepha obliqua*

Anastrepha obliqua Macquart (Diptera : Tephritidae) (= mombinpraeoptans) (Diptera : Tephritidae). Se conoce en México como mosca de la ciruela; en Cuba como bicho de San Juan o mosca antillana de la fruta.

Principales hospederos

Mango (*Mangifera indica* L.), ciruela (*Prunus domestica* L.) y guayaba (*Psidium guajava* L.), entre otros.

Distribución geográfica

Se encuentra distribuida en las Antillas, Brasil, Ecuador, Jamaica, Trinidad y Tobago, Panamá, Venezuela y México. En este último país se encuentra diseminada por todos los estados donde se cultiva el mango. Por ello existen muchas experiencias sobre el manejo de moscas de la fruta en este país, donde se declaran áreas libres y de baja prevalencia (Hernández-Ortiz, V. y M. Aluja, 1993).

Descripción morfológica

Es de tamaño medio, de color café amarillento. Mesonoto de color amarillo naranja, con una franja central ensanchándose posteriormente y con otras dos franjas laterales que inician poco antes de la sutura transversal al escutelum; escutelo amarillo pálido sin manchas en la parte media de la sutura escuto-escutelar; el metanoto es amarillo naranja y con dos manchas negras a los lados.

Presenta vellosidades del tórax de color café oscuro, excepto sobre la franja central donde son amarillo pálido. Bandas de las alas de color café, naranja y amarillo, las bandas en S y costal tocándose en la vena R4 + 5, la banda en V completa y, por lo general, unida a la banda en S (Aluja 1993). La Figura 1 muestra las características morfológicas de esta especie.

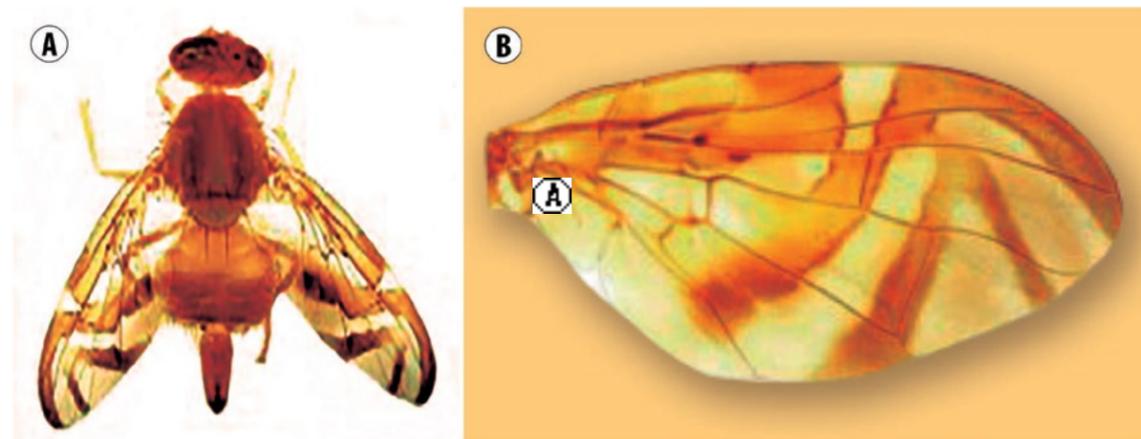


Fig.1. *Anastrepha obliqua* (Macquart). (A) hembra adulta, (B) vista general del ala. Fuente: Hernández-Ortiz (1992).

Características de los daños

Los daños son causados por la hembra, que perfora con su ovopositor la corteza de los frutos. Después de la eclosión, las larvas se alimentan de la pulpa, en la que, al oxidarse, se originan zonas necróticas, fibrosas y endurecidas, de color café o negro (Figura 2). Por otra parte, estas afectaciones propician la proliferación de bacterias y otros microorganismos (CNSV, 2008, Bruce *et al.*, 2019). Además, varios organismos que favorecen la descomposición u otros insectos pueden penetrar y causar decoloración y deterioro de los frutos.

Importancia económica

Esta especie prefiere el mango. Sin embargo, no todos los cultivares de mango son atacados por ella. Las pérdidas económicas producidas por los ataques de este insecto a otras frutas hospederas son consideradas de muy poca importancia (CNSV, 2002).

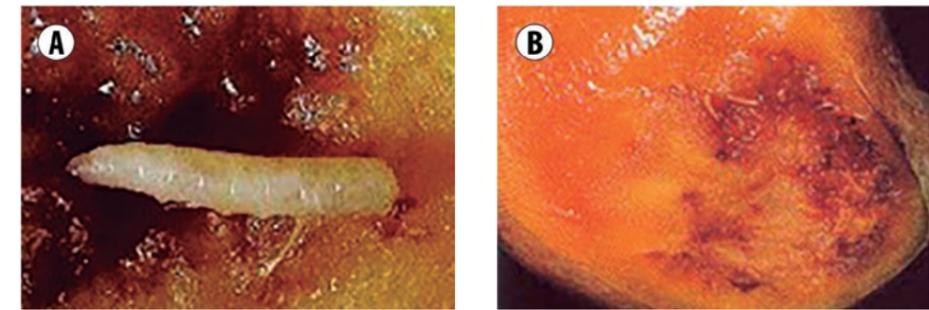


Fig.2. Larva en un fruto (A) y daños de *Anastrepha* (B). Fuente: Torres *et al.* (2006).

5.2.3. *Anastrepha suspensa*

Anastrepha suspensa (Loew, 1862). Se conoce como Mosca Caribeña de la Fruta o Mosca de la Fruta de las Antillas Mayores.

Principales hospederos

Ataca el mango (*Mangifera indica* L.), pero prefiere la guayaba (*Psidium guajava*), el níspero (*Manilkara zapota* L.) y el anón (*Annona reticulata* L.), entre otros.

Distribución geográfica

Originalmente fue conocida en las Antillas y Bahamas, siendo descrita a partir de especímenes colectados en Cuba (Weems y Heppner, 2012) y luego introducida a la Florida (Estados Unidos de América (EUA)), (ICA, 2017). Su distribución va desde Florida hasta islas del Caribe que incluyen Bahamas, Cuba, Jamaica y La Española (República Dominicana y Haití). Se le ha recolectado ocasionalmente en Puerto Rico (Torres, Castillo y Pérez, 2006). Su distribución geográfica y la gama de huéspedes son muy similares a otras dos especies: *A. obliqua* y *A. striata* Schiner.

Descripción morfológica

El adulto es de una y media a dos veces el tamaño de la mosca doméstica y de color café amarillento a dorado (SAGARPA y Senasica, 2004). Cabeza: carina facial, de perfil, cóncava; la frente con tres o más setas frontales, dos setas orbitales. Las antenas no se extienden al margen de la cara ventral (CABI, 2012). Tórax, scutum con una pequeña mancha negra en la sutura escuto-escutelar (Korytkowski, 2008), la cual le diferencia de *A. obliqua* (Torres, Castillo y Pérez, 2006). El húmero y la banda media se ensanchan posteriormente con una franja pálida lateral desde la sutura transversa hasta el escutelo, pleura café amarillenta u oscurecida lateralmente, el área ensanchada anteriormente. Marochaetas de color café oscuro a negro; pubescencia café amarillenta. La Figura 3 muestra una hembra adulta y el ala de *A. suspensa*.

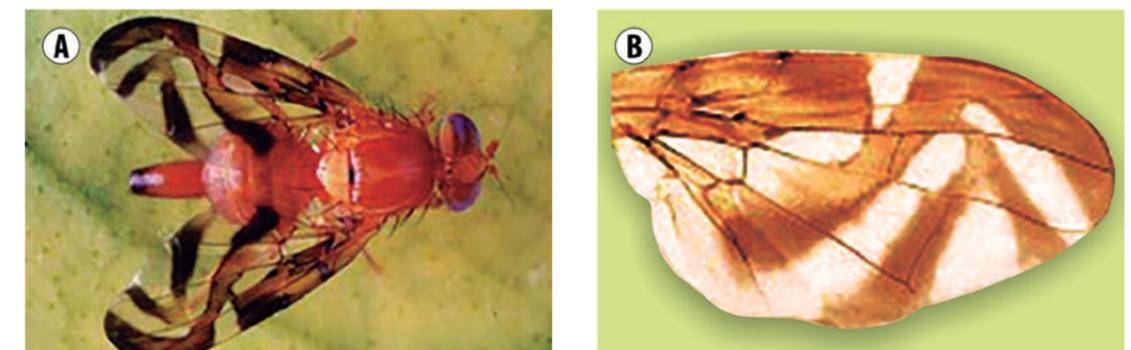


Fig.3. *A. suspensa* (Loew). (A) hembra adulta, (B) ala. Fuente: Weems, H., y Heppner (2001).

Características de los daños

En cuanto a las características de los daños, *A. suspensa* prefiere y usualmente ovipone en frutos maduros, aunque a veces también ataca frutos inmaduros. Los daños son ocasionados por la hembra que perfora con su ovipositor la piel de los frutos para introducir los huevos.

Después de la eclosión, las larvas se alimentan de la pulpa y la parte carnosa, produciendo galerías en la pulpa que, al oxidarse, originan zonas necróticas, fibrosas y endurecidas de color café o negro. Estas afectaciones propician la proliferación de bacterias y otros microorganismos que también pueden ocasionar deterioro en los tejidos, además de provocar la caída prematura de los frutos.

Los frutos con agujeros de ovoposición, ya con larvas alimentándose dentro, generalmente no son apropiados para consumo humano, y ciertamente no son comercializables (Aluja, 1993). La Figura 4 muestra larvas de *A. suspensa* en mango.

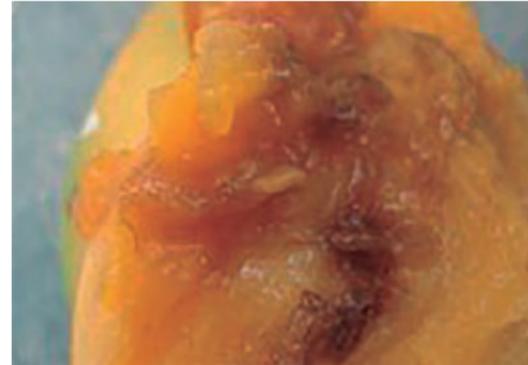


Fig.4. Larvas de *A. suspensa* en mango. Fuente: Torres *et al.* (2006).

Importancia económica

Los daños causados por esta especie han sido relativamente pequeños. En unos pocos árboles, en sitios aislados de Puerto Rico, las naranjas y pomelos demasiado maduros han sufrido daños, pero no se ha considerado a esta especie como una plaga grave de los cítricos. En Florida, solo los cítricos muy maduros son atacados; sin embargo, una especie de insecto de una cepa particular de esa especie a veces actúa en forma sustancialmente diferente cuando se introduce en nuevas áreas, y puede convertirse en una plaga seria en esas áreas nuevas. Por esa razón, *A. suspensa* se ve con cierta preocupación como una plaga potencial de las plantaciones comerciales de cítricos, mangos y duraznos en la Florida (Weems y Heppner, 2001).

Ciclo biológico, tipo de movimiento, requerimientos climáticos y daños económicos que provocan

Las moscas de las frutas tienen una biología compleja y hábitos diversos, que les permiten proliferar y establecerse en diferentes ambientes. Presentan una metamorfosis completa, sus estados de desarrollo son: huevo, larva, pupa y adulto. Una hembra grávida puede depositar de 1 a 110 huevos, según la especie, en la corteza o en el interior de los frutos. En el caso de *Anastrepha obliqua* los huevos son puestos individualmente (Prieto Martínez *et al.*, 2005)

A. suspensa, como el resto de los representantes del género, aunque poseen amplia plasticidad ecológica, están confinadas a las regiones tropicales y subtropicales, siendo una especie multivoltina (Weems y Heppner, 2017).

Son organismos muy dinámicos, con un poder de adaptación extraordinario, que en los huertos frutícolas han encontrado condiciones óptimas para su desarrollo y multiplicación. De acuerdo con las exigencias de cada ecosistema, se desplazan entre un hospedero y otro, logrando completar en los trópicos hasta más de 10 generaciones al año, con niveles de población elevados. Cuando un hospedero preferencial desaparece, migran en busca de otro que les permita completar una nueva generación.

5.2.4. SISTEMA DE MONITOREO (TRAMPEO Y MUESTREO) PARA LA PREVENCIÓN DE LAS MOSCAS DE LA FRUTA

La detección de moscas de las frutas es la primera etapa de un programa de manejo integrado de esta plaga. Esto permite establecer la distribución y los niveles de las poblaciones de las diferentes especies, y actúa como herramienta para la toma de decisiones sobre qué componentes de manejo aplicar.

Los dos principales componentes para la detección de moscas de las frutas son el monitoreo mediante trampeo sistemático y el muestreo de frutos afectados, complementados por la determinación taxonómica mediante clasificación de adultos, de larvas o criando las larvas provenientes de los frutos hasta llevarlas a estado adulto.

Tipos de trampas

Existen diferentes tipos de trampas para detectar la presencia de moscas de la fruta en las plantaciones de mango.

- **Trampa Jackson:** trampa para monitoreo y control de moscas de la fruta, con una estructura denominada delta o prisma de material flexible o de cartón encerado con un grosor 0,58 cm, de color blanco.
- **Trampa McPhail:** se utiliza para la captura de moscas nativas, preferentemente para las especies de *Anastrepha* con proteína hidrolizada como atrayente alimenticio. Consiste en una botella invaginada de vidrio o plástico transparente, con una abertura en su base por la que ingresan las moscas. Se llena con líquido atractivo constituido por una solución acuosa de proteína hidrolizada de diversa procedencia (maíz, soya, algodón, extractos de levadura) que contiene aminoácidos libres. Aún no se han identificado exactamente cuáles son los compuestos derivados de la hidrólisis de la proteína que atraen a las moscas de la fruta. Este cebo líquido tiene mayor eficiencia en zonas de clima seco que en climas lluviosos.
- **Trampa Rebell o de tablero:** se utiliza para complementar las especies a capturar. Son de color amarillo y con un atrayente de feromonas (*Anastrepha*, *Ceratitidis*, *Bactrocera*) (NIMF 2008). La Figura 5 muestra los diferentes tipos de trampas.

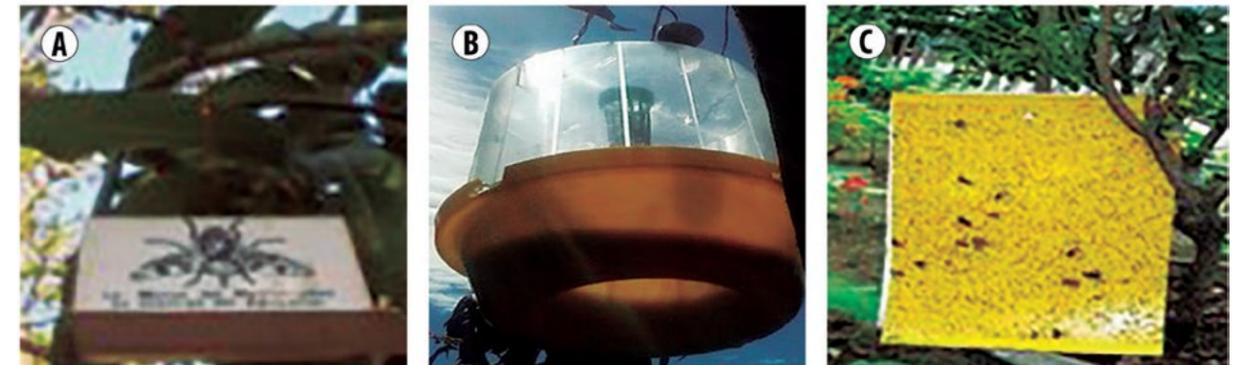


Fig.5. Trampas atrayentes colocadas en plantaciones de mango de Cuba. (A) tipo Jackson, (B) tipo McPhail, (C) tipo Rebell o de tablero. Fuente: (A) CNSV, (2002); (B) Borges *et al.* (2020); (C) Borges *et al.* (2016).

Las trampas que más se utilizan en la actualidad son aquellas que emplean un atrayente, este puede ser sexual (feromonas), alimenticio y óptico (color). Dependiendo de la estrategia que se quiera adoptar y de la especie de la mosca de la fruta a detectar, las trampas se ceban con la sustancia adecuada. Para la captura de moscas del género *Anastrepha* se recomienda el uso de proteína hidrolizada, miel de caña y levadura *Torula*. Para ampliar el radio de acción para otras especies, a las trampas se les coloca una mecha con atrayente sexual (tablero) o lengüeta de color amarillo (Jackson). Se utiliza para la captura de la mosca del Mediterráneo, *C. capitata* Wied., fundamentalmente con el atrayente sexual Tridmelure (CNSV, 2002; ICA 2017).

Metodología para el trampeo

Las trampas se deben colocar siguiendo el procedimiento establecido para la implementación de un protocolo para la mitigación del riesgo de *Anastrepha* sp en mango para la exportación (Borges *et al.*, 2020). Este procedimiento se resume a continuación.

Sistemas de detección y monitoreo por trampas

- El sistema de monitoreo en los campos debe mantenerse a partir del cuaje de los frutos hasta concluida la cosecha.
- Cuando se registre una nueva área en el programa de exportación, el monitoreo deberá comenzar al momento del registro.

- Las trampas que se utilizarán serán del tipo McPhail y el cebo a emplear por trampa consiste en una mezcla de:
 - 35 gramos de levadura *Torula* (45 % de proteína bruta).
 - 10 gramos de bórax.
 - 250 ml de agua.

Densidad de trampas por hectárea

- Para los campos de exportación, una trampa por cada tres hectáreas en forma lineal e igualmente distribuida en las rutas internas.
- Para la zona tampón o colindantes.
 - Una trampa cada 10 hectáreas en los campos de mango colindantes en todas las direcciones.
 - Una trampa cada 33 hectáreas en los campos de mango restantes.
 - Una trampa cada cinco hectáreas en los campos de otros cultivos hospederos aledaños.
 - Una trampa en cada sitio o patio de vivienda con frutales dispersos.
 - Una trampa por km² en asentamientos poblacionales.

Aspectos a tener en cuenta

- Las trampas se revisan y renuevan/receban semanalmente. Si se detecta la presencia de uno o más tefrítidos en las trampas, se señala el lugar, se notifica de inmediato.
- El área de exportación debe contar, desde su periferia, con una zona tampón de por lo menos 1 km, donde se implementará una red de trapeo debidamente codificada (esta distancia podrá variar de acuerdo a las características geográficas del terreno).
- La red de trampas debe trazarse en un mapa o croquis señalando las rutas internas y las trampas de la zona tampón. Las mismas deben ser identificadas con un número de localización. Este mapa o croquis será entregado a la DPSV en el momento del registro de los lotes de exportación.
- Deberá instalarse por lo menos una trampa en cada línea de empaque de fruta. La misma deberá estar debidamente identificada.

Muestreo de frutos

El procedimiento utilizado para dar seguimiento a los estados inmaduros de las moscas de la fruta es la recolección y evaluación de frutos. Es una actividad preventiva que ayuda a determinar el porcentaje de infestación de la plaga corroborando los resultados del trapeo y de las estrategias de control. Es importante realizarlo en los campos cuyos frutos serán destinados a la exportación.

Se debe realizar a partir de los 45 días, antes de que las frutas alcancen su madurez fisiológica, y se continúa hasta el fin de la cosecha. Se seleccionarán al azar el 2 % de los árboles de cada campo y se tomarán 4 frutos por planta (1 por cada punto cardinal), se colectarán además los frutos caídos al suelo. Para constatar la ausencia de frutos con larvas, los frutos muestreados se llevarán a jaulas de maduración, donde se mantendrán durante 2 semanas (CNSV 2002; Borges *et al.*, 2020).

Para la toma de muestras en el campo se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- El 60 % de las muestras se debe tomar directamente del árbol. Esto permite establecer el daño directo y recuperar de estos los adultos de moscas de la fruta.
- El 40 % de las muestras se debe tomar de frutos con la apariencia de haber caído recientemente. Esto permite encontrar el porcentaje de infestación de forma muy rápida.
- Si durante el muestreo de frutos se detecta la presencia de larvas de dípteros, las muestras se enviarán a los laboratorios acreditados para su identificación.

El muestreo de frutos y el trapeo son actividades que deben encontrarse asociadas para permitir conocer el grado de diseminación, la variabilidad de hospedantes y otros antecedentes más exactos de las moscas de fruta.

Interpretación de los resultados del muestreo de frutos

Los resultados de la revisión y corte de frutas permiten establecer medidas preventivas de control ya que no es necesario esperar que aparezcan frutos atacados y caídos en el suelo o captura de moscas en las trampas. Para calcular el % de infestación se aplica la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de infestación} = \frac{\text{Número de frutas infestadas}}{\text{Número de frutas revisadas}} \times 100$$

El monitoreo no constituye un método de control, ya que el objetivo es determinar el momento en que se capturan los primeros adultos y cómo se comportan las densidades poblacionales de estas especies de moscas en las áreas de cultivo. Constituye un indicador para la aplicación de las medidas de control.

La correlación trapeo–muestreo de frutas es necesaria. Para determinarla, se colocarán frutos de diferentes tamaños en embudos diseñados con un frasco colector conteniendo una solución de alcohol y agua al 70 % preferentemente, donde las L3 (larvas del último instar) abandonarán el fruto y caerán a un frasco colector dado su hábito de tirarse al suelo para formar la pupa. El material biológico colectado será enviado al laboratorio para su identificación. Esto permitirá corroborar si se trata de la misma especie capturada en la trampa (Borges *et al.*, 2003).

Índice para emitir señal de aviso

A partir del inicio de la fructificación, y durante el desarrollo de los frutos, los primeros adultos de *Anastrepha* pueden ser capturados en las trampas colocadas y se observan frutos con síntomas de daños ocasionados por las larvas. Estos frutos deben ser recolectados 45 días antes de la cosecha y enviarse a las jaulas de maduración. La cantidad de moscas por trampas por días (MTD) se calcula mediante la fórmula (NIMF, 2008):

$$MTD = \frac{M}{(T)(D)}$$

Donde:

- M = Total de moscas capturadas
- T = Número de trampas
- D = Número de días que las trampas estuvieron en exposición.

Las categorías definidas para emitir la señal de aviso se refieren en la siguiente tabla.

Tabla 1. Categorías definidas para dar la señal de aviso de acuerdo a la cantidad de moscas por trampas por días.

CATEGORÍAS	VALORES
Nula	0.00
Baja	< 0,001
Media	0,001– 0, 008
Alta	> 0,008

La primera señal para la toma de medidas se emite cuando esta se encuentre en el rango: 0 – 0,001 (moscas/trampa/día), que se ubica en la categoría de baja.

5.2.5. CONTROL DE LAS MOSCAS DE LA FRUTA

Para el control de las moscas de la fruta se pueden utilizar métodos de control químico y biológico.

Control biológico

Enemigos naturales.

Las larvas y pupas de las moscas de la fruta son huéspedes de una gran variedad de parasitoides. Especies tales como *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead), *Psyttalia incisi* (Silvestre), *Fopius arisanun* (Sonan), *Aceratoneuromyia indica* (Silvestri), fueron introducidas en México como agentes de control biológico desde inicios de 1954 con el objetivo de disminuir las poblaciones de la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens* Loew. (Ovruski, 2003 citado por Aluja *et al.*, 2009).

El autor anterior refiere que, a pesar de estos programas y su éxito, muchos países en el mundo realizan esfuerzos con el objetivo de facilitar la colonización de parasitoides nativos (Wharton, Schilserman, y Aluja, 2005 citados por Aluja *et al.*, 2009). Dentro de estos se encuentran *Doryctobracon aerolatus* (Szépligeti), *D. crawfondi* (Viereck), *Opius hirtus* (Fisher), *Utetes anastrephae* (Viereck), Braconidae: Opiinae (Aluja *et al.*, 2009). Este último fue informado para Cuba por primera vez, parasitando larvas de *A. suspensa* y *A. obliqua* en mango y guayaba en la provincia de Artemisa, Cuba por Borges *et al.* (2012) (Figura 6).

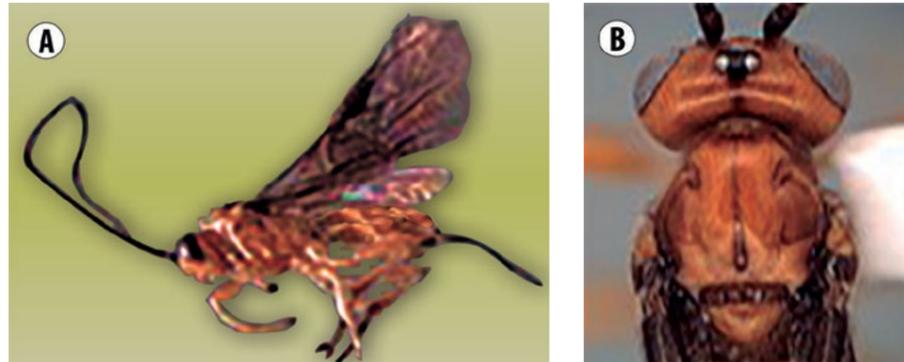


Fig.6. *Utetes anastrephae*, parasitoides de larvas de *Anastrepha* spp. Fuente: (A) Wharton. R. (1981); (B) Borges *et al.* (2012).

Esta especie fue originalmente descrita como *Opius anastrephae*-Viereck (1913), siendo transferido posteriormente al género *Bracanastrepha* por Fischer (1999) y finalmente al género *Utetes* por Wharton (1981). *Bracanastrepha argentina* Brèthes, 1924, especie tipo de *Bracanastrepha*; es un sinónimo *Opius mombinpraeoptantis* Fischer, (1966); es también un sinónimo citado por el mismo autor. Existen ejemplos de su introducción en Florida y otros países de la región con éxito.

Aplicación de medios biológicos

Se pueden aplicar hongos y nematodos para el control de moscas de la fruta. Gómez *et al.* (2005), determinaron la patogenicidad del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis indica* P2M sobre *Anastrepha suspensa* Loew (Diptera: Tephritidae).

Para corroborar este resultado se realizaron ensayos con la cepa P2M de *Heterorhabditis indica* proveniente de una cría de laboratorio en el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical establecida sobre larvas de *Galleria mellonella* Lin., de acuerdo con el método descrito por Durky *et al.* (1964). El material empleado se colectó en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base de Alquizar, perteneciente a este instituto.

Como resultado, se obtuvo que la mosca de la fruta *Anastrepha suspensa* Loew. es susceptible a *H. indica* P2M (Gómez *et al.*, 2005). A las 48 horas de transcurrida la infestación fue posible observar la presencia de síntomas sobre este insecto, característicos de los que produce el género *Heterorhabditis*: las larvas mostraron una apariencia flácida y una coloración rojiza que se fue incrementando paulatinamente. Al realizar el análisis estadístico se observaron diferencias significativas entre las dosis 250 JI/ml (Juveniles Infeccivos/ml) y 500 JI/ml, con respecto a las dosis 1 000 JI/ml y 2 000 JI/ml. En el testigo se registró un 4 % de mortalidad no imputable a errores de montaje y a partir de los 14 días comenzaron a emerger los adultos (Tabla II).

En el caso de las larvas transformadas en pupas, los síntomas de parasitismo comenzaron a manifestarse a partir de las 72 horas de transcurrida la infestación. Al disectar el material a las 120 horas se observó una mayor susceptibilidad a *H. indica* P2M en larvas del tercer instar de *A. suspensa* que en pupas.

En las pupas se observaron tres fenómenos: pupas parasitadas con desarrollo de *H. indica* en su interior, con juveniles infestivos muertos y con ausencia de juveniles, pero con síntomas característicos de una infección bacteriana.

Tabla 2. Comparación de cuatro dosis de *H. indica* P2M para el control de *A. suspensa*.

DOSIS	VALOR MEDIO TRANSFORMADO	VALOR MEDIO
Testigo	7,37	4,0 c
250 JI/ml	42,60	46,0 b
500 JI/ml	47,31	54,0 b
1000 JI/ml	78,94	94,0 a
2000 JI/ml	82,62	96,0 a

ES X=3.1 (Medias con letras comunes no difieren significativamente)

Estos resultados coinciden con los reportados por Beavers y Calkins (1984), quienes, en ensayos realizados para medir la efectividad de nematodos del género *Heterorhabditis* sobre diferentes estadios de moscas de la fruta, obtuvieron un porcentaje de mortalidad en larvas del tercer instar de *A. suspensa* entre un 78,7 % y un 86.6 %, detectándose mortalidad a las 24 horas después del tratamiento. En el presente estudio solo se obtuvo mortalidad a este tiempo con las dosis de 1 000 JI/ml y 2000 JI/ml.

Con las dosis más altas se obtuvo entre un 38 % – 42% de pupas con relación al total de individuos utilizados. Para las dosis más bajas, el rango de mortalidad para este estadio osciló entre 6 % – 8 %. No obstante, teniendo en cuenta el total de pupas transformadas, se obtuvo entre un 13 % – 88 % de parasitismo (Figura 7).

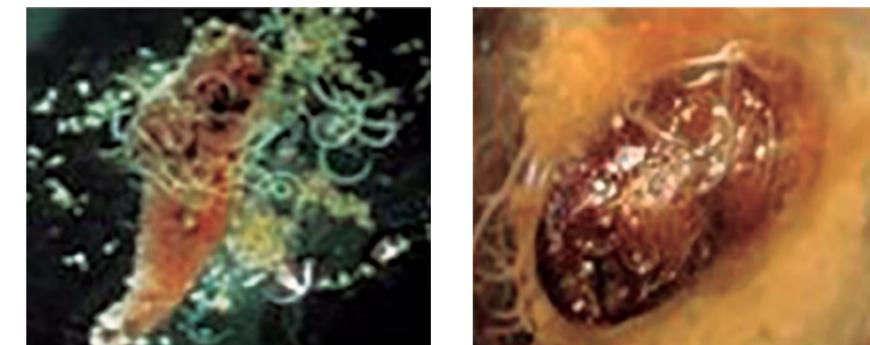


Fig.7. *Heterorhabditis indica* P2M afectando larvas de *Anastrepha* spp. Fuente: Gómez *et al.* (2005).

Valorando los resultados del presente estudio y conociendo la probada efectividad de *H. indica* P2M, en las condiciones de Cuba, sobre plagas con etapas de vida subterránea, su aplicación en las áreas de producción constituye una alternativa válida para el control de las moscas de la fruta en el país. Además, es importante tener en cuenta las ventajas que desde el punto de vista económico y ambiental representa el uso de métodos de control biológico, por su efectividad a largo plazo y por la no toxicidad de su uso.

Control químico

Un componente importante dentro del manejo integrado de plagas es el control químico que se efectúa a base de aspersiones de cebos envenenados. Las aplicaciones se deben realizar en bandas o franjas, alternando las hileras dirigidas a la parte superior del árbol, para reducir la afectación de este producto a los enemigos naturales. Se aconseja fumigar un metro cuadrado del follaje del árbol, especialmente de la parte más sombreada, lugar donde las moscas se encuentran con mayor fre-

cuencia. El cebo para fumigar debe estar compuesto de una parte de insecticida, más tres partes de atrayente alimenticio (proteína hidrolizada), más agua (Núñez y Pardo, 1989).

En las áreas donde la información del sistema de trapeo indique la presencia de poblaciones de moscas de la fruta (MTD=0,01), y en las áreas colindantes, la frecuencia de aplicación será de 10 días. Además, como otra alternativa, puede combinarse con el trapeo a mayor densidad (12 trampas/ha). Estas medidas surtirán un efecto favorable en la reducción de las afectaciones de la fruta en aproximadamente un 60 %. Posteriormente será calculado el MTD teniendo en cuenta las capturas obtenidas después del tratamiento. Es importante destacar que en la fórmula insecticida – cebo se sustituye la proteína hidrolizada por la dosis de 0,3 kg de levadura *Torula*.

Se realizarán dos aplicaciones de una mezcla de Malathion 57 % + proteína hidrolizada + agua (proporción: 1 L– 4 L: 90 L), en bandas alternas y con la frecuencia siguiente:

- 1er tratamiento: entre 35 – 40 días antes del inicio de la cosecha.
- 2do tratamiento: 15 días después del primero.

Es importante destacar que en la fórmula insecticida – cebo se sustituye la proteína hidrolizada por la dosis de 0,3 kg de levadura *Torula*.

Actualmente, otra alternativa viable es el uso de Spinosad, el cual es una mezcla de lactones macrocíclicos producidos naturalmente por una bacteria actinomiceta. La concentración actual del Spinosad utilizado por el programa en la fórmula del rocío de cebo es muy baja (0,008 %).

Para iniciar la cosecha de las áreas donde se realicen los tratamientos se tendrá en cuenta el término de carencia de este producto (CNSV, 2008).

Control cultural y mecánico

El control cultural se basa en la colecta de frutos maduros fisiológicamente, en estado de maduración previo al goteo y los caídos del árbol. Esta práctica garantiza una menor afectación de las moscas por la poca disponibilidad de frutos con condiciones para ser perforados.

5.2.6. PROGRAMA DE MITIGACIÓN DEL RIESGO PARA LA EXPORTACIÓN DEL MANGO EN CUBA

Para dar cumplimiento a las exigencias cuarentenarias de los países importadores y garantizar la detección rápida de estas plagas, se establece la aplicación oficialmente supervisada del sistema integrado de prácticas de mitigación de riesgo para *Anastrepha obliqua* y *A. suspensa*.

Este sistema se encuentra dentro del Programa de Protección Fitosanitaria para la Exportación de fruta fresca de mango originaria de la República de Cuba (CNSV.2008 MINAG). El mismo contiene los métodos y procedimientos establecidos, basado en un «protocolo de mitigación del riesgo» para su aplicación por las empresas productoras de mango del Grupo Agrícola (GAG) del Ministerio de la Agricultura de Cuba.

En este protocolo de mitigación del riesgo se establecen los procedimientos regulados para el trapeo, muestreo, registro y envío de la información según los plazos establecidos. Existe experiencia en Cuba en la aplicación de este protocolo para la mitigación del riesgo de ocurrencia de *Anastrepha* sp. para la exportación de cítricos con destino a la República de Argentina. Los resultados para la verificación y trazabilidad fueron excelentes obteniéndose la categoría de confiable (Borges *et al.*, 2020).

El desarrollo del protocolo de mitigación del riesgo consiste en:

- Mantener la vigilancia de las poblaciones de moscas de la fruta durante el año en la región de evaluación.
- Mantener la sanidad de la finca o parcela (eliminar plantas de otros huéspedes, eliminar árboles que presenten enfermedades fungosas, aislar huéspedes de la plaga tarjeteada y los frutos caídos en el suelo).
- Establecer tratamientos y registros de notas con datos sobre la vigilancia de cada finca/áreas de producción, capturas, y otras.

- Establecer vigilancia a viviendas colindantes a las áreas o fincas bajo monitoreo con árboles de fruta infestados; diseñar y colocar trampas.
- Establecer un protocolo de capacitación en cada campaña.

5.3. INSECTOS. COCOIDEOS

GUAGUA ROJA DE FLORIDA. *Chrysomphalus aonidum* (L.) (Hemiptera: Diaspididae)

Descripción

La escama de la hembra es circular o subcircular, un poco convexa, de 2 mm de diámetro. Está compuesta por tres anillos concéntricos que se corresponden con las diferentes mudas. El más pequeño es de color carmelita claro, el segundo carmelita rojizo, el último carmelita muy oscuro casi negro con fino borde claro. El cuerpo de la hembra adulta es achatado, redondeado y la parte posterior tiene forma de pera. Los estadios presentan un color amarillo pálido, cuando alcanza la madurez es de color amarillo, y llega a anaranjado en el margen posterior (Figura 8 A) (González *et al.*, 2015).

Daños

Se encuentra en las hojas y frutos, rara vez en ramas. Provoca áreas amarillentas sobre las hojas debajo de las escamas. Los árboles pueden defoliarse completamente, disminuyendo su vitalidad y productividad. Como consecuencia del ataque, los frutos no presentan un color uniforme (Figura 8 B y C) (González *et al.*, 2015).

Enemigos naturales

Esta plaga es controlada por himenópteros tales como *Aphytis chrysomphali* (Mercet) y *Aspidiotiphagus citrinus* (Howard) y hongos como *Nectria flammea* (Tul.) Dingley y *Pseudhomalopoda prima*.



Fig.8. *Chrysomphalus aonidum*. (A) hembras y machos, (B) en fruto, (C) en hoja. Fuente: González *et al.* (2015).

ESCAMA ROJA ESPAÑOLA. *Chrysomphalus dictyospermi* Morgan (L.) (Hemiptera: Diaspididae)

Descripción

La escama de la hembra es circular o subcircular, achatada, un poco convexa en el centro, con una coloración de carmelita rojiza a carmelita amarillenta, más oscura en la proximidad de la exuvia. Esta es ligeramente excéntrica, con la muda de la larva formando un botón saliente de color pardo oscuro. El color de la escama va haciéndose algo más claro hacia los bordes (Figura 9 A) (González *et al.*, 2015)

Daños

El insecto se encuentra en las hojas (Figura 9 B) y frutos, rara vez en las ramas. Provoca áreas amarillentas sobre las hojas debajo de las escamas. Los árboles pueden defoliarse completamente disminuyendo su vitalidad y productividad. Como consecuencia del ataque, los frutos no presentan un color uniforme (González *et al.*, 2009).

Enemigos naturales

Controlada por himenópteros, *Aphytis chrysomphali* (Mercet), *Aspidiotiphagus citrinus* Howard y *Aspidiotiphagus lounsburi* B. y P. (González *et al.*, 2009).

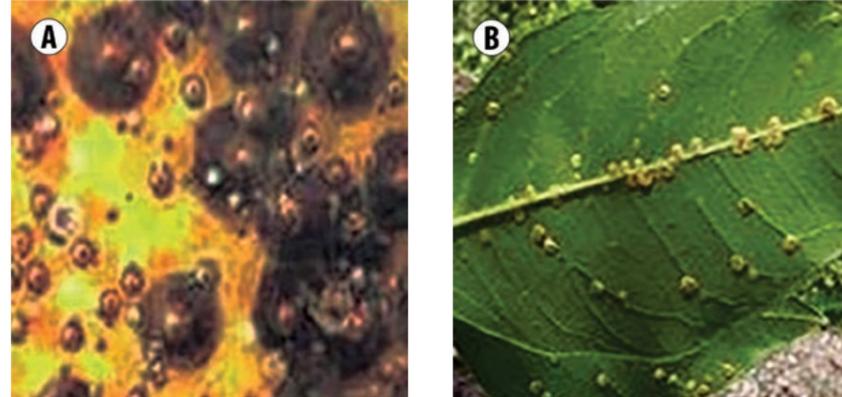


Fig.9. *Chrysomphalus dictyospermi*. (A) hembras adultas en fruto, (B) ninfas en hoja. Fuente: González *et al.* (2009).

5.3.3. GUAGUA COMÚN DEL COCOTERO. *Aspidiotus destructor* Signoret. (HEMIPTERA: DIASPIDIDAE)**Descripción**

El cuerpo de la hembra del insecto es de color amarillo brillante y de contorno casi circular, el escudo es transparente, ligeramente convexo, con el centro opaco. El escudo del macho es más pequeño, de contorno oval y de color rojizo. Los huevos de color amarillo, son depositados por la hembra alrededor de su cuerpo, debajo del escudo (Figura 10 A y B) (González *et al.*, 2015).

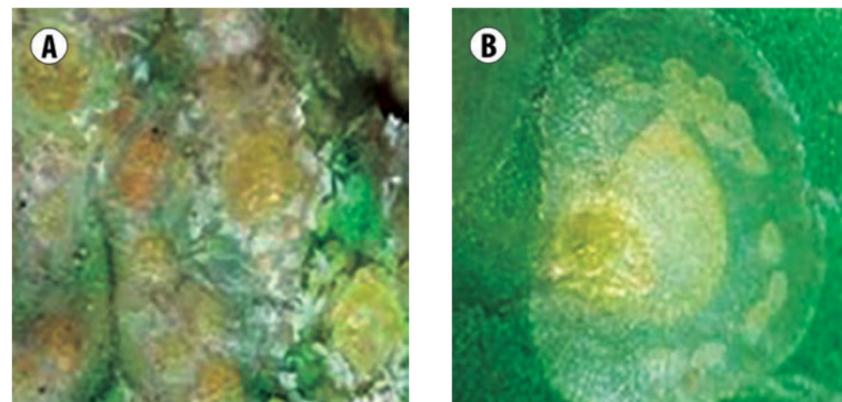


Fig.10. *Aspidiotus destructor*. (A) adulta con huevos, (B) huevos, ninfas y adulta. Fuente: Salahuddin *et al.* (2015),(2008).

Daños

El insecto se localiza a lo largo de las nervaduras en las hojas, preferentemente en el envés, infesta también los peciolo y las inflorescencias. Provoca daños por la extracción de jugos que realiza y la acción fitotóxica de la saliva que inocula. En las zonas de las hojas donde se fija se tornan amarillas y estas pueden llegar a caer (Figura 11). Afectan la formación del fruto, y en los frutos maduros producen manchas circulares de color castaño blanquecino (González *et al.*, 2015), (Figura 12).

Enemigos naturales

El parasitoide *Aphytis chrysomphali* (Mercet) (Chalcidoidea: Aphelinidae), los depredadores *Chilocorus cacti* (L.), *Exochumus cubensis* Dimm y *Thalassa flaviceps* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) y el hongo *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zera & Gams (González *et al.*, 2009).

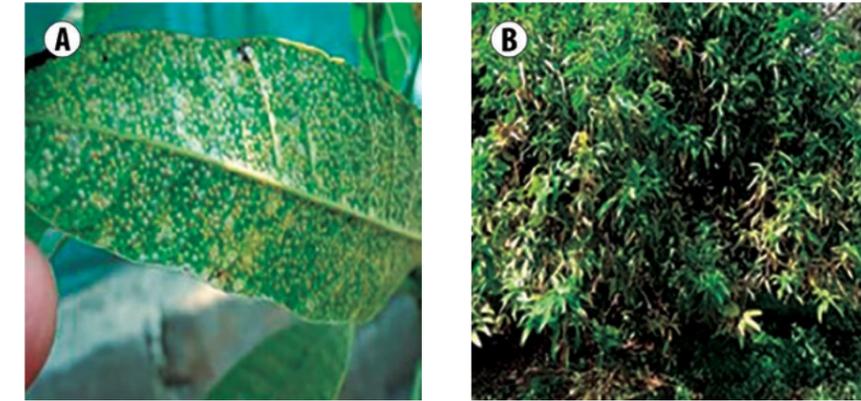


Fig.11. *Aspidiotus destructor*. (A) daño en hoja, (B) daño en la planta. Fuente: Salahuddin *et al.* (2015).



Fig.12. Daño de *Aspidiotus destructor* en frutos. Fuente Turakam *et al.* (2014).

5.3.4. GUAGUA DE HILO NEGRO *Ischnaspis longirostris* Signoret (HEMIPTERA: DIASPIDIDAE)**Descripción**

El cuerpo de la hembra es amarillo con la escama o escudo que la protege de forma alargada y de color negro brillante. El escudo es de 8 a 10 veces más largo que ancho, mide de 2 mm a 3,5 mm de largo. El tegumento es de color amarillo pálido a marrón y usualmente visible por los bordes del escudo. Los huevos son de color naranja y los migrantes amarillos. Se reproduce por partenogénesis, porque los machos son desconocidos (Figura 13) (Espinosa *et al.*, 2019).

Daños

Se alimenta de las hojas, peciolo y frutos. En la hoja se encuentra paralelamente en las nerviaciones de las hojas, por el envés de estas. Al fijarse en los órganos que prefieren en los árboles, provocan clorosis por la extracción de savia, y la acción fitotóxica de la saliva que inoculan. En infestaciones fuertes provocan caída de hojas y pérdidas productivas (Espinosa *et al.*, 2019).



Fig.13. Hembras de *Ischnaspis longirostris*. Fuente: Espinosa *et al.* (2019).

Enemigos naturales

Este diaspídido es controlado por los parasitoides *Aphytis chrysomphali* (Mercet) y *Aspidiotiphagus lounsburyi*. B. y P (Chalcidoidea: Aphelinidae) y por el ácaro depredador *Cheletogenes ornatus* (Acarina: Cheyletidae).

Daños

Se alimenta de las hojas, peciolo y frutos. En la hoja se encuentra paralelamente en las nervaduras de las hojas, por el envés de estas. Al fijarse en los órganos que prefieren en los árboles, provocan clorosis por la extracción de savia, y la acción fitotóxica de la saliva que inoculan. En infestaciones fuertes provocan caída de hojas y pérdidas productivas (Espinosa *et al.*, 2019).

Enemigos naturales

Este diaspídido es controlado por los parasitoides *Aphytis chrysomphali* (Mercet) y *Aspidiotiphagus lounsburyi*. B. y P (Chalcidoidea: Aphelinidae) y por el ácaro depredador *Cheletogenes ornatus* (Acarina: Cheyletidae).

5.3.5. GUAGUA PIRIFORME. *Protopulvinaria pyriformis* Cockerell (HEMIPTERA: COCCIDAE)

Descripción

La hembra adulta del insecto tiene forma triangular a piriforme y es aplanada lateralmente. Su cuerpo es de color pardo amarillento. Cuando comienza la ovoposición, se observa por los bordes una secreción cerosa blanca, al tiempo que su coloración se torna pardo oscura (Figura 14). Las ninfas se ubican preferentemente en el envés de las hojas, cercanas a la nervadura. Son móviles en todos sus estados de desarrollo, y tienen un aspecto aplanado, casi transparente (González *et al.*, 2017).

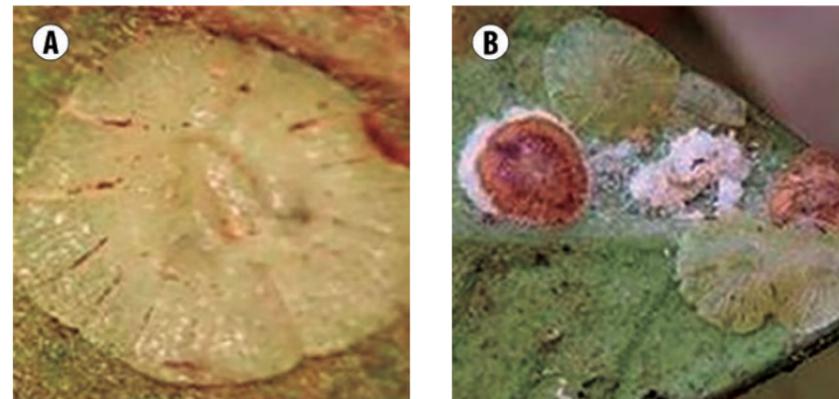


Fig.14. Hembra adulta (A y B) de *Protopulvinaria pyriformis*. Fuente: González *et al.* (2009).

Daños

Las hojas se afectan cuando el insecto succiona la savia e inocula sustancias fitotóxicas con la saliva. Pueden formar densas poblaciones que llegan a debilitar los árboles, producir la caída prematura de hojas muy infestadas y una disminución de los rendimientos. Por la secreción de miel de rocío, provoca la formación de fumagina, que puede manchar ramas y frutos (Herrera y Narrea, 2011).

Enemigos naturales

Los parasitoides *Microterys flavus* (Howard) y *Metaphycus* spp. y los depredadores *Chilocorus bipustulatus* L. y *Scymnus flavicollis* Redt controlan esta plaga.

5.3.6. GUAGUA VERDE. *Coccus viridis* (Green) (HEMIPTERA: COCCIDAE)

Descripción

Son de color verde claro, por lo que se hacen poco visibles en las hojas. Tienen forma aplanada, convexa, con la U que las caracteriza dorsalmente, y están recubiertas por una fina capa de laca. Pueden alcanzar de 2,5 mm a 3 mm de longitud (Figura 15) (González *et al.*, 2009).

Daños

Tanto las ninfas como los adultos ocasionan daños al extraer de los árboles la savia con la cual se alimentan y le producen debilitamiento, pérdida de hojas, reducción en el desarrollo y en el rendimiento; además, excretan miel de rocío, la cual facilita el incremento de la fumagina. Se fijan en ambas superficies de las hojas, pero en mayor número en el envés y a lo largo de la nervadura principal. También atacan a las ramas tiernas y a los frutos, especialmente, en la base de estos (González *et al.*, 2009).

Enemigos naturales

La parasitan himenópteros de las familias Encyrtidae, Eulophidae y Aphelinidae como *Cocophagus pulvinaria* (Comp.) y el hongo *Lecanicillium lecanii* Zera & Gams.

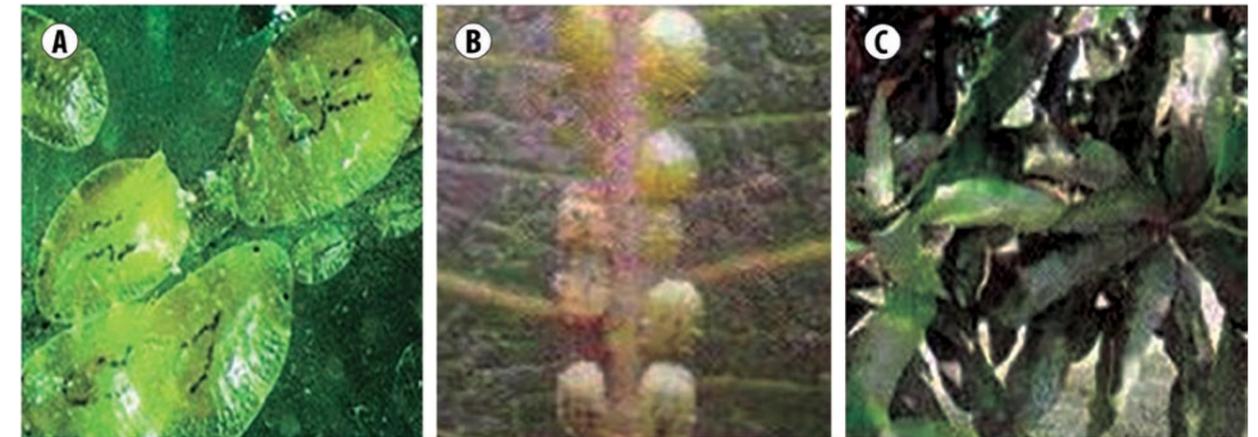


Fig.15. *Coccus viridis*. (A y B) hembras y ninfas, (C) daños en el follaje. Fuente: González *et al.* (2009); Kondo (2010).

5.3.7. GUAGUA ESCULETE DEL MANGO. *Milviscutulus mangiferae* (Green) (HEMIPTERA: COCCIDAE)

Descripción

Tienen el cuerpo de forma triangular, aplastado ligeramente; converso en vista lateral, de coloración verde amarillo en hembras jóvenes y marrón en hembras adultas (Figura 16). Presentan manchas de color marrón rojizo en su suave cuerpo sin bordes de secreción cerosa. Los machos usualmente están ausentes. Los huevos son depositados bajo el cuerpo de la hembra (ScaleNet, 2008),

Daños

Se desarrollan fundamentalmente en las hojas (Figura 16). Las poblaciones pueden ser numerosas y provocan daños directos por la succión de grandes cantidades de savia que pueden debilitar a los árboles. Segregan abundante miel de rocío que se esparce sobre las hojas y sirve de sustrato al hongo *Capnodium*. Al desarrollarse, el hongo cubre las hojas con una fina película negra (fumagina) que les impide llevar a cabo la función de fotosíntesis (González *et al.*, 2015).

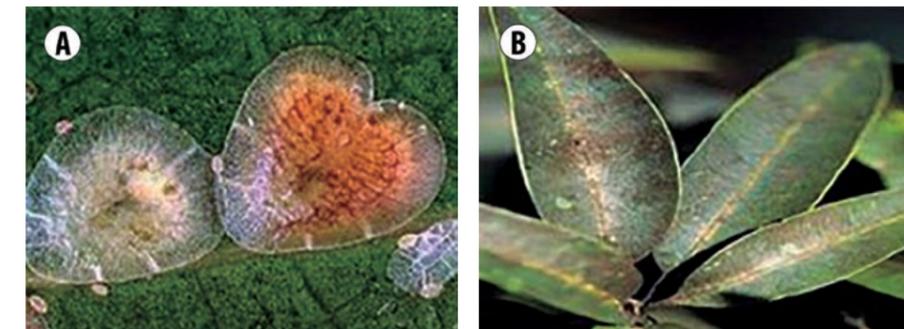


Fig.16. *Milviscutulus mangiferae*. (A) hembra joven y adulta, (B) daño en hojas. Fotos tomadas por Jorge L. Rodríguez Tapia.

Enemigos naturales

Es controlada por los himenópteros *Aneristus ceroplastae* How., *A. mangiferae* Dossier (Chalcidoidea: Eulophidae), *Thysanus fasciatus* (Gir.) (Chalcidoidea: Thysanidae), y *Gahaniella saissetiae* Tim. (Chalcidoidea: Encyrtidae). La controlan también hongos como *Lecanicillium lecanii* Zera & Gams.

5.3.8. CHINCHE HARINOSA RABILARGA. *Pseudococcus longispinus* (Targioni) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

Descripción

El cuerpo de la hembra tiene forma suboval, de color amarillo, y está cubierto de abundante cera con 17 pares de filamentos cerosos alrededor del cuerpo, más uno impar en la cabeza. El par de filamentos anales es muy largo, el penúltimo es también largo, pero más corto que el anterior. Los filamentos marginales y cefálicos poseen igual longitud. La hembra adulta pone los huevos en una masa irregular de cera detrás de su cuerpo, de donde salen los migrantes amarillentos. Es una especie ovovivípara. El macho es de color ladrillo. Por lo general se encuentra formando colonias en el haz de las hojas (Figura 17) (González *et al.*, 2015).

Daños

Causa daños por la extracción de savia, por la acción mecánica de las picaduras y por la acción tóxica de la saliva inyectada a los tejidos. Como consecuencia se produce el amarillamiento de las partes verdes. Cuando el ataque es fuerte, las plantas se atrofian y los frutos pueden caer prematuramente. En las frutas, ocasionan manchas cloróticas. Las partes de los árboles afectadas por la plaga quedan cubiertas por secreciones muy intensas de miel de rocío, en las que se forma una capa más o menos considerable de fumagina, producida por el hongo *Capnodium citri* Berk et Desm., que obstaculizan las funciones fisiológicas como la respiración, la transpiración y la fotosíntesis. La presencia de la miel de rocío también atrae las hormigas, las que protegen a esta plaga y provocan también daños directos (González *et al.*, 2015).

Enemigos naturales

Controlada por *Leptomastix abnormis* Girault (Hymenoptera: Encyrtidae), *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Coleoptera: Coccinellidae).

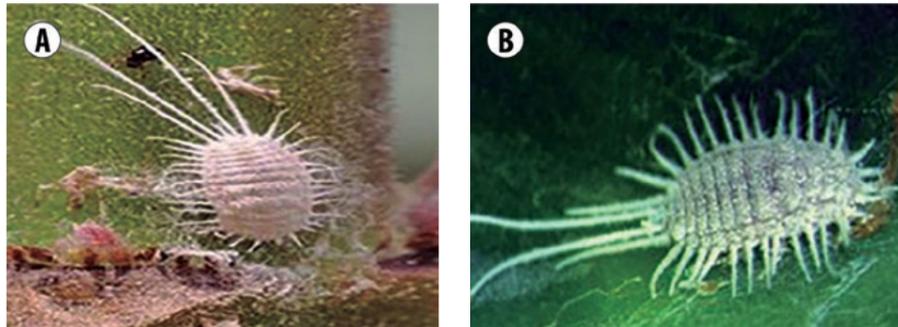


Fig. 17. *Pseudococcus longispinus*. (A y B) hembras adultas. Fuente: González *et al.*, (2009).

5.3.9. MANEJO DE COCOIDEOS

De acuerdo con González (2000) se recomienda para el manejo de cocoideos:

- Monitorear permanentemente la plaga y sus enemigos naturales.
- Los cocoideos poseen numerosos enemigos naturales. Sus hábitos sedentarios y su distribución en colonias les permiten constituir poblaciones densas, susceptibles al ataque de depredadores (coccinélidos, ácaros y crisopidos), parasitoides himenópteros y hongos entomopatógenos.
- Los enemigos naturales (depredadores, parasitoides y hongos entomopatógenos) pueden suprimir poblaciones de cocoideos lo suficiente como para que la utilización de insecticidas sea innecesaria). Verificar si hay signos de parasitismo (orificio de salida del parasitoide) o de depredación (daños irregulares de las escamas)

- Aplicar regularmente riego (son susceptibles a los hongos entomopatógenos cuando la humedad relativa es alta).
- Aplicar agua jabonosa sobre cocoideos, porque facilita el control de estos insectos y la permanencia de los biorreguladores.
- Favorecer el establecimiento de enemigos naturales.
- Si las poblaciones de estos insectos son elevadas y los enemigos naturales están ausentes, se deben aplicar insecticidas como aceite mineral [Rocio Spray CE 80 a 0,5 % – 1,5 % PC], dimetoato [Rogor L 40 a 0,04 % i.a.] y etion [Sierra CE 50 a 0,05 % – 0,075 %]
- La señal de aplicación se emitirá en presencia de las fases susceptibles del insecto (hembras en reproducción y migrantes)
- Algunas especies de cocoideos están muy asociadas con las hormigas, y una forma de controlarlos es aplicándoles insecticidas a las hormigas, en los hormigueros y en la base del árbol.
- Podar, cortar y quemar los restos, asegura un mejor control de cocoideos en general.

5.4. INSECTOS. TRIPS

5.4.1. TRIPS DE CINTA ROJA. *Selenotrips rubrocinctus* (Giard.) (Thysanoptera: Triphidae)

Descripción

El adulto del trips de Cinta Roja es pequeño, de color pardo oscuro a negro. La hembra vive siete semanas y pone 25 huevecillos por separado dentro del tejido, en el envés de las hojas. Los estados inmaduros (ninfas) son de color amarillo con los primeros segmentos abdominales de color rojo, el abdomen es curvado hacia arriba (Figura 18 A, B y C) (Peña, 2008, Pérez *et al.*, 2009).

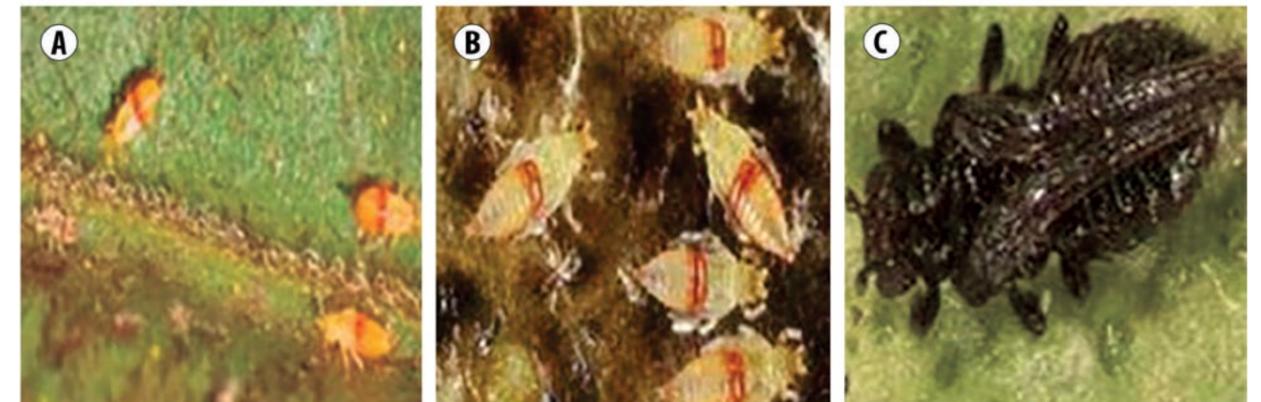


Fig. 18. *Selenotrips rubrocinctus*. (A) ninfas, (B) pupas, (C) adulto. Fotos tomadas por Jorge L. Rodríguez Tapia

Daños

Se alimentan tanto del follaje como de los frutos. En las hojas casi siempre se encuentran en el envés, pero también pueden hacerlo en el haz, caracterizándose por la presencia de fecas de color marrón. La porción que se encuentra afectada por este insecto, se torna de color cobrizo, con una gran cantidad de excreciones. Si las poblaciones son muy altas las hojas afectadas se doblan. Su alimentación en la fruta produce un síntoma de acorchamiento, seguido por agrietamiento y finalmente pudrición. Estos trips parecen preferir los frutos grandes y maduros. Regularmente las infestaciones se producen en el área de contacto entre dos frutos contiguos (Figura 19) (Peña, 2008).

Enemigos naturales

Los depredadores *Franklinothrips vespiformis* (D.L. Crawford) y *Leptothrips macrocellatus* (Watson) (Wysoki *et al.*, 2002).



Fig. 19. Daños por *Selenotrips rubrocinctus* en fruto. Fuente: Arce *et al.* (2019).

5.4.2. TRIPS DEL GÉNERO *Frankliniella*

Descripción

De acuerdo con Suris y González (2008), las especies de trips *Frankliniella kellyae* Sakimura y *Frankliniella wiliamse* Hood (Thysanoptera: Thripidae) también hospedan el cultivo del mango, aunque sin importancia para este.

Daños

Los trips del género *Frankliniella* realizan la puesta en las flores, alimentándose de los nectarios y anteras. Se alimentan de las hojas, tanto jóvenes como viejas, y de los frutos jóvenes y maduros. Sus síntomas se caracterizan por la aparición de numerosas manchas negras y brillantes en hojas y frutos. Normalmente se alimentan en el envés de la hoja, produciendo manchas herrumbrosas y hojas con bordes retorcidos. También causan lesiones de color grisáceo en los frutos. Aunque las lesiones son superficiales y no afectan a la pulpa, los frutos pierden la calidad para ser exportados.

5.4.3. MANEJO DE LOS TRIPS

De acuerdo con Martínez *et al.*, 2014, se recomienda para el manejo de trips:

- Realizar monitoreos permanentes: sacudir flores o follaje de la planta sobre una superficie de color claro para determinar la presencia de trips.
- Controlar las malezas en el ruedo del árbol y en la calle, ya que muchas de ellas representan fuentes alternativas de alimento.
- Realizar poda para la eliminación de órganos infestados del árbol.
- Además, se deben realizar riegos frecuentes, e incrementar la humedad si hay alta infestación.
- Es preferible evitar al máximo la aplicación de productos químicos, ya que puede generar problemas de resistencia, eliminar a los enemigos naturales y contaminar el ambiente.
- El control químico solo se recomienda en áreas donde las poblaciones de trips son muy altas y los enemigos naturales están ausentes.
- En caso necesario se pueden realizar una o dos aplicaciones de 1,5 litros de diazinón 60 % EC por hectárea, 1,0 litros de malatión 1000 E al 80 %.
- La primera aplicación se realiza cuando los árboles tengan un 15 % de floración y la segunda aplicación cuando los frutos tengan el tamaño de una canica.

5.5. INSECTOS. DíPTEROS

5.5.1. MOSCA DE LA FLORACIÓN O MOSCA DE LA AGALLA DEL MANGO. *Procontarinia mangiferae* Felt (Diptera: Cecidomyiidae)

Descripción

Las larvas de este díptero se desarrollan entre 6 a 13 días. El primer estado larval migra hasta el interior del tejido tierno de hojas y brotes, florales del mango, donde se alimenta y desarrolla. Al inicio la larva es de coloración blanca y luego se torna de color amarillo. Las pupas son de coloración amarilla, con una forma corta, ovalada y un largo alrededor de 1,4 mm. Los adultos en la cabeza presentan de siete a ocho facetas largas en el vértice (Figura 20). El frons con cuatro o cinco setas. El palpo posee cuatro segmentos, el primero ligeramente más largo que ancho. Las antenas poseen 14 segmentos. Las alas de las hembras ligeramente más largas que la de los machos (Amouroux, 2013, Rodríguez *et al.*, 2018).

Daños

Los daños se limitan a los brotes, hojas jóvenes y panículas florales (Figura 21). En las hojas jóvenes y brotes florales el daño es ocasionado por la larva del díptero que se alimenta del tejido y crea una agalla de pequeño tamaño, de forma redondeada y globosa, debido a la presencia de la larva en su interior. Estas agallas, al inicio, son de color verde con bordes amarillos, luego se tornan marrones y llegan a unirse entre ellas cuando la infestación es alta, ocasionando la deformación de los brotes. Cuando el ataque es severo, ocasionan la necrosis del órgano afectado del árbol. Los daños producidos por la alimentación de las larvas favorecen la entrada para las infecciones por hongos y pueden ser confundidos con la antracnosis causada por *Glomerella cingulata* (Rodríguez *et al.*, 2018).



Fig.20. *Procontarinia mangiferae*. (A) larva, (B) pupa, (C) adulto. Fotos tomadas por Jorge L. Rodríguez Tapia.

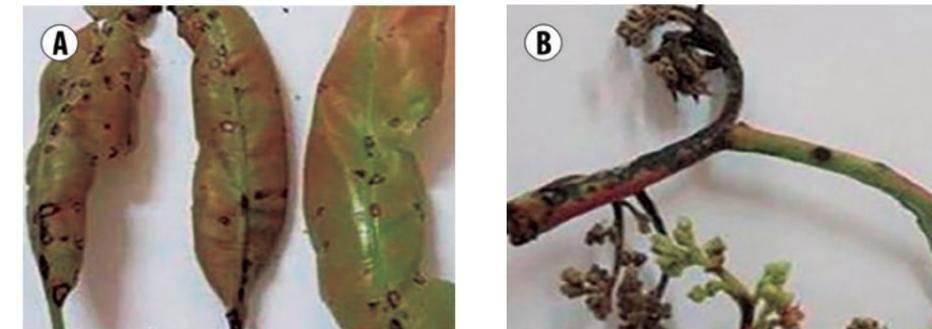


Fig.21. *Procontarinia mangiferae*. (A) daños en hojas jóvenes, (B) brotes florales. Fotos tomadas por Jorge L. Rodríguez Tapia.

Enemigos naturales

Los parasitoides *Platygaster* sp. e *Inostemma* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae), controlan esta plaga.

V.5.2. MANEJO DE LOS DIPTEROS

De acuerdo con Amouroux (2013) se recomienda para el manejo de *P. mangiferae*:

- Definir si está dirigido sobre las larvas, los adultos o el cultivo.
- Realizar prácticas culturales, como la poda y eliminación de sus restos, sincronizar el período de floración del cultivo.
- Favorecer la permanencia de los parasitoides himenópteros (coberturas a base plantas con flores que permitan la alimentación de los adultos de estos biorreguladores).
- Emplear tratamientos a base de hongos o nematodos entomopatógenos.
- Emplear tratamientos con insecticidas, teniendo en cuenta el momento óptimo para controlar las larvas y los adultos.

5.6. INSECTOS. ALEURÓDIDOS

5.6.1. MOSCA PRIETA DE LOS CÍTRICOS. *Aleurocanthus woglumi* Ashby (Hemiptera: Aleurodidae)

Descripción

El insecto adulto es pequeño, de coloración azul pizarra, con una banda blanca transversal en el centro del dorso, mientras que sobre las alas presenta una mancha blanco grisácea. Este insecto se reproduce sexualmente y es una especie ovípara. Deposita sus huevos en el envés de las hojas y los dispone en forma de espiral o media luna. La hembra puede ovipositar 100 huevos como promedio.

En cada espiral se pueden contar más de 30 huevos, los cuales inicialmente son de color amarillento y luego, cuando están cerca del periodo de eclosión, son marrón oscuro. Las pupas son de color negro brillante, tienen bordes cerosos, poseen 26 pares de cerdas en el dorso y presentan el aparato bucal atrofiado (Figura 22) (González *et al.*, 2015).

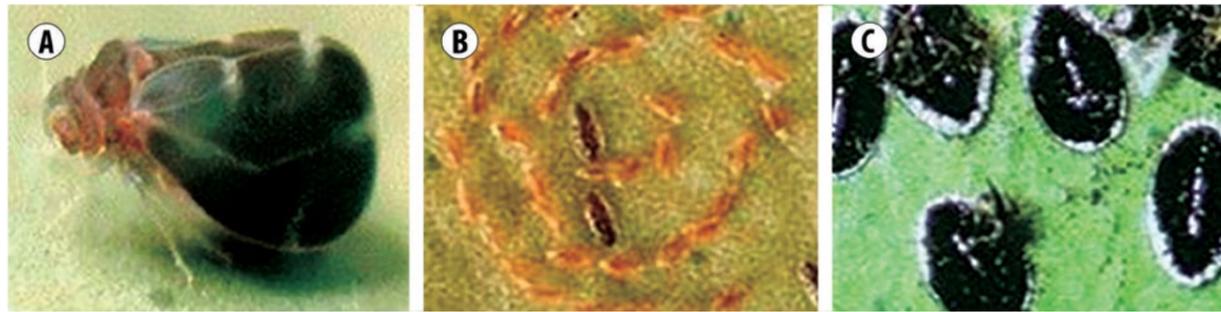


Fig.22. *Aleurocanthus woglumi*. (A) adulto, (B) huevos, (C) pupas. Fuente: González *et al.* (2009).

Daños

Los estadios larvarios y adultos extraen la savia provocando que las plantas atacadas se debiliten. Las excreciones azucaradas de las larvas contribuyen al desarrollo de la fumagina y con ello a una deficiente actividad fotosintética, la disminución de la producción, así como una mala apariencia externa de los frutos (González *et al.*, 2009).

Enemigos naturales

Depredadores *Delphastus pallidus*, *D. pusillus* y *Cycloneda sanguinea*, parasitoides himenópteros: *Encarsia cubensis*, *Eretmocerus californicus*, *Euderomphale aleurothrix* y hongos entomopatógenos como *Aschersonia aleyrodis* y *A. goldiana*.

V.6.2. MANEJO DE ALEURÓDIDOS

De acuerdo con González *et al.* (2009), se recomienda para el manejo de *A. woglumi*.

- Mantener el monitoreo de la plaga y de sus biorreguladores.
- Suprimir el uso de productos altamente tóxicos que afectan los biorreguladores.
- Realizar las atenciones culturales como poda, limpia de las áreas colindantes, y el saneamiento.
- Aplicar productos químicos como aceite mineral [Rocio Spray CE 80 y Citrole CE 97 a 0,5 % – 1,5 % PC], alternándolos según la fenología del cultivo (brotaciones florales o vegetativas).

5.7. INSECTOS. ESCOLÍTIDOS

5.7.1. BROCA DEL MANGO *Hypocryphalus mangiferae* (Stebbing) (Coleoptera: Scolytidae)

Descripción

Los huevos son cilíndricos, de color crema blanco brillante. Las larvas al eclosionar son pequeñas, sin patas, cilíndricas, de color blanco cremoso, con cápsula de la cabeza amarillenta. Las pupas son suaves, de color blanco cremoso, con mayor ancho que largo. Los adultos, al eclosionar, son de color blanco y durante el proceso de esclerotización cambian la coloración a marrón claro. La longitud del cuerpo de los adultos es 1,6 a 1,9 mm, son cilíndricos con pelos erectos en toda su superficie corporal, presentan pronotum marrón oscuro brillante y punzado (Masod *et al.*, 2009) (Figura 23).



Fig.23. *Hypocryphalus mangiferae* Fuente: Masod *et al.* (2009).

Daños

El ataque de *H. mangiferae* se inicia a través de las ramas jóvenes, donde el insecto penetra en la cicatriz de inserción de las hojas y no a través de la corteza. Inicialmente, como síntoma de la invasión, aparece una exudación de goma. El progreso del ataque, en la mayoría de los casos, se efectúa de las ramas más finas en dirección al tronco, pero las galerías están restringidas a la corteza (floema) y no llegan al xilema; son cortas y contienen los huevos que han ovipositado las hembras. Es considerada, en muchos países productores de mango, como una plaga muy destructiva por su rol como vector de la enfermedad conocida como «seca», «muerte súbita» o «declinamiento repentino del mango», causada por el hongo *Ceratocystis fimbriata*, Ell. & Halst. (Rocha Da Silva (2006). En Cuba este insecto no representa un problema para el cultivo del mango, porque la enfermedad no está presente.

5.7.2. MANEJO DE ESCOLÍTIDOS

Para minimizar el riesgo y los daños causados por *H. mangiferae*, Saeed *et al.* (2010), recomiendan:

- Desarrollar un sistema de manejo integrado.
- Utilizar riego controlado.
- Emplear una fertilización adecuada, remover y eliminar árboles y ramas infectadas para evitar la presencia del insecto.
- Utilizar atrayentes (instalando troncos sanos cerca de árboles con síntomas que permiten el monitoreo control de la población plaga en el cultivo de mango)
- Aplicar insecticidas como Clorpirifos 0,100 L/100 L, Imidacloprid 0,100 L/100L y Spinosad 0,025 L/100 L antes de la emergencia de los adultos.

5.8. ÁCAROS

5.8.1. ÁCARO ROJO DEL AGUACATEO *Olygonichus yothersi* McGregor (Acari: Tetranychidae)

Descripción

Los huevos son globosos, de color ámbar con pedicelo en el ápice, luego se tornan rojos (Figura 24 A). La hembra adulta del insecto es de forma oval y algo globosa, color anaranjado en el tercio anterior y rojo negruzco en el resto. Posee doce pares de setas caudales de color blanco y patas del mismo color en el tercio anterior del cuerpo, y setas blancas. El macho es más pequeño, delgado y de color pálido con patas más largas que la hembra y con las mismas características de setas. Los huevos son globosos, ambarinos con manchas oscuras y un débil pedicelo dorsal blanco. Se depositan de forma aislada a lo largo de la nervadura superior de la hoja (Figura 24 A y B) (León, 2003).

Daños

Las colonias del insecto se desarrollan en la cara superior o haz de las hojas, junto a las nervaduras. Provocan decoloración del área foliar afectada, que posteriormente se torna de color café rojizo en la zona de la nervadura central. Si la población alcanza niveles muy altos, los ácaros se dispersan a hojas jóvenes y frutos y pueden causar defoliación parcial en el árbol (Figura 24C) (León, 2003; Mesa *et al.*, 2010).



Fig.24. *Olygonichus yothersi* Mc Gregor. (A) huevos, (B) adultos, (C) daños en hoja. Fuente: (A y B) Olivares (2017), (C) Mesa *et al.* (2010).

Enemigos naturales

Parastethorus histrio Chazeau (Coleoptera: Coccinellidae) y *Oligota pygmaea* Solier (Coleoptera: Staphylinidae).

5.8.2. ÁCARO DE LA YEMA DEL MANGO. *Aceria mangiferae* Sayed (Acari: Eriophyidae)

Descripción

Los huevos son blancos, ligeramente ovalados. El cuerpo de la hembra adulta es vermiforme y poco curvado, de color amarillento. Poseen un gnatosoma dirigido hacia abajo, un escudo prodorsal de forma subtriangular, con un pequeño lóbulo el cual es la base de los quelíceros. En la placa dorsal se marcan dos hileras de estrías en medio de sus setas dorsales. Los segmentos del cuerpo son de igual tamaño en su parte dorsal y en su parte ventral (Figura 25) (Ochoa et al., 1990).



Fig.25. Adultos de *Aceria mangiferae*. Fuente: Peña y Ferragut (1994).

Daños

Pueden localizarse en hojas, yemas tiernas e inflorescencias. Producen una distorsión de las hojas y crecimiento en forma de agujetas, y provocan la lesión conocida como «escoba de bruja» debido a la proliferación múltiple de yemas y distorsión y aborto de las flores. En estas causan malformaciones e inflorescencias que se toman infértiles, macizas y permanecen por bastante tiempo en el árbol en forma de puchas (ramos) oscuras. La planta se muestra raquítica y con la copa mal estructurada. La presencia de brotes malformados es más frecuente en viveros y plantaciones jóvenes (Ramos y Rodríguez, 2017) (Figura 26).



Fig.26. Daños de *Aceria mangiferae*. (A) en brotes, (B) en flores. Fuente: Miranda (2015).

Enemigos naturales

Los ácaros depredadores *Euseius hibisci* (Chant) y *Agistemus* sp. y el hongo *Hirsutella thompsonii* Fisher.

5.8.3. MANEJO DE ÁCAROS

De acuerdo con Ripa et al. (2007) y Mesa et al. (2010) se recomienda para el manejo de los ácaros:

- Monitorear periódicamente los árboles.
- Utilizar el control biológico en infestaciones del 25 % al 50 % de las hojas (sueltas de depredadores y aplicación de *H. thompsonii* (1010 conidios/planta)).
- Aplicar productos químicos tales como:
 - Etion 0,05 % – 0,075 % [Sierra CE 50] + 1 % de aceite mineral [Rocio Spray CE 80] en árboles menores de cinco años, si el 60 % del follaje presenta bronceado.
 - Abamectina a 0,3 L/ha – 0,6 L/haL PC [Abamectine CE 1,8] mezclado con aceite mineral [Rocio Spray CE 80] si hay frutos en período de infestación.
 - Neorón 500 E.C. (dosis 0,01 % P.C), Dicofol 20 % E.C. (dosis de 0,15 % P.C),

5.9. BIBLIOGRAFÍA

- Aluja, S. M. 1993. Manejo integrado de moscas de la fruta (Diptera: Tephritidae). SARH. Programa mosca del Mediterráneo. México. pp. 241.
- Aluja M. and J. Rull. 2009. Managing pestiferous fruit flies (Diptera: Tephritidae) through environmental manipulation. In: Aluja, M., Leskey, T.C. & Vincent, C. (Eds.), Biorational tree-fruit pest management. CAB International, Wallingford, UK. pp. 171–213
- Amouroux, P. 2013. Bio-ecology population dynamics of mango gail midge, (*Procontarinia mangiferae* Felt), a specific mango pest, in order to develop Integrated Pest Management strategies Tesis. Biodiversite et Ecologie. Université de la Réunion Français. pp. 187. Tomado de <https://www.researchgate.net/publication/286268253>. Recuperado el 10 de diciembre de 2020.
- Arce, B., Granda, C., Javier, J., y C. San Martín. 2019. Manejo integrado del cultivo de mango 'Kent'. INIA Estación Experimental Agraria El Chira Ministerio de Agricultura y Riego. Perú. pp. 90
- Beavers, J. B., C. O. Calkins. 1984. Susceptibility of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) to Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes in Laboratory Studies. *Environ. Entomol.* 13:137–139.
- Borges, M. 1999. Importancia de las moscas fruteras en la fruticultura americana. *RELAFRUT. Carta Circular.* 1. pp. 7–9.
- Borges, M., A. Beltrán; O. Otero; D. Rodríguez; M. Gómez; D. Hernández; J. L. Rodríguez; I. Cáceres; T. Mulkay; T. Castro-López; L. Ayra y A. Paumier. 2003. Contribución a la Estrategia de Manejo de las Moscas de la fruta en el contexto de la fruticultura cubana. Trabajo presentado en opción al Premio a Organismo. MINAGRI. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
- Borges, M., A. Beltrán, T. Mulkay, J. L. Rodríguez, D. Hernández y A. Paumier. 2011. The Cuban experiences on monitoring and management of *Anastrepha* sp. (Diptera: Tephritidae) fruit flies in mango (*Mangifera indica*) and guava (*Psidium guajava*) orchards. In: Proceedings of the Eight International Symposium of Fruit Flies of Economic Importance (ISFFEI), B. Sabater-Muñoz, V. Navarro & A. Urbanej (Eds.) Universitat Politècnica De Valencia, Valencia, Spain. pp. 206–211.
- Borges, M., M. Pineda y A. Beltrán. 2012. Primer informe de *Utetes anastrephae* (Viereck) Hymenoptera: Braconidae:(Opiinae) en Cuba, parasitoide de larvas de *Anastrepha suspensa* Loew y *Anastrepha obliqua* Mcquart en guayabo (*Psidium guajava* L.) y mango (*Mangifera indica* L.). *CitriFrut.* 29 (1): 65 – 66.
- Borges, M, M. Rodríguez, D. Hernández y J. L. Rodríguez. 2015. Reforzamiento de la vigilancia fitosanitaria de las moscas de la fruta *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae) en el contexto del nuevo escenario de la fruticultura cubana. *Rev. Protección Veg.* Vol. 30 supl. 1. La Habana.
- Borges, M, D. Rodríguez, M. Rodríguez Rubial, B. Sabater-Muñoz, D. Hernández Espinosa y J. L. Rodríguez Tapia. 2016. A review on the Tephritid fruit flies of economic interest in Cuba: species, plant hosts, surveillance methods and management program implementation. Proceedings of the 9th ISFFEI – ISBN: 978–616–358–207–2.
- Borges, M.I. 2019. Manejo Agroecológico de Plagas. *CitriFrut* 36(1): 3–11.
- Borges, M., Rodríguez, R. Estévez y B. Sabater-Munoyos. 2020. Implementation of an *Anastrepha* spp. Risk-Mitigation Protocol for the Mango Export Industry in Cuba. (Chapter 24)- Section VII Book Area-Wide integrated Pest Management and Action Programs CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, FL 33487–2742 © 2020 by Taylor & Francis Group, USA.
- Bruner, S., L. C. Scaramuzza y A. R. Otero. 1975 Catálogo de los insectos que atacan a las plantas económicas de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Segunda Edición. P. 275 y 326.
- Bruce R., J. B. Arce Calle, C. A. Granda Wong y J. Alva, C. E. San Martín Zapata. 2019. Manual: Manejo Integrado del Cultivo de Mango Kent. Primera Edición: Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA Av. La Molina 1981, Lima1 – Perú / www.inia.gob.pe.

- CABI/EPPO. 2012. *Anastrepha suspensa*. Distribution Maps of Plant Pests. No 627. Washington. UK, CAB International.
- Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV). 2002. Programa de Defensa contra las Moscas de la Fruta, Ministerio de la Agricultura. Cuba.
- Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV). 2008. Revisión del Programa de Defensa contra las moscas de la fruta. Ministerio de la Agricultura. Cuba.
- Dutky, S.R., J.V. Thompson y G.E. Cantwell. 1964. A technique for the mass propagation of the DD-136 nematode. *J. Insect. Pathol.* 6: 467–473.
- Espinosa, A.; Hodges, A.; Hodges, G.; Mannion and C. *Ischnaspis longistrostris*. 2019. Entomology Nematology EENY – 450 UF Extension IFAS.
- Fernández A.M., D. Rodríguez y V. Hernández – Ortiz. 1997. Notas sobre el género *Anastrepha* Schiner en Cuba con descripción de una nueva especie (Diptera: Tephritidae). *Folia Entomológica Mexicana* 99: 29 –36.
- Fischer–Le Saux, M., V. Viillard, B. Brunel, P. Normand and N.E. Boemare. 1999. Polyphasic classification of the genus *Photographus* and proposal of new taxa: *P. luminescens* subsp. *luminescens* subsp. nov., *P. luminescens* subsp. *akhurstii* subsp. nov., *P. luminescens* subsp. *laumondii* subsp. nov., *P. temperata* sp. nov., *P. temperata* subsp. *temperata* subsp. nov., y *P. asymbiotica* sp. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 49: 1645–1656.
- Gómez M, A. Beltrán, M. Borges, M. Montes, L. Rodríguez y D. Hernández 2005. Patogenicidad de *Heterorhabditis indica* P2M sobre la mosca caribeña de la fruta *Anastrepha suspensa* Loew. *Citricult.* 22 (1,2,3): 7–10.
- González, C., D. Hernández, J. L. Rodríguez, L. González y J. Sánchez. 2017. *Fiorinia fioriniae* Targioni-Tozzetti (Hemiptera: Diaspididae) y *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell) (Hemiptera: Coccidae), dos nuevos cocoideos para *Mangifera indica* L. en Cuba. *Centro Agrícola*, 44(1): 90 – 92.
- González C, Borges M, González L, Hernández D. y J. L Rodríguez. 2015. Principales insectos y sus enemigos naturales asociados a mango, guayabo, aguacatero y papayo. Conferencia. Curso Internacional de Tecnologías de Frutales. pp. 20.
- González C, Borges M, Pérez L. y D. Hernández 2009. Principales insectos y ácaros plagas asociados a cítricos, mango, guayabo y aguacatero y su manejo. Conferencia Taller de Manejo de Plagas. Bayer Varadero. pp. 15.
- González, C. 2000. Aspectos fundamentales para el Manejo de Coccoideos en Frutales. Curso de Manejo Integrado de Plagas. Instituto de Investigaciones de Cítricos y otros Frutales. Cuba. 1ª Edición, marzo 2000. ISBN 959–246–026–4, pp. 23.
- Hernández–Ortiz, V. 1992. El género *Anastrepha* Schiner en México (Diptera: Tephritidae) y sus plantas huéspedes. Instituto de Ecología, Sociedad Mexicana de Entomología. pp. 161.
- Hernández–Ortiz, V. 2007. Moscas de la fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae): Diversidad, biología y manejo. S y G Editores. México, DF. pp. 168.
- Hernández–Ortiz, V. y M. Aluja. 1993. Listado de especies del género neotropical *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) con notas sobre su distribución y plantas hospederas. *Folia Entomológica Mexicana* 88: 89 –105.
- Hernández–Ortiz, V. 2008. Estado actual de la taxonomía del género *Anastrepha* Schiner. En: 7ª reunión del grupo de trabajo en moscas de la fruta del hemisferio occidental. Mazatlán, Sinaloa, México. pp. 182.
- Herrera, M. y, M Narrea. 2011. Guía técnica Curso Taller Manejo integrado de Palto. UNALM – AGROBANCO Perú. pp. 32.
- ICA. 2017. Plan Nacional de detección, control y erradicación de moscas de la fruta. Manual Técnico de trapeo de moscas de la fruta. PNMF Colombia.
- Kondo, R. y D.T. 2010. III. Insectos. Pp. 105–140. In: Bernal, J.A., Díaz, C.A. Eds. Tecnología para el cultivo de mango con énfasis en mangos criollos. Manual Técnico. Produmedios, Bogotá, Colombia. pp. 199.
- Korytkowski, Ch. 2008. Manual para la identificación de Moscas de la Fruta. Género *Anastrepha* Schiner, 1868. Universidad de Panamá. Programa de Maestría en Entomología y Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. pp. 146.
- León O. A. 2003. Estudio de los parámetros de vida de *Olygonichus yothersi* Mc Gregor (Acarina: Tetranychidae) en dos cultivares de palto (*Persea americana* Mill.), Hass y Fuerte. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de licenciado en Agronomía. Univ. Austral de Chile. Facult. De Ciencias Agrarias. Escuela de Agronomía. 90 p.
- Martínez M., Sandoval A., Ovando M., López, G. y M. Alonso 2014. Manejo fitosanitario y fertilización del cultivo del mango en la costa de Oaxaca. INIFAP. CIRPAS Campo experimental Rosario Izapa Folleto para productores No 27 Chiapas México. pp. 27.
- Masood, A., Saeed, S., Sajjad A. A., Mudssar. 2009. Life Cycle and Biology of Mango Bark Beetle, *Hypocryphalus mangiferae* (Stebbing), A Possible Vector of Mango Sudden Death Disease in Pakistan. *Pakistan J. Zool.*, Vol. 41(4): 281–288.
- Mesa, N: C; Ochoa, R. y T. Kondo, T. 2010. IV Ácaros. pp. 141–151 In: Bernal, J. A. Díaz, C.A. Eds. Tecnología para el cultivo de mango con énfasis en mangos criollos. Manual Técnico. Produmedios, Bogotá, Colombia. pp. 199.
- Miranda Salcedo, M. 2015. Manejo de las principales plagas del mango y el manejo adecuado de plaguicidas. INIFAP SAGARPA LOS MOCHIS, MÉXICO.
- NIMF. 2008. Trampeo de moscas de la fruta. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias Anexo 1 de la NIMF No 26 (Establecimiento de Áreas Libres de plagas de Moscas De La Fruta (Tephritidae)).
- Núñez, B. L. y E. F., Pardo. 1989. Las moscas de las frutas. Cartilla Ilustrada No. 49, ICA, Subgerencia de Fomento y Servicios, División de Sanidad Vegetal y Divulgación. Bogotá D. C., Colombia. pp. 43.
- Peña, J. Plagas del palto en Florida. 2008. En Capítulo 11 de Manejo de plagas en paltos y cítricos. Edit. Ripa y Larral, P. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Chile. Divulgación: 310–316.
- Peña, M. A. y F. Ferragut. 1994. Primera cita para España de *Eriophyes mangiferae* (Say) Bol. San. Veg. Plagas, 20: 605 – 609.
- Pérez, L., Díaz, Y., Hernández, D. y J. Rodríguez, J. 2009. Nocividad producida por *Selenothrips rubrocinctus* Giard (Thysanoptera: Thripidae) en frutales bajo tecnología de fincas integrales. *Citricult.* Vol. 26. (1): 49 – 51.
- Prieto Martínez, J. J.; Covarrubias Alvarado, J. E.; Cadena, A. R. y J. F. Viera. 2005. Paquete tecnológico para el cultivo de mango en el Estado de Colima. No. 003. pp. 56. Consultado en la dirección electrónica /Paquetes Tecnológicos /PTMango.pdf
- Ramos, M., Rodríguez H. 2017. Fitoácaros exóticos y endémicos de importancia agrícola en Cuba Proyecto PNUD/ GEF. Mejorando la prevención, control y manejo de Especies Exóticas Invasoras en ecosistemas vulnerables en Cuba. pp. 260
- Ripa, R., Robinson–Vargas M, P. Larral D, y S. Sharon Rodríguez. 2007. Manejo de las principales plagas del palto. INIA. Tierra adentro Frutales y viñas; marzo–abril: 29–33.
- Rocha da Silva, C. 2006. Comportamento e comunicação química da broca–da–mangueira (*Hypocryphalus mangiferae* Stebb 1914) (Coleoptera: Curculionidae–Scolytinae) Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal. pp. 64.

- Rodríguez, J. L., Hernández, D. y H Fortes. 2018. *Procontarinia mangiferae* (Felt) (Diptera: Cecidomyiidae) nueva plaga del mango (*Mangifera indica* L.) en Cuba. *Revista Centro Agrícola* Vol.45 (1): 34–39.
- Rodríguez Velásquez D., A. M. Fernández y V. Hernández-Ortiz. 2001. Catálogo de los Tefritidos (Diptera: Tephritidae) de Cuba. *Fitosanidad*. 5: 7–14
- Saeed S, Masood A, Sajjad A. D. Muhammad. 2010. Monitoring the dispersal potential of bark beetle, *Hypocryphalus mangiferae* Stebbing (Scolytidae: Coleoptera) in mango orchards. Pakistan. *J. Zool.* 42(4):473 – 479. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/263581802>. Recuperado el 23 de noviembre de 2020
- Salahuddin; Rahman, H. Khan, I.; Daud, M. K. M. MRashid. 2015. Biology of Coconut Scale, *Aspidiotus destructor* Signoret (Hemiptera: Diaspididae), on Mango Plants (*Mangifera* sp.) Under Laboratory and Greenhouse Conditions. *Pakistan J. Zool.*, Vol. 47(4): 1163 – 1170.
- ScaleNet. 2008. Online database on scale insects. Tomado de: <http://www.sel.barc.usda.gov/scale-net/query.htm> . Recuperado el 23 de noviembre de 2020.
- Suris, M. y C. González. 2008. Especies de trips asociadas a hospedantes de interés en las provincias habaneras. II. Plantas frutales. *Rev. Protección Veg.* Vol. 23 (2): 85–89.
- Torres, D., Castillo, M. y Q. Pérez. 2006. Guía para el Manejo Integrado de las Moscas de la Fruta. SEA, Consejo Nacional de Competitividad, Pro Mnago, USAID. República Dominicana. pp. 24.
- Tukaram Vithalrao Sathe Prakash Bhoje, y Abhijit Somanrao Desa. 2014. Harmful Scale Insects (Coccidae: Hemiptera) of Mango and Their Control. *Research Paper Ag.* Vol. 3. Issue: 6 ISSN No 2277 – 8160
- Weems H. V., J. B. Heppner, T.R. Fasulo, J. L. Nation. 2001. Featured Creatures Fact Sheet: Caribbean fruit fly *Anastrepha suspensa* (Loew) (Insecta: Diptera: Tephritidae). Publication EENY 196. University of Florida.
- Wharton, R. A.; Gilstrap, F. E.; Rhode, R. H.; Fischel, M., W. G. Har 1981. Hymenopterous egg–pupal and larval–pupal parasitoids of *Ceratitis capitata* and *Anastrepha* spp. (Dip.; Tephritidae) in Costa Rica. *Entomophaga* 26(3):285 – 290.
- Wysoki, M., Van den Berg M. A., Gad Ish–Am S., Gazit J., Peña G. and K. Waite. 2002. Pests and Pollinators of Avocado. In *Tropical fruit pests and pollinators: biology, economic importance, natural enemies and control*. Wallingford: CABI Publishing, (eds J. E. Peña, J. L. Sharp and M. Wysoki). pp. 223–291.





CAPÍTULO 6

PRINCIPALES ENFERMEDADES Y RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO

Ana Margarita Manzano León
Wendy Serra Hernández
Xenia Ferriol Marchena

6.1. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades que afectan al cultivo del mango son numerosas, e impactan en las diferentes etapas del proceso productivo y de la comercialización de este frutal. La mayoría de ellas son causadas por hongos, aunque se han descrito ciertas algas, bacterias y fitoplasmas como patógenos importantes. Hasta la fecha no se conoce ninguna enfermedad del mango ocasionada por virus, viroides o protozoos (Ploetz, 2003; Ploetz y Freeman, 2009; Farr y Rossman, 2020).

En este capítulo se abordan las principales enfermedades de este cultivo en Cuba, y se señalan, además, las que no están presentes en el país. En cada caso, se enfatiza en su distribución geográfica e importancia, síntomas, agente causal, ciclo de vida y epidemiología, así como en su manejo.

Los autores desean agradecer a Diógenes da Cruz Batista, Bernardo A. Halfeld-Vieira, Lochy Batista LeRiverend, Flavio de Franca Souza y Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa por sus valiosas ayudas al aportar imágenes para este capítulo. Asimismo, destacan el aporte del proyecto Bugwood.org (www.ipmimages.org), que suministra imágenes para el desarrollo de la agricultura y la ciencia en general.

6.2. PRINCIPALES ENFERMEDADES PRESENTES EN CUBA

6.2.1. ANTRACNOSIS

Distribución geográfica e importancia

La antracnosis se considera la enfermedad más destructiva del follaje y de la floración del mango y provoca, además, significativas pérdidas durante la poscosecha. Se encuentra distribuida en todas las áreas de producción de mango del mundo y presenta mayor impacto en regiones con elevadas precipitaciones y humedad relativa. Se han informado grandes pérdidas por esta enfermedad en la India, Filipinas, Australia, África, América del Sur y el Caribe. Afecta también a un gran número de especies de frutales tropicales (Farr y Rossman, 2020).

En Cuba, la antracnosis se encuentra presente en todas las localidades donde se cultiva el mango y constituye uno de los factores que limitan los rendimientos de este cultivo, la comercialización de sus frutas hacia el mercado nacional y las exportaciones (Martínez *et al.*, 2006; Mulkay *et al.*, 2010; Manzano *et al.*, 2018).

Agente causal

La causa de la antracnosis del mango son diversas especies del género *Colletotrichum*, las cuales presentan una amplia distribución y un amplio rango de hospederos (Weir *et al.*, 2012; Jayawardena *et al.*, 2016). En la actualidad, la identificación de estos hongos se basa en la taxonomía polifásica, que integra evaluaciones de caracteres fenotípicos, genotípicos y análisis filogenéticos (Damm *et al.*, 2012; Vandamme y Peeters, 2014). Ello ha permitido mejorar la comprensión de esta enfermedad en el mango, al definir la existencia de diversos complejos de especies dentro del género *Colletotrichum*, y demostrar que la especie previamente relacionada con la enfermedad, *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. no constituye un patógeno muy común en este frutal (Phoulivong *et al.*, 2010; Weir *et al.*, 2012; Guarnaccia *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2019).

Se ha informado que los complejos de especies *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *C. boninense*, *C. gigasporum*, *C. magnum* y *C. orchidearum* pueden afectar al cultivo. El primero de ellos es el que presenta mayor relevancia, mientras que los restantes complejos juegan papeles secundarios (Sharma *et*

al., 2013; Li *et al.*, 2019). Las principales especies descritas en cada complejo se resumen en la Tabla 1, de ellas las más representativas son *C. asianum*, *C. fructicola* y *C. siamense*. Se ha descrito, además, que un mismo hospedero puede ser infectado simultáneamente por varias especies (Phoulivong *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2019). Recientemente en Cuba se realizó el primer informe de las especies *C. grossum*, *C. tropicale* y *C. siamense* (Manzano *et al.*, 2018; Manzano, 2020).

Tabla 1. Complejos de especies y especies del género *Colletotrichum* que ocasionan antracnosis en el mango.

COMPLEJOS DE ESPECIES	ESPECIES	REFERENCIAS
<i>C. gloeosporioides</i>	<i>C. asianum</i>	Sharma <i>et al.</i> , 2013
	<i>C. fructicola</i>	Li <i>et al.</i> , 2019
	<i>C. siamense</i>	Vieira <i>et al.</i> , 2014
	<i>C. tropicale</i>	Mo <i>et al.</i> , 2018
	<i>C. theobromicola</i>	Pardo De la Hoz <i>et al.</i> , 2016
	<i>C. cordylinicola</i>	Lima <i>et al.</i> , 2015
	<i>C. gloeosporioides</i>	Jayawardena <i>et al.</i> , 2016
	<i>C. kahawae</i>	Manzano <i>et al.</i> , 2018
	<i>C. musae</i>	Manzano, 2020
	<i>C. endophytica</i>	Manzano, 2020
<i>C. acutatum</i>	<i>C. scovillei</i>	Li <i>et al.</i> , 2019
	<i>C. fioriniae</i>	Qin <i>et al.</i> , 2019
	<i>C. simmondsii</i>	Jayawardena <i>et al.</i> , 2016 Marcelino <i>et al.</i> , 2008
<i>C. boninense</i>	<i>C. karstii</i>	Li <i>et al.</i> , 2019 Damm <i>et al.</i> , 2012 Lima <i>et al.</i> , 2013 Giblin <i>et al.</i> , 2018
<i>C. gigasporum</i>	<i>C. gigasporum</i>	Li <i>et al.</i> , 2019
<i>C. magnum</i>	<i>C. liaoningense</i>	Li <i>et al.</i> , 2019
<i>C. orchidearum</i>	<i>C. cliviicola</i>	Li <i>et al.</i> , 2019 Vieira <i>et al.</i> , 2014

Síntomas

La antracnosis ocasiona lesiones necróticas en inflorescencias, frutos, hojas y ramas jóvenes. Cuando las condiciones climáticas son propicias para la enfermedad durante la floración, se pueden producir pérdidas de hasta el 80 % de la producción. Esto se debe a que causa la marchitez de las inflorescencias, así como la momificación y caída prematura de los frutos jóvenes (Figura 1 A y D) (Ploetz *et al.*, 1996; Ploetz, 2003).

En frutos, pueden observarse manchas pequeñas de color marrón durante sus primeros estadios. Sin embargo, los síntomas son más evidentes cuando la fruta comienza su maduración. Estos se aprecian como lesiones necróticas irregulares, de color marrón oscuro a negro, algo hundidas en su centro (Figura 1 B y C). El manchado con forma de lágrima resulta muy común, debido al arrastre de las esporas del hongo por las gotas de lluvia o el rocío (Figura 1 B y C). En condiciones de elevada humedad relativa, pueden afectarse grandes áreas del fruto y en la superficie de las lesiones pueden desarrollarse acérvulos del hongo, de color rosa salmón. Los daños provocados por la antracnosis son inicialmente superficiales y penetran más de 5 mm en el mesocarpio, durante las etapas finales de desarrollo (Martínez *et al.*, 2006).

Las lesiones foliares son redondas con contornos irregulares, de color marrón oscuro, y están rodeadas por halos cloróticos (Figura 1 D). Presentan de 0,5 cm a 1,0 cm de diámetro en las hojas maduras, pero pueden alcanzar mayor tamaño en las hojas jóvenes. En condiciones de sequía el centro de las lesiones antiguas puede deteriorarse y desprenderse, lo que le confiere una apariencia agujereada a las hojas (Ploetz, 2003).

La antracnosis puede ocasionar, además, la muerte regresiva de ramas jóvenes de los árboles (Figura 1 E), presentando ocasionalmente exudación de goma. En viveros la enfermedad es muy común, provoca necrosis en hojas nuevas y tallos, así como defoliaciones parciales.

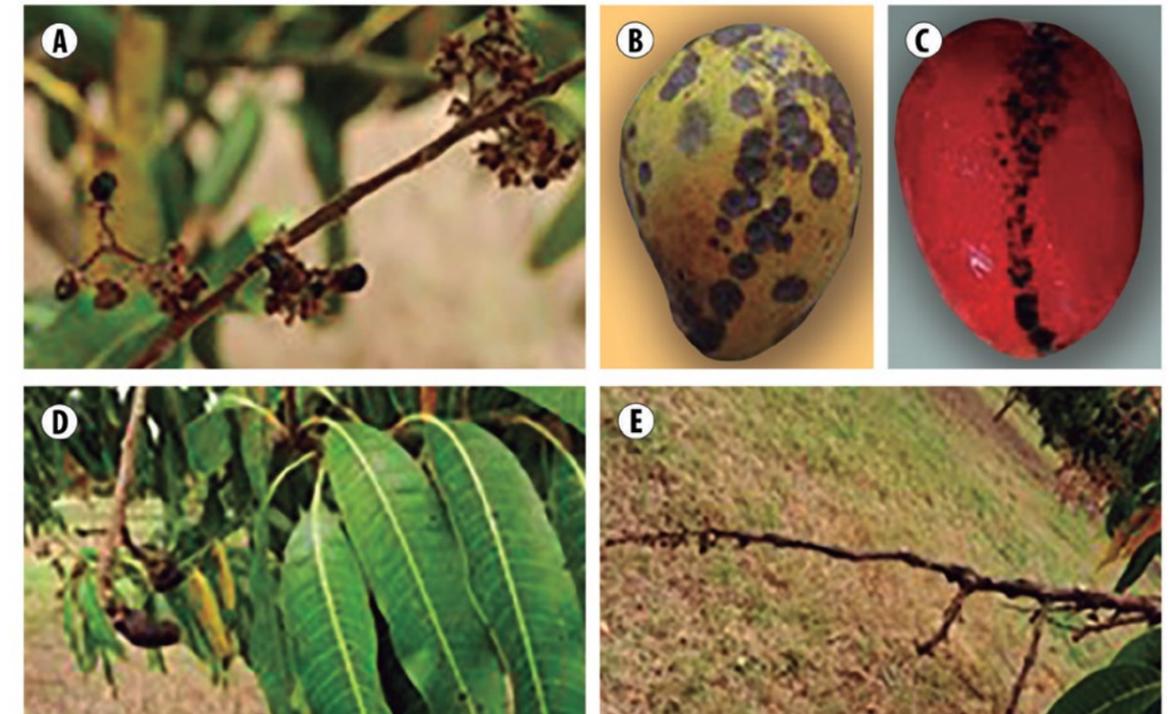


Fig. 1. Daños ocasionados por la antracnosis en el cultivo del mango. (A) marchitez de las inflorescencias y momificación de frutos jóvenes, (B y C) lesiones necróticas en frutos maduros, donde se evidencia el manchado con forma de lágrima, (D) síntomas en hojas y momificación de frutos y (E) rama seca. Fotos tomadas por los autores.

Ciclo de vida y epidemiología

La antracnosis afecta a todos los cultivares, con variados grados de intensidad y de susceptibilidad (Ploetz, 2017). Los conidios producidos en ramas muertas, hojas, inflorescencias y frutos momificados, constituyen una importante fuente de inóculo para el desarrollo de la enfermedad (Fitzell y Peak, 1984). Estos se propagan a través de la lluvia y pueden infectar todos los tejidos de la copa del árbol. La infección requiere de agua libre. Los conidios germinan y penetran directamente en la superficie del hospedero. El desarrollo de infecciones generalmente se detiene cuando el patógeno forma un apresorio (estructura de infección del hongo). Estas infecciones pueden permanecer latentes durante meses y reanudan el desarrollo cuando las concentraciones de resorcinolos en la fruta (que actúan como inhibidores de hongos) disminuyen durante el proceso de maduración. Por lo tanto, las frutas que parecen sanas en la cosecha pueden desarrollar síntomas de antracnosis significativos al madurar (Ploetz *et al.*, 1996).

Aunque no se requiere de la presencia de heridas para la penetración del hongo fitopatógeno, los daños mecánicos o los ocasionados por insectos plagas, incrementan las lesiones provocadas por la enfermedad. Asimismo, los árboles estresados presentan mayor susceptibilidad (Chin *et al.*, 2010).

El desarrollo de la antracnosis resulta óptimo a temperaturas de 25 °C a 30 °C y valores de humedad relativa superiores al 95 %. Estas condiciones climáticas favorecen la producción de conidios, su germinación y la formación de apresorios para la infección. De igual forma, las abundantes precipitaciones, la niebla y el rocío incrementan significativamente la incidencia y la severidad de la enfermedad (Ploetz, 2003; Martínez *et al.*, 2006).

Manejo

El control óptimo de la antracnosis se basa en un enfoque integrado que depende del cultivo, el lugar de producción y el destino del mercado (Johnson y Hofman, 2009). Para el manejo se recomienda la aplicación de medidas agrotécnicas que incluyen: 1) el empleo de plántulas sanas y la selección de los cultivares adecuados para cada región en dependencia de su susceptibilidad a la enfermedad (Capote *et al.*, 2014; Rodríguez-Delgado *et al.*, 2015); 2) el mantenimiento de la plantación en buenas condiciones de nutrición y riego; 3) la realización de la poda de formación con vistas a asegurar mejor ventilación y secado del follaje; 4) la eliminación de hojas, ramas y frutos afectados por la enfermedad para la disminución de las fuentes de inóculo; 5) el control de insectos plagas y 6) la cuidadosa manipulación de los frutos durante la cosecha y el beneficio para evitar heridas a los mismos (Ploetz, 2017).

El control químico debe ser preventivo. En zonas de alta incidencia se deben realizar aplicaciones periódicas, comenzando antes de la floración e intensificarlas en períodos de elevada humedad. En las etapas de vivero y fomento se recomienda realizar observaciones quincenales y dar la señal cuando aparezcan los primeros síntomas de la enfermedad para realizar las aplicaciones de fungicidas. Para ello se recomienda utilizar zineb (Zineb PH 75) (1,0 kg/378 litros de agua) y oxiclورو de cobre (Cuproflow 37,75 SC) (1,5 kg/ 378 litros de agua) de forma alterna. Se pueden emplear además benomilo (Fundazol PH 50) (0,05 % ingrediente activo (i.a.)) y mancozeb (Mancozeb PH 80) 2,5 kg/ha (IIFT, 2011).

La aplicación de fungicidas resulta fundamental en las plantaciones en producción para el control de la antracnosis y otras enfermedades fungosas. Una de las estrategias propuestas concibe la realización de seis aplicaciones, tres de ellas durante las fases de prefloración, floración y fructificación, mientras que las tres restantes se realizan durante el desarrollo del fruto. En este esquema de aplicaciones se alternan los fungicidas oxiclورو de cobre (Oxicloruro de cobre PH 50) + aceite mineral emulsionante (0,25 % i.a. + 0,5 %) y benomilo (Fundazol PH 50) (0,05 % i.a.) (IIFT, 2011).

Recientemente se ha demostrado la efectividad de los fungicidas del grupo de las estrobilurinas para el control de la antracnosis (Sundravada *et al.*, 2006; Brent y Hollomon, 2007; Johnson y Hofman, 2009). Dos de estos compuestos (azoxistrobina y trifloxistrobina) se utilizan exitosamente en la estrategia de manejo empleada en la Empresa Agroindustrial Ceballos, Ciego de Ávila, para la producción de mango con destino al turismo y la exportación (Tabla 2). Se recomienda su utilización siempre que se realicen menos de tres aplicaciones anuales y se alternen o combinen con fungicidas que tengan diferentes modos de acción (Ej: derivados del cobre, mancozeb, entre otros) (Tabla 2) (López-Hernández y Domínguez-Martín, 2018).

Cabe destacar que muchos de los productos que se aplican para el control de la antracnosis, resultan también efectivos contra otras enfermedades fungosas que deben ser controladas para garantizar la exportación de fruta fresca. Por estas razones se recomienda el diseño de una estrategia de manejo que influya sobre las distintas infecciones ocasionadas por hongos fitopatógenos (Dewdney y Burrow, 2014).

Los tratamientos para el control de la antracnosis en la poscosecha se abordan en el Capítulo 8.

6.2.2. PUDRICIÓN POR ALTERNARIA O MANCHA NEGRA

Distribución geográfica e importancia

La pudrición por alternaria, también conocida como mancha negra, presenta una distribución cosmopolita. Sin embargo, prevalece en ambientes áridos, que aparentemente favorecen este patógeno, sobre otros que requieren mayores niveles de humedad (Prusky *et al.*, 1983). Se ha informado en Aus-

Tabla 2. Fungicidas utilizados en el cultivo del mango con destino al turismo y la exportación en la Empresa Agroindustrial de Ceballos, Ciego de Ávila, Cuba (Fuente: López-Hernández y Domínguez-Martín, 2018).

PRODUCTO (i.a.*)	DOSIS	pH	MOMENTO DE APLICACIÓN	CONDICIONES
Mancozeb PH 80 (mancozeb)	2,0 kg/ha	5,0 – 6,0	Control de antracnosis. Una vez al mes	
Cuproflow 37,75 SC (oxiclورو de cobre)	2,0 kg/ha	6,0 – 8,0		
Aceite mineral	1 L/100 L agua con adherente al -100		Control de antracnosis. de octubre a noviembre	Con coadyuvante Solución final 600 L/ha
Sphere Max 53,3 SC (trifloxistrobina + ciproconazol)	0,2 L/ha	5,0	Control de antracnosis siete días antes de la floración	
Ortiva Top 325 SC (azoxistrobina + difenoconazol)	0,5 L/ha	6,0 – 7,0	Control de antracnosis 15 días antes de la floración	
Antracol (propineb)	3,0 kg/ha	5,3 – 6,6	Control de antracnosis en el cuaje de los frutos	

*i.a.: Ingrediente activo

tralia, Egipto, India, Israel y Sudáfrica, como causa fundamental de la pudrición de la fruta durante la poscosecha (Farr y Rossman, 2020). La enfermedad también puede ocasionar daños en hojas, flores y, en casos severos, puede reducir notablemente el cuajado de los frutos (Ploetz, 2003).

Agente causal

Alternaria alternata (Fr.: Fr.) Keissl (Domsch *et al.*, 1980; Woudenberg *et al.*, 2015).

Síntomas

Los síntomas en los frutos se desarrollan al comienzo de la maduración, con la aparición de pequeñas manchas circulares alrededor de las lenticelas (Figura 2). En condiciones climáticas de elevada humedad relativa, estas manchas se agrandan hasta cubrir gran parte de la superficie de la fruta. Los centros de las lesiones se encuentran ligeramente hundidos y cubiertos con esporas del patógeno de color marrón. Estas lesiones son más restringidas, oscuras y duras que las provocadas por la antracnosis (Figura 2) (Ploetz, 2003).

En las hojas, los síntomas se manifiestan como manchas de color negro, redondas, de 1 mm – 3 mm de diámetro y que se localizan preferente en el envés (Prusky, 1994). Cuando afecta las inflorescencias, puede reducir considerablemente el cuajado de los frutos y, por ende, la producción (Cronje *et al.*, 1990).



Fig.2. Síntomas de la pudrición por *Alternaria* en fruto. Las flechas señalan, las pequeñas manchas circulares alrededor de las lenticelas. Foto tomada por los autores.

Ciclo de vida y epidemiología

La hojarasca, hojas, ramas, inflorescencias infectadas constituyen importantes fuentes de conidios que afectan la fruta. Los conidios de *A. alternata* se dispersan por las corrientes de aire y el escurrimiento del rocío (Prusky, 1994). Aunque no es necesaria la existencia de heridas para la entrada del patógeno, estas favorecen su penetración. La infección puede ocurrir en cualquier estado de desarrollo del fruto y permanecer latente hasta que comienza su maduración.

La mayoría de los cultivares comerciales de mango son susceptibles a la pudrición por alternaria. Aunque el patógeno puede desarrollarse en ambientes áridos, requiere de un mínimo de 350 horas con humedad relativa superior al 80 % para que ocurra la infección. Se han demostrado, además, incrementos de la incidencia y la severidad de la enfermedad, en la medida en que aumenta el número de horas en estas condiciones (Prusky *et al.*, 1983).

Manejo

Un tratamiento eficaz durante la precosecha se basa en la aplicación de cuatro aspersiones con maneb (Maneb PH 80) a dosis de 2,5 g/L, comenzando 2 – 3 semanas tras el cuajado de los frutos. También resultan efectivos el zineb (Zineb PH 75) (0,2 % – 0,25 % i.a.) y el tebuconazol (Tebuconazol 25 EW) a 0,5 L/ha (Ploetz y Freeman, 2009).

Los tratamientos para el control de la enfermedad durante la poscosecha se abordan en el Capítulo 8.

6.2.3. PUDRICIÓN PEDUNCULAR

Distribución geográfica e importancia

La pudrición peduncular presenta una amplia distribución geográfica. Se ha descrito en Australia, Brasil, Egipto, Irán, Malí, Perú, Sudáfrica, Taiwán y Tailandia (Trakunyingcharoen *et al.*, 2014; Farr y Rossman, 2020). Es una enfermedad de poscosecha que solo supera en importancia la antracnosis. En áreas áridas donde la antracnosis generalmente no es un problema, esta enfermedad constituye la principal causa de las pérdidas de fruta del mango (Ploetz y Freeman, 2009). En Cuba, se presenta entre las de mayor incidencia, con valores superiores al 35 % (Mulkay *et al.*, 2010).

Agente causal

La pudrición peduncular es ocasionada por diversos hongos endófitos, pertenecientes en su mayor parte a la familia *Botryosphaeriaceae* (Phillips *et al.*, 2013). Generalmente son patógenos secundarios que causan enfermedades en huéspedes debilitados (Slippers y Wingfield, 2007; Ploetz y Freeman, 2009).

Estudios taxonómicos actuales, basados en el análisis de las secuencias ITS y EF1- α , permitieron la identificación de los siguientes agentes causales de la enfermedad: *Lasiodiplodia theobromae*, *Lasiodiplodia pseudotheobromae*, *Botryosphaeria dothidea* (previamente *Fusicoccum aesculi*), *Neofusicoccum parvum* (*Fusicoccum parvum*), *Neofusicoccum mangiferae* y *Neoscytalidium* (*Hendersonula*) *hyalinum* (Phillips *et al.*, 2013; Marques *et al.*, 2013; Sandoval-Sánchez *et al.*, 2013; Trakunyingcharoen *et al.*, 2014). También se han descrito los hongos *Phomopsis mangiferae*, *Pestalotiopsis mangiferae* y *Cytosphaera mangiferae* como causantes de estas pudriciones (Ploetz, 2003).

De estos patógenos, *Lasiodiplodia theobromae* se considera el agente causal más común de la pudrición peduncular (Ploetz, 2003; Mulkay *et al.*, 2010; Trakunyingcharoen *et al.*, 2014; 2015).

Los agentes causales de la pudrición peduncular también ocasionan la muerte regresiva de las ramas (Acápite 3.1.4) y otros síntomas en mango como el manchado en lágrima de la fruta y tizón de las inflorescencias (*Neofusicoccum parvum* y *Neofusicoccum mangiferae*) (Ploetz, 2003).

Síntomas

La enfermedad, como su nombre lo indica, se caracteriza por una pudrición en la porción peduncular del fruto, que avanza en la medida en que este madura. Los síntomas pueden variar en dependencia del patógeno. Así, *Lasiodiplodia theobromae*, *L. pseudotheobromae*, *Botryosphaeria dothidea* y *Neofusicoccum mangiferae* causan pudriciones de coloración marrón oscura a negra, difusas y húmedas, que penetran la pulpa y se extienden rápidamente en condiciones de humedad relativa y tem-

peratura elevadas (Figura 3). En las infecciones por *Phomopsis* se produce una lesión de color mucho más negro, que se desarrolla lentamente, pero que penetra incluso hasta el endocarpio leñoso de la semilla, el cual muestra un típico ennegrecimiento. Por su parte, *Cytosphaera mangiferae* y *Pestalotiopsis mangiferae* causan lesiones de color marrón que se desarrollan lentamente y, finalmente, se cubren con estructuras de reproducción de estos hongos (Ploetz y Freeman, 2009).



Fig.3. Daños ocasionados por la enfermedad pudrición peduncular en frutos de mango. Foto tomada por Diógenes da Cruz Batista, Embrapa, Brasil.

La pudrición peduncular del fruto puede confundirse con la antracnosis del extremo basal del fruto, causada por *Colletotrichum* spp. Sin embargo, estas últimas lesiones no suelen penetrar en la pulpa a una profundidad superior a los 10 mm – 20 mm y están cubiertas por las esporas de color rosa salmón del patógeno (Ploetz, 2003).

Ciclo de vida y epidemiología

Los hongos que causan la pudrición peduncular del mango colonizan la inflorescencia y alcanzan el pedúnculo varias semanas después de la floración. Estos patógenos permanecen latentes en el interior de estos tejidos hasta que la fruta madura (Johnson, 1994).

L. theobromae también puede infectar la fruta durante la cosecha, particularmente cuando el pedúnculo entra en contacto con el suelo. En este caso los síntomas se desarrollan con mayor rapidez. Los agentes causales se propagan, además, después de la cosecha, ya sea por el contacto físico entre las frutas o por las exudaciones de frutos en descomposición (Johnson, 1994).

El espectro de patógenos que causan la pudrición peduncular está influenciado por la temperatura, el estrés por humedad y el nivel de nutrición del huésped (Johnson, 1994; Chin *et al.*, 2010).

Manejo

Se ha demostrado que la infección tiene mayor incidencia en árboles viejos y estresados, de ahí la importancia de una nutrición óptima y un riego adecuado para reducir el efecto de esta enfermedad. El manejo precosecha también incluye podas de saneamiento para eliminar la fuente de inóculo de estos hongos y facilitar las aplicaciones de fungicidas. En este sentido, dos aplicaciones durante la floración y 10 días previos a la cosecha, resultan beneficiosas para la reducción de estas infecciones en frutos. Para ello se recomienda carbendazim (Curcarb PH 50) 0,05 % y azoxistrobin + difenoconazol (Ortiva Top 325 SC) 0,04 %, (Swart *et al.*, 2009; Chin *et al.*, 2010).

Los tratamientos en poscosecha son fundamentales para el control de esta enfermedad y se abordan en el Capítulo 8.

6.2.4. RAMAS SECAS Y MUERTE REGRESIVA

Distribución geográfica e importancia

La muerte regresiva de las ramas en el mango presenta una amplia distribución geográfica (Farr y Rossman, 2020). Aunque esta enfermedad afecta fundamentalmente a los árboles debilitados, ha ocasionado pérdidas económicas considerables en la India, Indonesia, Malasia, El Salvador, Puerto

Rico; Niger, Estados Unidos de América (Florida) e Israel (Verma y Singh, 1970; Álvarez–García y López–García, 1971; Acuña y Waite, 1977; Prakash y Srivastava, 1987; Reckhaus y Adamou, 1987; Schaffer, 1994; Ploetz *et al.*, 1996). En Cuba, se ha diagnosticado su presencia en diversas plantaciones de mango (Ramos–Leal, 2015; Cabrera *et al.*, 2017; Manzano, 2018).

Agente causal

La causa fundamental de la enfermedad es la presencia de *Lasiodiplodia theobromae* y otros hongos de la familia *Botryosphaeriaceae* descritos en el Acápite 6.2.3 sobre la pudrición peduncular del fruto (Slippers y Wingfield, 2007; Ploetz y Freeman, 2009; Marques *et al.*, 2013). En la Florida, se determinó que los hongos *Colletotrichum gloeosporioides* s.l., *Neofusicoccum parvum* y *Lasiodiplodia theobromae* s.l. constituyen los agentes causales más dañinos de esta enfermedad (Ploetz *et al.*, 1996). Estos últimos resultados se corresponden con los informados en Cuba (Ramos–Leal, 2015; Cabrera *et al.*, 2017; Manzano, 2018).

Síntomas

Los síntomas incluyen la muerte regresiva de ramas jóvenes con necrosis de sus hojas. Estas lesiones pueden progresar a ramas de mayor tamaño (Figura 4) en las que se pueden apreciar, además, gomosis, chancros y deficiencias nutricionales en sus hojas. En vivero, pueden ocasionar la muerte descendente de las plántulas. La infección en la región del injerto o en heridas resultantes de la poda de formación, causa necrosis del tejido y muerte de las plántulas en más de un 60 %. La asociación de varios de estos hongos en los tejidos afectados, o la ocurrencia de múltiples infecciones pueden incrementar significativamente la severidad de estos síntomas (Ploetz y Freeman, 2009).



Fig.4. Daños ocasionados por la enfermedad muerte regresiva o descendente en ramas y troncos de mango. Foto tomada por Diógenes da Cruz Batista, Embrapa, Brasil.

Ciclo de vida y epidemiología

Las fuentes de inóculo de estos patógenos se encuentran en el suelo, ramas muertas, frutos momificados y desechos orgánicos debajo de los árboles. Su disseminación se produce principalmente por el viento, los insectos, y las heridas ocasionadas durante la actividad de la poda. Estos hongos pueden penetrar a la planta a través de lesiones causadas por otros patógenos (*Colletotrichum* sp., *Oidium mangiferae*, etc.), o por aberturas naturales. Las condiciones de estrés hídrico y/o nutricional favorecen el desarrollo de la enfermedad (Ploetz *et al.*, 1996).

Manejo

Para el manejo se recomienda el control de la nutrición del huésped, del estrés por sequía, así como la poda de saneamiento y la desinfección de los instrumentos de corte con solución de hipoclorito de sodio al 1 %. Las aplicaciones de fungicidas de amplio espectro como oxiclóruo de cobre (Cuproflow 37,75 SC) 0,3 % i.a. y metiltiofanato (Tropsin–M) 0,2 % resultan eficaces para proteger las brotaciones jóvenes (Johnson, 1994; Malik *et al.*, 2016).

6.2.5. MILDIO POLVORIENTO

Distribución geográfica e importancia

El mildiu polvoriento fue detectado en Brasil por primera vez (Berthet, 1914), y en la actualidad está presente en la mayoría de las regiones productoras de mango del mundo, incluyendo

Cuba (Nasir *et al.*, 2014; Martínez *et al.*, 2006). Es una enfermedad severa que afecta a las hojas, inflorescencias y frutos, provocando una reducción del rendimiento del cultivo hasta de un 90 % (Schoeman *et al.*, 1995).

Agente causal

Oidium mangiferae Berthet (Berthet, 1914).

Síntomas

Las hojas, inflorescencias y frutos pueden dañarse, aunque la severidad de los síntomas depende de la susceptibilidad del cultivar al patógeno (Palti *et al.*, 1974). Las lesiones en las hojas jóvenes se presentan en el envés y consisten en una esporulación blanquecina o ceniza, en forma de manchas irregulares. En las hojas maduras, la coloración de las manchas varía a rojizo carmelita. Además, cuando la severidad de la enfermedad es mayor, las hojas caen anticipadamente. Los síntomas que más inciden en la productividad del mango son los asociados a inflorescencias y frutos. En las inflorescencias, la infección se inicia generalmente por el ápice, se difunde hasta cubrirla totalmente de un polvo blanquecino y termina por secarse (Figura 5). De igual forma, los frutos recién formados adquieren un color amarillento y caen con el viento (Ploetz, 2003).

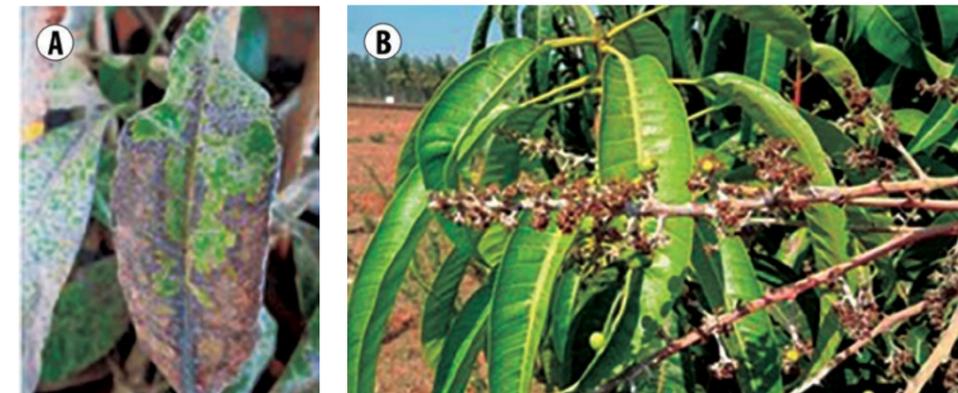


Fig.5. Signos de mildiu polvoriento del mango en (A) hojas y (B) inflorescencias. Fuente: Parthasarathy Seethapathy, Tamil Nadu Agricultural University, Bugwood.org.

Ciclo de vida y epidemiología

O. mangiferae se desarrolla a temperaturas de entre 10 °C y 31 °C, y valores de humedad relativa que oscilan entre el 60 % y 90 %; sin embargo, la mayor severidad de la enfermedad se detecta en condiciones ambientales frescas y secas (Ploetz, 2003; Nasir *et al.*, 2014). Los conidios constituyen el inóculo y son transportados por el viento a largas distancias hacia hojas, flores y frutos susceptibles. Las hifas del patógeno se desarrollan en la superficie de los tejidos afectados y dan lugar a conidióforos que producen conidios ovoides, en un período de cinco días luego de iniciada la infección (Ploetz, 2003). Los conidios resultan viables en la hojarasca y en los frutos caídos por un tiempo limitado (Nelson, 2008b).

Manejo

El manejo del mildiu polvoriento se basa en la integración de aspectos como la selección del cultivar y la adecuada nutrición de las plantas, así como la aplicación de medidas fitotécnicas apropiadas y el uso de fungicidas (Ploetz, 2003; Martínez *et al.*, 2006; Nelson, 2008b).

Los cultivares de mango varían ampliamente en cuanto a su susceptibilidad a *O. mangiferae*, por lo que el empleo de cultivares poco sensibles, como 'Tommy Atkins', 'Carrie' o 'Sensation', constituye la mejor medida para el manejo de la enfermedad (Nelson, 2008b). De igual forma, la aplicación foliar de fertilizantes con fosfatos, resulta económica y efectiva en el control de esta enfermedad (Nelson, 2008b).

Entre las prácticas culturales que se recomiendan para el manejo de *O. mangiferae* se encuentran: realizar podas para aumentar la aireación en las plantas; recoger y quemar las ramas afectadas, hojas

muertas y frutos caídos; utilizar las distancias de plantación recomendadas y aplicar correctas medidas de drenaje del suelo, para evitar la alta humedad relativa en las plantaciones (Martínez *et al.*, 2006).

En cuanto al manejo químico, el empleo de productos como benomilo (Fundazol PH 50) (0,05 % i.a.) y mancozeb (Mancozeb PH 80) 2,5 kg/ha resultan efectivos para el control de *O. mangiferae* (IIFT, 2011). La primera aplicación de fungicidas debe realizarse cuando las inflorescencias comiencen a cambiar de color y luego continuar a intervalos de tres semanas hasta que la susceptibilidad de la inflorescencia disminuya (Ploetz, 2003).

6.2.6. SARNA O ROÑA

Distribución geográfica e importancia

La sarna o roña fue detectada por primera vez en 1943, a partir de muestras vegetales procedentes de Cuba y la Florida; actualmente se encuentra en la mayoría de las regiones productoras de mango del mundo (Ploetz, 2003). Esta enfermedad produce lesiones en hojas, flores, frutos y ramas. Puede afectar la productividad del cultivo debido a la defoliación y caída prematura de los frutos. Adicionalmente, puede dañar la apariencia externa de los mismos y disminuir su valor comercial. Cabe destacar que esta enfermedad usualmente no es severa en las plantaciones comerciales porque los programas de prevención de la antracnosis también la controlan (Crane y Balerdi, 2018). Las mayores afectaciones se producen en los viveros, donde la susceptibilidad de las plantas jóvenes y el ambiente húmedo favorecen la proliferación del patógeno (Ploetz, 2003).

Agente causal

Elsinoë mangiferae Bitanc. & Jenkins (Bitancourt y Jenkins, 1946).

Síntomas

La aparición de los síntomas depende de la disponibilidad de agua libre cuando el tejido vegetal se encuentra en la etapa susceptible. Esta etapa se restringe a tejidos jóvenes y frutos que no han alcanzado la mitad de su tamaño final. Algunas de las lesiones pueden confundirse con afectaciones físicas o causadas por insectos, o por otras enfermedades, como la antracnosis (Condé *et al.*, 1997).

Los síntomas característicos de la enfermedad se aprecian en los frutos, estos consisten en pequeñas manchas de color marrón o gris oscuro (1 mm a 2 mm de diámetro), las cuales pueden agrandarse (5 mm de diámetro) y oscurecerse con el tiempo. Cuando la infección es severa, las lesiones pueden fusionarse, cubriendo casi totalmente la fruta con un tejido acorchado que afecta su apariencia externa. Además, se puede producir la caída temprana de los frutos (Ploetz, 2003).

Los síntomas foliares aparecen como pequeñas manchas marrones con halos y lesiones acorchadas en el envés de las hojas, similares a las presentes en frutos, así como lesiones oscuras a lo largo de las venas principales. Adicionalmente, cuando la infección es severa y la humedad relativa es alta, puede ocurrir defoliación (Conde y Pitkethley, 2007).

Ciclo de vida

E. mangiferae produce dos tipos de esporas, ascoporas, a partir de la reproducción sexual, y conidios durante la fase asexual. Los conidios constituyen el inóculo principal de la enfermedad y se dispersan por salpicaduras de agua, mediante la lluvia o el riego, a distancias de hasta 4,25 m aproximadamente. Estas esporas solo pueden germinar en el tejido joven de las hojas, tallos, flores y frutos, con presencia de agua libre de rocío o niebla y temperaturas entre 13 °C y 32 °C. El patógeno sobrevive en las lesiones de las frutas que permanecen en el árbol y en otros órganos de las plantas, manteniendo el inóculo hasta la próxima estación (Conde y Pitkethley, 2007).

Manejo

El programa para la prevención de la antracnosis, resulta también efectivo para el control de *E. mangiferae*. Entre las medidas culturales que se recomiendan se encuentran: remover y quemar los tejidos vegetales afectados, establecer los viveros en áreas secas o en casas protegidas y trasplantar plántulas libres del patógeno. De igual forma, en viveros y plantaciones se deben aplicar

fungicidas con derivados del cobre tan pronto como las inflorescencias emergen, y continuar a intervalos de dos a tres semanas hasta que el fruto esté listo para la cosecha (Crane y Balerdi, 2018; Conde y Pitkethley, 2007).

6.2.7. Manchas por alga

Distribución geográfica e importancia

La mancha por alga constituye un problema común para este cultivo en regiones tropicales y subtropicales, entre las latitudes 32°N y 32°S, donde las condiciones climáticas son apropiadas para el crecimiento y reproducción de su agente causal. Su presencia generalmente causa daños significativos en plantaciones mal manejadas (Joubert y Rijkenberg, 1971; Brooks *et al.*, 2015). Entre las afectaciones que provoca se encuentra la reducción del área fotosintética, pérdida de vigor, defoliación, necrosis de tejidos y disminución del valor comercial de la fruta (Nelson, 2008a; Malagi *et al.*, 2011).

Agente causal

Cephaleuros virescens Kunze ex E. M. Fries (Lim y Khoo, 1985) y *C. parasiticus* Karsten (Ponmurugan *et al.*, 2009).

Síntomas

Cephaleuros spp. afecta principalmente las hojas, aunque también puede dañar las ramas y tallos (Figura 6). Las lesiones foliares consisten en manchas aterciopeladas de color verde a anaranjado, presentes en ambas superficies de las hojas (Lim y Khoo, 1985). Inicialmente son redondeadas, con diámetro de 5 mm a 8 mm, pero pueden fusionarse hasta cubrir de forma irregular grandes secciones de la hoja, variando a una coloración óxido rojo. La infección de los tallos aparece en forma similar, pero puede conducir a la formación de canchales y engrosamientos de la corteza (Ponmurugan *et al.*, 2009; Vasconcelos *et al.*, 2016).



Fig.6. Lesiones en hoja de mango causada por *Cephaleuros* spp. Fuente: Yuan–Min Shen, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Bugwood.org.

Ciclo de vida y epidemiología

La mancha por alga del mango requiere de un ambiente húmedo para establecerse y propagarse. *Cephaleuros* spp. se puede reproducir y sobrevivir en las hojas, tallos u hojarasca del hospedante y tiene un período de latencia de aproximadamente un año después de la infección inicial del tejido dañado. Los talos del patógeno se pueden ubicar debajo de la cutícula (*C. virescens* y *C. parasiticus*) o penetrar la epidermis de las plantas (*C. parasiticus*), dando lugar a las manchas anaranjadas (Nelson, 2008a; Ponmurugan *et al.*, 2010). A partir de la reproducción asexual se producen en el talo los esporangios pediculados, terminales u ovoides, los cuales dan origen a las zoosporas biflageladas. Tanto los esporangios como las zoosporas constituyen propágulos infecciosos, que se dispersan mediante la lluvia y el viento. La infección ocurre cuando los propágulos se depositan en los tejidos de una planta hospedante susceptible y la zoospora comienza a penetrar la cutícula de la planta (Lim y Khoo, 1985; Ploetz, 2003).

Manejo

El manejo de la enfermedad requiere de medidas culturales que favorezcan la ventilación y la penetración de la luz solar en el árbol. En este sentido, se recomienda realizar podas sanitarias, cortar el césped debajo de los árboles y emplear distancias de plantación adecuadas (Nelson, 2008a). El material infectado, además, debe ser removido y enterrado o quemado fuera del área de cultivo. De igual forma, se deben aplicar medidas que disminuyan la susceptibilidad de los árboles al patógeno, como una nutrición adecuada y un manejo de plagas efectivo (Sermeño *et al.*, 2005). Adicionalmente, se pueden aplicar alguicidas que contengan acetato de fentina (Brestan, 0,2–0,3 kg/ha) en combinación con fungicidas como mancozeb (Mancozeb PH 80, 2,5 kg/ha) y derivados de cobre tales como oxiclورو de cobre (Cuproflow SC 37,5 %) 3 kg/ha (Urdaneta y Araujo, 2008; IIFT, 2011).

6.2.8. FUMAGINA

Distribución geográfica e importancia

Esta enfermedad se encuentra en regiones con climas tropicales y afecta, además del mango, a una gran variedad de cultivos como cítricos, cacao, café, cocotero, guanábana y guayaba. En México constituye la tercera enfermedad de mayor importancia en el cultivo de mango, después de la antracnosis y la roña (Chávez *et al.*, 2001), y en Cuba está ampliamente distribuida (Martínez *et al.*, 2006). La fumagina se asocia a la presencia de hongos que se desarrollan en la secreción dulce producida por la presencia de insectos chupadores sobre tallos, hojas y frutos (Tamayo, 2007). La enfermedad provoca afectaciones económicas debido a que reduce la productividad de los árboles y afecta la calidad estética de los frutos (Mata y Mosqueda, 1995).

Agente causal

Especies del género *Capnodium* y *Meliolase* se han asociado a la presencia de la fumagina. En el mango se identificaron de los géneros *C. mangiferae* Cooke (Cooke, 1876) y *M. mangiferae* Earle (Lim y Khoo, 1985) como sus agentes causales. Adicionalmente, se han detectado una gran diversidad de géneros fúngicos vinculados a la fumagina entre los que se encuentran: *Aspergillus*, *Alternaria*, *Botryodiplodia*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Fusarium*, *Helminthosporium* (Hamid y Jalaluddin, 2006), *Polychaeton*, *Tripodermium*, *Antennulariella*, *Chaetothyrium*, *Limacinula*, *Scorias* (Lim and Khoo, 1985), *Leptoxylum*, *Microxyphium* y *Tripodermium* (Butler y Brisby, 1931; Prakash, 1988).

Síntomas

La lesión característica de la fumagina consiste en una película de color negro presente en la superficie de las hojas, ramas, flores y frutos, suave al tacto y fácilmente desprendible (Figura 7). La presencia de la película impide que los rayos solares lleguen a los tejidos, por lo que dificulta el proceso de fotosíntesis, inhibe el intercambio gaseoso y la transpiración al ocluir los estomas.



Fig. 7. Signos de fumagina en (A) hojas y (B) ramas de mango. Fotos tomadas por los autores.

Ciclo de vida y epidemiología

La alimentación de insectos a partir de la savia del mango provoca que estos produzcan una secreción dulce en la superficie de tallos, hojas y frutos. Sobre esta secreción se desarrollan los agentes causales de la enfermedad, los cuales se pueden propagar mediante el goteo de la secreción a tejidos adyacentes del árbol o por el transporte de los insectos asociados al cultivo del mango. Los hongos sobreviven como esporas en las plantas, herramientas o vehículos de transporte (Mata y Mosqueda, 1995).

Manejo

Se recomienda mantener condiciones adecuadas de ventilación del cultivo por medio de podas al final de la cosecha, y realizar aplicaciones de insecticidas para disminuir la presencia de insectos vectores de la enfermedad (Martínez *et al.*, 2006).

6.3. ENFERMEDADES NO PRESENTES EN CUBA

6.3.1. SECA, MUERTE SÚBITA O DECLIVE REPENTINO

Distribución geográfica e importancia

Es una enfermedad que se conoce con nombres diferentes. En Brasil se denomina seca (secado), marcha (marchitamiento), tizón de las ramas y enfermedad de Recife. En Oriente Medio se nombra declive repentino o muerte súbita (Ploetz *et al.*, 2013).

Ha provocado serias afectaciones en Brasil, Omán, Pakistán y recientemente en China (Al Adawi *et al.*, 2003; 2006; Malik *et al.*, 2005; van Wyk *et al.*, 2011; Zhang *et al.*, 2017). Se considera entre las enfermedades más devastadoras del cultivo del mango, pues ocasiona la muerte de los árboles en solo dos meses posteriores a la infección. En Omán, por ejemplo, han muerto más de 200 mil árboles y se ha erradicado el 13 % de las plantaciones para tratar de prevenir la diseminación de la enfermedad (Al Adawi *et al.*, 2006; Ploetz y Freeman, 2009; Galdino *et al.*, 2016).

Agente causal

Ceratocystis fimbriata Ellis & Halst, constituye el agente causal de la muerte súbita del mango (Ribeiro 1980; Oliveira *et al.*, 2015a). Este hongo fitopatógeno guarda una estrecha relación con el escarabajo *Hypocryphalus mangiferae* (Scolytinae: Cryphalini), que actúa como vector de la enfermedad. Se ha detectado gran variación en la agresividad de diferentes aislados de *C. fimbriata*, aspecto que debe tenerse en cuenta en la selección de cultivares de mango resistentes (Oliveira *et al.*, 2015b).

H. mangiferae se ha informado, en la actualidad, en plantaciones de mango de todo el mundo, incluidas muchas áreas donde la seca o el declive repentino no se encuentran (Peña *et al.*, 2009; Ploetz *et al.*, 2011). En Cuba, la afectación del mango por este escolítido, se aborda en el Capítulo 5.

Síntomas

Los síntomas incluyen una decoloración de color marrón del cambium vascular y exudación de goma en las ramas y el tronco, particularmente a partir de las galerías hechas por *H. mangiferae*. En los cultivares y patrones susceptibles ocurre la marchitez y muerte rápida de ramas y árboles enteros, sin defoliación (Figura 8). La muerte de todo el árbol es más repentina cuando está involucrada la infección del patrón susceptible (Junqueira *et al.*, 2002; Al Adawi *et al.*, 2006).

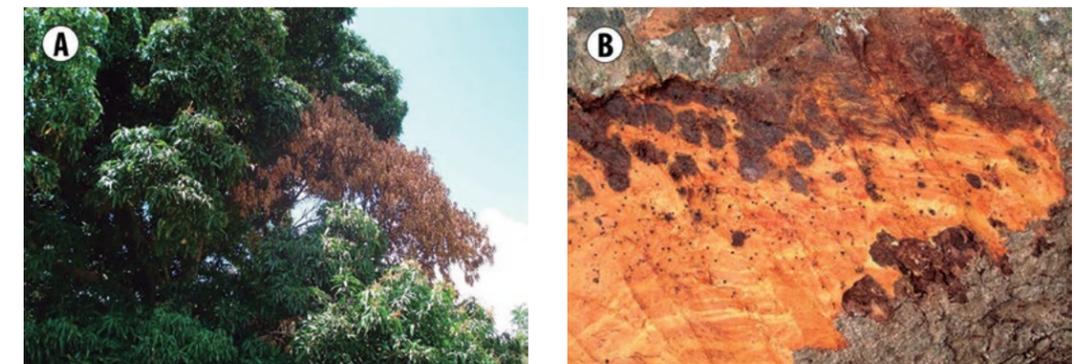


Fig. 8. Síntomas de la enfermedad seca, muerte súbita o declive repentino del mango. (A) marchitez de ramas sin defoliación, (B) galerías hechas por *H. mangiferae*. Foto tomada por Diógenes da Cruz Batista, Embrapa, Brasil.

Ciclo de vida y epidemiología

El genotipo del mango tiene un impacto profundo en el desarrollo de la enfermedad y ocurren epidemias severas cuando se utilizan patrones y/o cultivares susceptibles. Cuando los árboles están estresados se incrementa la incidencia y la severidad de la enfermedad, aunque no está claro si esto se debe a una mayor atracción del vector hacia los árboles estresados o una menor resistencia a la enfermedad. El vector *H. mangiferae*, desempeña un papel esencial por las galerías que desarrolla en

los árboles. Ellos se alimentan fundamentalmente de hongos, pero actúan como agentes hirientes que facilitan la infección y transmisión de estos patógenos (Ploetz *et al.*, 2013).

C. fimbriata es esencialmente un patógeno del xilema y se mueve fácilmente en el germoplasma infectado. Los implementos de poda también contribuyen a la diseminación de este hongo. De igual forma, el suelo constituye una fuente de inóculo a largo plazo, debido a la presencia de clamidosporas del patógeno (Ploetz y Freeman, 2009).

Aunque los escolítidos *Sinoxylon* sp., *Xyleborus* sp. y *Nitidulidae* sp. se han informado en mango, solo se han detectado en árboles enfermos (Ribeiro, 1980; Mahmood, 2002; van Wyk *et al.*, 2005). Hasta la fecha, solo *H. mangiferae* se ha descrito como vector de la enfermedad, al ser el único escolítido que se ha detectado en árboles sanos, enfermos, y durante las primeras etapas del desarrollo de la enfermedad (Ribeiro, 1980; Masood *et al.*, 2008).

Manejo

Dado su impacto destructivo, la prevención de la diseminación de *C. fimbriata* a nuevas áreas debe ser una alta prioridad. Se necesita material de propagación libre de patógenos siempre que se establezcan nuevas plantaciones y se traslade el germoplasma. Se deben utilizar implementos de poda limpios en las áreas afectadas y se deben desinfectar frecuentemente con lejía, formalina u otros desinfectantes (Junqueira *et al.*, 2002). Los árboles muertos por la enfermedad deben ser removidos y destruidos porque son reservorios importantes de vectores y patógenos (Ploetz, 2003).

La aplicación de fungicidas en plantaciones susceptibles no resulta eficaz, dado que el patógeno se ubica en los tejidos internos de los árboles. En áreas con cultivares tolerantes, se recomienda la remoción y quema de las ramas afectadas, y el tratamiento con fungicidas a base de cobre (Ribeiro *et al.*, 1995; Ribeiro, 1997). Alternativamente, la inyección de fungicidas puede ser una opción a tener en cuenta si se considera el balance costo beneficio (Ploetz y Freeman, 2009).

La resistencia genética puede ser una buena posibilidad para controlar esta enfermedad. En Brasil se han observado varios niveles de tolerancia y se han desarrollado clones resistentes. Las respuestas a la enfermedad de algunos genotipos varían en las diferentes zonas de producción del país, pero 'Manga Dagua', 'Pico', 'IAC 101', 'IAC 102', 'Edwards', 'Van Dyke' y 'Carabao' son resistentes, mientras que 'Rosa', 'Sabina', 'Sao Quirino', 'Oliveira Neto', 'Jasmim', 'Sensation', 'Irwin' y 'Tommy Atkins' generalmente se muestran como tolerantes (Ribeiro, 1997; Junqueira *et al.*, 2002).

6.3.2. MALFORMACIÓN DEL MANGO

Distribución geográfica e importancia

La malformación del mango se considera una de las enfermedades más importantes de este cultivo en el ámbito mundial (Ploetz, 2007). Se encuentra presente en países como Egipto, Sudáfrica, Sudán, Bangladesh, Israel, Brasil, México, Estados Unidos de América, Malasia y Pakistán. La malformación afecta a brotes vegetativos y/o florales, manifestándose especialmente en árboles jóvenes y en plántulas de vivero (Ploetz, 2003). Las pérdidas de la producción asociadas a esta enfermedad pueden ascender hasta el 80 % (Ginai, 1965). En Cuba, no se ha detectado hasta el momento.

Agente causal

Especies del género *Fusarium*: *F. mangiferae* Britz M. J. Wingf. & Marasas (Britz *et al.*, 2002); *F. proliferatum* (Matsush.) Nirenberg (Haggag y El-Wahab, 2009); *F. mexicanum* T. Aoki, S. Freeman, Otero-Colina, Rodr.-Alv., Fern. - Pav., R. C. Ploetz & O'Donnell (Otero-Colina *et al.*, 2010); *F. sterilihyphosum* Britz Marasas & M. J. Wingf. (Britz *et al.*, 2002); *F. tuiense* C. S. Lima, Pfenning & J. F. Leslie (Lima *et al.*, 2012); *F. pseudocircinatum* O'Donnell & Nirenberg (Freeman *et al.*, 2014) y *F. oxysporum* Schltdl. (Bhatnagar y Beniwal, 1997).

Síntomas

Las lesiones características de la enfermedad incluyen la malformación del tejido floral y vegetativo (Figura 9). La malformación floral constituye el síntoma más representativo, donde las inflorescencias presentan ejes primarios y secundarios muy ramificados, de menor longitud y engrosados. El

número de flores masculinas aumenta y las flores hermafroditas son estériles, o si son fecundadas, pierden el fruto prematuramente. Adicionalmente, las inflorescencias afectadas continúan su crecimiento hasta el final de la temporada de floración, se marchitan y forman masas compactas de color negruzco que persisten hasta el año siguiente (Ploetz, 2003). En la malformación vegetativa, la pérdida de dominancia apical conduce a que las yemas apicales y laterales presenten entrenudos acortados, así como hojas pequeñas, quebradizas y angostas. Las hojas pueden enroscarse hacia abajo en dirección al tallo que las sostiene y generalmente son quebradizas (Kumar y Beniwal, 1992).



Fig.9. Síntomas de malformación del mango. Fuente: Plutarco Echevoyen, Bugwood.org.

Ciclo de vida y epidemiología

Los conidios se consideran el inóculo principal de esta enfermedad. Estos se pueden encontrar en tejidos con malformaciones vivos y muertos y se dispersan por el viento (Freeman *et al.*, 2004; Youssef *et al.*, 2007). De igual forma, las inflorescencias marchitas constituyen una fuente importante de infección puesto que, al secarse, se fragmentan y caen sobre yemas subyacentes, aumentando la probabilidad de que los conidios entren en contacto con yemas sanas. La dispersión a larga distancia se debe al traslado de plantas o material vegetal infectado entre viveros y huertos (Ploetz, 2003).

Manejo

El manejo de la malformación en mango se basa principalmente en la aplicación de medidas fitotécnicas adecuadas. Se recomienda establecer plantaciones con material de vivero libre de patógenos. Una vez que la enfermedad se encuentra en una plantación, se deben eliminar los tejidos sintomáticos de los árboles, retirarlos del campo y quemarlos, para reducir los niveles de inóculo en esa área (Ploetz, 2001). Si estas medidas se practican durante 2 o 3 años consecutivos, la enfermedad puede reducirse a niveles insignificantes. A partir de entonces, la malformación puede mantenerse bajo control eliminando los tejidos sintomáticos cada dos años. Adicionalmente, es necesario desinfectar las herramientas utilizadas en las labores de saneamiento después de cada corte con solución de hipoclorito de sodio diluido al 50 % con agua (Cazorla *et al.*, 2009).

6.3.3. MANCHA NEGRA BACTERIANA (MBBS)

Distribución geográfica e importancia

La mancha negra bacteriana es el mayor problema en muchas de las áreas en producción donde las enfermedades inducidas por hongos están bien controladas (Gagnevin y Pruvost, 2001); debido a ella pueden ocurrir pérdidas drásticas en el rendimiento en los cultivares más susceptibles. Las pérdidas están asociadas con la caída prematura de la fruta, la reducción de su calidad y la inducción de una defoliación severa, especialmente cuando hay tormentas o huracanes involucrados. La infección del 50 al 80% de los frutos es común en cultivares muy susceptibles, por lo que los daños fundamentales causados por esta enfermedad están asociados al comercio de fruta fresca (Prakash, y Misra, 1992). MBBS puede ser muy destructiva en áreas donde ocurren altas temperaturas y lluvias simultáneamente (Gagnevin y Pruvost, 2001).

En la India la enfermedad se denomina Chancro bacteriano debido a los chancros que produce en los tallos de los cultivares susceptibles (Prakash *et al.*, 1994). La mancha negra bacteriana se ha identificado en Brasil, Australia, Islas Comoros, India, Japón, Kenya, Malasia, Islas Mauricio, Nueva Caledonia, Pakistán, Filipinas, Islas Reunión, Sudáfrica, Taiwán, Tailandia y los Emiratos Árabes Unidos (Fukuda *et al.*, 1990; Pruvost *et al.*, 1992; Prakash *et al.*, 1994, Gagnevin y Pruvost, 1995, 2001; Kishun, 1995). Otros países donde se ha informado la presencia de la enfermedad son: Myanmar (Ah-You *et al.*, 2007), Costa de Marfil (Pruvost *et al.*, 2014) y Benin (Zombré *et al.*, 2015). Además, se ha informado en Costa Rica, Estados Unidos de América y Nicaragua.

Agente causal

El agente causal de MBBS se clasificó inicialmente como *Xanthomonas campestris* pv. *Mangiferae indicae* basado en los estándares internacionales para nombrar patovares de bacterias fitopatógenas (Dye *et al.*, 1980).

Sin embargo, esta bacteria no se ha incluido en ningún estudio taxonómico reciente. Por lo tanto, no se puede asignar a ninguna especie hasta que se realicen análisis taxonómicos utilizando un enfoque polifásico (principalmente basado en la hibridación ADN-ADN, complementado con datos como la comparación de secuencias de ADN ribosómico 16S, huellas digitales de ADN, perfiles de utilización de compuestos de carbono, perfiles de ésteres metílicos de ácidos grasos, o perfiles de proteína de célula completa) (Vauterin *et al.*, 2000), (Vauterin *et al.*, 1990).

Por estas razones se ha empleado como nombre provisional para denominarla *Xanthomonas* sp. pv. *Mangiferae indicae* (Vauterin *et al.*, 1995), (Gagnevin y Pruvost, 2001).

Síntomas

Los síntomas principales de la mancha negra bacteriana se observan en las hojas y frutos, aunque en algunos casos severos también puede afectar las ramas (Gagnevin y Pruvost, 2001). En las hojas inicialmente surgen pequeñas lesiones negras y acuosas (Figura 10), rodeadas de márgenes cloróticos y están delimitadas por las venas. A medida que la enfermedad progresa, las manchas se secan y las hojas comienzan a caer hasta causar la defoliación. Durante las primeras etapas aparecen manchas acuosas en las frutas infectadas (Figura 11) y luego se convierten en cráteres oscuros en forma de estrella con exudación de resina infecciosa que atrae a patógenos oportunistas (Gagnevin y Pruvost, 2001).



Fig.10. Síntomas de mancha negra bacteriana en hojas. Foto tomada por: Bernardo A. Halfeld-Vieira Embrapa, Brasil.

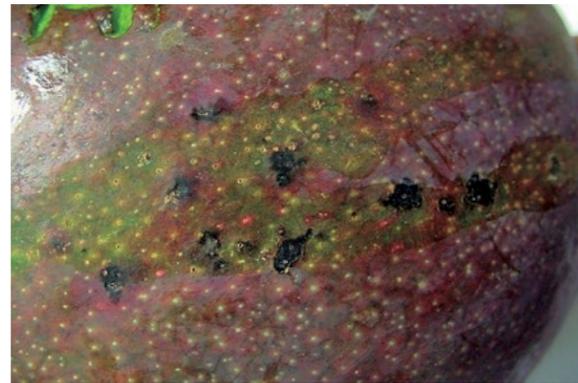


Fig.11. Síntomas de la mancha negra bacteriana en frutos. Foto tomada por: Bernardo A. Halfeld-Vieira Embrapa, Brasil.

La susceptibilidad de los órganos de la planta varía con el tiempo para un cultivar determinado; las hojas jóvenes son resistentes, probablemente porque no tienen estomas funcionales (Ali K *et al.*, 1999), pero se vuelven muy susceptibles cuando se agrandan, y las lesiones aparecen justo después del endurecimiento de las hojas. La susceptibilidad de la fruta aumenta con el tiempo y es más alta durante el mes anterior a la cosecha. Esto se correlaciona con la máxima receptividad de las lenticelas (Pruvost y Luisetti 1991).

Epidemiología

El patógeno se disemina a través de la lluvia impulsada por el viento (Gagnevin y Pruvost, 2001). La diseminación a larga distancia ocurre mediante el material de propagación infectado y, con menor frecuencia, debido a la utilización de las semillas de frutas infectadas. Los insectos pueden jugar un papel en la diseminación, pero estas interacciones han sido poco estudiadas (Ploetz 2003).

El patógeno vive de forma epífita sobre las hojas (Manicom, 1986; Pruvost *et al.*, 1990), brotes (Pruvost *et al.*, 1993) y frutos (Pruvost y Luisetti, 1991). La infección ocurre a través de pequeñas heridas

en las hojas o de los estomas en las hojas viejas (Gagnevin y Pruvost, 2001). La humedad relativa alta (mayor del 90 %) y las temperaturas entre 25 °C y 30 °C favorecen la aparición de la enfermedad (Kishun y Sohi, 1983; Pruvost y Luisetti, 1991).

El patógeno sobrevive pocos días en el suelo desnudo, y pocos meses en desechos de plantas incorporados al suelo. Tiene otros hospederos de la familia de las Anacardiáceas (Ploetz *et al.*, 1994).

Manejo

La resistencia a la enfermedad varía grandemente entre los diferentes cultivares de mango. Por eso cuando la presión de inóculo es grande deben usarse los cultivares más resistentes a la enfermedad (Manicom y Pruvost, 1994). Durante la época de lluvia se recomiendan las aplicaciones de bactericidas basados en cobre sobre los cultivares susceptibles (Pruvost *et al.*, 1989).

Se debe utilizar material de propagación libre de patógenos para establecer nuevas áreas. Dado que el patógeno se desplaza solo a distancias cortas en aerosoles arrastrados por el viento (generalmente dentro de las plantaciones), la propagación del patógeno a largas distancias depende casi por completo del movimiento del material de propagación infectado por el hombre (Manicom y Pruvost, 1994). Deben usarse cortinas rompevientos para reducir las heridas y las ramitas infectadas deben podarse y quemarse para reducir la fuente de inóculo.

6.3.4. NECROSIS APICAL BACTERIANA DEL MANGO (NAM) CAUSADA POR *Pseudomonas*

Distribución geográfica e importancia

NAM es una bacteriosis que se describió por primera vez en el sur de España. La necrosis apical del mango es, además de la malformación del mango, una de las principales enfermedades que afectan a este cultivo en las zonas más frías de los subtrópicos como España, Portugal, Italia, Israel y Australia, provocando serias pérdidas en los rendimientos (Gutiérrez-Barranquero *et al.*, 2012). Uno de los inconvenientes de esta enfermedad es que su presencia se detecta cuando los primeros síntomas ya han aparecido (Campos y Calderón, 2015).

Agente causal

La causa de la enfermedad es la bacteria fitopatógena *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*, capaz de producir daños en diferentes especies de plantas. La bacteria vive también de modo epífita sobre hojas y tallos de muchas plantas, cultivadas o no, y se transporta por el aire o las salpicaduras de agua. Se establece de modo permanente en las yemas y hojas de mango durante todo el año. Pero la radiación solar y las altas temperaturas hacen que casi desaparezca de las hojas en verano, aunque puede seguir viviendo en el interior de las yemas y producir infecciones cuando se den las condiciones adecuadas para ello (lluvia y viento).

En la actualidad, se ha descrito la aparición de enfermedades emergentes causadas por *P. syringae* que ocasionan importantes daños económicos. Por ejemplo, la bacteriosis apical del mango causada por *P. syringae*, de gran importancia en el sur de España (Cazorla *et al.*, 1998). Además, se ha documentado la infección de nuevos huéspedes, hecho que pone de manifiesto la adaptabilidad y evolución de los patovares de *P. syringae*.

Síntomas

Esta enfermedad, se caracteriza por una rápida expansión de lesiones necróticas en yemas y hojas (Cazorla *et al.*, 1998). Los síntomas incluyen la necrosis de las yemas vegetativas y florales, con alteraciones que impiden el brote de las primeras, llegando a mostrar lesiones necróticas que, en ocasiones, se extienden a lo largo del peciolo hasta el tallo.

También resultan afectadas las inflorescencias, lo que puede traer como consecuencia graves pérdidas económicas, debido a la consecuente disminución de frutos obtenidos. Las lesiones foliares comienzan como manchas de apariencia húmeda en posiciones angulares o entre las venas de las hojas, que pueden llegar a coalescer dando lugar a lesiones de coloración negra y ligeramente elevadas. Estas lesiones pueden extenderse a lo largo de los tallos y provocar, en última instancia, que los árboles se debiliten considerablemente, o la muerte de los mismos (Gutiérrez-Barranquero *et al.*, 2011) (Figura 12 A y B).



Fig.12. (A) Árbol con hojas secas producidas por *Pseudomonas*, (B) manchas necróticas en hojas. Fuente: Campos y Calderón, (2015).

Epidemiología

Las condiciones climáticas (humedad y bajas temperaturas) son determinantes en el desarrollo y propagación de la enfermedad, siendo su mayor incidencia en zonas con predominio de los vientos. Estas condiciones ocurren fundamentalmente en las estaciones más húmedas (Cazorla *et al.*, 1998), aunque la ocurrencia de heladas tardías en primavera, junto con periodos de lluvias y elevada humedad ambiental favorecen la multiplicación de la bacteria (MARM, 2014).

Manejo

No existen tratamientos curativos suficientemente eficaces para combatir la incidencia de *Pseudomonas syringae*. Por este motivo, para su control, resulta fundamental la adopción de diferentes medidas fitotécnicas y preventivas como:

- Proteger las plantaciones del viento y de las heladas, sobre todo cuando los árboles son jóvenes, ya que estos son los más susceptibles.
- Evitar los excesos de humedad manteniendo un buen drenaje del suelo.
- Eliminar las ramas afectadas lo más pronto posible. Desinfectar las herramientas empleadas en la realización de cortes.
- Evitar el intercambio de material y obtener las plantas de viveros oficialmente autorizados (Campos y Calderón, 2015).

El control químico de *Pseudomonas syringae* una vez detectada en campo es difícil dado el elevado índice de propagación de esta enfermedad. Por este motivo, lo que se recomienda es la aplicación de 6 a 7 tratamientos preventivos con sulfato cuprocálcico en el periodo comprendido entre septiembre y abril (Gutiérrez– Barranquero, 2012).

6.3.5. BACTERIOSIS DEL MANGO CAUSADA POR *Erwinia*

Distribución geográfica e importancia

Se encuentra dispersa en Venezuela (Guevara *et al.*, 1980), Costa Rica (Gamboa y Mora, 2010) y Panamá. Es una de las enfermedades limitantes de la producción del mango en Venezuela. Está distribuida ampliamente en ese país, siendo los cultivares 'Haden', 'Tommy Atkins' y 'Manzano' los más afectados (Guevara *et al.*, 1980; 1985).

Agente causal

La causa de la enfermedad son las bacterias *Erwinia mangiferae* (Doidge) Bergey y *Erwinia carotovora*.

Síntomas

La sintomatología de la enfermedad se manifiesta en forma de lesiones o canchros en el tronco, con exudado gomoso (Figura 13). En los frutos, los síntomas comienzan en la porción peduncular, donde se observa una zona hundida de color marrón oscuro, en cuyo interior aparece una necrosis que progresa hacia la semilla, pudiendo llegar al embrión (Guevara *et al.*, 1980, 1985) (Figura 14).



Fig.13. Daños causados por *Erwinia* sp. en troncos de mango. Fuente: Gamboa (2010).



Fig.14. Síntomas de bacteriosis en frutos de mango causada por *Erwinia* sp. Fuente: Guevara *et al.* (1986).

Epidemiología

Se ha determinado que estas bacterias sobreviven en forma epifítica sobre varios órganos de la planta durante el período vegetativo del árbol, o cuando las condiciones ambientales no son favorables para el desarrollo de la enfermedad. Una humedad relativa superior al 80 %, y temperaturas oscilantes entre 24–32°C con precipitaciones por encima de los 850 mm anuales favorecen el desarrollo de la enfermedad (Guevara *et al.*, 1985, Rondón y Guevara, 1998).

Los patrones infectados utilizados en la propagación del mango, así como algunos insectos asociados al cultivo, se consideran medios de dispersión de la enfermedad. En Venezuela, las bacterias se han aislado de la parte externa e interna de algunos insectos asociados a diversos órganos de los árboles, tales como: moscas de la fruta (*Anastrepha* spp. y *Ceratitis capitata*), chinche negra (*Mecistorhinus tripterus*), mariposas perforadoras del fruto (*Alabama argillaceae*), escamas blancas (*Aulacapsis tubercularis*) y hormigas (*Azteca* sp.); estos pueden tener una influencia significativa en la dispersión del patógeno (Guevara *et al.*, 1985). En Costa Rica, la misma bacteria ha venido afectando árboles de mango desde 1987, y ha sido aislada de los insectos *Dysdercus* sp., *Trigona* spp., *Apis mellifera*, *Ceratitis capitata* y *Anastrepha* sp. (Quesada y Wang, 1992).

Manejo

El control de la enfermedad debe comenzar con el empleo de material de propagación sano. Deben hacerse inspecciones periódicas en el vivero y en las plantaciones para detectar su presencia a

tiempo y aplicar tratamientos adecuados. Además, se deben eliminar y quemar los restos vegetales de las plantas muy afectadas; las herramientas utilizadas se deben desinfectar con cloro para evitar la propagación de las bacterias al realizar las prácticas fitotécnicas (Rondón y Guevara, 1998).

6.3.6. FITOPLASMAS EN MANGO

Distribución geográfica e importancia

Recientemente se ha informado la presencia de tres subgrupos de fitoplasmas afectando frutales, entre ellos el mango, en plantaciones de la India en Pusa (Delhi) (Govin *et al.*, 2020). Estos constituyen los primeros informes a nivel mundial de fitoplasmas afectando a este frutal. Las enfermedades asociadas con fitoplasmas están ampliamente dispersas por el mundo y en numerosos casos ocasionan severas epidemias de importancia económica (Bertaccini, 2007).

Agente causal

La comparación de secuencias por pares y el análisis filogenético confirmaron la presencia de una cepa relacionada con *Candidatus Phytoplasma Australasia* (*Ca. P. Australasia*) en mango. El análisis de subgrupos utilizando RFLP virtual de secuencias de rDNA 16S permitió ubicar la cepa de fitoplasma en mango en el subgrupo 16SrII-D (Govin *et al.*, 2020).

Se observaron síntomas de declinamiento y síntomas foliares de amarillamiento y enrojecimiento, así como hojas pequeñas y malformadas (Govin *et al.*, 2020).

Epidemiología

Los fitoplasmas se transmiten a través de insectos pertenecientes al orden Homóptera, y las familias Cicadellidae, Cixidae, Cercopidae, Psyllidae y Fulgoridae. Estos patógenos se multiplican en el interior del insecto y persisten en él hasta su muerte (Hanboonson *et al.*, 2002).

La cepa detectada, relacionada con *P. australasia* en mango, también se encontró en otros frutales como guayaba (*Psidium guajava*), litchi (*Litchi chinensis*) y granada (*Punica granatum*) por lo que también son hospederos de la enfermedad (Govin *et al.*, 2020).

Otros medios de transmisión de los fitoplasmas son a través de las cúscurtas y los injertos. Las cúscurtas (*Cuscuta* y *Cassytha* spp.) son plantas trepadoras parásitas que establecen conexiones vasculares con sus hospedantes mediante haustorios. Cuando se establece una conexión entre una planta sana y una planta infectada por un fitoplasma, este se transferirá a la planta sana mediante los elementos conectados del floema. La conservación de muestras de referencia de fitoplasmas puede realizarse mediante transmisión por injertos y la micropropagación de plantas en cultivos de tejidos (IPWG, S.F)

Los fitoplasmas asociados con una planta huésped original pueden dispersarse y redistribuirse a otras áreas mediante el intercambio de germoplasma en forma de semillas y plantas, los cuales, unidos al potencial de insectos exóticos como vectores de fitoplasmas locales, pueden causar cambios en el balance entre la enfermedad y la epidemia (Lee *et al.*, 2000).

Manejo

Las tendencias en las estrategias de manejo de enfermedades causadas por fitoplasmas están dirigidas al control de vectores. En este sentido, se considera que la colecta abundante de insectos para determinar las proporciones correctas de los positivos puede facilitar un manejo efectivo de las enfermedades causadas por estos procariontes (Munyaneza *et al.*, 2010).

Igualmente es efectiva, para el manejo, la eliminación de plantas enfermas, que son hospederas de los insectos vectores. También se recomienda utilizar material de propagación libre de patógenos para el establecimiento de nuevas plantaciones.

6.4. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, H. E. y B. H. Waite. 1977. La muerte regresiva del mango (*Mangifera indica* L.) en El Salvador. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Trop.Reg.* 21:15–16.

Ah–You, N.; L. Gagnevin; O. Pruvost; N. T. Mynnty G. I. Johnson. 2007. *Phytopathology* 97:1568.10.1094/PHYTO–97–1–1568.

Al Adawi, A. O.; M. L. Deadman; A. K. Al Rawahi; A. J. Khan y Y. M. Al Maqbali. 2003. *Diplodia theobromae* associated with sudden decline of mango in the Sultanate of Oman. *Plant Pathol.* 52:419.

Al Adawi, A. O.; M. L. Deadman; A. K. Al Rawahi; Y. M. Al Maqbali; A. A. Al Jahwari; B. A. Al Saadi; I. S. Al Amri y M. J. Wingfield. 2006. Aetiology and causal agents of mango sudden decline disease in the Sultanate of Oman. *Eur. J. Plant Pathol.* 116:247–254.

Ali, K.; K. Koeda y N. Nii. 1999. Changes in anatomical features, pigment content and photosynthetic activity related to age of 'Irwin' mango leaves. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 68:1090–1098.

Álvarez–García, L. A. y J. López–Gracia. 1971. Gummosis, dieback, and fruit rot disease of mango (*Mangifera indica* L.) caused by *Physalospora rhodina* (B. and C.) Cke. in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P. Rico.* 55(4):435–450.

Bertaccini, A. 2007. Phytoplasmas: diversity, taxonomy, and epidemiology. *Frontiers in Bioscience* 12: 673–689.

Berthet, J. A. 1914. Molestia da mangueira. *Bolm Agriculturae.* Sao Paulo.15:818–819.

Bhatnagar, S. S. y S. P. S. Beniwal. 1977. Involvement of *Fusarium oxysporum* in causation of mango malformation. *Plant Disease Reporter* 61:894–898.

Bitancourt, A. A. y A. E. Jenkins. 1946. A verrugose da mangueira. *Arquivos do Instituto Biológico, São Paulo.* 17:205–28.

Brent, K.J. y D. W. Hollomon. 2007. Fungicide Resistance: The Assessment of Risk. Fungicide Resistance Action Committee. Monograph 2. 2nd Ed. Croplife International. Brussels, Belgium. pp. 52.

Britz, H.; E. T. Steenkamp y T. A. Coutinho. 2002. Two new species of *Fusarium* section *Liseola* associated with mango malformation. *Mycologia* 94:722–730.

Brooks, F.; F. Rindi; Y. Suto; S. Ohtani y M. Green. 2015. The Trentepohliales (Ulophyceae, Chlorophyta): An unusual algal order and its novel plant pathogen, *Cephaleuros*. *Plant Dis.* 99:740–753.

Butler, E.J. y Bisby, G. R. 1931. The fungi of India. Scientific Monograph No.1. The Imperial Council of Agricultural Research in India, Calcutta.

Cabrera, R. I.; M. Ramos–Leal; A. Gómez; J. Ferrer; Y. Izquierdo; A. Banguela; A. M. Manzano; L. García; M. B. Lugo; I. D. Peña; V. Zamora; K. L. Crespo; S. Herrera, A. M. Peralta–Martin; M. A. García; L. Valero; C. A. Torriente y E. Alonso. 2017. Presence of phytopathogenic fungi and oomycetes in tropical fruit species in Cuba. SIMPOSIO INTERNACIONAL DE FRUTICULTURA TROPICAL Y SUB-TROPICAL. La Habana. 2017. Ponencia. ISBN 978–959–296–051–0.

Campos, B. y E. Calderón. 2015. Necrosis Apical del Mango. Málaga. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Formato digital (e–book) – (Producción Agraria). pp. 7.

Capote, M.; G. González; A. Naveira; M. Blanco; D. Sourd; J. Valdés–Infante; M. E. Rodríguez; B. Velásquez; N. N. Rodríguez y C. Noriega. 2014. Catálogo de cultivares de mango en Cuba. Primera Edición. IIFT. La Habana. ISBN: 978–959–296–023–7. pp. 123.

Cazorla, F. M.; J. A. Torés; L. Olalla; A. Pérez–García; J. M. Farré y A. de Vicente. 1998. Bacterial apical necrosis of mango in Southern Spain: A disease caused by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Phytopathology* 88:614–620.

Cazorla, F. M.; J. M. Farré; J. González; E. Guirado; F. J. M. Hermoso; J. A. Torés y A. De Vicente. 2009. Malformación floral y vegetativa (*Fusarium mangiferae*). Nueva enfermedad del mango en el sur peninsular. Folleto divulgativo editado por Caja Rural de Granada. pp.14.

Chávez, C., J.; P. A. Vega; V. L. M. Tapia y S. M. A. Miranda. 2001. Mango su manejo y producción en el trópico seco de México. INIFAP. Libro Técnico Núm. 1. pp. 65–79.

- Chin, D.; H. Brown; B. Condé; M. Neal; D. Hamilton; M. Hoult; C. Moore; B. Thistleton; L. Ulyatt y L. Zhang. 2010. FIELD GUIDE to Pests, Beneficials, Diseases and Disorders of Mangoes. Produced by the Northern Territory Government, Department of Resources, Darwin NT 0801. AUSTRALIA. pp. 184.
- Conde, B. D. y R. N. Pitkethley. 2007. Mango Scab and its Control. *Agnote*.133:1–5.
- Condé, B. D.; R. N. Pitkethley; E.S.C. Smith; V. J. Kulkarni; K. Thiagalingam; L. I. Ulyatt; M. I. Connelly y D. A. Hamilton. 1997. Disease notes or new records: Identification of mango scab caused by *Elsinoë mangiferae* in Australia. *Australasian Plant Pathology* 26 (2):131.
- Cooke, M.C. 1876. Report on diseased leaves of coffee and other plants. *Indian Museum Report* (Plants of Southern India). 1: 1–7.
- Crane, J. H. y C. F. Balardi. 2018. El Mango en Florida. HS1032. series of the Plant Pathology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Recuperado 8 de septiembre de 2020, de: <https://edis.ifas.ufl.edu/>.
- Crespo, M.; F. M. Cazorla; A. de Vicente; E. Arrebola; J. M. Hermoso; E. Guirado y J.A. Torés y S. Freeman. 2012. La malformación del mango, una nueva enfermedad en España. *PHYTOMA*. 241: 1–5.
- Cronje, C.; F. C. Wehnwe y J. M. Kotze. 1990. *Alternaria alternata* as a lesion pathogen of mango inflorescences in South Africa. *Phytophylactica*. 22: 117–118.
- Damm, U.; P. F. Cannon; J. H. C. Woudenberg; P. R. Johnston; B. S. Weir; Y. P. Tan; R. G. Shivas y P. W. Crous. 2012. The *Colletotrichum boninense* species complex. *Stud. Mycol.* 73:1–36.
- Dewdney, M. M. y J. D. Burrow. 2014. Citrus Black Spot Management Timing Schedule. PP277, series of the Plant Pathology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. Recuperado de <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Doidge, E. M. 1915. A bacterial disease of the mango. *Bacillus mangiferae* n. sp. *Ann. Appl. Biol.* 11:1–44.
- Domsch, K. H.; W. Gams y T. H. Anderson. 1980. Compendium of Soil Fungi. Academic Press, New York.
- Dye, D. W.; J. F. Bradbury; M. Goto; A. C. Hayward; R. A. Lelliott y M. N. Schroth. 1980. International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains. *Rev. Plant Pathol.* 59:153–168.
- Farr D. F. y A. Y. Rossman. 2020. Fungal Databases, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA. Recuperado 8 de septiembre de 2020, de: <http://nt.ars-grin.gov/fungal-databases/>.
- Freeman, S.; D. Klein-Gueta; N. Korolev y A. Szejnberg. 2004. Epidemiology and survival of *Fusarium mangiferae*, the causal agent of mango malformation disease. *Acta Horticulturae*. 646: 487–491.
- Freeman, S.; G. Otero-Colina; G. Rodríguez-Alvarado; S. Fernández-Pavía; M. Maymon; R.C. Ploetz; T. Aoki y K. O'Donnell. 2014. First report of mango malformation disease caused by *Fusarium pseudocircinatum* in Mexico. *Plant Dis.* 98, 1583.
- Fukuda, T.; K. Uehara; K. Azegami; H. Tabei y K. Nishiyama. 1990. Bacterial canker of Mango in Japan caused by *Xanthomonas campestris* pv. *Mangiferae indicae*. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 56: 474–480.
- Gagnevin L. y O. Pruvost. 2001. Epidemiology and Control of Mango Bacterial Black Spot. *Plant Disease*.85 (9).
- Gagnevin, L. y O Pruvost. (1995) Assessment of genomic variability in *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae indicae*. *Phytopathology* 85, 1163 (abstract).
- Galdino, T. V. dS.; S. Kumar; L. S. S. Oliveira; A. C. Alfenas; L. G. Neven y A. M. Al-Sadi. 2016. Mapping Global Potential Risk of Mango Sudden Decline Disease Caused by *Ceratocystis fimbriata*. *PLoS ONE* 11(7): e0159450. doi:10.1371/journal.pone.0159450.
- Gamboa P. y Mora J, 2010. Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en Costa Rica/Compliado por Jimmy Gamboa Porras y Juan Mora Montero. San José, C.R: INTA.
- Giblin, F. R.; Y. P. Tan; R. Mitchell; L. M. Coates; J. A. G. Irwin y R. G Shivas.2018. *Colletotrichum* species associated with pre-and post-harvest diseases of avocado and mango in Eastern Australia. *Australasian Plant Pathology* 47(3):269–276.
- Govin, P.R.; A Rao; K. Manish; R. Hemayati; M. Surabhi y K. S. Ashok. 2020. Identification of phytoplasma in six fruit crops in India. *European Journal of Plant Pathology* (156):1197–1206.
- Guarnaccia, V.; J. Z. Groenewald; G. Polizzi y P. W. Crous. 2017. High species diversity in *Colletotrichum* associated with citrus diseases in Europe. *Persoonia*. 39: 32–50.
- Guevara, Y. M.; A. Rondón; E. Arnal y R. Solórzano. 1986. Bacteriosis del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela II. Distribución, perpetuación, diseminación y evaluación de la resistencia de variedades. *Agronomía Tropical*. 35(4 – 6): 63–75.
- Guevara, Y., A. Rondon y R. Solorzano. Bacteriosis del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. I. Sintomatología e identificación. *Agronomía Trop.* 30(1 ó): 6576. 1980.
- Guevara, Y., A. Rondon, E. Arnal y R. Solorzano. Perpetuación y diseminación de la bacteriosis de mango (*Mangifera indica* L.) (Sumario) In: Seminario Nacional de Fitopatología (9., 1985, Maracay, Ven.). Memorias. Maracay, Sociedad Venezolana de Fitopatología. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 1985. pp.1.
- Gutiérrez – Barranquero J. A.; E. Arrebola; N. Bonilla; D. Sarmiento; F. M. Cazorla y A. de Vicente. 2012. Environmental friendly treatment alternatives to Bordeaux mixture for controlling bacterial apical necrosis (BAN) of mango. *Plant Pathology* 61, 665–676.
- Gutiérrez–Barranquero, J. A.; F. M. Cazorla; E. Arrebola; J. C. Codina; D. Fernández–Galván y A. de Vicente. 2011. La necrosis apical del mango en Canarias, ¿una etiología alternativa? *Boletín de la SEF*. ISSN: 1998–513X.
- Haggag, W. M. y A. El-Wahab. 2009. First report of *Fusarium sterilihyphosum* and *Fusarium proliferatum* induced malformation disease of mango in Egypt. *J. Plant Pathol.* 91: 231–240.
- Halsted, B. D. y D. G. Fairchild. 1891. Sweet–potato black rot. *J. Mycol.* 7:1–11.
- Hamid, M. y M. Jalaluddin. 2006. Recurring incidence of sooty mould of mango in Karachi and its control. *Intl. J. Biol. Biotech.* 3:561–565.
- Hanboonsong, Y; C. Choosai; S. Panyim y S. Damak. 2002. Transovarial transmission of sugarcane white leaf phytoplasma in the insect vector *Matsumuratettix hiroglyphicus* (Matsumura) *Insect Molecular Biology* (11): 97–103.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). 2011. Instructivo técnico para el cultivo del mango. Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba. pp. 32.
- IPWG (Grupo de trabajo internacional de fitoplasmas). s.f. Página web de la *Phytoplasma* collection. Disponible en http://www.ipwgnat.org/index.php?option=com_content&view=article&id=29&Itemid=5.
- Jayawardena, R. S.; K. D. Hyde; U. Damm; L. Cai; M. Liu; X. H. Li; W. Zhang; W. S. Zhao y J. Y. Yan. 2016. Notes on currently accepted species of *Colletotrichum*. *Mycosphere* 7:1192–1260.
- Johnson, G. I. 1994. Stem–end rot. En: R. C. Ploetz, G. A. Zentmyer, W. Nishijima, K. Rohrbach y R. D. Ohr (Eds), Compendium of Tropical Fruit Diseases. APS Press, St Paul, USA. pp. 39–41.
- Johnson, G. I. y P. J. Hofman. 2009. Postharvest technology and quarantine treatments. En: Litz, R.E. (ed.) *The Mango: Botany, Production and Uses*. 2nd edition. CABI, Wallingford, UK. pp. 529–605.

- Joubert, J. J. y F. H. J. Rijkenberg, 1971. Parasitic green algae. *Annual Review of Phytopathology*: 45–64.
- Junqueira, N. T. V.; A. C. de Q. Pinto; M. M. da Cunha y V. H. V. Ramos. 2002. Controle das doenças da mangueira. En: L. Zambolin; F.X.R. do Vale; A. J. A. Monteiro y H. Costa (eds.) Controle de Doenças de Plantas Fruteiras vol. 1. Universidade Federal de Vicosa, Vicosa. pp. 323–403.
- Kishun, R. y H. S. Sohi. 1983. Bacterial canker in mangoes. *Indian Farmer's Digest* 14: 21–23.
- Kishun, R. 1995. Detection and management of *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae indicae*. In: Varma, J. P., Verma, A. and Kumar, D. (eds) Detection of Plant Pathogens and Their Management. Angkar Publishers, New Delhi, pp. 173–182.
- Kumar, J. y S. P. S. Beniwal. 1992. Mango malformation. En: J. Kumar; H.S. Chaube; U. S. Singh y A. N. Mukhopadhyay (Eds.) Plant Diseases of International Importance. Diseases of Fruit Crops, Vol. III. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 357–393.
- Lee, I. M.; R. Davis y D. Gundersen–Rindal. 2000. Phytoplasma: phytopathogenic mollicutes. *Ann. Rev. Microbiol.* 54: 21–25.
- Li, Q.; J. Bu; J. Shu; Z. Yu; L. Tang; S. Huang; T. Guo; J. Mo; S. Luo; G. S. Solangi y T. Hsiang. 2019. *Colletotrichum* species associated with mango in Southern China. *Scientific Reports* 9:18891 | <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54809-4>.
- Lim, T. K. y K. C. Khoo. 1985. Diseases and Disorders of Mango in Malaysia. Tropical Press, Kuala Lumpur.
- Lima, N. B.; M. V de A. Batista; M. A. de Moraes Jr; M. A. G. Barbosa; S. J. Michereff; K.D. Hyde y M.P.S. Câmara. 2013. Five *Colletotrichum* species are responsible for mango anthracnose in Northeastern Brazil. *Fungal Divers.* 61: 75–88.
- Lima, C. S.; L. H. Pfenning; S. S. Costa; L. Abreu y J. F. Leslie. 2012. *Fusarium tuiense* sp. nov., a member of the *Gibberella fujikuroi* species complex that causes mango malformation in Brazil. *Mycologia.* 104: 1408–1419.
- Lima, N. B.; W. G. Lima; J. M. Tovar–Pedraza; S. J. Michereff y M. P. S. Camara. 2015. Comparative epidemiology of *Colletotrichum* species from mango in Northeastern Brazil. *Eur. J. Plant Pathol.* 141:679–688.
- López–Hernández, D. y Q. Domínguez–Martín. 2018. El cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) con destino al turismo y la exportación en Ciego de Ávila, Cuba. *CitriFrut* 35(2):62–66.
- Mahmood, A. 2002. Mango decline in Pakistan and its management. *Pakistan J. Phytopathol.* 14: 40.
- Malagi, G.; I. Santos; S. M. Mazaro y C. A. Guginski. 2011. Detection of algal leaf spot (*Cephaleuros virescens* Kunze) in Citrus in Paraná State. *Revista Brasileira de Agrociência.* 17(1): 148–52.
- Malik, M. T.; M. Ammar; M. Ranan; A. Rehman y I. S. E. Bally., 2016. Chemical and cultural management of die back disease of mango in Pakistan. *Acta Hort.* 1111:363–368.
- Malik, M. T.; S. M. Khan; A. A. Dasti y M. R. Kazmi. 2005. First record of *Ceratocystis fimbriata* (sic) causal organism of mango sudden death in Pakistan. *Pakistan J. Phytopathol.* 17:187–191.
- Manicom, B. Q. 1986. Factors affecting bacterial black spot of mangoes caused by *Xanthomonas campestris* pv. *Mangiferae indicae*. *Ann. Appl. Biol.* 109:129–135.
- Manicom, B. Q. y O. P. Pruvost. 1994. Bacterial black spot. In: Ploetz, R.C., Zentmyer, G. A., Nishijima, W. T., Rohrbach, K. G. and Ohr, H.D. (eds) Compendium of Tropical Fruit Diseases. APS Press, St Paul, Minnesota, pp. 41–42.
- Manzano, A. M. 2018. Perfeccionamiento de las estrategias de manejo para enfermedades no cuarentenarias que afectan los cítricos, mangos y aguacateros en Cuba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Informe final de Proyecto. Código 2040. pp. 72.
- Manzano, A. M. 2020. Caracterización de las principales enfermedades fungosas no cuarentenarias y sus agentes causales en cítricos, mango y aguacatero con vistas a la actualización de las estrategias para su manejo. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Informe Anual de Proyecto. Código 2067. pp. 25.
- Manzano–León, A. M.; W. Serra; L. García; K. Crespo y V. Guarnaccia. 2018. First report of leaf anthracnose caused by *Colletotrichum grossum* on mango (*Mangifera indica* L.) in Cuba. *J. Plant Pathology.* 100: 329.
- Marcelino, J.; R. Giordano; S. Gouli; V. Gouli; B. L. Parker; M. Skinner; D. TeBeest y R. Cesnik. 2008. *Colletotrichum acutatum* var. *foriniae* (teleomorph: *Glomerella acutata* var. *foriniae* var. nov. infection of a scale insect. *Mycologia* 100:353–374.
- MARM, 2014. Guía de gestión integrada de plagas. Frutales de pepita. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. 2014. http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIA_FRUTALES_DE_PEPITA_tcm7-359917.pdf
- Marques, M. W.; N. B. Lima; Jr. M. A. de Moraes; M. A. G. Barbosa; B. O. Souza; S. J. Michereff; A. J. L. Phillips y M. P. S. Câmara. 2013. Species of *Lasiodiplodia* associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity.* 61:181–193.
- Marques, M. W.; N. B. Lima; Jr. M. A. de Moraes, S. J. Michereff; A. J. L. Phillips y M. P. S. Câmara. 2013. *Botryosphaeria*, *Neofusicoccum*, *Neoscytalidium* and *Pseudofusicoccum* species associated with mango in Brazil. *Fungal Diversity.* 61: 19–208.
- Martínez, E.; G. Barrios Sanromá; L. Rovesti y R. Santos Palma. 2006. Manejo integrado de plagas. Manual práctico., 1st ed. Centro Nacional de Sanidad Vegetal (CNSV), Cuba; Entrepueblos, España; Gruppo di Volontariato Civile (GVC), Italia.
- Masood, A.; S. Saeed y A. Sajjad. 2008. Characterization and damage patterns of different bark beetle species associated with mango sudden death syndrome in Punjab, Pakistan. *Pak. Entomol.* 30: 163–168.
- Mata, B. I. y V. R. Mosqueda. 1995. La Producción del Mango en México. UTEHA Noriega Editores. México. pp. 83–103.
- Mo, J.; G. Zhao; Q. Li; G. S. Solangi; L. Tang; T. Guo; S. Huang y T. Hsiang. 2018. Identification and Characterization of *Colletotrichum* Species Associated with Mango Anthracnose in Guangxi, China. *Plant Dis.* 102: 1283–1289.
- Mulkay, T. 2017. Efecto de sales de quitosano en la calidad poscosecha del mango 'Tommy Atkins'. *Cultivos Tropicales.* 38(3): 119–125.
- Mulkay, T.; A. Paumier; M. Aranguren y O. Herrera. 2010. Diagnóstico de las enfermedades fungosas de mayor incidencia durante la poscosecha de la papaya (*Carica papaya* L.), el mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*Persea americana* Miller) en tres localidades frutícolas de Cuba. *CitriFrut.* 27 (2): 23–30.
- Munyanesa, J. E.; J. M. Croslin; J. E. Upton y J. L. Buchman. 2010. Incidence of the beet leafhopper transmitted virescence agent phytoplasma in local populations of the beetle leafhopper. *Circulifer tenellus*, in Washington State. *Journal of Insect Science*, 10:18. Available online: insectscience.org/10.18. pp. 10.
- Nasir, M.; S. M. Mughal; T. Mukhtar y M. Z. Awan. 2014. Powdery mildew of mango: a review of ecology, biology, epidemiology and management. *Crop Protection.* 64: 19–26.
- Nelson, S.C. 2008a. *Cephaleuros* Species, the Plant–Parasitic Green Algae. *Plant Disease.* 43:1–6.
- Nelson, S.C. 2008b. Mango Powdery Mildew. *Plant Disease.* PD–46.
- Oliveira L. S. S., T. C. Harrington; M. A. Ferreira; M. B. Damascena; A. M. Al–Sadi y I. H. S. Al–Mahmooli. 2015 b. Species or Genotypes? Reassessment of Four Recently Described Species of the *Ceratocystis* Wilt Pathogen, *Ceratocystis fimbriata*, on *Mangifera indica*. *Phytopathology.* 105(9):1229–44.
- Oliveira, L. S. S.; L. M. S. Guimarães; M. A. Ferreira; A. S. Nunes; L. V. A. Pimenta; A. C. Alfenas. 2015 a. Aggressiveness, cultural characteristics and genetic variation of *Ceratocystis fimbriata* on *Eucalyptus* spp. *Forest Pathology* 45(6):505–514.

- Otero-Colina, G.; G. Rodríguez-Alvarado; S. Fernández-Pavía, M. Maymon; R. C. Ploetz; T. Aoki; K. O'Donnell y S. Freeman. 2010. Identification and characterization of a novel etiological agent of mango malformation disease in Mexico *Fusarium mexicanum* sp. nov. *Phytopathology*.100: 1176–1184.
- Palti, J.; Y. Pinkas y M. Chorin, M. 1974. Powdery mildew of mango. *Plant Disease Reporter*. 58: 45–49.
- Pardo-De la Hoz, C. J.; C. Calderón; A. M. Rincón; M. Cárdenas; G. Danies; L. López-Kleine; S. Restrepo y P. Jiménez. 2016. Species from the *Colletotrichum acutatum*, *Colletotrichum boninense* and *Colletotrichum gloeosporioides* species complexes associated with tree tomato and mango crops in Colombia. *Plant Pathol*. 65:227–237.
- Peña, J. E.; M. Aluja y M. Wysoki. 2009. Pests. En: The Mango: Botany, Production and Uses. R. E. Litz, ed. 2nd ed. CAB International, Wallingford, UK. pp. 317–366.
- Phillips, A. J.L.; A. Alves; J. Abdollahzadeh; B. Slippers; M. J. Wingfield; J. Z. Groenewald y P.W. Crous. 2013. The *Botryosphaeriaceae*: genera and species known from culture. *Studies in Mycology*. 76: 51–167.
- Phoulivong, S.; L. Cai; H. Chen; E. H. C. McKenzie; K. Abdelsalam; E. Chukeatirote y K.D. Hyde. 2010. *Colletotrichum gloeosporioides* is not a common pathogen on tropical fruits. *Fungal Diversity*. 44: 33–43.
- Ploetz, R. 2017. The mango disease trilogy. *Acta Hort*. 1183:221–228.
- Ploetz, R. C. y S. Freeman. 2009. Foliar, floral and soilborne diseases. En: Litz, R. E. (ed.) The Mango. 2nd ed. CABI, Wallingford, UK. pp. 231–302.
- Ploetz, R. C.; D. Benschler; A. Vazquez; A. Colls; J. Nagel y B. Schaffer. 1996. A re-evaluation of mango decline in Florida. *Plant Dis*. 80:664–668.
- Ploetz, R. C.; G. A. Zentmyer; W. Nishijima; K. Rohrbach y R. D. Ohr. 1994. Compendium of Tropical Fruit Diseases. APS Press, St Paul, USA. pp. 527.
- Ploetz, R. C.; J. Hulcr; M. J. Wingfield y Z. W. de Beer. 2013. Ambrosia and bark beetle-associated tree diseases: Black Swan events in tree pathology? *Plant Dis*. 95:856–872.
- Ploetz, R. C.; T. Harrington; J. Hulcr; S. Fraedrich; J. A. Smith; S. Inch; P. Kendra; A. E. Mayfield; J. Hanula; R. Rabaglia; A. Palmateer; J. Peña; A. Eskalen; J. Crane; B. Faber; R. Bostock; C. Harmon; R. Schnell y W. Wingfield. 2011. Recovery Plan for Laurel Wilt of Avocado (caused by *Raffaelea lauricola*). National Plant Disease Recovery System. Homeland Security Presidential Directive Number 9 (HSPD-9).
- Ploetz, R.C. 2003. Diseases of Tropical Fruit Crops. Ed. CABI Publishing, CAB International Cambridge, USA. pp. 532.
- Ploetz, R.C. 2007. Diseases of tropical perennial crops: Challenging problems in diverse environments. *Plant Disease*. 91: 644–663.
- Ponmurugan, P.; D. Saravanan; M. Ramya. 2010. Culture and Biochemical Analysis of a Tea Algal Pathogen, *Cephaleuros parasiticus*. *Journal of Phycology* 46 (5):1017–1023.
- Ponmurugan, P.; D. Saravanan; M. Ramya; T. R. Srinivasan; U. U. Baby; D. Ajay. 2009. Studies on *Cephaleuros parasiticus* Karst, a pathogenic alga causing red rust disease in tea plantations. *Journal of Plantation Crops* 37(1):70–73.
- Prakash, O. 1988. Sooty mould disease of mango and its control. *Intl. J. Trop. Plant Dis*. 9:277–280.
- Prakash, O. y A. K. Misra. 1992. Important diseases of mango and their effect on production. *Biol. Memoirs*. 18: 39–55.
- Prakash, O. y K. C. Srivastava. 1987. Mango diseases and their management—a world review. Tommorrow's Printer, New Delhi, India. pp. 300.
- Prakash, O., A. K. Misra, y M. A. Raoof. 1994. Studies on mango bacterial canker disease. *Biological Memoirs* 20, 95–107.
- Prusky, D. 1994. Alternaria rot (black spot). En: Ploetz, R. C.; G. A. Zentmyer; W. Nishijima; K. Rohrbach y R. D. Ohr. (Eds). Compendium of Tropical Fruit Diseases. APS Press, St Paul, USA. pp. 34 – 35.
- Prusky, D.; Y. Fuch y U. Yanko. 1983. Assessment of latent infections as a basis for control of post harvest disease of mango. *Plant Dis*. 67:816–818.
- Pruvost, O. y B.Q Manicom. 1993. *Xanthomonas campestris* pv. *Mangiferae indicae*: Cause of bacterial black spot of mangoes. En: Xanthomonas. J. G. Swings y E. L. Civerolo, eds. Chapman & Hall, London. pp 91– 95.
- Pruvost, O. y J. Luisetti. 1991. Effect of time of inoculation with *Xanthomonas campestris* pv. *Mangiferae indicae* on mango fruits susceptibility. *Epiphytic survival* of X. c. pv. *mangiferae indicae* on mango fruits in relation to disease development. *J. Phytopathol*. 133:139–151.
- Pruvost, O., A. Couteau; y J. Luisetti. 1990. Development of bacterial black spot of mangoes and epiphytic populations of the pathogen (*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae indicae*) under natural conditions in Réunion Island. *Fruits* 45, 125–140.
- Pruvost, O.; A. Couteau y J. Luisetti. 1992. Pepper tree (*Schinus terebenthifolius* Radii), a new host plant for *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae indicae*. *J. Phytopathol*.135: 289–298.
- Pruvost, O.; A. Couteau; J. Luisetti y C. Vernière. 1995. Biologie et épidémiologie de l'agent de la maladie des taches noires de la mangue. *Fruits*. 50:183–189.
- Pruvost, O.; C. Boyer; P. Grygiel; K. Boyer; C. Vernière; L. Gagnevin; S. Soro; C. N Guessan y D. Kone. 2014. First report of *Xanthomonas citri* pv. *mangiferae indicae* causing mango bacterial canker on *Mangifera indica* in Ivory Coast. *Plant Disease*. 101(3): 503.
- Pruvost, O; A Couteau; y J. Luisetti. 1989. Efficacité de différentes formulations chimiques pour lutter contre la maladie des taches noires de la mangue (*Xanthomonas campestris* pv. *mangiferae indicae*). *Fruits* 44, 343–350.
- Qin, L. P.; Y. Zhang; Q. Su; Y. L. Chen; Q. Nong; L. Xie; G. M. Yu y S. L. Huang. 2019. First Report of Anthracnose of *Mangifera indica* Caused by *Colletotrichum scovillei* in China. *Plant Dis*.103 (5):1043.
- Quesada, M. y A. Wang. 1992. Insectos portadores de la bacteria causante del «cancer de mango». (*Mangifera indica* L.) *Agronomía Costarricense* 16:231–236.
- Quezada-Gutiérrez, M. C.; M. Díaz-Celaya; M. Rosario; G. Rodríguez-Alvarado; S. Patricia. 2009. Mancha algal en guayabo (*Psidium guajava* L.) y mango (*Mangifera indica* L.) ocasionada por *Cephaleuros virescens* en Michoacán, México. *Biológicas*. 11:87–89.
- Ramos-Leal M. 2015. Estudio de las enfermedades fungosas y nuevas estrategias para su manejo en los frutales de mayor importancia económica. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Informe final de Proyecto. Código 2001. pp. 59.
- Reckhaus, P. y I. Adamou. 1987. Hendersonula dieback of mango in Niger. *Plant Dis*. 71:1045.
- Ribeiro, I. J. A. 1980. Seca da mangueira. Agentes causais e estudo da molestia. En: Anais do I Simposio Brasileiro Sobre a Cultura de Mangueira. Sociedade Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal. pp. 123–130.
- Ribeiro, I. J. A. 1997. Doenças da mangueira (*Mangifera indica* L.). En: Kimati, H.; A. Amorim; A. Bergamin-Filho; L. E. A. Camargo y J. A. M. Rezende (Eds). Manual de Fitopatologia, Volume 2: Doenças das Plantas Cultivadas. Agronômica Ceres, São Paulo, Brazil.
- Ribeiro, I. J. A.; C. J. Rosetto; L. C. Donadio; J. C. Sabino; A. L. M. Martins y P. B. Gallo. 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.
- Rodríguez-Delgado, E. J.; H. García-Pérez; L. Castellanos-González y M. Capot-del Sol. 2015. Estabilidad y adaptabilidad de tres cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en la unidad especial de frutales de Cienfuegos. *CitriFrut* 32(2):11–20.

- Rondón, A. y Y. Guevara. 1998. Principales enfermedades y su control. En: El cultivo del mango en Venezuela, Maracay, Ven. Fondo Nacional de Investigaciones agropecuarias IICA/ CreA/ PROCIANDINO / FRUTHEX. pp. 166–184.
- Sandoval-Sánchez, M.; D. Nieto-Ángel; J. S. Sandoval-Islas; D. Téliz-Ortiz; M. Orozco-Santos; H. V. Silva-Rojas. 2013. Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera indica* L.). *Agrociencia* 47(1): 61–73.
- Schaffer, B. 1994. Decline. En: Ploetz, R. C.; G. A. Zentmyer; W. Nishijima; K. Rohrbach y R. D. Ohr (eds), Compendium of Tropical Fruit Diseases. APS Press, St Paul, USA. pp. 43.
- Schoeman, M. H.; B. Q. Manicom y M. J. Wingfield. 1995. Epidemiology of powdery mildew on mango blossoms. *Plant Dis.* 79:524–528.
- Sermeño, J. M.; A. W. Rivas y R. A. Menjivar. 2005. Guía técnica de las principales plagas artrópodos y enfermedades de los frutales. Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. pp. 62–63.
- Sharma, G.; N. Kumar; B. S. Weir; K. D. Hyde y B. D. Shenoy. 2013. The ApMat marker can resolve *Colletotrichum* species: a case study with *Mangifera indica*. *Fungal Divers.* 61:117–138.
- Slippers, B. y M. J. Wingfield. 2007. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and impact. *Fungal Biol. Rev.* 21:90–106.
- Sundravadana, S.; D. Alice; S. Kuttalam y R. Samiyappan. 2006. Control of mango anthracnose by azoxystrobin. *Tunisian Journal of Plant Protection* 1.2.:109.
- Swart, S. H.; G. Swart y C. Labuschagne. 2009. The effect of strategically timed pre-harvest fungicide applications on post-harvest decay of mango. *Acta Hort.* 820:511–520.
- Tamayo, M. P. J. 2007. Enfermedades del aguacate. *Politécnica* 4:51–70.
- Trakunyingcharoen, T.; L. Lombard; J. Z. Groenewald; R. Cheewangkoon; C. To-Anun y P. W. Crous. 2015. *Caulicolous botryosphaeriales* from Thailand. *Persoonia* 34:87–99.
- Trakunyingcharoen, T.; R. Cheewangkoon; C. To-anun; P. W. Crous; J. M. van Niekerk y L. Lombard. 2014. Botryosphaeriaceae associated with diseases of mango (*Mangifera indica*). *Australasian Plant Pathol.* 43:425–438.
- Urdaneta, L. D. y A. D. Araujo. 2008. Mancha algal de las hojas de guayabo. *Agrotécnico* 24:51–70.
- Van Wyk, M.; A. O. Al Adawi; B. D. Wingfield; A. M. Al Subhi; M. L. Deadman y M. J. Wingfield. 2005. DNA based characterization of *Ceratocystis fimbriata* isolates associated with mango decline in Oman. *Australas. Plant Pathol.* 34:587–590.
- Van Wyk, M.; D. B. Wingfield; A. O. Al-Adawi; C. J. Rosseto; M. F. Ito y M. J. Winfield. 2011. Two new *Ceratocystis* species associated with mango disease in Brazil. *Mycotaxon* 117:381–404.
- Vandamme P. y C. Peeters. 2014: Time to revisit polyphasic taxonomy. *Antonie van Leeuwenhoek* 106:57–65.
- Vasconcelos, C. V.; F. T. Pereira; C. S. Galvão y D. D. C. Carvalho. 2016. Occurrence of algal leaf spot (*Cephaleuros virescens* Kunze) on avocado in Goiás State, Brazil. *Summa Phytopathologica* 42(1):108–108.
- Vauterin, L., J. Swings; M. Gillis; K. Kersters; T. W. Mew; M. N. Schroth; N. J. Palleroni; D. C. Hildebrand; D. E. Stead; E. L. Civerolo; A. C. Hayward; H. Maraite; R. E. Stall; A. K. Vidaver y J. F. Bradbury. 1990. Towards an improved taxonomy of *Xanthomonas*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 40:312–316.
- Vauterin, L.; B. Hoste; K. Kersters y J. Swings. 1995. Reclassification of *Xanthomonas*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 45:472–489.
- Vauterin, L.; J. Rademaker y J. Swings. 2000. Synopsis on the taxonomy of the genus *Xanthomonas*. *Phytopathology* 90:677–682.
- Verma, O. P. y R. D. Singh. 1970. Epidemiology of mango dieback caused by *Botyodiplodia theobromae* Pat. *Indian J. Agric. Sci.* 40:813–818.
- Vieira, W. A.; S. J. Michereff; M. A. Jr. de Moraes; K. D. Hyde y M. P. Câmara. 2014. Endophytic species of *Colletotrichum* associated with mango in northeastern Brazil. *Fungal Divers.* 67:181–202.
- Weir, B. S.; P. R. Johnston y U. Damm. 2012. The *Colletotrichum gloeosporioides* species complex. *Studies in Mycology* 73:115–180.
- Woudenberg, J. H. C.; M. F. Seidl; J. Z. Groenewald; M. de Vries; J. B. Stielow; B. P. H. J. Thomma y P. W. Crous. 2015. *Alternaria* section *Alternaria*: Species, formae speciales or pathotypes? *Studies in Mycology* 82:1–21.
- Youssef, S. A.; M. Maymon; A. Zveibil; D. Klein-Gueta; A. Szejnberg; A. A. Shalaby y S. Freeman. 2007. Epidemiological aspects of mango malformation disease caused by *Fusarium mangiferae* and source of infection in seedlings cultivated in orchards in Egypt. *Plant Pathology* 56(2):257–263.
- Zhang, Z. P.; Q. Li; L. X. Luo y J. Q. Li. 2017. First Report of Mango Wilt Caused by *Ceratocystis fimbriata* in *Mangifera indica* in China. *Plant Dis.* 101(6):1042.
- Zombré, C.; P. Sankara; S. L. Quédraogo; I. Wonni; O. Pruvost; C. Boyer; C. Verniere; A. J. Adandonon; F. Vayssieres y B. C. Ahohiendo. 2015. First report de *Xanthomonas citri* pv *mangiferae indicae* causing mango bacterial canker on *Mangifera indica* L. in Benin. *Plant Dis.* 99(12):1854–1854.



CAPÍTULO 7

COSECHA

Tania Mulkey Vitón
Adrián Paumier Jiménez

7.1. INTRODUCCIÓN

La cosecha, como tecnología general o integral, está constituida por un conjunto de operaciones, algunas de gran complejidad y todas vinculadas entre sí. Entre las etapas que la integran se encuentran el ordenamiento de la cosecha, estrategia y organización, recolección de las frutas y transporte (campo-centro de beneficio).

Como proceso individual, la cosecha se ubica entre los de mayor influencia en el resultado final de la comercialización de las frutas. A partir de este momento, las frutas son sometidas a un fuerte estrés, que se inicia desde la recolección hasta todas las etapas posteriores. En la ejecución de esta actividad, los factores relacionados con la calidad de las frutas, es decir, los índices que determinan la madurez juegan un papel importante para que maduren debidamente y con el mínimo de pérdidas. A continuación, se relacionan aspectos fundamentales y de interés para los productores relacionados con la cosecha del mango.

7.2. IMPORTANCIA DEL MOMENTO DE INICIO DE LA ACTIVIDAD DE COSECHA

La definición del momento óptimo de la cosecha de las frutas es esencial para que maduren adecuadamente, con calidad y con el mínimo de pérdidas. Las pérdidas de calidad en las frutas pueden ser ocasionadas por la presencia de defectos como malformaciones, quemaduras de sol, daños mecánicos (heridas, cicatrices, rasguños, golpes), daños por insectos plagas y pudriciones, oscurecimiento del mesocarpio o pulpa. La cosecha debe iniciarse cuando las frutas cumplan con los parámetros de madurez establecidos.

De acuerdo con Gergoff (2016) la madurez de las frutas se puede considerar de tres formas.

Madurez fisiológica: corresponde al estado en el cual la fruta ha alcanzado su completo y apropiado proceso de maduración. La fruta adquiere la maduración fisiológica unida a la planta que le dio origen, por lo que no se recomienda su cosecha antes de que haya alcanzado este estado.

Madurez organoléptica o de consumo: corresponde al estado en el que se han alcanzado todos los atributos que una fruta necesita en cuanto a color, textura, aroma y sabor deseables para el consumidor.

Madurez comercial o de cosecha: se sitúa entre los dos estados mencionados anteriormente, cuando la fruta alcanza la madurez fisiológica y tiene los atributos para su consumo o para adquirirlos en una evolución posterior.

En general, si la fruta no se cosecha en el momento óptimo, la calidad se afecta y la vida de anaquel se acorta (Wu *et al.*, 2011).

7.3. CRITERIOS PARA LA DEFINICIÓN DEL MOMENTO DE COSECHA

Para definir el momento de cosecha de las frutas de mango se pueden tomar en cuenta varios criterios, entre ellos la edad, el tamaño, la forma y su peso específico; también el cambio de color de las lenticelas, el color del exocarpio o corteza y el color del mesocarpio o pulpa. Existen otros parámetros que se basan en mediciones objetivas como la firmeza, el contenido de los sólidos solubles totales (SST) y el porcentaje de materia seca del mesocarpio.

7.3.1. EDAD DE LAS FRUTAS

La edad de la fruta se define como el período entre la plena floración y la madurez comercial, es decir, el tiempo que tarda una fruta desde que el 75 % de las flores de un árbol se abren hasta el mo-

mento del inicio de la cosecha. Este es un índice estimativo que depende de las condiciones climáticas de la localidad y su influencia sobre el cultivar (es decir, la maduración depende de la suma de unidades de calor o grados días hasta el momento de maduración) (Gergoff, 2016). En la localidad de Jagüey Grande, provincia de Matanzas, este período tiene una duración de 130 días para el 'Tommy Atkins' y se inicia la cosecha la primera decena del mes de junio; en el 'Súper Haden', una duración de 140 días, y se inicia cosecha en la segunda decena de junio; y en el 'Keith' una duración de 170 a 195 días, y se inicia cosecha en la segunda decena de julio (Aranguren *et al.*, 2014). Betancourt *et al.* (2019) refieren que, en los municipios de Pinar del Río, Alquizar y Contramaestre —de las provincias de Pinar del Río, Artemisa y Santiago de Cuba respectivamente—, este período de inicio de cosecha para el 'Súper Haden' es de 91 a 106 días, en el mes de abril, de 105 a 124 días en el mes de mayo y de 74 a 87 días en el mes de julio respectivamente.

7.3.2. MASA Y TAMAÑO DE LAS FRUTAS

La masa y el tamaño de las frutas son dos parámetros que no son confiables como indicadores del momento de inicio de cosecha, ya que en una misma plantación se pueden presentar diferentes momentos de floración (Cajuste *et al.*, 2001; Dorantes *et al.*, 2004), pero se utilizan como criterio para la comercialización. Según la norma del *Codex Alimentarius* 184 y la Norma Cubana NC 224, las frutas de mango se clasifican de acuerdo a su peso en gramos o el calibre. Este último se determina por la masa fresca en rangos que se referencian con las letras A (de 200 g – 300 g), B (de 351 g – 550 g), C (de 551 g – 800 g) y D (más de 800 g). Los mangos 'Súper Haden' y 'La Paz', por su masa fresca, fueron clasificados con la letra D, ya que pesan más de 800 g, y el 'Tommy Atkins' en C, ya que la masa fresca está en el rango de 551 g – 800 g. En el cultivar 'La Paz', recolectado durante dos años en la empresa Cítricos Ceiba, en la provincia de Artemisa, al comparar la masa fresca se encuentran diferencias estadísticas: en el 2018 fueron superiores (1102,43 g) al 2016 (867,46 g). Los productores refieren que las frutas de este cultivar han incrementado su tamaño y masa de una campaña de cosecha a otra como consecuencia del manejo fitotécnico de la plantación y de las condiciones edafoclimáticas de la localidad.

7.3.3. FORMA DE LAS FRUTAS

La forma de las frutas de mango es típica del cultivar. Cuando las frutas maduran se llenan y se desarrollan, ocurre la expansión del crecimiento alrededor del pedúnculo del fruto, proceso al que los productores denominan «hombros». También cambian de ser planos a redondeados, desarrollando lo que se conoce como «pómulos» o «cachetes», características típicas de cultivares como 'Kent', 'Keitt', 'Haden', 'Tommy Atkins' y 'Súper Haden', aspectos que se consideran como índices fiables para la definición de la madurez e inicio de cosecha (Figura 1). El riego influye en la forma de la fruta; los mangos cosechados de áreas sin riego tienen una forma delgada y aparentan ser inmaduros, aunque su madurez puede ser adecuada (Brecht *et al.*, 2014).



Fig.1. Mango inmaduro (izquierda) y maduro (derecha) según el desarrollo de los «hombros» y del llenado de los «pómulos» o «cachetes» de la fruta. Fuente: Brecht *et al.* (2014).

7.3.4. PESO ESPECÍFICO Y CAMBIOS DE LAS LENTICELAS

El peso específico (peso/volumen) es otro indicador de madurez, y se calcula en base a la flotación de la fruta en agua (10 % de su volumen fuera del agua).

Las lenticelas son aberturas naturales presentes en el exocarpo del mango y su función principal es facilitar el intercambio de gases. El tamaño o prominencia de estas es un indicador de cosecha; cuando las frutas maduran son más prominentes y cambian su color de acuerdo al cultivar,

en el 'Haden' toman coloración amarilla, el 'Tommy Atkins' entre amarilla y roja (Figura 2 A) y el 'Súper Haden' entre pardo y roja (Figura 2 B).

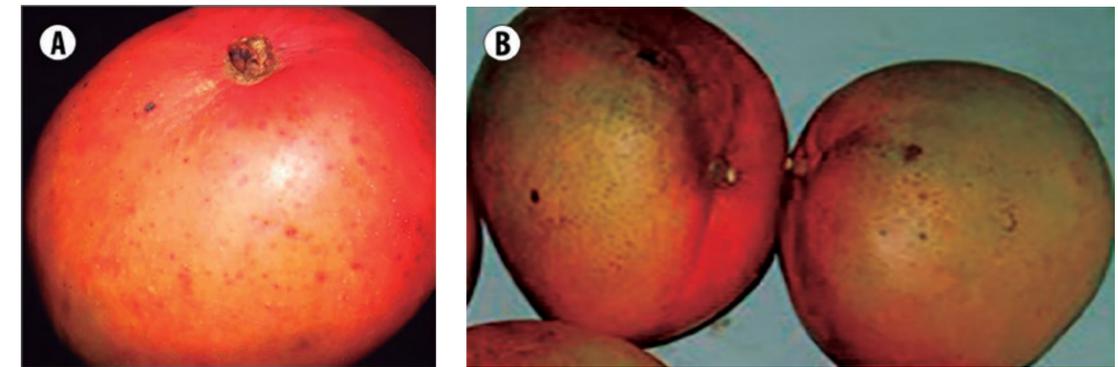


Fig.2. Color de las lenticelas en frutas de mango. (A) 'Tommy Atkins', (B) 'Súper Haden'. Fotos tomadas por los autores.

7.3.5. COLOR DEL EXOCARPIO

El color del exocarpo en las frutas es un atributo de calidad que influye en las preferencias del consumidor e induce la expectativa de sabor, gusto y palatabilidad, siendo al mismo tiempo una variable utilizada como indicador de estado de madurez y/o deterioro de su calidad (Castro *et al.*, 2013; Wadhera y Capaldi-Phillips, 2014). Para reducir la subjetividad de los especialistas en la determinación de este indicador, se sugiere utilizar instrumentos como colorímetros (Figura 3), procesamiento digital de imágenes y otras técnicas para construir escalas de colores durante su aplicación en cultivos e industrias (CIE, 2004).

El cambio del color del exocarpo de verde oscuro a verde claro, y a amarillo en algunos cultivares, es el índice de madurez más comúnmente utilizado en numerosos países. El desarrollo de la chapa de color rojo de los cultivares 'Tommy Atkins', 'La Paz' y 'Súper Haden' (Figura 4), no es un índice de madurez confiable, ya que varía de acuerdo a la posición del fruto en el árbol y la cantidad de luz que recibe durante su crecimiento y desarrollo, aunque puede ser más prominente con el avance de la maduración, por lo que tampoco es un indicador de madurez en frutas que la desarrollen (Brecht *et al.*, 2014).



Fig.3. Colorímetro triestímulo Konica Minolta CR-400 para la medición del color del exocarpo y mesocarpo en las frutas. Foto tomada por los autores.



Fig.4. Desarrollo de la chapa de color rojo o rubor en el exocarpo de frutas de mango, (A) 'Tommy Atkins', (B) 'La Paz', (C) 'Súper Haden'. Fotos tomadas por los autores.

7.3.6. COLOR DEL MESOCARPIO

El desarrollo del color amarillo en el mesocarpio es un índice de madurez confiable en todos los cultivares, establecido a través de una escala de color de grados del 1 al 5 (Figura 5). Baéz *et al.* (1998) describen los grados como 1: Crema (no blanco): significa que la pulpa del mango está completamente del color crema. La sombra del color crema puede cambiar de claro a oscuro. 2: Cambiante: significa que hay un definido rompimiento de color crema a amarillo sobre no más del 30 % del área observada e iniciando desde la semilla de la fruta. 3: Amarillo: significa que más del 30 %, y en no más del 60% del área observada de la pulpa, muestra un color amarillo. 4: Amarillo naranja: significa que más del 60 % de la pulpa presenta el color amarillo y que hay un definido rompimiento de color amarillo a naranja en no más del 30 % de la pulpa, iniciando a la parte más cercana a la semilla de la fruta. 5: Naranja: significa que más que el 90 % de la pulpa muestra un color naranja.

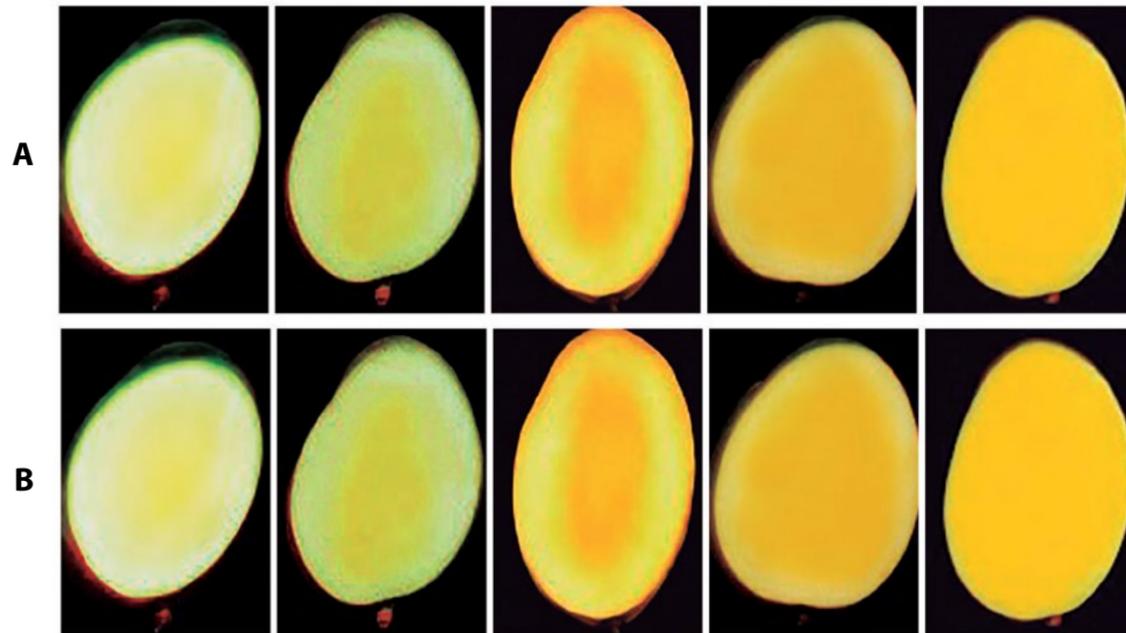


Fig.5. Desarrollo del color interno del mesocarpio o pulpa según escala de grado de 1 a 5 de izquierda a derecha para un mango (A) 'Tommy Atkins', (B) 'Haden'. Fuente: Brecht *et al.* (2014).

7.3.7. FIRMEZA DEL MESOCARPIO

La definición del mínimo de firmeza del mesocarpio del mango está relacionada con el cultivar. Según Baéz *et al.* (1998), los cultivares 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent', 'Keitt', 'Ataulfo' tienen un mínimo de firmeza de 13,2 kgf, 12,2 kgf, 12,4 kgf, 11,0 kgf y 15,6 kgf respectivamente. Los mangos para la exportación deben presentar un mínimo de firmeza del mesocarpio igual o mayor a 11 kgf (24 lbf), valor que debe determinarse por ambos «cachetes», con el empleo de un penetrómetro de vástago de 7,94 mm de diámetro (Figura 6 A). En la fruta se elimina el exocarpio con ayuda de una cuchilla, posteriormente se ubica sobre una superficie dura y la fuerza al penetrar con el equipo debe ser hecha a una velocidad constante (la acción debe durar 2 segundos) (Figura 6 B).

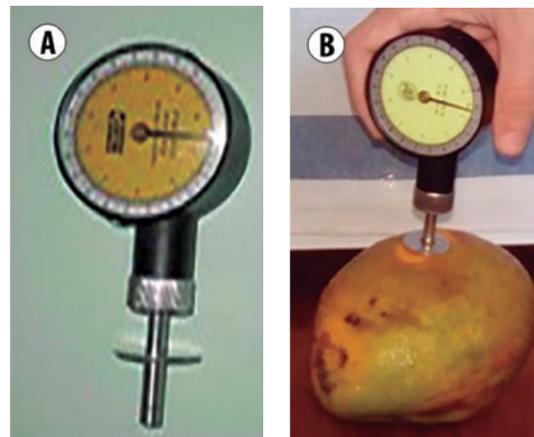


Fig.6. Penetrómetro para la medición de la firmeza del mesocarpio de las frutas de mango (A) y la forma para su determinación (B). Fotos tomadas por los autores.

7.3.8. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (SST)

Otro indicador de cosecha son los SST que se comprueban con un refractómetro, el cual puede ser analógico (Figura 7 A) o digital (Figura 7 B). Para determinar este indicador se debe cortar un «cache» completo de la fruta y exprimirlo para colectar o poner una gota del jugo sobre el equipo y luego se observa en la escala graduada en grados Brix (1 °Brix equivale a 1 gramo de sólido soluble por cada 100 gramos de solución). El mejor método es hacer jugo con toda la pulpa de la fruta, usando un exprimidor manual y luego medir el contenido de SST. En frutas con destino a la exportación, el mínimo de SST es mayor o igual a 7 °Brix en el momento de la cosecha.

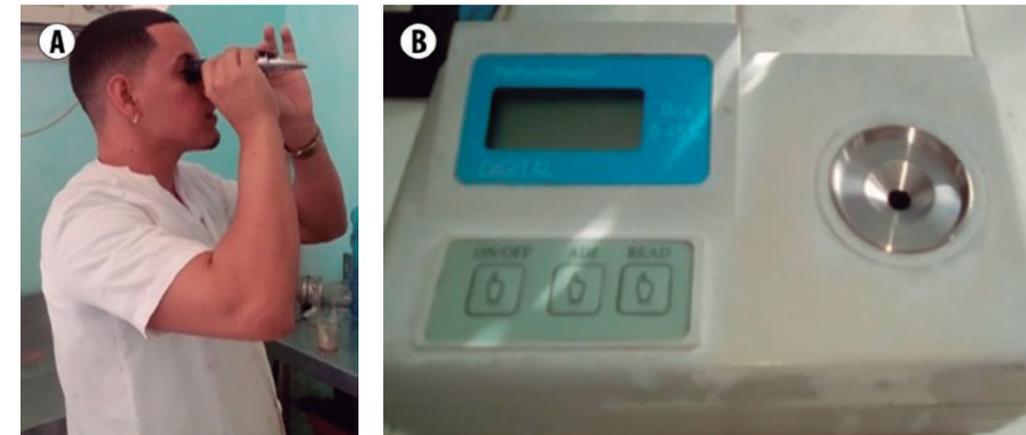


Fig.7. Refractómetro analógico (A) y digital (B) para la medición de los sólidos solubles totales de las frutas. Fotos tomadas por los autores.

7.3.9. CONTENIDO DE MATERIA SECA DEL MESOCARPIO

El contenido de materia seca del mesocarpio es un indicador confiable para el inicio de cosecha y está estrechamente relacionado con los SST. Este puede ser medido rápidamente por evaporación del agua del tejido de la fruta previamente pesado, usando un horno de microondas (Figura 8). En Australia se considera un mejor índice de madurez que el color del mesocarpio y el contenido de SST. En mangos 'Keitt', la acumulación del contenido de materia seca es del 18 % al 20 % (Brecht *et al.*, 2014).



Fig.8. Horno de microondas para la determinación de materia seca de las frutas. Foto tomada por los autores.

No existe actualmente una Norma Cubana para la determinación del momento de inicio de cosecha del mango. En Cuba se recomiendan, como índices de cosecha, la variación del color del exocarpio y el mesocarpio (IIFT, 2011). En investigaciones realizadas en frutas de los cultivares 'Corazón', 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Súper Haden' y 'La Paz' recolectadas en las localidades de Arimao, Trinidad, Alquizar y Ceiba del Agua, provincia de Cienfuegos, Sancti Spíritus y Artemisa respectivamente, se evaluaron otros indicadores de madurez, como la firmeza, los SST y la acidez. En la Tabla 1 se muestran los valores de cada uno de los indicadores en el momento de cosecha en los cultivares evaluados.

Para la determinación de estos indicadores en la plantación a cosechar se deben tomar muestras al azar (20 a 30 frutas), como mínimo, de cinco plantas. Las frutas se recolectan en los cuatro puntos cardinales y a una altura similar a la de un hombre (Gergoff, 2016).

La definición de los indicadores de madurez de las frutas y su análisis integral, en complemento a las diferencias entre los cultivares, las regiones de producción, las condiciones climáticas y las prácti-

cas agronómicas, constituyen una herramienta fundamental para los productores, ya que garantizan una mayor vida de anaquel y calidad de las frutas para su comercialización en el mercado interno y las exportaciones, además de minimizar las pérdidas poscosecha.

Tabla 1. Indicadores de madurez de frutas de cinco cultivares de mango en el momento de la cosecha en diferentes localidades en Cuba.

CULTIVARES	LOCALIDADES	INDICADORES		
		Firmeza del mesocarpio (kgf)	SST (°Brix)	ACIDEZ (%)
'La Paz'	Ceiba del Agua	12,04	7,04	1,48
'Súper Haden'	Alquízar	9,69	8,48	1,17
'Tommy Atkins'	Alquízar	14,7	7,68	1,24
'Haden'	Trinidad	7,70	8,5	1,33
'Corazón'	Arimao	9,28	8,6	1,59

7.4. ACTIVIDAD DE COSECHA Y MEDIOS PARA SU REALIZACIÓN

La actividad de cosecha se efectúa de forma manual con la utilización de un aro con gancho y cuchilla (Figura 9 A), y la vara con bolsa (Figura 9 B); se deben emplear tijeras con puntas planas para el corte del pedúnculo (Figura 9 C). Las frutas recolectadas deben depositarse en cajas plásticas (Figura 9 D), lavadas y desinfectadas, procesos de higienización realizado de manera periódica con las mismas y con las tijeras, de acuerdo con lo que establecen las Buenas Prácticas Agrícolas. Después de la cosecha, las frutas son trasladadas a la planta de acondicionamiento y empaque lo antes posible, preferiblemente en horas de la mañana o al final de la tarde, con el fin de evitar las altas temperaturas que aceleran sus procesos fisiológicos que ocurren después de cosechadas. De no lograrse, hay que mantenerlas en un lugar ventilado y a la sombra.

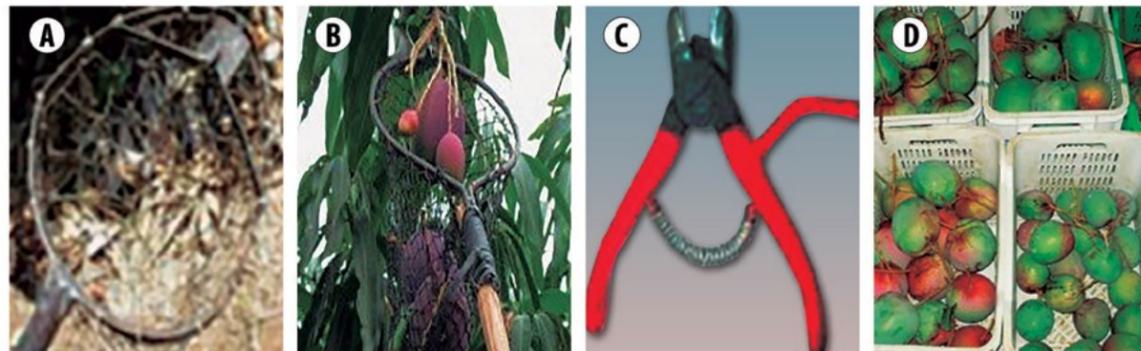


Fig.9. Medios de recolección para frutas de mango. (A) aro con cuchilla, (B) vara con bolsa, (C) tijera para el corte del pedúnculo, (D) cajas plásticas. Fuente: (A y B) Brecht *et al.* (2014), (C) www.tecnicaagricolas.es, (D) foto tomada por los autores.

La recolección de las frutas de mango no debe realizarse en las primeras horas de la mañana (de 7:00 a.m. a 9:00 a.m.), ya que en ese momento se produce la mayor emanación de savia o látex, la cual ocurre en los primeros 5 min con posterioridad al corte del pedúnculo, después de 40 min emerge muy lentamente (Fonseca, 1993). En frutas de 'Súper Haden', recolectadas entre las 7:00 a.m. y 9:00 a.m. en Trinidad, el número promedio de gotas por fruta durante 5 min es de 16 y 12 gotas respecti-

vamente (Figura 10 A). A partir de la 9:00 a.m. se presenta una ligera disminución del goteo, el fluido queda sobre la superficie del pedúnculo y su velocidad de salida es muy lenta, estas características son más significativas a las 11:00 a. m. y 3:00 p.m. (Paumier *et al.*, 2010). Similares resultados se observaron en frutas 'Súper Haden' y 'Tommy Atkins' (Figura 10 B) recolectadas durante diferentes horarios del día en Jagüey Grande, aunque hubo mayor emanación de látex cuando la cosecha estuvo precedida por la lluvia (Rodríguez, 2010).

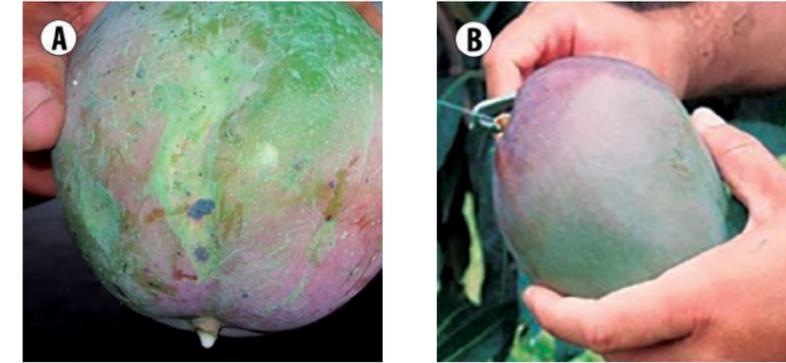


Fig.10. Emanación de látex en frutas recolectadas a las 9:00 a.m. (A) 'Súper Haden', (B) 'Tommy Atkins'. Fuente: (A) foto tomada por los autores, (B) Rodríguez (2010).

Por su parte, Cerda (2000) refiere que las frutas de mango, en horas tempranas de la mañana y, sobre todo, cuando ha llovido, están muy turgentes. Cuando la cosecha se realiza en ese momento se provoca una mayor salida de látex e, incluso, en el exocarpio se pueden encontrar pequeñas cantidades de este por cualquier roce o golpe que reciban las mismas. La emanación de látex se manifiesta de forma diferente en los cultivares, se plantea que el 'Haden' y 'Tommy Atkins' emanan mayor cantidad (Aracena, 2007). Otros factores como la sensibilidad del cultivar y de la composición del látex, que, a su vez, se relaciona con las condiciones climáticas, la edad de las plantas y el grado de madurez de la fruta cosechada influyen en la incidencia y severidad de este daño (Montero, 2000).

Para evitar los daños por la emanación de látex es fundamental efectuar el corte del pedúnculo a 1 cm, de acuerdo a lo que establece la Norma Cubana NC 224 (Figura 11 A) y realizar la actividad del deslechado colocando las frutas en mallas y con el pedúnculo hacia abajo después de cortado (Figura 11 B), lo cual coadyuvará a minimizar las lesiones por este desorden.



Fig.11. Actividades del corte del pedúnculo a un centímetro de largo (A) y deslechado de frutas de mango en mallas (B). Fuente: (A) foto tomada por los autores, (B) Rodríguez (2010).

Mulkay *et al.* (2014) recomiendan recolectar las frutas con el pedúnculo largo (Figura 12 A), dejarlas reposar durante 24 horas y posteriormente recortar el pedúnculo (Figura 12 B). Esto permite reducir la emanación de látex (Figura 12 C). Otra variante es recolectar las frutas con el pedúnculo largo, cortarlo al arribar a la planta de acondicionamiento y sumergir las frutas en una balsa con detergente alcalino o neutro (dodecil benceno sulfonato sódico) 0,01 %. Otros tratamientos consisten en sumergir las frutas en una solución de hidróxido de calcio 1 % o carbonato de sodio 1 %. Estos tratamientos son efectivos para el control de la emanación de látex, pero tienen sus ventajas e inconvenientes. Por ejemplo, el hidróxido de calcio deja residuos blancos en el exocarpo de las frutas cuando se secan bien y el carbonato de sodio crea una capa de látex sobre la superficie de la solución, la cual se debe remover con espumas o cambiando la solución con frecuencia (Paumier *et al.*, 2010).

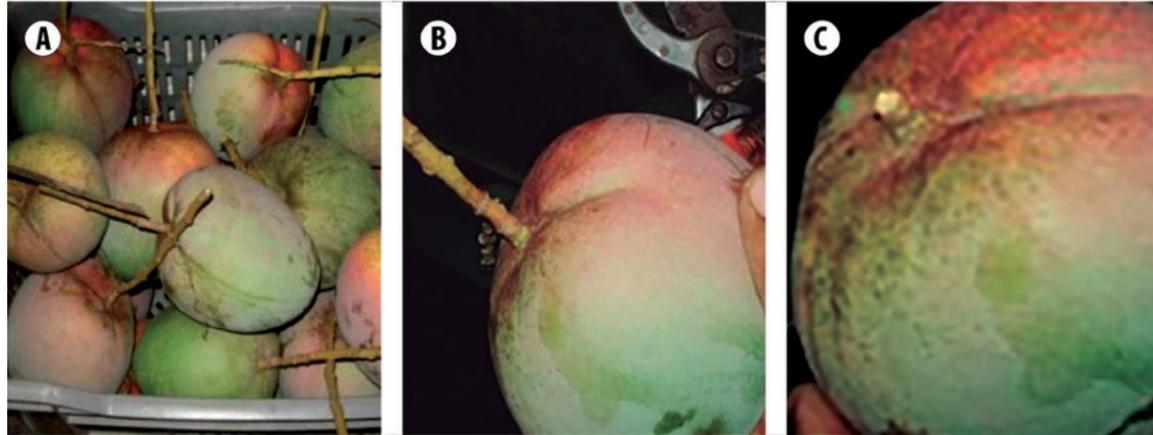


Fig.12. Recolección de frutas de mango con pedúnculo largo (A), corte de pedúnculo después de 24 horas de recolectadas (B) y reducción de la emanación de látex (C). Fotos tomada por los autores.

7.5. PRINCIPALES DAÑOS EN EL EXOCARPIO DE LAS FRUTAS EN EL MOMENTO DE LA COSECHA

Durante la actividad de cosecha se recolectan frutas con lesiones en el exocarpo que invalidan la calidad comercial hacia los distintos mercados, principalmente la exportación y causan elevadas pérdidas poscosecha.

En plantaciones del cultivar 'Súper Haden' en la localidad de Trinidad, los principales daños que afectan la calidad externa en las frutas recolectadas son la cicatrización de los daños por trips, los daños mecánicos (golpes, heridas y rasguños), quemaduras por látex y deformaciones (Mulkay y Paumier, 2011).

7.5.1. DAÑOS CAUSADOS POR TRIPS

Los trips *Selenothrips rubrocinctus* Girad (conocido como trip de cinta roja) y *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) son las especies más comunes que atacan al cultivo del mango, ocasionando afectaciones en la superficie de las frutas. Cuando existen altas infestaciones, el daño en las frutas es muy visible, formándose manchas o acanaladuras que deprecian su valor comercial (Barbosa *et al.*, 2005; Barbosa, 2005).

La cicatrización de los daños por trips (Figura 13) se caracteriza por depresiones de formas irregulares y hundidas (Souza *et al.*, 2000). Además, se observan lesiones de aspecto áspero y tamaños variables, que pueden alcanzar hasta más de 1 cm



Fig.13. Cicatrización de los daños por trips en frutas de mango 'Súper Haden'. Fotos tomadas por los autores.

de diámetro. Las zonas afectadas muestran una coloración más clara que el resto del exocarpo de la fruta. Estos daños generalmente se encuentran en un solo cachete de la fruta y en número de uno, en ocasiones aparecen en ambos y, como máximo, dos lesiones. En el Capítulo 5 se profundiza acerca del manejo de estos insectos.

7.5.2. DAÑOS MECÁNICOS

Entre los daños mecánicos que afectan el exocarpo de las frutas de mango se encuentran las heridas, que se manifiestan como acanaladuras profundas (Figura 14), provocadas por el sobrellenado de las cajas; los golpes ocasionados por la incorrecta manipulación durante la cosecha, los rasguños causados por plantas de marabú (*Dichorostachys cinerea* (L.) Wight & Arn en las plantaciones (Figura 15) y por la presencia de ramas secas en las plantas.



Fig.14. Presencia de heridas en frutas de mango 'Súper Haden'. Foto tomada por los autores.



Fig.15. Presencia de rasguños en frutas de mango 'Súper Haden'. Foto tomada por los autores.

Al respecto, Martínez (2004) y Castro y Saborío (2004) señalan que los daños como las magulladuras y heridas sobre las frutas son las causantes de podredumbres. Esto se debe a que la fruta pierde agua a través de las mismas y puede ocurrir la penetración de microorganismos. También se estimula la producción de etileno, aumenta la velocidad de respiración y ocurren cambios físicos y químicos en las frutas, que disminuyen la vida de anaquel.

VII.5.3. QUEMADURAS POR LÁTEX

La quemadura por látex se identifica en ocasiones por un oscurecimiento del exocarpo alrededor de las lenticelas y otras veces el látex permanece brillante sobre el exocarpo, formando una capa vidriosa (Figura 16) (Cunha *et al.*, 2000 y Montero, 2000). La severidad de las lesiones ocasionadas por el látex se asocia con el alto contenido de nitrógeno en las frutas y puede favorecer la incidencia de hongos como *Aspergillus* spp. principalmente cuando las temperaturas son elevadas (Yahia, 1999).



Fig.16. Lesiones ocasionadas por el derrame de látex en el exocarpo de frutas de mango. Fotos tomadas por los autores.

7.5.4. DEFORMACIONES

Las frutas deformes son aquellas que no cumplen con las características del cultivar y se aprecian defectos en su forma. Su recolección contribuye al no cumplimiento de los requerimientos establecidos para la comercialización, los cuales son referidos en las diferentes categorías de la Norma Cubana NC 224.

Mulkay y Paumier (2011) señalaron que la incidencia de los daños por trips se incrementa entre un período de cosecha y otro, con valores superiores al 16 %. Esto puede ser consecuencia de la disminución de las precipitaciones y la prolongación del periodo seco durante los cuatro primeros meses del año — factores que favorecen la alta incidencia de esta plaga — ; estas son condiciones típicas de la localidad de Trinidad, cuyo periodo seco coincide con el desarrollo de los estados vegetativos, floración y fructificación del mango (Barbosa, 2005 y Pérez *et al.*, 2009). También hubo alto porcentaje de frutas afectadas por daños mecánicos y quemaduras por látex, y menor incidencia de frutas deformes. Similares resultados refiere Rodríguez (2010) para frutas 'Tommy Atkins' recolectadas en la localidad de Jagüey Grande.

La identificación y cuantificación de estas lesiones permiten al productor garantizar que la producción contratada que arribe a la planta de acondicionamiento cumpla con los requerimientos establecidos. Además, le permite decidir el destino que le dará a las frutas que no califican (otros mercados, alimento animal u otros), evitando que el producto de rechazo se deje en la plantación.

Todos los requerimientos mencionados para la realización de la cosecha de las frutas de mango constituyen premisas necesarias para la cuantificación de las pérdidas que se producen durante esta actividad y que influyen en otros eslabones de la cadena. Esto permite implementar estrategias para su reducción y establecer líneas bases para la comparación de los resultados

Es necesario garantizar la capacitación del personal vinculado a la producción y a la actividad de cosecha para asegurar los procesos que impactan en la calidad de los mangos a cosechar. Debido a la temporalidad de esta actividad en las fincas productoras, debe incluirse el análisis de temáticas asociadas al seguimiento y evaluación de los indicadores de madurez de las frutas, procedimientos para la remoción del látex y su selección por defectos, promoviendo y socializando las buenas prácticas de higiene.

7.6. BIBLIOGRAFÍA

- Aracena, J. J. 2007. Manejo poscosecha del mango. República Dominicana. pp. 5.
- Aranguren, M.; D. Hernández y A. Puentes. 2014. Resultados de la evaluación de los estadios fenológicos con la escala BBCH en Jagüey Grande. VI Edición de la Conferencia Científica Internacional sobre Desarrollo Agropecuario y Sostenibilidad. AGROCENTRO 2014. 9 –11 abril –2014. pp. 5.
- Báez, R. S; E. Bringas; J. Ojeda; L. A. Cruz; S. Ontiveros y L. A. Pellegría. 1998. Norma de calidad para mango fresco de exportación. CIAD. pp. 6.
- Barbosa, F. R.; M. E. de C. Gonçalves; W. A. Moreira; J. A. de Alencar; E. A. de Souza; Ch. S.B. da Silva; A. de M. Souza y I. da G. Miranda. 2005. Artrópodos – praga e predadores (Arthropoda) associados à cultura da mangueira no Vale do São Francisco, nordeste do Brasil. *Neotropical Entomology* 34(3):471 – 474.
- Barbosa, R.F. 2005. Manejo Integrado de Pragas da Mangueira. I Simposio da Manga do Vale Do São Francisco. EMBRAPA. Semi –Arido. Brasil. ISSN 1806 –7476.
- Betancourt, M. G.; M. G. Aranguren; A. M. M. Peralta; M. A. Díaz; R. M. Rosabal; A. B. Triana; Y. C. G. Méndez; N. R. Reyes y M. E. García. 2019. Informe final de proyecto «Enfrentamiento al Cambio Climático en los cultivos de cítricos y mango». Documento en fondo, Biblioteca del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana, Cuba, 63 p.
- Brecht, J.; S. Sargent; E. Mitcham; F. Maul; P. Brencht and O. Menocal. 2014. Manual práctico para el mejoramiento poscosecha del mango. Copyright. National Mango Board, Orlando, Florida,

2014, pp. 5–67. Disponible en <<http://www.edis.ifas.ufl.edu/pdf/hs/hs119000.pdf>>. Recuperado, 6 de septiembre, 2016.

- Cajuste, B.; V. Saucedo y T. Colinas. 2001. Comportamiento poscosecha de fruto de aguacate cv. Hass en función de la época de corte. *Fitociencia Mexicana* 17(1): 94 –102.
- Castro, J. K.; N. E. Cerquera y E. G. Gutiérrez. 2013. Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (*Psidium guajava* cv. Guayaba Pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA* 10(19):79 – 89.
- Castro, M. y D. Saborío. 2004. Buenas prácticas en la cosecha y transporte a centro de acopio y plantas empacadoras de productos perecederos. Sistemas de poscosecha y su cumplimiento con requisitos de calidad e inocuidad de alimentos: un enfoque práctico. Memorias Curso de Capacitación. San José, Costa Rica. Ed. Por Gloria Meléndez. 199 p.
- Cerdas, A. M. 2000. Cosecha y manejo del producto en la plantación. Manejo poscosecha del mango para el mercado en fresco. 1ed. San José Costa Rica. Centro de Investigación Agronómica, Laboratorio de poscosecha. Cap. I.3: 23 –33.
- CIE. 2004. Technical Report. Colorimetry (3rted.). Tomado de: [https://www.google.com.uy/search?q=CIE.+2004.+Technical+Report.+Colorimetry%2C+\(3rt+ed.\)&aq=chrome..69i57.7869j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com.uy/search?q=CIE.+2004.+Technical+Report.+Colorimetry%2C+(3rt+ed.)&aq=chrome..69i57.7869j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8). Recuperado 10 de septiembre, 2019.
- Cunha, H.; J. Barbosa; T. Florencio; R. Elesbao y E. Barbosa de Castro. 2000. Características da fruta para exportación. Embrapa. 1ra ed. *Manga. Poscosecha. Frutas Do Brasil*:14 – 21.
- Dorantes, L.; L. Parada y A. Ortiz. 2014. Avocado: Post-Harvest Operation. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Ed. by AGST/FAO: Danilo Mejía, PhD, FAO (Technical), Emanuela Parrucci (HTML transfer). Tomado de <<http://www.avocadosource.com/>>. Recuperado 20 de marzo de 2014.
- Fonseca, J. M. 1993. Reducción de pérdidas poscosecha debidas a mancha de látex en mango (*Mangifera indica* L.) Tesis Ing. Agr. Fac. Agronomía, Universidad de Costa Rica. 81 p.
- Gergoff, G. G. 2016. Maduración e índices de cosecha. Aspectos fisiológicos y determinación de estados de madurez de fruto. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Cátedra de Fruticultura. 17 p.
- Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT). Instructivo técnico para el cultivo del mango. Biblioteca ACTAF. Ministerio de la Agricultura. La Habana. Cuba. pp. 32.
- Martínez, M. 2004. Principales enfermedades en poscosecha. Tratamiento y manipulación de los frutos cítricos en la poscosecha. Tema 8.1. Ed. Grupo FOMESA SA, Universidad Politécnica de Valencia y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agraria. pp. 28.
- Montero, C. M. 2000. Mancha de látex y su control. Manejo poscosecha del mango para el mercado en fresco. 1ra ed. San José, Costa Rica. Centro de Investigación Agronómica, Laboratorio de poscosecha. Cap. II: 135 –140.
- Mulkay, T. y A. Paumier. 2011. Evaluación de la calidad poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) cv 'Super Haden' para la exportación; en Trinidad, provincia Sancti Spiritus, Cuba. *Revista Trimestral Salud Pública y Nutrición* (RESPYN) Edición Especial N° 6, pp. 8.
- Mulkay, T.; A. Paumier; A. Alonso; J. González; M. Aranguren; C. Díaz; M. E. García y R. Jiménez. 2014. Tecnología poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) para el mercado de frutas frescas en Cuba. *CitriFrut* 31(1):56 – 60.
- Norma CODEX STAN 184 –1993. 2005. Norma del *Codex* para el mango. Enmienda. 2005. Revisión 2013. pp. 4.
- Norma Cubana NC 224: 2019. Mango – especificaciones. ICS: 67.080. 2da. Edición. En fase de Revisión. pp. 11.

- Paumier, A.; T. Mulkay; O. Alonso y J. González. 2010. Influencia del momento de cosecha en la emanación de látex en los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv 'Super Haden' y su control. Memorias III Simposio Internacional Fruticultura Tropical y Subtropical. Sección de Tecnologías poscosecha de frutos tropicales y subtropicales. C. Habana, octubre. 2010. ISBN 978 -1 -4020 -8929 - 9.
- Pérez, L.; J. Díaz; D. Hernández y J. Rodríguez. 2009. Nocividad producida por *Selenothrips rubrocinctus* Giard (Thysanoptera: Thripidae) en frutales bajo tecnología de fincas integrales. *CitriFrut* 26(1):49 - 51.
- Rodríguez, P. L. 2010. Estimación del momento óptimo de cosecha en dos cultivares de mango y el efecto de tratamientos poscosecha en el control de las pudriciones. Tesis presentada en la opción del título de ingeniero Agrónomo: Facultad de Agronomía Universidad Camilo Cienfuegos. Matanzas. pp. 59.
- Sousa, A.; C. De Carvalho; R. Ferreira; H. Dos Santo; M. Mancuso y N. Vilela. 2000. Pragas. Tripés (*Selenothrips rubrocinctus*). Embrapa. 1ra ed. Manga. Fitossanidade. Frutas Do Brasil: 39 - 40.
- Wadhera, D. y E. D. Capaldi-Phillips. 2014. A review of visual cues associated with food on food acceptance and consumption. *Eating Behaviors* 15(1):132 -143.
- Wu, C.; S. Roan; T. Hsiung; I. Chen; J. Shyr and A. Wakana. 2011. Effect of harvest maturity and heat pretreatment on the quality of low temperature storage avocados in Taiwan. *Journal of the Faculty of Agriculture Kyushu University* 56(2):255 -262.
- Yahia, E. H. M. 1999. Postharvest handling of mango. *Technical Report. Agric. Technology Utilisation and Transfer (ATUT)*. Giza. Egypt. pp. 57 - 61.





CAPÍTULO 8

POSCOSECHA

Tania Mulkey Vitón

8.1. INTRODUCCIÓN

La actividad de poscosecha está constituida por un conjunto de operaciones que se inician con la recolección de las frutas y que concluyen con su consumo. Durante esta etapa, las frutas se someten a un fuerte estrés y predominan los procesos encaminados a su senescencia. Por ello, se requiere reducir y retardar la acción de los factores internos que causan su deterioro, tales como la respiración, transpiración y producción de etileno. Se deben minimizar los efectos externos como la temperatura, humedad relativa y composición de la atmósfera que rodea a la fruta.

La poscosecha es uno de los principales eslabones en la cadena productiva del mango. La ejecución consecuente de las actividades que se realizan permite mantener y optimizar la calidad de las frutas; le aporta un valor agregado, crea oportunidades de mercado, principalmente las exportaciones, y contribuye a reducir las pérdidas.

A continuación, se relacionan aspectos fundamentales de la poscosecha del mango.

8.2. LA MADURACIÓN DE LAS FRUTAS

Las frutas de mango, después de recolectadas, continúan su proceso de maduración, en el cual ocurren reacciones bioquímicas y actividades metabólicas que provocan un incremento de la respiración y de la producción de etileno. También se producen modificaciones estructurales en los polisacáridos que originan ablandamiento, se degrada la clorofila y se desarrollan pigmentos como consecuencia de la biosíntesis de carotenos, la conversión de carbohidratos o almidones en azúcares y cambios en los ácidos orgánicos, lípidos, compuestos fenólicos y volátiles. Todo esto favorece la maduración de la fruta con ablandamiento de la textura y una aceptable calidad para su consumo (Herianus *et al.*, 2003).

Las frutas se pueden clasificar como climatéricas y no climatéricas de acuerdo al comportamiento fisiológico y al índice de respiración. Este indicador se define como la tasa de producción de CO₂ por unidad de peso de la fruta y por unidad de tiempo (Medlicott, 1996 y Kader, 2002).

La fruta de mango es climatérica, y después de cosechada a temperatura ambiente se incrementa la tasa de respiración de tres a cuatro días (Narayana *et al.*, 1996). La vida de anaquel del mango depende del cultivar y de las condiciones de almacenaje. El pico del índice de respiración es mayor a una temperatura de 40 °C y más estable a 12 °C (Nithya *et al.*, 2011), por lo que su vida de anaquel puede ser de un rango de cuatro a ocho días a temperatura ambiente y de dos a tres semanas a 13 °C (Carrillo *et al.*, 2000). Lira *et al.* (2008) señalan que los picos del índice de respiración de las frutas de los cultivares 'Tommy Atkins', 'Keitt', 'Haden', 'Manila' y 'Ataulfo' almacenadas a 20 °C son de 150 mg CO₂ kg/h, 110 mg CO₂ kg/h, 105 mg CO₂ kg/h, 196 mg CO₂ kg/h, 265 mg CO₂ kg/h respectivamente, y las frutas del cultivar 'Manila' tienen la menor vida de anaquel (6 días), respecto a los otros cultivares (11 días).

El etileno es una hormona que desempeña un papel esencial en la regulación de la maduración de las frutas climatéricas. Es un producto natural del metabolismo que promueve el climaterio y la maduración de las frutas de mango, las que, por su carácter de climatéricas, presentan una tasa media de producción en el rango de 1 µl de C₂H₄ kg/h – 10 µl de C₂H₄ kg/h a 20 °C de temperatura (Kader, 2002).

Otro proceso fisiológico que actúa en la vida de anaquel de las frutas es la transpiración, la cual se define como la pérdida de agua desde el interior de las frutas cosechadas hacia el medio exterior. El agua, como componente principal de las frutas, se encuentra en estado líquido en su interior y se desplaza por los espacios intercelulares hasta la superficie de la fruta, donde se evapora (Gregori, 2007).

La pérdida de agua está relacionada con la disminución de masa fresca y causa un deterioro importante en la apariencia de la fruta (Gregori, 2007), debido al arrugamiento del exocarpio por la escasa turgencia de las estructuras celulares. También influye en la calidad por el ablandamiento, la flacidez y falta de firmeza del exocarpio o piel y mesocarpio o pulpa, ocasionando pérdidas comerciales. La humedad relativa del aire (HR) durante el almacenaje interviene notablemente en los niveles de disminución de la masa fresca de las frutas. Estos desórdenes fueron demostrados por *Muy et al.* (2004) en mango 'Keitt'.

Celestino *et al.* (2016) atribuyen el ablandamiento de las frutas de mango a la actividad de las enzimas pectin metil esterasa y poligalacturonasa en el mesocarpio. Sin embargo, Valenzuela *et al.*, (2017) refieren que la degradación y pérdida de la calidad se favorece por la presencia de Especies Reactivas de Oxígeno (ERO) producidas como respuesta a diferentes tipos de estrés que ocurren antes y después de la cosecha, así como daños oxidativos.

La firmeza del mesocarpio como indicador del estado de madurez puede ser utilizada para la manipulación poscosecha y la duración de la vida de anaquel de las frutas. Las frutas de los cultivares 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt' recolectadas con valores mínimos de firmeza de 13,2 kgf/cm², 12,2 kgf/cm², 12,4 kgf/cm² y 11 kgf/cm² respectivamente, mantienen la firmeza hasta nueve días, y el 'Kent' hasta 12 días después de la cosecha (Siller-Cepeda *et al.*, 2009). Mitcham y McDonald (1992) consideran que la calidad aceptable de consumo de los mangos en relación con su firmeza, deben tener valores mínimos de 1,75 kgf/cm² y 2 kgf/cm².

Como parte del proceso de maduración de las frutas de mango, se incrementan los sólidos solubles totales (SST) y disminuye la acidez orgánica en el mesocarpio, lo cual conlleva a un mayor índice de madurez. También se modifica el pH, que presenta un aumento de un 15 % aproximadamente (Torres *et al.*, 2013).

En la Tabla 1 se observan los valores óptimos de los SST, acidez y firmeza del mesocarpio en frutas de cultivares de mango recolectadas en distintas localidades de Cuba y evaluados bajo diferentes condiciones al final del almacenaje.

Tabla 1. Indicadores de madurez en frutas de mango recolectadas en distintas localidades de Cuba y en diferentes condiciones de almacenaje.

LOCALIDADES	CULTIVARES	INDICADORES			CONDICIONES DE ALMACENAJE
		Firmeza del mesocarpio (kgf)	SST (°Brix)	ACIDEZ (%)	
Alquízar	'Súper Haden'	14	0,33	5,12	14 °C ± 1 °C, HR 75 % – 80 % por 12 días
	'Tommy Atkins'	13	0,14	3,99	14 °C ± 1 °C, HR 75 % – 80 % por 12 días
Trinidad	'Súper Haden'	17,75	0,25	4,16	27 °C ± 1 °C, HR 85 % – 90 % por 5 días
Ceiba del Agua	'La Paz'	14,6	0,84	2,18	14 °C ± 1 °C, HR 80 % – 85 % por 17 días
Jagüey Grande	'Tommy Atkins'	11,8	0,91	2,06	13 °C ± 1 °C HR 80 % – 85 % por 12 días

8.3. TECNOLOGÍAS O TRATAMIENTOS POSCOSECHA

En países productores de mango se aplican diferentes tratamientos o tecnologías poscosecha para mantener la calidad y alargar la vida de anaquel de las frutas, de acuerdo a las exigencias del mercado.

8.3.1. TRATAMIENTO HIDROTÉRMICO

El tratamiento hidrotérmico se basa en la inmersión de las frutas en agua caliente a diferentes temperaturas y tiempos (minutos). Su objetivo es controlar enfermedades fungosas y evitar la presencia de larvas vivas de la mosca frutera (*Anastrepha* spp.) en mango con destino a la comercialización en fresco, en particular para la exportación. La temperatura y el tiempo de inmersión varían de acuerdo al objetivo del tratamiento, el cultivar y su grado de madurez.

Para evitar la presencia de larvas vivas de moscas de la fruta durante la exportación, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) y el Servicio de Inspección para las enfermedades de los Animales y las Plantas (APHIS) exigen cumplir, con fines cuarentenarios, los protocolos para la aplicación del tratamiento hidrotérmico (USDA-APHIS, 2010). Este tratamiento consiste en sumergir las frutas en agua caliente a 46 °C durante 75 min o 90 min (Figura 1), y el tiempo de inmersión depende del peso de las frutas (Tabla 2, Figura 2 A). Concluido este proceso, las frutas deben enfriarse a 21 °C durante los primeros 30 minutos para extraer el calor acumulado y reducir los efectos adversos inducidos por las altas temperaturas (Figura 2 B). Este tratamiento no es obligatorio para países de la Unión Europea y Canadá (SEA, IICA, CNC, 2007).



Fig. 1. Tratamiento cuarentenario (hidrotérmico) en frutas de mango con destino al mercado de Estados Unidos de América en la empacadora Don Reyes, México. Foto tomada por la autora.

Tabla 2. Clasificación de las frutas de mango y tiempo de inmersión para el tratamiento cuarentenario, según Protocolos del USDA-APHIS, 2010. Fuente: Brecht *et al.* (2014).

FORMA DE LAS FRUTAS	PESO DE LA FRUTA	TIEMPO DE INMERSIÓN
Redondas	Menor o igual 500	75
	501 – 700	90
	701 – 900	110*
Alargadas	Menor o igual 500	65
	376 – 570	75

Redondas: 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Haden', 'Keitt'. Alargadas: 'Francés', 'Ataulfo', 'Manila'

*Solamente es aprobado para México y América Central



Fig. 2. Clasificación por peso de las frutas de mango previo al tratamiento cuarentenario (A) y duchas para su enfriamiento posterior al tratamiento (B) en la empacadora Don Reyes, México. Fotos tomadas por la autora.

8.3.2. TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE ALMACENAJE

El almacenaje a bajas temperaturas es el método más comúnmente utilizado para extender la vida de anaquel de las frutas. El tiempo que las frutas pueden mantenerse a bajas temperaturas sin sufrir daños depende del cultivar y la temperatura.

Kader (2002) recomienda almacenar frutas de mango a 13 °C en madurez fisiológica y 10 °C para frutas en madurez parcial o de consumo. De acuerdo con estas recomendaciones, el estado de madurez es el factor principal a tener en cuenta para evitar desórdenes fisiológicos durante el almacenaje. La temperatura segura más baja que se puede utilizar para exposiciones de largo plazo (dos semanas o más) en mango con madurez de cosecha, es de 10 °C a 12,2 °C. Los cultivares 'Ataulfo' y 'Kent' son los más sensibles, y no deben conservarse a temperaturas por debajo de 12,2 °C, mientras que 'Tommy Atkins' y 'Keitt' pueden refrigerarse a una temperatura de 10 °C.

Frutas de mango 'Súper Haden' y 'Tommy Atkins', recolectadas con madurez fisiológica y almacenadas a 13 °C ± 1 °C durante 14 días, presentan una evolución normal en sus parámetros de calidad y vida de anaquel (Mulkay *et al.*, 2008 y Mulkay *et al.*, 2018).

Es recomendable que los mangos se enfríen con aire forzado o presurizado para remover el calor de las frutas tan rápido como sea posible. Esto mejora la transferencia del calor al crear una diferencia de presión de un lado del pallet al lado opuesto donde se extrae el aire, lo cual favorece la entrada del aire refrigerado por los orificios de las cajas de cartón y pasa directamente por las frutas dentro del pallet. Los sistemas de enfriamiento con aire forzado reducen la temperatura del mesocarpio desde 30 °C a 40 °C hasta temperaturas de 12 °C a 15 °C, en un período de 2 a 4 horas (Brecht *et al.*, 2014).

Las cámaras de almacenaje para frutas de mango requieren de una capacidad de enfriamiento suficiente y adecuada circulación de aire. La regla general para el flujo de aire es de 0,052 m³/s a 0,104 m³/s/1000 kg de capacidad de producto [100 pie³/min a 200 pie³/min/tonelada]. Para mantener la temperatura requerida, se necesita un flujo de aire lento de 0,0104 m³/s a 0,0208 m³/s/1000 kg de capacidad de producto (20 pie³/min a 40 pie³/min/tonelada) (Brecht *et al.*, 2014). La carga de frutas debe ser ubicada dentro de las cámaras de forma tal que el flujo de aire pase uniformemente a través de todos los pallets (Figura 3).



Fig.3. Ubicación de las cajas de mango en la cámara de refrigeración en la empacadora Don Reyes, México. Foto tomada por la autora.

La humedad del aire en las cámaras de almacenaje incide sobre la calidad de las frutas, y no debe ser inferior al 90 % para evitar su deshidratación. La humedad elevada es beneficiosa para la curación de las heridas (Berger, 1996). La humedad relativa ideal para los mangos se ubica entre 85 % y 95 %. La humidificación de las cámaras es necesaria si los mangos son almacenados por varios días y su sistema debe mantener un nivel de humedad relativa uniforme (dentro del 2 % a 3 %). Esta debe distribuirse de forma homogénea a través de los espacios en el almacenaje. De cumplirse esta práctica, se minimizan los problemas de condensación que pueden provocar el debilitamiento de las fibras de los paneles de las cajas de cartón donde se empaquetan las frutas (Brecht *et al.*, 2014).

En la Tabla 3 se muestra un resumen de los parámetros óptimos de la temperatura, humedad relativa y circulación de aire en una cámara de frigoconservación para frutas de mango.

Tabla 3. Parámetros óptimos en una cámara de frigoconservación para frutas de mango. Fuente: Brecht *et al.* (2014).

TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	CIRCULACIÓN DEL AIRE (m ³ /S/1 000 kg DE CAPACIDAD DE PRODUCTO)
10–13	85–95	0,052 a 0,104

8.3.3. IRRADIACIÓN

La irradiación de alimentos es un método físico de conservación, similar a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes durante un tiempo determinado (Gálvez y Buitimea, 2010). En su aplicación, se utilizan tres fuentes de energía ionizante: los rayos gamma de los elementos cobalto – 60 o cesio – 137 (⁶⁰Co o ¹³⁷Cs, respectivamente); rayos X generados por máquinas que trabajan a energía no mayor de 5 MeV, y electrones generados por máquinas que trabajan a energía no mayor de 10 MeV (Norma *Codex Alimentarius* 106).

La irradiación gamma es la principal y más empleada con fines comerciales. Procede de radionúclidos de cobalto – 60 (⁶⁰Co) o cesio – 137 (¹³⁷Cs), aunque el ¹³⁷Cs no se emplea actualmente debido a sus altos costos. Los rayos gamma son radiaciones electromagnéticas de una longitud de onda muy corta. Se considera como un tratamiento alternativo que no eleva la temperatura del producto, es de alta penetrabilidad, no deja residuos en el alimento y se aplica en el envase final (Vargas, *et al.*, 2015).

Una instalación de irradiación es básicamente un almacén que contiene un irradiador, el cual se compone de una cámara donde los productos se exponen a una fuente de radiación ionizante (OEIA, 2017) (Figura 4 A y 4 B).

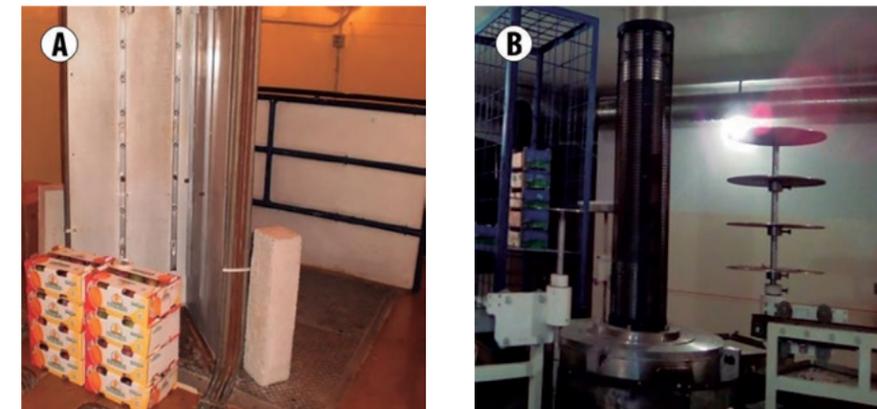


Fig.4. Instalaciones de irradiación en la Unidad de Irradiación y Seguridad Biológica, Universidad Autónoma, México (A) y la Estación de Ionización de Boukhalef SIBO, Marruecos (B). Fotos tomadas por la autora.

Actualmente, más de 70 países incluyen este tratamiento para la exportación e importación de productos agrícolas, entre los que se destacan Australia, India, Malasia, República Popular China, Vietnam, República Dominicana, Nueva Zelanda, México, entre otros (Bustos–Griffin *et al.*, 2014; Hallman y Blackburnet, 2016; Maherani *et al.*, 2016).

Desde 2007, USDA certificó el tratamiento de irradiación como una medida de cuarentena efectiva para evitar la presencia de insectos plagas, como la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wiedemann), lepidóptero (mariposas y polillas), Pseudococcidae (cochinillas) y Curculionidae (gorgojos). La efectividad del tratamiento depende de diferentes factores, como la presencia de moléculas de oxígeno, la temperatura, el rango de dosis y el huésped (productos frescos). Se emplean dosis genéricas de 150 Gy – 400 Gy (Hallman *et al.*, 2010; Ferrier *et al.*, 2012).

En adición al tratamiento de cuarentena para disminuir los efectos de los insectos plagas, la irradiación se utiliza para mantener la inocuidad de los alimentos y extender su vida de anaquel. Las dosis empleadas con este propósito pueden superar los 400 Gy. Por ejemplo, para el control de bacterias como *E. coli* O157:H7 en espinaca (*Spinaca oleraceae* L.) la dosis a emplear es de 2000 Gy (Ferrier *et al.*, 2012).

Frutas de mango 'Alfonso' irradiadas con rayos gamma a dosis de 0,40 kGy y almacenadas a 9 °C muestran retraso en el proceso de maduración, menor pérdida fisiológica de masa fresca, mayor vida

de anaquel y un alto porcentaje de frutas comercializables. Las frutas no irradiadas y almacenadas a temperatura ambiente ($27\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ y $60\% - 70\%$ HR) no tienen un comportamiento favorable (Yadav *et al.*, 2017). Los autores refieren el efecto positivo de la combinación de la irradiación y las bajas temperaturas de almacenaje.

Otros indicadores de calidad revelan una evolución positiva, como la preservación de la firmeza del mesocarpio en frutas de 'Tommy Atkins' irradiadas a $0,45\text{ kGy}$ (Gonçalves *et al.*, 2015). Mercado-Silva (2009), en mangos 'Tommy Atkins' en estados de madurez $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ y conservados a temperaturas de 10 °C y 20 °C , no detectaron diferencias significativas en cuanto a las pérdidas de masa fresca asociadas a las dosis de irradiación de $0,15\text{ kGy}$, $0,6\text{ kGy}$ y 1 kGy . Similares resultados presentaron Mulkay *et al.* (2019) para frutas de este mismo cultivar e irradiadas a $0,25\text{ kGy}$, $0,5\text{ kGy}$ y 1 kGy .

En Cuba se utiliza esta tecnología con fines investigativos desde el año 1958; está regulada por la Norma Cubana NC 680 y se cuenta con una infraestructura para emplearla comercialmente (Moreno y Prieto, 2017). El país posee cuatro instalaciones de irradiación, una de ellas a escala industrial, así como de especialistas capacitados científica y profesionalmente (Prieto *et al.*, 2019).

8.3.4. ATMÓSFERA CONTROLADA

La tecnología de atmósfera controlada (AC) se basa en la disminución de oxígeno ($2\% - 5\%$) y el aumento del dióxido de carbono ($3\% - 10\%$) (Burdon *et al.*, 2008). La AC retrasa la maduración, reduce la respiración y la tasa de producción de etileno. La vida poscosecha del mango a 13 °C es de 2 - 4 semanas y de 3 - 6 semanas en AC, dependiendo del cultivar y del estado de madurez. La AC óptima es de $3\% - 5\%$ de O_2 y $5\% - 8\%$ de CO_2 . La exposición a menos del 2% de O_2 o a más del 8% de CO_2 deteriora el color del exocarpio, produce pulpa grisácea y sabor desagradable (Restrepo *et al.*, 2013).

8.3.5. ATMÓSFERA MODIFICADA

La atmósfera modificada (AM) es otra tecnología que contribuye a extender la vida de anaquel de las frutas por reducción de las pérdidas de masa fresca, el retraso del cambio del color y la pérdida de firmeza. Se basa en la modificación de la composición de la atmósfera producida por la respiración (Meir *et al.*, 1997).

Los empaques de polietileno de baja densidad de calibres 2 mils y mezcla de tres gases ($5\% \text{O}_2 - 5\% \text{CO}_2 - 90\% \text{N}_2$) en frutas de mango 'Vallenato', después de almacenadas a 12 °C y HR de 63% por un período de 30 días, más nueve días a 20 °C , retrasan el máximo climatérico. Además, se desacelera el metabolismo con mayor intensidad, lo que permite un mayor periodo de conservación comparado con las frutas control (Reales y Fernández, 2012).

El empleo de Bolsas Xtend® dentro del empaque de frutas de mango 'Sindhri' y 'Sufaid Chaunsa' almacenadas a 11 °C , $80\% - 85\%$ de HR durante cuatro y cinco semanas respectivamente, muestran mejor firmeza y retención del color que las que no son tratadas (Hafeez *et al.*, 2016).

Los absorbentes de etileno modifican la atmósfera que rodea a las frutas, con la consecuente disminución de la respiración y la producción de etileno, así como el retraso en la maduración (Guillén *et al.*, 2015).

El 1-metilciclopropano (1-MCP) es un compuesto volátil e inhibidor de la acción del etileno. La aplicación de 1-MCP en frutas 'Kent' (Osuna *et al.*, 2005) y 'Tommy Atkins' (Pereira - Bomfim *et al.*, 2011), retrasa el proceso de maduración al disminuir la pérdida de firmeza y masa fresca. Además, retarda el aumento de sólidos solubles totales y el desarrollo del color del mesocarpio.

Según Hofman *et al.* (2001), el 1-MCP a dosis de 250 nL/L alarga hasta 5 días la vida de anaquel de mango 'Kensington Pride' almacenado a 20 °C . Cervantes *et al.* (2016) mencionan que a 600 nL/L , aplicado bajo condiciones de refrigeración (13 °C) y sin tratamiento hidrotérmico, tiene un efecto significativo en la firmeza de frutas de 'Ataulfo'.

El empleo del 1-MCP a nivel comercial ha sido limitado, debido al tiempo que conlleva su aplicación. Cabe señalar que su eficacia puede afectarse por el tratamiento hidrotérmico cuarentenario, ya que se observan pústulas en el exocarpio y oscurecimiento de las lenticelas (Osuna *et al.*, 2015).

Los recubrimientos a base de compuestos cerosos se han desarrollado con el fin de extender la vida útil de los productos alimenticios. En frutas de mango se realiza usualmente con formulaciones a base de carnauba, procedimiento que mejora su apariencia al incrementar su brillo natural y reducir la pérdida de agua (Restrepo *et al.*, 2013).

Natural Shine TFC 210® (Cera de carnauba) es un producto comercial que se aplica a la fruta limpia y seca con un sistema de rocío o goteo (Figura 5 A), sobre cepillos que contengan al menos el 50% de cerdas de caballo. La dosis aplicada es a una proporción de $3\text{ 600 kg} - 5\text{ 400 kg}$ ($8\text{ 000 lb} - 12\text{ 000 lb}$) de frutas por cada $3,8\text{ L}$ (1 galón), logrando una distribución uniforme en las mismas. Después se secan en túneles de secado convencional a temperatura de 32 °C o 38 °C durante 2 minutos. La cera tiende a secarse rápido, si esto sucede, se deben apagar los secadores y utilizar los ventiladores (Figura 5 B).



Fig.5. Tratamiento del encerado (A) y secado con ventiladores (B) en frutas de mango, empacadora Don Reyes, México. Fotos tomadas por la autora.

Otro producto comercial es Waterwax® (cera polietileno oxidado E914 más goma laca E904 10% P/V (100 g/L) fabricado por FOMESA S.A. La dosis normal de aplicación es 1 L/t de frutas, de esta forma se obtiene un encerado de grado medio.

En frutas de 'Súper Haden' tratadas con agua caliente a 53 °C por 5 min, recubiertas posteriormente con ceras de carnauba 4% , ester de sacarosa 4% , polietileno (FOMESA S.A.) (5%) y (10%), almacenadas a 13 °C , HR $85\% - 90\%$ y transferidas a $21\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, se reduce las pérdidas de masa fresca. Esta tecnología es la propuesta para la poscosecha del mango en Cuba, teniendo en cuenta las exigencias del mercado (Mulkay *et al.*, 2014).

Se han estudiado recubrimientos de origen natural, como el quitosano. Younes y Rinaudo (2015) definen al quitosano como una familia de polímeros obtenidos de diferentes grados de desacetilación de quitina. El quitosano se puede encontrar en conchas de crustáceos marinos y es un componente importante de la pared celular de ciertos hongos, particularmente aquellos pertenecientes a la clase Zygomycetes. La quitina puede convertirse en quitosano mediante reacciones enzimáticas o procesos químicos (Bautista - Baño *et al.*, 2017). Romanazzi y Feliziani (2016) refieren que el uso del quitosano ha sido admitido en programas de agricultura sostenible, ya que no causa problemas de salud ni de seguridad alimentaria. En el sector de productos frescos, el reglamento EU 2014/563 incluye, en primer lugar, al cloruro de quitosano como sustancia básica para productos fitosanitarios (reglamento EU 2009/1107).

Una de las propiedades del quitosano es la capacidad para formar películas semipermeables, tiene poca influencia en los indicadores de madurez y baja toxicidad para el ser humano. Su aplicación como recubrimiento aporta buenos resultados en cuanto a la reducción de pérdidas de masa fresca y

mejora de la calidad de las frutas, aunque está muy relacionado con el tipo de fruto, cultivar, condiciones de almacenaje, combinación con otros tratamientos poscosecha y la naturaleza, peso molecular y grado de desacetilación del quitosano (Jianglian y Shaoying, 2013).

La aplicación de quitosano en frutas 'Ataulfo' (Muy *et al.*, 2009), 'Bocado' (Varela *et al.*, 2011), 'Jinhwang' (Wongmentha y Ke, 2012), 'Nam Dok Mai' (Ampaichaichok *et al.*, 2014) y 'Tommy Atkins' (Mulkay, 2017) retrasa el proceso de maduración al disminuir la pérdida de firmeza y masa fresca durante la conservación.

Otros recubrimientos comestibles con base en pectina cítrica y almidón de yuca, permiten conservar las frutas de mango 'Criollo' durante 12 días, almacenadas a $11\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ y $80\% \pm 5\%$ de HR (Mesa-Estrada *et al.*, 2015).

8.3.6. INDUCCIÓN DE LA MADURACIÓN

El proceso de maduración de las frutas de mango puede inducirse utilizando diferentes métodos. La inmersión de estas durante un minuto en tanques con una solución acuosa de ácido – 2 cloroetil fosónico (ethephon o ethrel a 500 mg/L y 750 mg/L respectivamente), es efectiva para la homogenización de su maduración y calidad durante el almacenaje a 20 °C (Bhushan, 2012; Pankaj *et al.*, 2012).

Para acelerar la maduración de las frutas de mango se utiliza en México a nivel comercial, la aplicación de carburo de calcio (CaC_2) (Mercado-Silva, 2012). Ortega-Zaletta *et al.* (2008) señalan que una dosis de 0,25 g/kg de frutas durante 24 horas mejora las características de color del exocarpio y mesocarpio, la maduración se adelanta tres días y la pérdida de firmeza es más rápida que en las frutas no tratadas.

Otro método es la exposición al etileno en cámaras estancas o cuartos de maduración a concentraciones de 20 mg/L – 100 mg/L durante 12 – 24 horas a temperaturas de 20 °C a 22 °C. Bajo estas condiciones se logra la maduración entre cinco y nueve días, dependiendo del cultivar y del estado de madurez de las frutas (Kader y Mitcham, 2008). A una concentración tan baja como 10 mg/L, es efectiva también.

La firmeza del mesocarpio es un buen indicador del estado de madurez y puede ser utilizado para el manejo de la maduración. En la Tabla 4, se muestran los valores de este indicador y el tiempo de exposición al etileno (Brecht *et al.*, 2014).

Tabla 4. Estado de madurez y tiempo de exposición al etileno para frutas de mango. Fuente: Brecht *et al.*, 2014.

ESTADO DE MADUREZ	FUERZA DEL MESOCARPIO*	NOTAS
Verde – maduro	> 14	Tratar con etileno por 48 horas
Parcialmente maduro	Menor o igual 500 10 – 14	Tratar con etileno por 24 horas

* Libras fuerza medida con un penetrómetro de 5/16 pulgadas de punta

La mayoría de los centros de distribución poseen cuartos especiales para la maduración de las frutas y aunque son empleados extensivamente para bananos, se pueden utilizar para aguacates, kiwis, mangos, tomates, nectarinos, duraznos, ciruelas y peras europeas. Cuartos presurizados o con aire forzado, permiten tener un mejor control de la maduración comparados con los viejos métodos que colocan cajas apiladas en cuartos calientes. Con los nuevos diseños, se fuerza la maduración de las frutas de mango a través del control de la temperatura del aire alrededor de las cajas donde se empacan, manteniendo una temperatura uniforme de las frutas (Brecht *et al.*, 2014).

En la cámara o cuarto de maduración es necesario medir la velocidad del aire y la caída de la presión. Debe estar diseñada para que la velocidad del aire a través de las cajas de cartón sea de 0,3 litros

por segundo por kilogramo de frutas (0,3 pies cúbicos por minuto por libra) y 0,8 cm (0,3 pulgadas) de columna de presión de agua caída a través de los pallets y de las cajas de cartón, con aproximadamente 5 % del área de los orificios ventilados (Brecht *et al.*, 2014).

Durante el proceso de maduración en estas condiciones, la temperatura es otra de las variables importantes para lograr la calidad de las frutas. Si los mangos se mantienen a 27 °C y 30 °C el exocarpio se arruga y mancha, incluso adquieren mal sabor. A temperaturas más bajas que las recomendadas se producen daños en el exocarpio y el mesocarpio, detectables solo cuando el mango ha madurado. Otra variable es la humedad del aire, se recomienda mantenerla entre 85 % y 90 % para evitar la deshidratación del mango (Mercado-Silva, 2012).

El dióxido de carbono producido por los mangos, como consecuencia del proceso de respiración se incrementa durante la maduración e interfiere con la acción del etileno, promoviendo aún más su maduración. Se recomienda ventilar los cuartos de maduración durante el tratamiento con etileno, después de las 24 horas de iniciada su aplicación. Posteriormente, debe repetirse cada 12 horas mediante la apertura de las puertas de los cuartos por 20 minutos, o empleando un «abanico» dotado con un sensor o un reloj de tiempo automático (Brecht *et al.*, 2014).

De Mateo (2014) refiere que el personal encargado del proceso de maduración y de control de calidad, debe documentar y controlar el mismo en todas sus etapas y recomienda:

- Comprobar el grado de madurez de las frutas previo al inicio del proceso de maduración, las cuales deben tener madurez fisiológica, pero no de consumo, así como que cumplan con las especificaciones de la norma de calidad.
- Realizar las actividades de preselección de las frutas, el lavado y secado o escurrido con ventiladores durante 20 minutos.
- Colocar las paletas o cajas de frutas dentro de la cámara de maduración a una altura y espacio adecuado que proporcione la dispersión del etileno.
- Verificar el tiempo, la concentración de etileno y de dióxido de carbono (por debajo 1 %), la circulación del aire, temperatura y humedad relativa.
- Monitorear los avances del proceso y muestrear las frutas para medir la firmeza hasta que llegue al punto de transferencia óptima.
- Retirar las frutas de la cámara una vez alcanzada la madurez deseada, de acuerdo al destino final (exportación o mercado local).
- Realizar la selección de las frutas, el empaque y su colocación en cámaras con temperaturas de 10 °C– 13 °C, para detener el proceso de maduración y prolongar su vida de anaquel.

Es necesario mantener el control de los niveles de contaminación ambiental en las cámaras de maduración y realizar de manera periódica su limpieza y desinfección.

8.4. PRINCIPALES DESÓRDENES PATOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS DE LAS FRUTAS. RECOMENDACIONES PARA SU MANEJO

8.4.1. DESÓRDENES PATOLÓGICOS

Los hongos son los principales agentes causales de las enfermedades durante la conservación, transportación y comercialización de frutas de mango en diferentes países productores. La antracnosis y la pudrición peduncular son las más importantes y originan pérdidas de 25 % a 30 % de la producción total (Md. Nasir Uddin *et al.*, 2018).

En México se han informado incidencias severas de antracnosis durante la floración, fructificación y poscosecha, lo que ocasiona pérdidas que varían entre el 15 % y 60 % (Serrano *et al.*, 2010). En estudios realizados por Meer *et al.* (2013) en cinco de los principales mercados de Punjab, Pakistán, la antracnosis y la pudrición peduncular presentan el 100 % de prevalencia. Denikumar (2017) señala que, en frutas de mango producidas en India, la antracnosis es la de mayor incidencia en los cultivares 'Kesar' (31,67 %), 'Dasher' (21,67 %), 'Neelam' (20 %) y 'Amrapali' (16,67 %), seguida de la pudrición peduncular con 21,67 %, 18,33 %, 18,33 % y 10 % respectivamente.

En Cuba, frutas de 'Súper Haden' recolectadas en las localidades de Trinidad, Cumanayagua, Jagüey Grande y Alquizar de las provincias de Sancti Spíritus, Cienfuegos, Matanzas y Artemisa respectivamente, almacenadas a $16\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$, HR 75 % – 80 % durante ocho días, presentaron una incidencia por antracnosis de 23,9 %, 60,6 %, 96,5 % y 92 %; y severidad de los daños de 7,1 %, 34 %, 88,66 % y 50,03 % respectivamente. Estos resultados demuestran la alta incidencia y severidad de la enfermedad en las provincias de Matanzas y Artemisa, lo cual puede deberse a el predominio de las condiciones edafoclimáticas que favorecen su desarrollo (Mulkay *et al.*, 2010 y Mulkay *et al.*, 2018).

Antracnosis

Los síntomas de antracnosis en las frutas se describen en el Capítulo 6. Las manchas desarrolladas en el exocarpo de forma aislada o unidas unas con otras pueden cubrir extensas áreas de la fruta (Figura 6 A) y manifiestan el síntoma de lagrimeo (Figura 6 B), que invalidan su calidad comercial hacia el mercado fresco y para la transformación de la pulpa.



Fig.6. Lesiones causadas en el exocarpo por la antracnosis en frutas de 'Tommy Atkins' (A) y síntoma de lagrimeo en 'Súper Haden' (B). Fotos tomadas por la autora.

Las manchas por antracnosis presentan una profundidad de penetración en el mesocarpo de las frutas de mango entre 3 mm y 4 mm, siendo el valor medio de 4,02 mm para el 'Super Haden' y de 3,5 mm para el 'Tommy Atkins'. Las lesiones tienen forma redonda, color pardo claro a oscuro, borde regular e irregular en la zona de avance de la lesión en profundidad (Figura 7). Ploetz (1994) y Araúz (2000), señalan que las manchas por antracnosis al principio son superficiales y, en la medida que avanzan los días, la pudrición se hunde y puede penetrar hasta 5 mm en el mesocarpo. La alta severidad del daño en el mesocarpo afecta la calidad de la fruta fresca y de los productos transformados.



Fig.7. Lesiones ocasionadas por antracnosis en el mesocarpo en frutas de mango 'Tommy Atkins'. Fotos tomadas por la autora.

Pudrición peduncular

Las lesiones de la pudrición peduncular son de formas circumpendiculares, de bordes irregulares y grandes tamaños, llegan a cubrir toda la superficie del exocarpo. El color es de pardo claro a oscuro y varía en dependencia del agente causal (Figura 8 A y B), en ocasiones en esta área o sobre la superficie del daño se producen rupturas que originan un fluido acuoso (Figura 8 C y D). El daño penetra en el mesocarpo, donde se observa decoloración y pardeamiento (Figura 8 E).

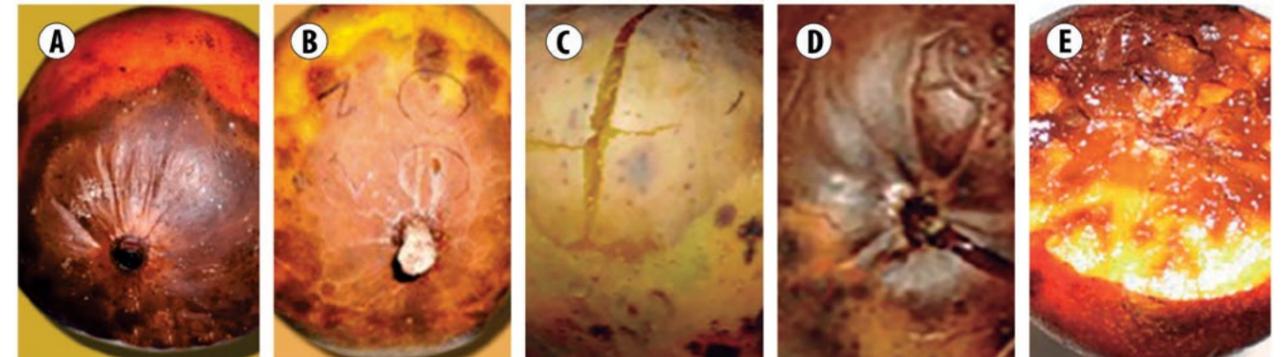


Fig.8. Lesiones en el exocarpo (A y B), ruptura del exocarpo (C), producción de fluido acuoso (D) y lesiones en el mesocarpo (E) ocasionadas por la pudrición peduncular en frutas de mango. Fotos tomadas por la autora.

En Cuba se informa que esta enfermedad es causada por *Lasiodiplodia theobromae* Pat. y es una de las de mayor incidencia en frutas de 'Súper Haden' (Mulkay *et al.*, 2010). La presencia de esta pudrición invalida la comercialización de las frutas hacia el mercado en fresco y para el proceso de transformación.

Otras enfermedades de poca presencia

La calidad poscosecha del mango también se afecta por otras enfermedades de poca presencia o que su importancia varía de un país productor a otro, como son la mancha por alternaria (*Alternaria* spp.), la pudrición por *Aspergillum niger* Tiegh., pudrición por el moho azul *Penicillium cyclopium* Westling, pudrición por *Hendersonia creberrina* Sydow & Butler (Snowdon, 1990; Diedhiou *et al.*, 2007). Denikumar (2017), en los cultivares 'Kesar', 'Dasher', 'Neelam' y 'Amrapali', halla un promedio de incidencia de la mancha por alternaria y la pudrición por *Aspergillum* en el rango de 5 % a 10 %. Además, refiere que las pérdidas por *A. niger* and *Rhizopus arrhizus* A. Fischer son de 0,70 % y 0,80 %. En Cuba no existen referencias sobre la prevalencia de estas enfermedades.

Control

Muchas de las enfermedades poscosecha como la antracnosis y la pudrición peduncular, entre otras, tienen su fuente de infección en las plantaciones, por lo que su control se basa principalmente en las aplicaciones de fungicidas para la reducción de la carga de inóculo. Otras medidas complementarias son el manejo de la poda sanitaria para la eliminación de ramas secas y de restos vegetales de una cosecha a otra, y la poda de aclareo para facilitar la entrada de luz y aeración del árbol; el empleo de cultivares resistentes o tolerantes en campo, adecuadas distancias de plantación, deshojes y raleo de frutas. Estas recomendaciones se describen en el Capítulo 6.

Para el control poscosecha de las enfermedades, uno de los tratamientos más efectivos y utilizados es el hidrotérmico. Las frutas se sumergen en agua a una temperatura de 52 °C a 55 °C durante 5 min a 10 min, rango que permite eliminar a los agentes causales de la antracnosis y la pudrición peduncular. Por encima de 55 °C , se origina escaldado en el exocarpo (Esguerra y Roll, 2018). Estos autores recomiendan:

- Tratar las frutas dentro de las 36 horas después de cosechadas.
- Recolectar frutas con madurez fisiológica para mayor efectividad en el control de la pudrición peduncular.
- No sumergir las frutas recolectadas con presencia de látex sobre su superficie, ya que agrava estas lesiones después de tratadas y durante la maduración.

- Sumergir las frutas en cajas plásticas para evitar las lesiones en el exocarpio.
- Utilizar agua limpia.
- Garantizar la recirculación del agua.
- Comprobar la temperatura en diferentes puntos del tanque de tratamiento.
- Comprobar el nivel de contaminación del agua por látex y suciedad. Si se sumergen las frutas en agua contaminada por látex y suciedad, se incrementan los daños en las lenticelas durante la maduración.

El cultivar es otro aspecto importante para definir la temperatura y el tiempo de inmersión en el tratamiento hidrotérmico. En frutas de 'Ataulfo' sumergidas a 51 °C x 14 min se controla la antracnosis, mantienen su calidad y prolongan la vida de anaquel (Araizas-Flores *et al.*, 2018). En el cultivar 'Corponia', la combinación 48 °C por 10 min y 52 °C por 10 min reduce la incidencia de enfermedades después de almacenadas a 10 °C durante cuatro semanas (Yousef *et al.*, 2012). Mientras que en 'Chok Anan', las frutas sumergidas en agua caliente a 26 °C y 55 °C por 5 min, 15 min y 25 min respectivamente, la combinación de 55 °C por 5 min no altera el proceso de maduración, el cual se evalúa por las características físicas y químicas de la fruta (Ding y Mijin, 2013). De igual manera, la combinación de 52 °C por 5 min es efectiva para 'Súper Haden' (Mulkay *et al.*, 2014). Neme *et al.* (2014) refieren similares resultados cuando las frutas son tratadas a 52 °C por 5 min y 10 min.

La aplicación de agua caliente con otros tratamientos poscosecha es efectiva en el control de las enfermedades. Arauz (2000) recomienda su aplicación con fungicidas como el Sportak (Procloraz) a concentraciones de 500 ml/L a 750 ml/L o Tecto SC 500 (Thiabendazol) a 1000 ml/L a 2000 ml/L. Hafeez *et al.* (2016) refieren que frutas de mango 'Sindhri' y 'Sufaid Chaunsa' tratadas a 52 °C durante 5 min más Sportak a 0,5 ml/L y atmósfera modificada en el empaque (Bolsas Xtend®), almacenadas a 11 °C y 80 % - 85 % de HR durante cuatro y cinco semanas respectivamente, muestran menor incidencia de enfermedades y mejor potencial de almacenaje, siendo más significativo en 'Sindhri'. Otro fungicida evaluado en mango es el Magnate CE 50 (imazalil) en un rango de dosis de 500 mg/L a 2 000 mg/L de ingrediente activo (Umaña, 2000).

La combinación de tratamiento hidrotérmico a 55 °C durante 5 min, más irradiación ultravioleta de longitud corta (UV-C) a 6,16 kJ/m², más aceite esencial de coco modificado en frutas de 'Chok-Anan' empacadas en bolsas de polietileno y almacenadas a 13 °C y HR de 85 % - 90 % durante 15 días, reducen la incidencia y severidad de la antracnosis (Sripong *et al.*, 2015). En frutas de 'Tommy Atkins' sumergidas en agua caliente a 53 °C durante 5 min e irradiadas con rayos gamma a 0,5 kGy y 1kGy, se favorece el control de antracnosis durante el almacenaje a 10 °C ± 1 °C por 16 días (Mulkay *et al.*, 2019).

Investigaciones poscosecha evidencian la efectividad de otros tratamientos en el control de las enfermedades (Landeró-Valenzuela *et al.*, 2016). Gonçalves *et al.*, 2015 recomiendan la irradiación gamma a 0,45 kGy para el manejo de la pudrición peduncular causada por *L. theobromae*. Las levaduras marinas *Debaryomyces hansenii* y *Rhodotorula minuta* y la aplicación del dióxido de cloro (ClO₂) son una alternativa para el control de la antracnosis en frutas 'Ataulfo' (Reyes-Pérez *et al.*, 2019). Productos de origen natural como el quitosano muestran un efecto en el control de patógenos en mango (Abd-Alla y Wafaa, 2010). Las sales de lactato y acetato de quitosano contribuyen a una menor incidencia y severidad de los daños por antracnosis en 'Tommy Atkins', siendo la sal de acetato a 20 g/L la de mayor efectividad (Mulkay, 2017). Del mismo modo, el propóleo tiene propiedades para inhibir el crecimiento micelial en varios hongos fitopatógenos y prevenir las enfermedades fungosas durante el período de almacenaje de las frutas (Abramovic *et al.*, 2012 y Matny, 2015). El extracto etanólico de propóleo pardo 10 g/L es efectivo en el control de antracnosis en 'Súper Haden' (Mulkay *et al.*, 2016a).

8.4.2. DESÓRDENES FISIOLÓGICOS

Quemadura por la savia o látex

La quemadura por la savia o látex es uno de los desórdenes fisiológicos más frecuentes durante la maduración de las frutas de mango. Los síntomas se manifiestan como un cambio de color café a

negro en el exocarpio alrededor de las lenticelas (Figura 9). El tratamiento hidrotérmico para el control de la antracnosis contribuye a remover la presencia de látex en la superficie de las frutas (Esguerra y Roll, 2018). Otros síntomas y recomendaciones para el control de este desorden se exponen en el Capítulo 7.

Desórdenes fisiológicos internos

Las frutas de 'Tommy Atkins' son las más susceptibles a la descomposición interna del fruto; esta también se denomina breakdown. Internamente se manifiestan síntomas como nariz blanda, tejido esponjoso y semillas gelatinosas (Brecht, 2014), los cuales se desarrollan en la etapa final del crecimiento y maduración (Lima *et al.*, 1999). En la Figura 10 se observan estos síntomas: las alteraciones en la zona cercana a la cavidad del pedúnculo y las afectaciones en la semilla asociadas a frutos con desórdenes internos. Los desórdenes fisiológicos están relacionados con el estrés abiótico o con la interrelación entre dos o más tipos de estrés (Frag, 2015).



Fig.9. Lesiones de la quemadura por látex en fruta madura de mango. Foto tomada por la autora.

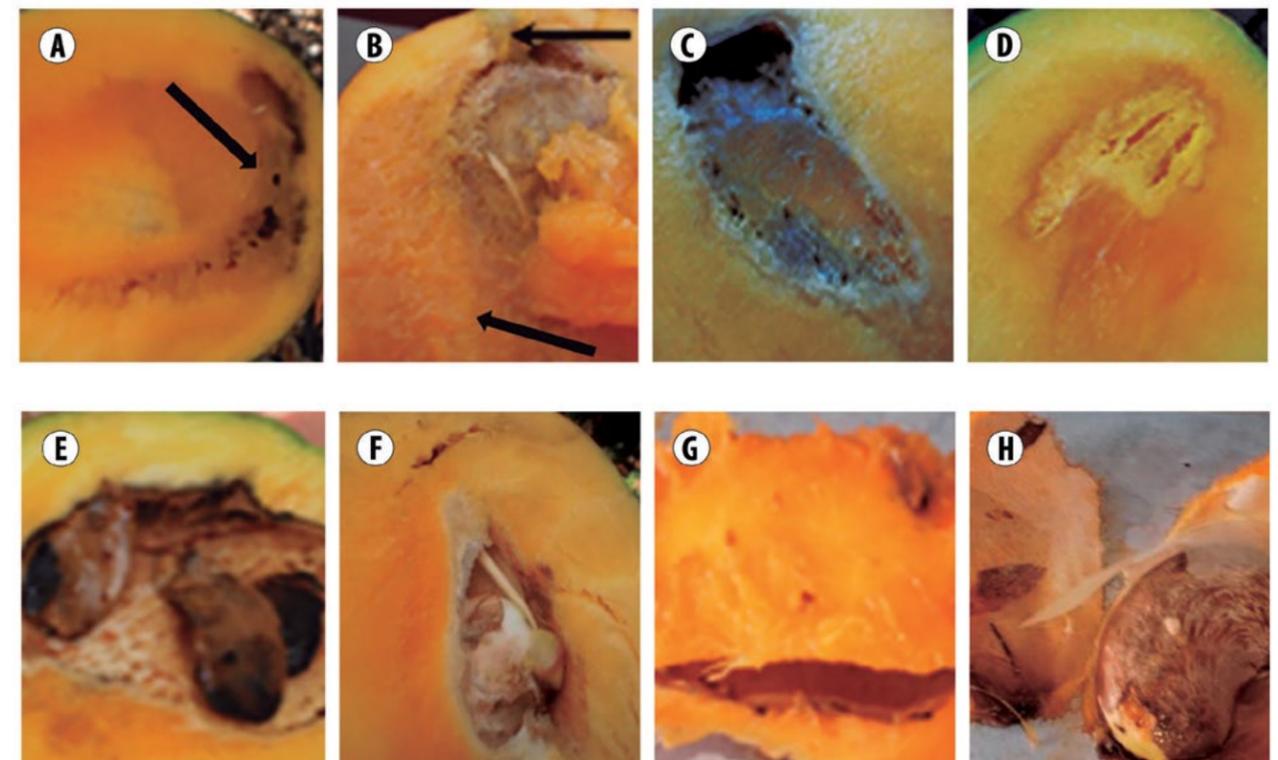


Fig.10. Síntomas de descomposición interna de la fruta o breakdown en frutas de 'Tommy Atkins', recolectadas en plantaciones en la localidad de Jagüey Grande. (A) alteraciones en la zona cercana a la cavidad del pedúnculo, (B), nariz blanda, (C), semilla gelatinosa, (D) tejido esponjoso, (E) afectaciones en la semilla: bordes necrosados de la cavidad seminal, (F) apertura natural, (G), apertura con el uso de manos, (H) desprendimiento del cotiledón. Fotos tomadas por la autora.

La nutrición juega un papel fundamental en la manifestación de los daños fisiológicos asociados al ablandamiento del mesocarpio y se corresponden con el déficit de calcio, excesos en la fertilización nitrogenada y las relaciones de estos dos elementos, así como de los mismos con fósforo, potasio y magnesio (Cracknell y Galán, 2004; Silva *et al.*, 2008).

Las deficiencias de boro aceleran la síntesis de la enzima polifenolasa y promueven un mayor desarrollo de fenoles en el embrión, afectando la calidad del fruto. La necrosis interna del fruto es un desorden fisiológico asociado con la carencia de boro y los síntomas inicialmente son similares a los de 'Nariz blanda' (Saran y Ratan, 2011). Estos autores señalan que, en regiones de clima tropical en India, con temperatura máxima anual de 27,5 °C y precipitaciones de 230 mm a 631 mm en los cuatro meses más lluviosos (junio a septiembre) y suelos ácidos arenosos, las frutas de mango 'Dhashehari' con necrosis interna, presentan mayor contenido de nitrógeno y potasio y menor contenido de boro y zinc, en comparación con frutos sanos.

Conocer la composición nutricional de las frutas es importante, no solo por la remoción sino para garantizar la calidad con la concentración de nutrientes en los tejidos. Del mismo modo, las condiciones del cultivo (clima, tipo de suelo, presencia o ausencia de riego) y el cultivar, influyen en el contenido de nutrientes en los mangos (Mellado, 2012) y en la posible manifestación de un desorden interno (Frag y Nagy, 2012).

En Cuba, durante el 2014, la incidencia de los desórdenes fisiológicos internos en 'Tommy Atkins' fue de 24,1 % en la Empresa Agroindustrial Victoria de Girón en Jagüey Grande, provincia de Matanzas. Este hecho invalidó su comercialización como fruta fresca, principalmente las exportaciones. En el 2015 disminuyó a 11,4 % (Mulkay *et al.*, 2016b). Muchos cultivares de mango se ven afectados por estos desórdenes, en particular los que provienen de parentales de la India, y su incidencia varía estacionalmente y por localidad. Por ejemplo, en una plantación de 'Tommy Atkins' en Guatemala, el 70 % de las frutas se afectó, y en la Florida, Estados Unidos de América, los daños alcanzaron el 50 % por esta causa (Schaffer, 1994).

Como medidas agrotécnicas para minimizar la incidencia de estos desórdenes se recomienda:

- Evitar las plantaciones de los cultivares más sensibles.
- Utilizar patrones adecuados, los poliembriónicos como manga amarilla, hilacha y otros.
- Adelantar la recolección mediante el uso de inductores de la floración, para desplazarla fuera del periodo lluvioso, especialmente para las frutas destinadas a la exportación en fresco.
- Realizar una fertilización adecuada, velar que los contenidos de calcio en las hojas sean los apropiados para el periodo inmediato a la floración.
- Evitar los riegos en etapas próximas a la maduración.

Daños por frío

Brecht *et al.* (2014) señalan que los síntomas de daños por frío incluyen decoloración de las lenticelas de color rojo o café (Figura 11 A), pobre color y escaldaduras o picado grisáceo del exocarpo (Figura 11 B), desigual maduración, cambios en el sabor, incremento de la susceptibilidad a las pudriciones y pulpa morada en casos severos.

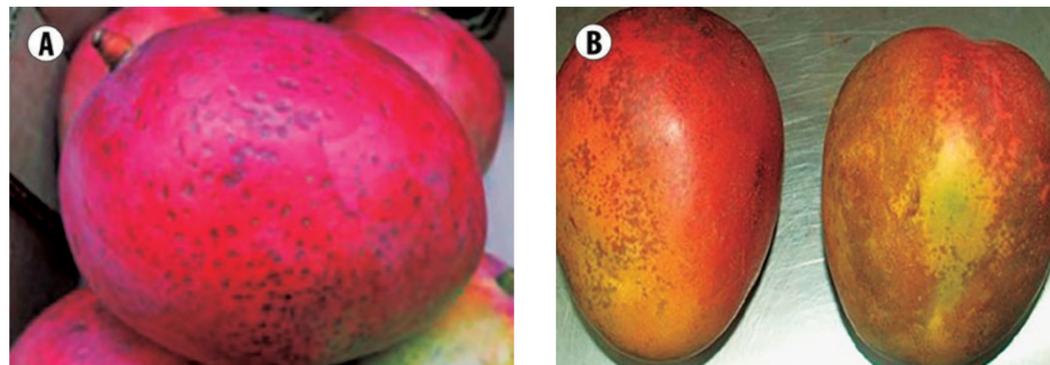


Fig.11. Oscurecimiento de las lenticelas (A) y escaldado del exocarpo (B) ocasionadas por frío. Fuente: (A) Brecht *et al.* (2014), (B) foto tomada por la autora.

Los síntomas de daños por frío y su severidad dependen del cultivar, estado de maduración de las frutas (mangos más maduros son menos susceptibles) y la exposición a temperaturas frías (son acumulativas). Los mangos verde maduros expuestos a temperaturas por debajo de los 12 °C y los maduros a menos de 10 °C pueden manifestar daños por frío. En todos los casos, la humedad relativa debe mantenerse entre el 90 % y 95 % para minimizar las pérdidas de agua y el arrugamiento (Brecht *et al.*, 2014).

Daños por calor

Cuando se excede el tiempo, o se combinan temperaturas no recomendadas en el tratamiento hidrotérmico para el control de insectos plagas o pudriciones, se pueden ocasionar lesiones en el exocarpo de las frutas, principalmente cuando se tratan mangos inmaduros. Se manifiestan, como síntomas, la decoloración café de las lenticelas, escaldaduras del exocarpo, colapso de los «hombros» (Figura 12 A), manchas descoloridas, desigual maduración y espacios abiertos en la pulpa por la aparición de tejidos muertos (Figura 12 B). Estos daños, al igual que las pérdidas de agua que pueden ser mayores después de aplicado el tratamiento, se logran reducir con el monitoreo de la temperatura durante su ejecución y rápido enfriamiento de las frutas, así como su mantenimiento a una humedad relativa entre el 90 % y 95 % (Brecht *et al.*, 2014).

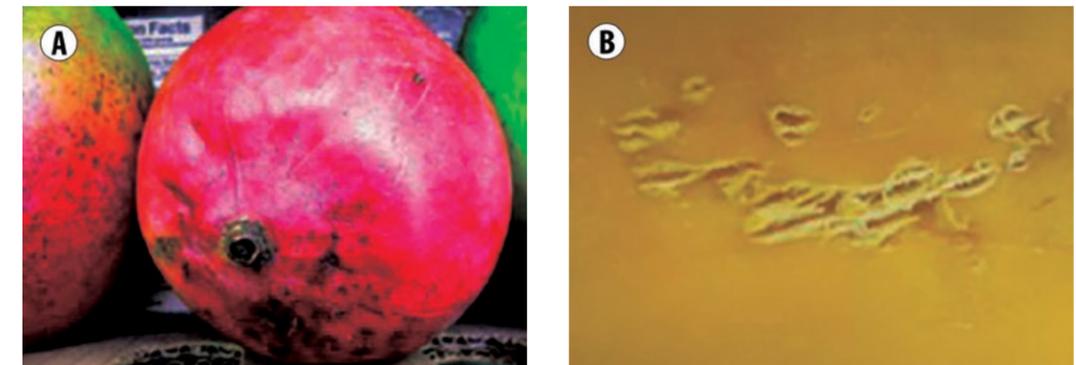


Fig.12. Áreas de los «hombros» encogidos (A) y espacios vacíos en el mesocarpo (B), ocasionado por los tratamientos de calor. Fuente: Brecht *et al.* (2014).

Daños por el tratamiento de irradiación

El tratamiento de irradiación puede ocasionar lesiones en el exocarpo como el pardeamiento (Figura 13 A) y oscurecimiento de las lenticelas (Figura 13 B). En mangos de 'Tommy Atkins' irradiados a 1 kGy, estas lesiones inciden en más del 50 % de las frutas (Mulkay *et al.*, 2019). En frutas 'Ataulfo' irradiadas a esta dosis se observan espacios vacíos en la pulpa (Figura 13 C) y en el 'Kent' tejidos esponjosos (Figura 13 D) (Mercado-Silva, 2009).

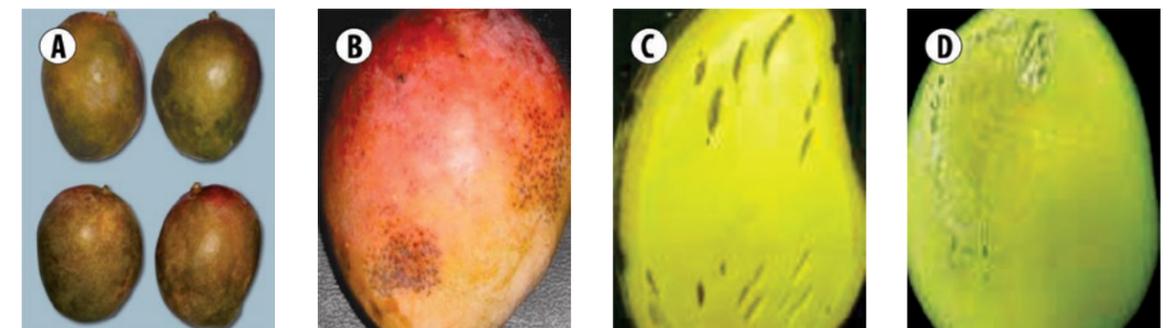


Fig.13. Daños ocasionados por el tratamiento de irradiación. (A) pardeamiento del exocarpo, (B) y oscurecimiento de las lenticelas en 'Tommy Atkins', (C) espacios vacíos en la pulpa de 'Ataulfo', (D) tejidos esponjosos en 'Kent'. Fuente: (A y B) fotos tomadas por la autora, (C y D) Mercado-Silva (2009).

8.5. PROCESOS EN LAS EMPACADORAS DE FRUTAS PARA LA EXPORTACIÓN

El proceso en las empacadoras de mango para la exportación comienza con la inspección por un supervisor que revisa la documentación que acompaña al producto, se muestrea el 2 % de las frutas en la búsqueda de cualquier evidencia de infestación por larvas de moscas de la fruta. Las mismas se cortan longitudinalmente y hasta la semilla (Figura 14). El cargamento de mango es rechazado si el muestreo es positivo.

Por su parte, el personal de control de calidad debe muestrear las frutas de mango (al menos 25 frutas) por cada lote, para evaluar su estado de madurez y los defectos, previo a la recepción en la empacadora.

Posteriormente las frutas se trasladan a la línea de empaque, donde se voltean de forma manual (Figura 15 A) o automática (Figura 15 B). En las esteras se ejecuta la primera selección para eliminar las que presenten lesiones por insectos plagas, enfermedades, daños mecánicos, deformadas, restos de hojas y ramas (Figura 15 C). Después pasan al lavado con hipoclorito de sodio a 100 mg/L a 150 mg/L (Figura 15 D), se escurren sobre rodillos de espuma (Figura 15 E), se efectúa la clasificación por peso (Figura 15 F) y se empacan en cajas plásticas donde se identifica toda la trazabilidad del producto (Figura 15 G). Las cajas se ubican en las jaulas (Figura 15 H) para iniciar el tratamiento cuarentenario (Figura 15 I). Al concluir este, transitan a los cuartos de duchas para su enfriamiento (Figura 15 J) y, a continuación, se ubican en un área de espera o de reposo durante 12 a 24 horas a temperatura ambiente. El proceso de acondicionamiento continúa, de acuerdo a las exigencias del mercado (Figura 15 K). Las frutas pueden ser sometidas a la aplicación de cera (Figura 15 L), se secan y pasan a las mesas de empaque (Figura 15 M), donde son empacadas en cajas de cartón de 4,1 kg (Figura 15 N), unitarizadas o paletizadas y conservadas en cámaras frías (Figura 15 Ñ).



Fig. 14. Muestreo de frutas de mango para determinar la presencia de larvas de moscas de la fruta. Fuente: Brecht *et al.* (2014).



Fig. 15. Volteo manual (A) y automático (B), selección (C), lavado (D), escurrido (E), pesaje (F), empaque en cajas plásticas (G), tratamiento cuarentenario (H - I), ducha para el enfriamiento (J), área de espera (K), encerado (L), mesas de empaque (M), empaque en cajas de cartón (N) y frigoconservación (Ñ) en la empacadora Don Reyes, México. Fuente: fotos tomadas por la autora y (B) Brecht *et al.* (2014).

Durante la comercialización de las frutas es importante mantener la temperatura de frigoconservación. Por ejemplo, en México se efectúa por vía terrestre hacia los mercados de Estados Unidos de América (Figura 16). Otras vías de transportación son la aérea o marítima, que se emplean principalmente hacia los mercados distantes como los de Europa y Asia.

Es esencial mantener la higiene en las empacadoras de frutas de mango. Los daños ocasionados por hongos en las frutas se pueden reducir con una adecuada higiene, al disminuirse el potencial de inóculo y, por consiguiente, los índices de pudriciones.

Las cajas plásticas que se utilizan durante la actividad de recolección de las frutas son portadoras de fuentes de inóculo. Al encontrarse en contacto directo con el suelo, se ensucian con restos de plantas (hojas, ramas), partículas de tierra e incluso en ocasiones se almacenan frutas podridas cargadas de esporas, razón por la que deben lavarse con agua caliente o detergente y desinfectarse periódicamente (González y Mulkay, 2011). También se pueden utilizar productos como hipoclorito de sodio 0,1 %, ortofenilfenato de sodio (SOPP 1 % - 2 %), ortofenilfenol (OPP 100 mg/L - 1500 mg/L), formol 1 % - 2 % (Martínez, 2004).

Es imprescindible que, al finalizar la jornada de poscosecha, se garantice la limpieza y desinfección de las herramientas y equipos de la línea de acondicionamiento o empaque, incluyendo la vestimenta de trabajo y botas, para reiniciar las labores poscosecha (Tocora *et al.*, 2017).

Las áreas de las plantas de acondicionamiento son reservorios de hongos, que se agravan cuando permanecen en ellas frutas podridas. Los almacenes y zonas de envasado deben ser desinfectados regularmente con productos como cloro libre a 25 mg/L - 50 mg/L, solución de formaldehído 1 % - 2 %, mientras que para las cintas transportadoras y bancos de trabajos se emplean compuestos de amonio cuaternario. Después se realiza el aclarado para eliminar los restos de desinfectantes y el secado de las superficies (Tuset, 1999 y Larios, 2011).

Es necesario garantizar la higiene, salud y seguridad del personal que trabaja en este eslabón de la cadena y establecer prácticas dirigidas a asegurar la inocuidad y aptitud del producto, con énfasis en peligros microbiológicos.

Durante el proceso de acondicionamiento y empaque de las frutas de mango, se determinan las pérdidas poscosecha y las causas que las originan por lote de frutas procesadas. Estos aspectos permiten implementar estrategias dirigidas a minimizarlas y establecer líneas bases para la comparación de los resultados obtenidos después de aplicadas.

Los principales mercados de exportación del mango en Cuba son países de Europa y Canadá. Las operaciones poscosecha comienzan a partir de la recepción de las frutas en la planta empacadora y se establece el sistema de trazabilidad con los documentos que evidencian su procedencia. Se realiza la toma de muestras de frutas para la inspección y detección de posibles plagas de interés cuarentenario, y para el análisis de calidad.

El proceso de acondicionamiento se inicia con el volteo, lavado con hipoclorito de sodio 150 mg/L, tratamiento hidrotérmico para el control de enfermedades, secado (Figura 17 A), calibrado por peso de forma manual o automática (Figura 17 B y C), empaque en cajas de cartón de 4,1 kg (Figura 17 D y E), paletización o unitarización y frigoconservación (Figura 17 F). Se deberá cumplir con las especificaciones de la Norma Cubana NC 224. La exportación hacia los mercados se realiza por vía aérea.



Fig. 16. Camión refrigerado para la comercialización de frutas de mango con destino al mercado de Estados Unidos de América en la empacadora Don Reyes, México. Foto tomada por la autora.

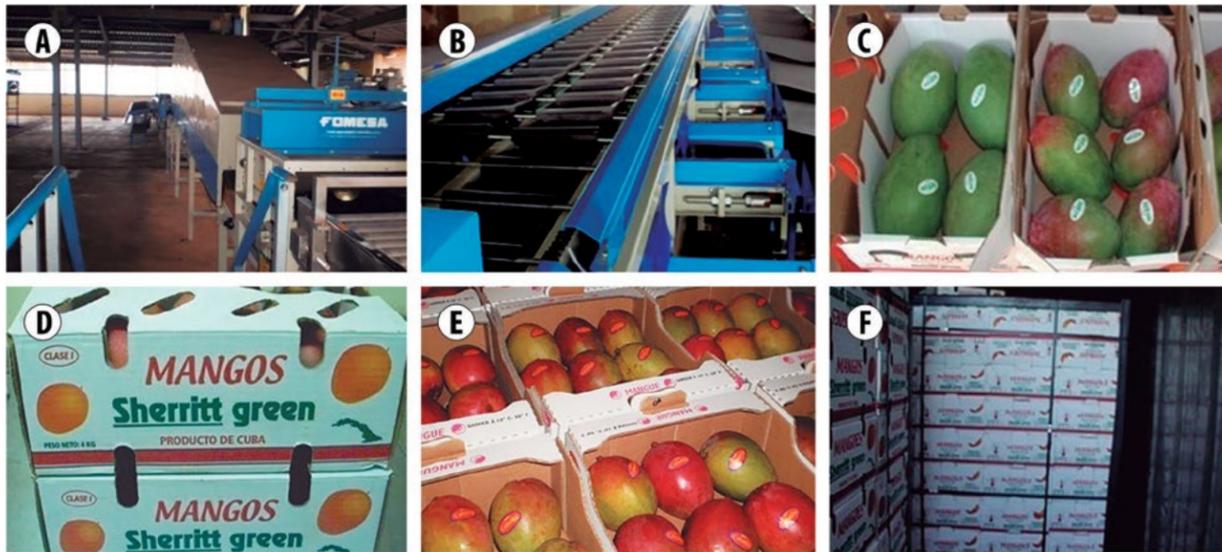


Fig. 17. Túnel de secado (A), calibradora automática y mesas de empaque (B), empaques por calibre (C), tipos de cajas de cartón de 4,1 kg (D y E) y unitarización (F) de frutas de mango con destino a la exportación en Cuba. Fotos tomadas por la autora.

Actualmente en el país se exportan pequeños volúmenes de mango, aunque se proyecta incrementar las exportaciones de esta y otras frutas para sustituir importaciones, y satisfacer la creciente demanda de la industria turística cubana y el mercado interno, aspectos concebidos en la Estrategia de Desarrollo de los Frutales del Ministerio de la Agricultura.

Es impostergable lograr la capacitación del personal de las emparadoras de mango desde el comienzo de cada temporada de acondicionamiento, donde se incluya el análisis de temáticas asociadas al control de la calidad, procedimientos para la maduración de las frutas, inspección en los puntos críticos de control, promoviendo y socializando las Buenas Prácticas de Higiene y de Manufactura.

En correspondencia con la necesidad de incrementar la comercialización del mango con calidad hacia el mercado nacional y las exportaciones, coadyuvando a minimizar las pérdidas poscosecha, se propone el siguiente flujo tecnológico (Figura 18), para el acondicionamiento de frutas bajo las condiciones de producción y poscosecha de Cuba que permita cumplir con las exigencias del mercado de exportación.

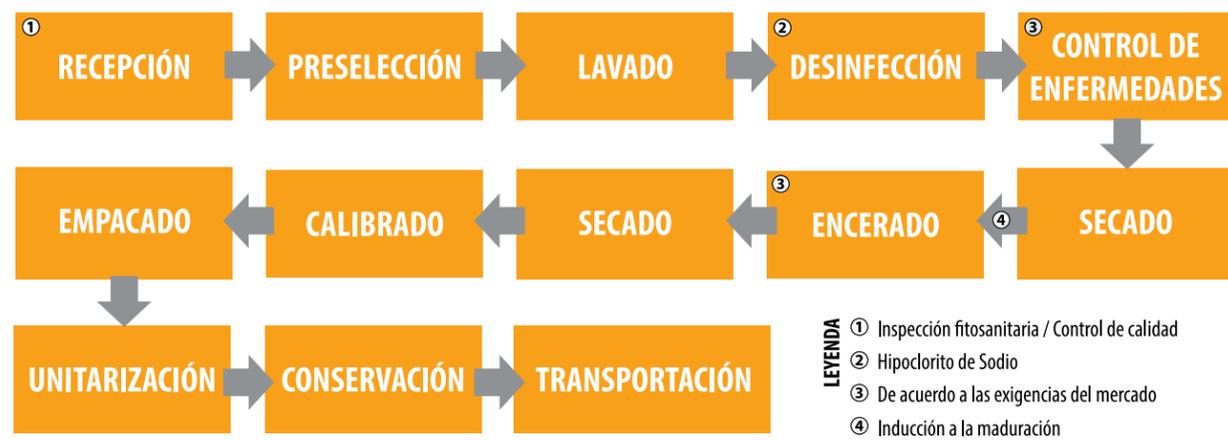


Fig. 18. Flujo tecnológico para el acondicionamiento de frutas de mango con destino a la exportación bajo las condiciones de producción y poscosecha en Cuba.

8.6. BIBLIOGRAFÍA

Abd-Alla, M. and M. Wafaa. 2010. New Safe Methods for Controlling Anthracnose Disease of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruits Caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). *Journal of American Science* 8(8): 361–367.

Abramovic, H.; T. Polar; J. Bertoneclj; P. Jamnik; S. Smole and B. Jersey. 2012. Chemical properties and antioxidant and antimicrobial activities of Slovenian propolis. *Chem Biodivers* 9(8):1545 –1558.

Ampaichaichok, P.; P. Rojsitthisak and K. Seraypheap. 2014. Effects of Different Molecular Weights of Chitosan Coatings on Postharvest Qualities of ‘Nam Dok Mai’ Mango. 2nd International Conference on Food and Agricultural Sciences. *IPCBE 77* (4):16–20.

Araiza-Flores, R.; A. Michel-Aceves; A. Barrios-Ayala; M.O, Otelo-Sánchez; C. H. Avedaño-Arrazate y P.S. López-López. 2018. Tratamiento térmico para el control de antracnosis *Colletotrichum gloeosporioides* Penz para mejor calidad en frutos de mango cv. Ataulfo. *Agroproductividad* 11(1):72–78.

Arauz, L. F. 2000. Mango Anthracnose. Economic Impact and Current Options for Integrated Management. *Plant Diseases* 84(6):600–611.

Bautista-Baños, S.; Ventura-Aguilar, R.; Correa-Pacheco, Z y M. L. Corona-Rangel. 2017. Quitosano: un polisacárido antimicrobiano versátil para frutas y hortalizas en poscosecha – una revisión. *Revista Chapingo Serie Horticultura XXIII* (2) mayo-agosto: 104–121.

Berger, H. 1996. Nuevas opciones en el manejo de fruta después de cosecha. En: Cultivo del palto y perspectivas de mercado. Publicaciones Misceláneas Agrícolas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. *Boletín* (45): pp. 123.

Bhushan, N. 2012. Post-harvest profile of mango. *Manual de la India*. 141 p.

Brecht, J.; S. Sargent; E. Mitcham; F. Maul; P. Brencht and O. Menocal. 2014. Manual práctico para el mejoramiento poscosecha del mango, Copyright. National Mango Board, Orlando, Florida, EE.UU. Tomado de <http://WWW.edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/hs/hs119000.pdf>. Recuperado el 6 de septiembre, 2016.

Bustos-Griffin, E.; G.J. Hallman and R. L. Griffin. 2014. Phytosanitary irradiation in ports of entry: a practical solution for developing countries International. *Journal of Food Science and Technology* 7 p.

Burdon, J.; N. Lallu; K. Haynes; J. McDermott and D. Billing. 2008. The effect of delays in establishment of a static or dynamic controlled atmosphere on the quality of ‘Hass’ avocado fruit. *Postharvest Biology and Technology* 49:61–68.

Carrillo, L. A; F. Ramirez-Bustamante; J.B Valdez-Torres; R. Rojas-Villegas and E.M. Yahia. 2000. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *Food Quality* 23: 479–486.

Celestino, D. V.; H. R. Sotelo; D. M. R. Pastrana; M. E. V. Barrios and E. M. M. Silva. 2016. Effects of waxing, microperforated polyethylene bag, 1-methylcyclopropene and nitric oxide on firmness and shrivel and weight loss of ‘Manila’ mango fruit during ripening. *Postharvest Biological Technology* 111:398–405.

Cervantes, L; H. García; M. Gómez; M. Montalvo; L. Ortiz; A. Ramírez y S. Sayago. 2016. Efecto del 1-metilciclopropeno en la maduración de mango Ataulfo en condición simulada para la exportación a Europa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 39:305–316.

Cracknell, T. A. and S. V. Galán. 2004. The study of the problem of mango (*Mangifera indica* L.) internal breakdown. *Acta Hort.* 645:167–174.

De Mateo, Y. 2014. Centro de Acopio, Maduración y Comercialización. Manual de Operaciones. pp. 139.

- Denikumar, T. H. 2017. Prevalence, loss assessment and management of mango (*Mangifera indica* L.) post harvest fungal diseases, thesis submitted to the faculty of Agriculture Navsari, Agricultural University Navsari in partial fulfillment of the requirements for the award of the Degree of Doctor of Philosophy in plant pathology. pp. 231.
- Diedhiou, M. P.; N. Mbaye; A. Draméand and P.I. Samb. 2007. Alteration of post-harvest diseases of mango (*Mangifera indica* L.) through production practices and climatic factors. *African Biotechnology* 6(9):1087–1094.
- Ding, P. and S. Mijin. 2013. Physico-Chemical Characteristics of Chok Anan Mango Fruit after Hot Water Treatment. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 36 (4): 359–372.
- Esguerra, E. B. and R. Rolle. 2018. Post-harvest management of mango for quality and safety assurance. *Guidance for horticultural supply chain stakeholders*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 24 p.
- Farag, K. M. and N. M. N. Nagy. 2012. Mitigating the incidence of preharvest rind pitting of 'Nova' tangerines by early application of GA3, the cytokinin derivative, CPPU, and potassium. *J. Applied Sciences Research* 8(8):4724–4732.
- Farag, K. M. 2015. Performance of Adopted Fruit Species and Cultivars to Egyptian-Desert Agriculture and Their Major Production Problems. *Adv. Plants Agric. Res.* 2(2): 00041.
- Ferrier, P.; E. Petersen and M. Landes. 2012. Specialty Crop Access to U.S. Markets: A Case Study of Indian Mangoes, *ERR-142, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service*. pp. 39.
- Gálvez, J. C. y G. V. Buitimea. 2008. Uso de la radiación en la conservación de alimentos. *Revista Universidad de Sonora* 22: 29–31.
- Gregori, G. 2007. La transpiración de frutas y verduras. 17° Simposio de Internacional Phytoma. *INFOPOST* 4: pp. 2.
- Gonçalves, A. M.; S. Rodríguez; J. M. da Silva and S. M de Oliveira. 2015. Low doses of gamma radiation in the management of postharvest *Lasiodiplodia theobromae* in mangos. *Brazilian Journal of Microbiology* 46(3): 841– 847.
- González, J. y T. Mulkay. 2011. Los detergentes y su aplicación en la poscosecha de los frutos. *Boletín NOTICITRIFRUT* No1 Enero-junio. pp. 4
- Guillén, F.; D. Valero; P. Zapata; M. Serrano; J. Valverde; M. Díaz-Mula; S. Castillo; R. Martínez-Romero. 2015. Desarrollo de un envase activo para mejorar la calidad de la ciruela y mantener sus propiedades antioxidantes. Tomado de <http://WWW.flowertrials.com>. Recuperado el 6 de septiembre, 2017.
- Hallman, G. J.; N. M. Levang-Brilz; J. L. Zettler and I. C. Winborne. 2010. Factors affecting ionizing radiation phytosanitary treatments, and implications for research and generic treatments. *Journal of Economic Entomology* 103: 1950–1963.
- Hallman, G. J. and C. M. Blackburn. 2016. Review. Phytosanitary Irradiation. *Foods*5(8): 2–10.
- Hafeez, O. M.; U. M. Aman; S. K. Muhammad; A. Muhammad; K. Samina and U. Muhammad. 2016. Effect of Modified Atmosphere Packaging on Postharvest Quality of Mango cvs. Sindhri and Sufaid Chaunsa During Storage. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* 4(12): 1104–1111.
- Herianus, J. D.; L. Z. Singh and S. C Tan. 2003. Aroma volatiles production during fruit ripening of 'Kensington Pride' mango. *Postharvest Biol Technol* 27: 323–333.
- Hofman, P.; M. Jobin-Décor; G. Meiburg; A. Macnish and D. Joyce. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-mehtylcyclopropene. *Exp. Agric* 41(4):567–572.
- Jianglian, S. and Z. Shaoying. 2013. Application of Chitosan Based Coating in Fruit and Vegetable Preservation: A Review. *Journal Food Process Technology* 4: 227.
- Kader, A. A. 2002. Mango. Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha. Tomado de http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Mango_702/. Recuperado el 6 de agosto 2016.
- Kader, A. and B. Mitcham. 2008. Optimum procedures for ripening mangoes. En: *Fruit Ripening and ethylene management*: 47–48. Univ. Calif. postharvest Technology Research and Information Center Publication Series #9: Tomado de http://postharvest.ucdavis.edu/pubs/pub_Desc_9.pdf. Recuperado el 4 de abril de 2015.
- Landeró-Valenzuela, N.; F. M. Lara-Viveros; P. Andrade-Hoyos; L. A. Aguilar-Pérez y G. J. Aguado-Rodríguez. 2016. Alternativas para el control de *Colletotrichum* spp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(5): 1189–1198.
- Larios, J. D. 2011. Manual del curso de manipulador de frutas y hortalizas. Ed. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. pp. 5–26.
- Lima, L. C. O.; A. B. Chitarra y M. I. F. Chitarra. 1999. Enzymatic activity changes in spongy tissue: a physiological ripening disorder of 'Tommy Atkins' mango. *Acta Hort.* 485:255–258.
- Lira, V. A. A.; N. A. Camacho de la Rosa; C. Wachter-Rodarte y M.A. Trejo. 2008. Estudio comparativo de enzimas que degradan la pared celular en diferentes variedades de mango durante su maduración. X Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. México. Respn Edición Especial 8–2008.
- Maherani, B. F.; P. Criado; Y. Ben-Fadhel; S. Salmieri y M. Lacroix. 2016. Review World Market Development and Consumer Acceptance of Irradiation Technology. *Foods* 5 (79): 2–21.
- Matny, O. 2015. Efficacy Evaluation of Iraqi Propolis Against Gray Mold of Stored Orange Caused by *Penicillium digitatum*. *Plant Pathology Journal* 14 (3):153–157.
- Martínez, M. 2004. Principales enfermedades en poscosecha. Tratamiento y manipulación de los frutos cítricos en la poscosecha. Tema 8.1. Ed. Grupo FOMESA SA, Universidad Politécnica de Valencia y el Instituto Valenciano de Investigaciones Agraria. pp. 28.
- Md. Nasir-Uddin; S. H. Talukder-Shefat.; M. Afroz and J. M. Nusrat. 2018. Management of Anthracnose Disease of Mango Caused by *Colletotrichum gloeosporioides*: A Review *Acta Scientific Agriculture* 2(10):169–177.
- Medlicott, A. 1996. Manual de tecnología post-cosecha de mango. Armenia: Quindío. Convenio Sena- Reino Unido. pp. 195.
- Meer, H.; S. Iram; I. Ahmad; F. S. Fateh and M. R. Kazmi. 2013. Identification and Characterization of Post-Harvest Fungal Pathogens of Mango from Domestic Markets of Punjab. *Int. J. Agronomy and Plant Production* 4(4):650–658.
- Meir, S.; D. Naiman; M. Akerman, J. Hyman J.; G. Zauberman and Y. Funch. 1997. Prolonged storage of Hass avocado fruit using modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology* 12:51– 60.
- Mellado, V. A. 2012. Composición y remoción de nutrimentos y calidad de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) en diferentes ambientes. Tesis de Doctorado. Montecillo, Texcoco, Estado de México. pp. 102.
- Mercado-Silva, E. 2009. La aplicación de irradiación gamma como tratamiento cuarentenario, y sus efectos sobre la calidad de diferentes variedades y tamaños de mango crecidos en diferentes regiones de México. Informe final de proyecto para The National Mango Board. pp. 95.
- Mercado-Silva, E. 2012. Estado del arte del manejo poscosecha del mango 'Manila'. Reporte final de proyecto para The National Mango Board. Universidad de Querétaro. México. pp. 87
- Mesa-Estrada, E. M.; F. Padilla-Reyes y C. J. Márquez-Cardozo. 2015. Efecto de recubrimientos protectores sobre la calidad del mango (*Mangifera indica* L.) en poscosecha. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica* 18(1):181–188.

- Mitcham, E. and R.E. McDonald. 1992. Cell wall Modification during ripening of 'Keitt' and 'Tommy Atkins' mango fruits. *J Amer. Soc. Hortic.* 117:912–924.
- Moreno, D. y E. Prieto. 2017. La irradiación como método alternativo para el tratamiento poscosecha de frutos. *CitriFrut* 34(1):3–11.
- Mulkay, T.; A. Paumier; A. Sissino; O. Alonso y J. González. 2008. Manejo poscosecha de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) para la comercialización. Informe final de proyecto. Centro de Documentación del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Cuba. pp. 44.
- Mulkay, T.; A. Paumier; M. Aranguren y O. Herrera. 2010. Diagnóstico de las enfermedades fungosas de mayor incidencia durante la poscosecha de la papaya (*Carica papaya* L.), el mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*Persea americana* Miller) en tres localidades frutícolas en Cuba. *CitriFrut* 27(2):23–30.
- Mulkay, T.; A. Paumier; A. Alonso; J. González; M. Aranguren; C. Díaz; M. E. García y R. Jiménez. 2014. Tecnología poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) para el mercado de frutas frescas en Cuba. *CitriFrut* 31(1):56–60.
- Mulkay, T.; A. Paumier y J. González. 2016a. Efecto de extractos de propóleos en la calidad poscosecha del mango 'Súper Haden'. *Fitosanidad* abril, 20(1):5–11
- Mulkay, T.; M. Aranguren; M. E. García; M. Fagundo y A. Paumier. 2016. Incidencia de los desórdenes fisiológicos internos en frutos de mango 'Tommy Atkins' en Jagüey Grande. *CitriFrut* 33(2):12–19.
- Mulkay, T. 2017. Efecto de sales de quitosano en la calidad poscosecha del mango 'Tommy Atkins'. *Cultivos Tropicales* 38(3):119–125.
- Mulkay, T.; A. Paumier y R. Rousseaux. 2018. Optimización de la tecnología poscosecha del mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*Persea americana* Mill.) con destino al mercado en fresco e industria. Informe final de proyecto. Centro de Documentación del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Cuba. pp. 101.
- Mulkay, T.; A. Paumier; R. Rousseaux; M. Borges; M. Rodríguez; D. Moreno; E. Prieto y A. Chávez. 2019. Tratamiento con radiaciones gamma para el beneficio sanitario y fitosanitario en frutos. Informe final de proyecto. Centro de Documentación del Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Cuba. pp. 50.
- Muy, R. D.; Espinoza, V. B.; Siller, C. J.; Sañudo, B. A.; Valdez, T. B. y E.T. Osuna. 2009. Efecto del 1 Metilciclopropeno (1MCP) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad poscosecha del mango 'Ataulfo'. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 32 (1):53–60.
- Narayana, C. K.; R. K. Pal and S. K. Roy. 1996. Effect of studies on ripening changes in mango pres-storage treatments and temperature regimes on shelf-life and respiratory behaviour of ripe Banneshan mango. *J Food Sci Tec Mysore* 33:79–82.
- Neme, A. O.; D. O. Gudissa and T.T Nardos. 2014. Effect of hot treatment on quality and incidence disease of mango (*Mangifera indica* L.) fruits. *Asian J. Plant Sci.*:1–6.
- Nithya, D.; A. Karupiah and C.V. Abirami. 2011. Effect of storage temperatures, O₂ concentrations and variety on respiration of mangoes. *J. Agrobiol.* 28(2): 119–128.
- Norma Cubana NC 680: 2009. Irradiación de alimentos. Requisitos sanitarios generales. 20 p.
- Norma Cubana NC 224: 2019. Mango – especificaciones. ICS: 67.080. 2da. Edición, en fase de revisión. 11 p.
- Norma General del Codex para los Alimentos Irradiados, CODEX STAN 106 –1983, Rev.1–2003. 20 p.
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OEIA). 2017. Manual de buenas prácticas para la irradiación de alimentos, aplicaciones sanitarias, fitosanitarias y de otro tipo. Colección de informes técnicos nº 481. 108 p.
- Ortega–Zaleta, D. A.; L. Cabrera–Mireles; M. Muñozcano–Ruíz y M. T. Colinas–León. 2008. Respuesta del fruto de mango Manila (*Mangifera indica* L.) a la aplicación de carburo de calcio (CaC₂) en el estado de Veracruz. Memorias de la 3ra Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Yucatán, México. pp. 335.
- Osuna, G. J. A.; J. A. Beltrán y M. A. Urías–López. 2005. Efecto del 1–metilciclopropeno (1–MCP) sobre la vida de anaquel y calidad de mango para exportación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:271–278.
- Osuna, J.; J. K. Brecht.; D. J. Huber and Y. Nolasco–Gonzalez. 2015. Aqueous 1–Methylcyclopropene to Delay Ripening of 'Kent' Mango With or Without Quarantine Hot Water Treatment. *Hort. Technology* 25(3) June: 249–357.
- Pankaj, S.; M. Kumar; V. Kumar; M. Kumar and S. Malik. 2012. Effect of physico–chemical treatments on ripening behavior and post–harvest quality of Amrapali mango (*Mangifera indica* L.) during storage. *J. Environ. Biol.* 33:227–232.
- Pereira–Bomfim, M.; G. P. Pereira–Lima; J. A. Rebouças–São; F. Vianello and L. Manoel de Oliveira. 2011. Post–harvest conservation of 'Tommy Atkins' mangoes treated with 1–methylcyclopropene. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33:290–297.
- Ploetz, R.C. 1994. Mango diseases caused by fungi. Compendium of tropical fruit diseases. De. American Phytopathology Society. pp. 34 –41.
- Prieto, E.; A. Chávez; A. Moreno; R. Rodríguez y B. Pérez. 2019. Aplicación de la tecnología de irradiación en Cuba: Actualidad y perspectiva. *Revista Nucleus* 66:6–11.
- Reales, J. G. y A. A. Fernández. 2012. Estudio del método de atmósfera modificada en la conservación de la calidad del mango (*Mangifera Indica* L.) variedad Vallenato. *Revista Alimentos Hoy* 21(25):26–35.
- Restrepo, J. L.; Á. E. Palacio; L. A. Flórez; J. E. Rivera; J. García; A. Navarrete; J. Rodrigo y P. Nel. 2013. Modelo tecnológico para el cultivo de mango en el valle del. Alto Magdalena en el departamento del Tolima. Feria Asociación Hortifrutícola de Colombia ASOHOFrucol. pp. 112.
- Reyes–Pérez, J. J.; S. Vero; E. Díaz–Rivera; L. Lara–Capistran; J. C. Noa–Carrazana y L. G. Hernández–Montiel. 2019. Aplicación de dióxido de cloro (ClO₂) y levaduras marinas para el control poscosecha de la antracnosis en mango (*Mangifera indica* L.). *Cien. Inv. Agr.* 46(3):266–275.
- Romanazzi, G. and E. Feliziani. 2016. Use of chitosan to control postharvest decay of temperate fruit: effectiveness and mechanisms of action. En: Bautista–Baños, S., Romanazzi, G. and Jiménez–Aparicio, A. (Eds.), USA: Academic Press/Elsevier. Chitosan in the Preservation of Agricultural Commodities 6:155–177.
- Saran, P.L. and K. Ratan. 2011. Boro deficiency disorder in mango (*Mangifera indica* L.): field screening, nutrient composition and amelioration by boro application. *Indian. J. Agriculture Scienc* 81(6):506–510.
- Schaffer, B. 1994. Internal Breakdown of mango of fruits. Mango Disorder caused by abiotic factors. *Compendium of tropical fruit diseases*. pp. 88. [en línea]. vol. 8, edit. American Phytopathological Society (APS), ISBN 0–89054–162–0. Tomado de <http://www.cabdirect.org/abstracts/19942309422.html>. Recuperado el 30 de mayo de 2016.
- Secretaría de Estado de Agricultura (SEA), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), Consejo Nacional de Competitividad (CNC). 2007. Estudio de la Cadena Agroalimentaria de Mango en la República Dominicana. pp. 59.
- Serrano, L.; K.A. Ruíz; M. A. Wong y E. G. Fentanes. 2010. Biofungicidas para el control de la antracnosis del mango: logrando frutos de alta calidad internacional para mercados exigentes. *Claridades Agropecuarias* (208): 28–37.
- Siller–Cepeda, J.; D. Muy–Rangel; M. Báez–Sañudo; E. Araiza–Lizarde y A. Ireta–Ojeda. 2009. Calidad poscosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(1):45–52.

- Silva, D. J.; M. M. Choudhury; A. M. S. Mendes y B. F. Dantas. 2008. Efeito da aplicação pré-colheita de cálcio na qualidade e no teor de nutrientes de manga 'Tommy Atkins'. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30:74–78.
- Snowdon, A. L. 1990. A color atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. 1:128–137.
- Sripong, K.; J. Pongphen; A. Uthairatanakij; V. Srilaong; Ch. Wongs-Aree; S. Tsuyumu and M. Kato. 2015. Effects of hot water, UV-C and modified coconut oil treatments on suppression of anthracnose disease and maintenance of quality in harvested mango cv. 'Chok-Anan'. *Journal of Food and Nutrition Sciences* 3(1–2):1–8.
- Tocora, F.; C., Zambrano y C. Sandoval. 2017. Protocolo de buenas prácticas para poscosecha de aguacate 'Hass' (*Persea americana* Mill.) ISBN digital: 978–958–754–232–5. pp. 12.
- Torres, R.; E. J. Montes; O. A. Pérez y R. D. Andrade. 2013. Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información Tecnológica* 24(3):51–56.
- Tuset, J. 1999. Perspectiva del control de las podredumbres en la poscosecha de cítricos. *Levante Agrícola. Especial de poscosecha*: 272–280.
- Umaña, G. R. 2000. Enfermedades poscosecha del mango. Manejo poscosecha del mango para el mercado fresco. Editado por Marta Montero Calderón y María Milagro Cerdas Araya. Centro de Investigaciones Agronómica, Universidad de Costa Rica. pp. 141–154.
- U.S. Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. Plant Protection and Quarantine. 2010. Treatment manual. Tomado de http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf. Recuperado el 16 de agosto de 2018.
- Valenzuela, J. L.; S. Manzano; F. Palma; F. Carvajal, D. Garrido and M. Jamilena. 2017. Oxidative stress associated with chilling injury in immature fruit: Postharvest technological and biotechnological solutions. *Int. J. Mol. Sci.* 18:1467–1492.
- Valera, A.; Materano, W.; Maffei, M.; Quintero, I. y Zambrano, J. 2011. Uso de recubrimientos comestibles y baja temperatura para mantener la calidad de frutos de mango 'Bocado' durante el almacenamiento. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 28, suplemento 1:600–608.
- Vargas, J. 2015. Aplicaciones de la radiación gamma en frutas y hortalizas. Perspectivas agroindustriales para el espárrago peruano. Lima, Perú. 5 p.
- Wongmentha, O. and L. Ke. 2012. The Quality Maintenance and Extending Storage Life of mango Fruits after Postharvest Treatments. *World Academic of Science, Engineering and Technology* 6 (9):844–849.
- Yadav, M. K.; K. Kirtivardhan; P. Singh and P. Singh. 2017. Irradiation and Storage Temperature Influence the Physiological Changes and Shelf Life of Mango (*Mangifera indica* L.) *American Journal of Plant Biology* 2(1):5–10.
- Younes, I and M. Rinaudo. 2015. Chitin and chitosan preparation from marine sources. Structure, properties and applications. *Marine drugs* 13(3):1133–1174.
- Yousef, A.; R. M. Aml; S. E. Hala and M. M. Dorria. 2012. Storage and Hot Water Treatments on Post-storage Quality of Mango Fruit (*Mangifera indica* L.) Variety 'Copania'. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 6(13):490–496.





CAPÍTULO 9

INDUSTRIALIZACIÓN

Sheyla Abreu Saiz
Jennifer Mackay Hernández
Jorge L. Leyva Rodríguez
Yunisleidys Lage Ramos
Carolina Sera Rodríguez
Guadalupe M. Borges Caballero

9.1. INTRODUCCIÓN

El mango, con una bien ganada popularidad entre sus consumidores, se comercializa actualmente a nivel mundial como producto fresco y en diversos formatos de productos procesados.

Las estadísticas del consumo del mango fresco a nivel internacional muestran aumentos considerables en el tiempo, una tendencia que deberá continuar, a pesar de que algunos mercados muestran un descenso de sus importaciones, y otros comienzan una fase de descubrimiento o expansión. Aunque internacionalmente los productos transformados del mango no muestran niveles de interés a la altura de la fruta fresca, su demanda también está en fase de crecimiento. La industria de jugos y néctares se ha mostrado en los últimos años como uno de los sectores económicos más dinámicos y como una de las más importantes dentro del segmento de los productos alimenticios, sin restar importancia a otras formulaciones como los aceites esenciales que se utilizan para dar sabor y aroma al té, los vinos y las bebidas alcohólicas. Son los ingredientes básicos en la industria de los perfumes y se utilizan en jabones, desinfectantes y productos similares. También tienen importancia en la medicina, tanto por su sabor como por su efecto calmante del dolor y su valor fisiológico (Guzmán *et al.*, 2008).

Es difícil calcular la importancia de los productos derivados del mango transformado. No existen datos estadísticos o estos agrupan a menudo productos procedentes del mango (puré, jugos, conservas etc.) con productos procedentes de otras frutas. No obstante, se puede mencionar que, además del mango deshidratado, para el cual se estima que las importaciones europeas son de alrededor de 3 400 toneladas, los productos transformados a base de mango son principalmente conservas, purés congelados y néctares (Boglio D. y Milicevic B., 2016).

Actualmente, el mango deshidratado ha presentado un interesante desarrollo en el naciente mercado de los snacks saludables; individualmente constituyen un renglón minoritario pero atractivo, novedoso y con elevado potencial. Este fenómeno es una oportunidad para las economías de la América tropical donde se cultivan frutas extensamente (Buitrago, 2014). La deshidratación de frutas constituye hoy un proceso rutinario de mucho uso en las industrias de alimentos, su tecnología puede ser sencilla y variada y se aplica en ella desde el uso de la energía convencional hasta energías renovables o amigables con el medio ambiente como la energía solar. Esto permite que las pequeñas y medianas industrias se apropien de esta tecnología (Moya *et al.*, 2009)

Si bien Cuba no se encuentra entre los primeros lugares a nivel mundial en producción y exportación de mango, ha incrementado sus producciones en el tiempo hasta ubicarse como el cuarto país productor del fruto en la región de América Latina con un volumen de 439,4 miles de t según Compendio Estadístico de la FAO 2018, siguiendo a países como México, Brasil y Haití. Sin embargo, las producciones de frutas transformadas se muestran discretas, aunque se aprecia una tendencia de su crecimiento en los últimos cinco años. Tal es el caso de la industria de conservas de frutas y vegetales que ha duplicado sus producciones para entregar 150,5 Mt al cierre del año 2018 (ONEI, 2019), dato que estadísticamente incluye la transformación de otras frutas, pero donde los productos derivados del mango se destacan.

9.2. APOORTE NUTRITIVO DE LA FRUTA PROCESADA

El mango es un cultivo importante en las regiones tropicales de América del Sur, Hawái, América Central, Asia, el Caribe y África. La fruta es de interés tanto desde el punto de vista nutricional y biofuncional, como en el tecnológico. Su delicioso sabor permite que sea transformada tanto verde como madura, y, a su vez, posibilita la obtención de productos como jugos, néctares, mermeladas, conservas, salsas, entre otros, muy apreciados en el mercado.

Desde el punto de vista nutricional, es rica en carbohidratos, vitaminas y antioxidantes entre los que se destacan la mangiferina y el lupeol. Dentro de las vitaminas con mayor presencia se encuentran la C, A y E. Estudios realizados determinaron que 100 g de puré de mango pueden aportar el 47 % de la vitamina C requerida diariamente por un adulto, un 25 % del requerimiento diario de vitamina A y un 13% de vitamina E; resultados estos de gran interés comercial (Larios *et al.*, 2016).

En el mango maduro, la presencia de carbohidratos se corresponde aproximadamente con un 8 % de azúcares solubles; de ellos, un 5 % de sacarosa como promedio, seguida de la fructuosa y la glucosa con 2 % y 0,5 % respectivamente. El contenido de almidón en la pulpa de la fruta madura es bajo con valores que no superan el 0,3% (Cruz *et al.*, 2012).

La composición química de las frutas está relacionada fundamentalmente con el cultivar, las condiciones edafoclimáticas donde se desarrollan, además del estado de madurez y de las condiciones de almacenamiento de las mismas, entre otros factores. En Cuba, la Norma Cubana NC 224. Mango. Especificaciones y la Norma Ramal NR 13. Pulpas de frutas, establecen los parámetros físico químicos que deben cumplir las frutas para ser procesadas en la industria (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros físico-químicos requeridos por el mango fresco con destino a la industria, de acuerdo con la Norma Cubana NC 224 y la Norma Ramal NR 13.

PARÁMETROS DE LA PULPA	
Sólidos Solubles Totales (SST)	14 °Brix mínimo
Color	Amarillo-naranja intenso y sin presencia de puntos negros
Consistencia	Homogénea y cremosa
Textura	Poco fibrosa
Acidez	0,19 % – 0,64 %
pH	3,7 – 4,3

Estudios realizados en el cultivar 'Tommy Atkins' — uno de los más utilizados en las pequeñas industrias del país —, en frutas en estado de madurez comestible, revelan que, a los parámetros antes señalados, se le suman otros de importancia como: contenido de agua: 85,27 g, cenizas: 0,35 g, vitamina C: 23,09 mg, acidez titulable: 0,43 mg de ácido cítrico, pH: 3,49, taninos: 0,48 mg, sólidos solubles totales: 14,01 °Brix, azúcares totales: 14,07 g y azúcares reductores: 3,07 g. Debido al elevado contenido de fibra en la parte comestible, este cultivar ha sido recomendado para la obtención de hojuelas deshidratadas o tajadas (Santillán, 2004).

La correcta selección de las frutas de los diferentes cultivares de mango y su calidad tecnológica, unido al cumplimiento de las normas, marcan la calidad de las frutas destinadas a su transformación industrial y la obtención de productos transformados, con significativos aportes nutricionales como los que se representan en la Tabla 2.

Tabla 2. Aporte nutricional de productos elaborados de mango, en una porción comestible de 100g. Fuente: FatSecretPlatform API, (2020).

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	MERMELADA (100 g)	NÉCTAR (100 g)	DESHIDRATADOS (100 g)
Energía	260 kcal	58 kcal	314 g
Proteína	0,54 g	0,20 g	1,48 g
Carbohidratos	66,63 g	15,16 g	81,61g
Fibra	0,7 g	0,70 g	5,2 g
Azúcar	42,64 g	14,27 g	75,2 g
Grasa	0,14 g	0,11 g	0,78 g
Colesterol	0 mg	0 mg	0 mg
Sodio	36 mg	2 mg	6 mg
Potasio	77 mg	56 mg	454 mg

Además de las propiedades nutricionales, las características fisicoquímicas del mango le confieren propiedades tecnológicas que le permiten desempeñarse como materia prima principal o como ingrediente de diversos productos. Su contenido en almidón, pectina y fibra, aportan textura a los productos elaborados con mango, sus pigmentos confieren color; su contenido en ácidos y antioxidantes, por un lado, dan estabilidad química y, de algún modo, constituyen una barrera relativa contra el crecimiento de microorganismos. La combinación de pigmentos, ácidos, azúcares y compuestos volátiles son responsables del color, el sabor y el aroma característicos del mango, atributos que son determinantes en la preferencia y aceptación por parte de los consumidores. Además, es útil como materia prima o ingrediente desde la madurez fisiológica (mango verde) hasta la madurez comercial. También son aprovechables los desechos. Por ejemplo, la corteza es rica en pectinas y moléculas bioactivas, y se utiliza como nutracéutico o ingrediente para la elaboración de alimentos funcionales (Larios I. *et al.*, 2016). La almendra del mango, también llamada semilla, se encuentra en el interior del hueso del mango, y contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales. En la Tabla 3 se detalla su composición.

Tabla 3. Composición de la almendra de la semilla de mango. Fuente: Chaparro-Acuña *et al.* (2015).

PARÁMETROS EVALUADOS (%)	VALORES OBTENIDOS	CHANSO (2008)	BASILIO-HEREDIA (2009)	NZIKOU <i>et al.</i> (2010)	LÓPEZ-HERNÁNDEZ (2013)
Humedad	44,85	40,5	10,72	45,2	
Proteína cruda	6,39	1,43	8,10	6,36	10,06
Grasa cruda	10,70	4,92	6,53	13,0	14,80
Fibra cruda	2,38	3,96	3,37	2,02	2,40
Cenizas	2,46	0,83	2,26	3,2	2,62
Carbohidratos totales	33	48,19	69,0	32,24	70,12

Las frutas de mango verde se utilizan comúnmente para preparar salsas dulces o saladas, encurtidos y bebidas. La fruta madura se aprovecha en la elaboración de pulpa, mermelada, jugo, néctar, rebanadas o trocitos de pulpa deshidratados por métodos diversos. El éxito en el procesamiento del mango como materia prima o ingrediente para la elaboración de alimentos y bebidas, su aplicación y formulación, depende en gran medida de la adecuada selección del cultivar, así como su caracterización fisicoquímica y sensorial. Estos son factores determinantes para lograr las características sensoriales y la vida de anaquel del producto transformado, necesarias para que sea competitivo y exitoso en el mercado.

9.3. PRINCIPIOS PARA LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

La conservación de los alimentos incluye un conjunto de tratamientos que prolongan su vida útil, manteniendo, en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, los que incluyen el color, la textura, el sabor y, especialmente, su valor nutritivo.

La posibilidad de procesar y conservar las frutas con las tecnologías y métodos de conservación actuales permite disponer de ellas de la forma más natural conservando su aspecto, sabor y texturas apetitosas, así como su valor nutritivo original, inclusive fuera de la época de cosecha (Guzmán *et al.*, 2008).

En la actualidad, la congelación, el enlatado y diversas técnicas de conservación de alimentos hacen posible que estos sean preservados durante largos períodos de tiempo y transportados mucho más lejos que en etapas anteriores. Así, la mayor parte de los alimentos que se consumen tienen una durabilidad que puede alcanzar días, semanas, meses y hasta años.

Además del empleo de sustancias preservantes, existen otras formas de conservación de frutas y hortalizas, como son la adición de salmueras, jarabes y vinagretas. Estos medios naturales de conservación; combinados con procesos de esterilización, cocción y deshidratación protegen el producto de la oxidación, putrefacción y recontaminación.

Actualmente se puede hablar mucho sobre las novedades en el sector industrial de los alimentos. Las técnicas de preservación van desde las más simples —como el secado solar y la fermentación—, hasta las más complejas, como son la irradiación y la liofilización. El creciente desarrollo de industrias a pequeña escala (minindustrias, microindustrias) ha permitido el rescate de métodos sencillos de procesamiento como la conservería, los concentrados, los deshidratados y los fermentados. Esto permite llegar a la mesa del consumidor con productos de calidad, sanos e inoocuos, que coinciden, en su producción, con un conjunto de operaciones y/o procesos generales seguidos por las grandes industrias transformadoras (Mackay *et al.*, 2019).

9.4. LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS

La conservación de las frutas tropicales mediante el procesamiento industrial es un mecanismo empleado para protegerlas contra los microorganismos y otros agentes responsables de su deterioro. Esto permite que se puedan consumir productos apetitosos durante todo el año, y, en muchos casos, con el sabor, olor, textura y su valor nutritivo original, muy similar al del fruto fresco.

A diferencia de la conservación en estado fresco, donde los vegetales se mantienen esencialmente en las mismas condiciones físicas en las que inicialmente se encontraban, los procesos a los que pueden someterse las frutas dan productos finales con características diferentes a los de la materia original.

El procesamiento y la conservación de frutas tropicales transcurren a través de mecanismos y procesos mediante los cuales se inhibe la acción de factores microbiológicos, bioquímicos y fisicoquímicos que influyen en el deterioro de los productos terminados. Los microorganismos, como las bacterias y los hongos, deterioran los alimentos con rapidez. Las enzimas, que están presentes en todos los alimentos frescos, son sustancias catalizadoras que favorecen la degradación y los cambios químicos que afectan, en especial, la textura y el sabor. El oxígeno atmosférico puede reaccionar con compo-

ponentes de los alimentos, que se pueden volver rancios o cambiar su color natural. Igualmente dañinas resultan las plagas de insectos y roedores, que son responsables de enormes pérdidas en las reservas de alimentos. Entre otros factores que afectan los procesos de deterioro de los alimentos se encuentran la actividad de agua, el pH y la temperatura. No hay ningún método de conservación que ofrezca protección frente a todos los riesgos posibles durante un período ilimitado de tiempo especialmente en el clima cálido de los trópicos (Guzmán *et al.*, 2008).

Los procesos de transformación de las frutas modifican su forma, su ambiente circundante, y cuando se combinan con tratamientos térmicos, generan cambios químicos y estructurales externos e internos como la osmodeshidratación, plasmólisis, inactivación enzimática y microbiana entre otros. Estos redundan en menores pérdidas, promueven la seguridad alimentaria, mejoran el sabor, el aroma y/o apariencia de los productos por periodos más prolongados de tiempo. A la vez, contribuyen a la variabilidad de la dieta aportando los nutrientes necesarios para la conservación de la salud (calidad nutritiva en los alimentos) y la generación de ganancias para la entidad que los produce.

Actualmente en Cuba se impone el criterio de la racionalidad, aprovechando las potencialidades territoriales con la nueva distribución espacial de las fuerzas productivas y diversificación de sus producciones, vinculando los encadenamientos más efectivos que permitan el consumo de bienes alimenticios industrializados, y creando nichos importantes para las producciones locales. La cadena productiva de la agroindustria frutícola cubana tiene una importancia estratégica en el desempeño económico del país por su incidencia en el empleo, la balanza de pagos y la utilización de recursos naturales, además de su encadenamiento con otros sectores de la industria y los servicios (Abreu, 2014).

Dependiendo del cultivar, la porción comestible puede ser recuperada en forma de trozos de pulpa, puré o jugos. La forma en que la fruta se procesa determina cómo se puede utilizar el producto final.

El desarrollo de procesos a pequeña escala y artesanales no difieren entre sí, solo están marcados por los procedimientos que se utilizan, la infraestructura y el volumen de productos a procesar. Las operaciones generales tienen por objetivo preparar un producto listo para el consumo y proporcionar al mismo las mejores condiciones para su conservación. Entre ellas, se pueden mencionar la recepción, la clasificación, la selección, el lavado, pelado y corte, deshuesado y escaldado, entre otras.

El procesamiento industrial a pequeña escala es una opción estratégica para la generación de empleos y un aporte al sector alimentario soportado por la diversificación de sus producciones en su capacidad productiva. Con el mínimo del equipamiento requerido, determinado por los recursos y las variedades de fruta, se entrega un producto de calidad, seguro e inoocuo, listo para el consumo (Mackay *et al.*, 2019).

El procesamiento industrial de frutas en Cuba constituye una prioridad del sector agroindustrial frutícola. Las industrias, minindustrias y microindustrias dedicadas a la transformación del mango superan las doscientas. En ellas están representados tanto el sector estatal como el sector cooperativo, que hoy supera las expectativas productivas y fomenta el procesamiento artesanal a menor escala con pequeñas producciones que contribuyen al desarrollo local. Empresas Agroindustriales como Victoria de Girón, Ceballos, Banes, América Libre, Enrique Troncoso y Jesús Montané ostentan las líneas de procesamiento de mango de mayor capacidad instalada, tecnologías automáticas y semiautomáticas. Además, la Empresa Nacional de Conservas, perteneciente al Ministerio de la Industria Alimentaria, cuenta con diez entidades industriales. Se suman a la lista de transformadores del mango a pequeña escala alrededor de cincuenta entidades estatales que responden a otros organismos del Estado.

9.5. CULTIVARES DE MANGO MÁS INDUSTRIALIZADOS EN CUBA

La producción de frutos de mango en el país se concentra entre los meses de abril a agosto, incluso, coincidiendo con los picos de producción de otros países en la región. Los cultivares 'Haden', 'Súper Haden', 'Corazón', 'Bizcochuelo', 'Keitt' y 'Tommy Atkins' son los más industrializados, aunque también

se procesan, en menor medida, otros cultivares como 'Kent', 'Julia', 'Mameyson', 'Toledo', 'Reina de México', 'Paz', y 'Chino Esperón', entre otros cultivares criollos. Las principales producciones obtenidas a partir de la fruta son: pulpas, jugos simples y concentrados, néctares y mermeladas.

En la Norma Cubana NC 224: Mango. Especificaciones, se señalan los cultivares recomendados y los niveles de tolerancia para la fruta con destino a la industria de acuerdo al proceso de elaboración, ya sea para tajadas y segmentos como para la elaboración de pulpas o puré (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores de calidad para mango fresco con destino a industria de acuerdo con la Norma Cubana NC 224.

CLASIFICACIÓN	CULTIVARES	TOLERANCIA
Elaboración de tajadas y segmentos	'Súper Haden', 'Haden', 'Bizcochuelo', 'Mameyson', 'Emperador', 'Eldón', 'Estero del Pinar # 2' y otros que cumplan con los requisitos del producto a elaborar.	Un 12 % de afectaciones permisibles: 5 % por antracnosis 3 % por plagas 4 % por fumagina
Elaboración de pulpa*	'Manga Blanca', 'Popelino', 'Filipino', 'Jobo', 'Julia', 'Belic' y otros cultivares que cumplan con los requisitos del producto a elaborar.	Un 30 % de afectaciones permisibles: 7 % por antracnosis 10 % por plagas 7 % por daños mecánicos 2 % por frutos tiernos o verdes 4 % por frutos sobremaduros

*En el caso de puré o pulpa de frutas para compotas, no deben utilizarse los siguientes cultivares: 'Manga Blanca', 'Popelino', 'Filipino', 'Jobo', 'Belic', 'Julia'.

9.6. PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DEL MANGO

El mango es un fruto cuya versatilidad permite obtener gran variedad de productos que suelen ser muy populares entre los consumidores tales como mermelada, pasta, jugos, deshidratados, etc. También se utiliza como saborizante en una amplia gama de productos procesados tales como yogurt y helados, entre otros. La Figura 1 muestra las potencialidades de esta fruta para la obtención de diversos productos.

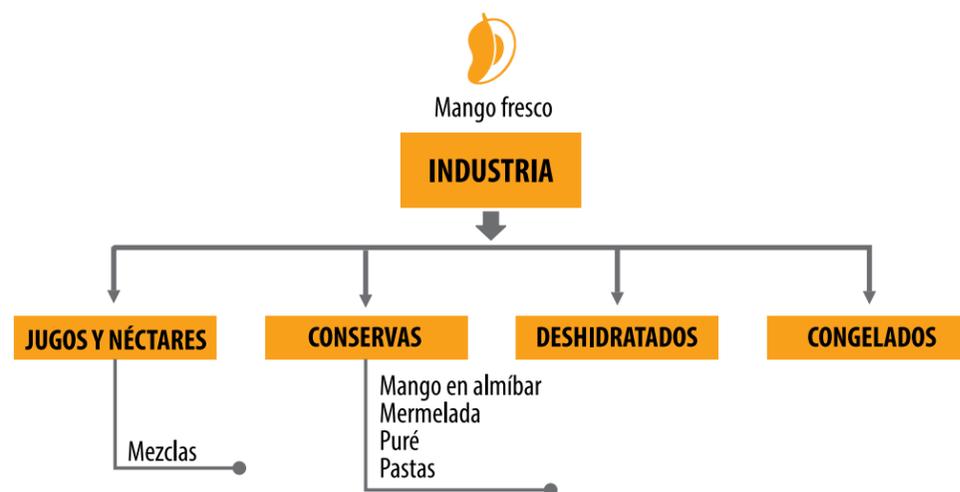


Fig.1. Potencialidades para la obtención de diversos productos derivados del mango.

9.6.1. PROCESOS U OPERACIONES MÁS COMUNES PARA EL PROCESAMIENTO A ESCALA INDUSTRIAL

Para el procesamiento del mango a nivel industrial es necesario someter a la fruta a una serie de procesos continuos y secuenciales que se aplican para la mayoría de productos que se pueden fabricar a partir del fruto de mango fresco, los cuales comprenden desde la selección de la fruta hasta la obtención y conservación del producto terminado. La Figura 2 muestra un diagrama general para el procesamiento industrial del mango.

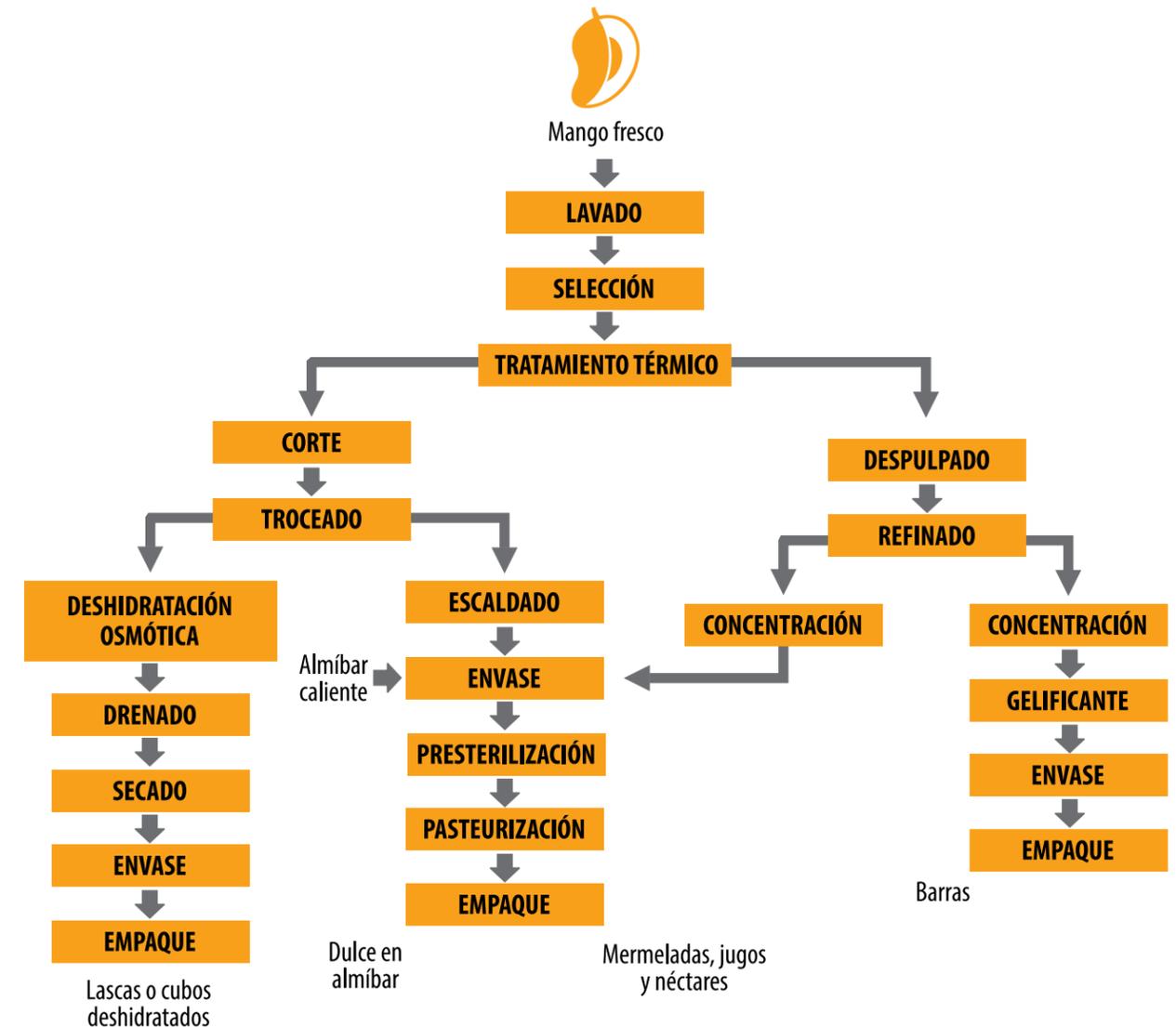


Fig.2. Diagrama general para el procesamiento industrial del mango.

A continuación, se detallan los procesos u operaciones que se realizan a escala industrial.

Recepción, inspección y pesaje de la fruta

El mango a procesar en las instalaciones industriales deberá estar en estado de madurez tecnológica (mango maduro) y deberá ser procesado antes de las 72 horas después de la cosecha. Las frutas serán almacenadas antes de su traslado, si así fuera necesario, en lugares frescos, ventilados y protegidos del sol, y deberán transportarse a las instalaciones del eslabón transformación en horas frescas de la madrugada o la mañana. La Figura 3 muestra este proceso.



Fig.3. Proceso de recepción, inspección y pesaje del mango fresco. (A) foto tomada por los autores, (B) foto tomada por Yoandris Delgado, ACN (2020).

Las instalaciones industriales solo deberán recibir frutas envasadas por cultivar y con similar estado de madurez. No deben exceder el 7 % de afectaciones por antracnosis y magulladuras, el 10 % por plagas, el 7 % por heridas producidas por daño mecánico, el 2 % por frutas tiernas y verdes, y el 4 % por frutas sobremaduras. El total de afectaciones permisibles es del 30 %, de acuerdo con lo que establece la Norma Cubana NC 224. A su entrada en la instalación, se inspeccionarán y se tomarán muestras para realizar los ensayos fisicoquímicos y organolépticos establecidos en las normas para determinar la calidad de la materia prima y proceder al pago por calidad fijado durante en el proceso de contratación. Si la materia prima recibida no cumple con los parámetros de calidad establecidos debe ser rechazada. La calidad organoléptica y la higiénico sanitaria son fundamentales y decisivas, tanto para la eficiencia industrial como para la calidad del producto final.

Una vez recepcionadas, las frutas deben pesarse. Esto es necesario para limitar la cantidad de frutas que se procesarán en un lote de producción. El tamaño de la báscula dependerá de la capacidad de la planta. Si la planta es pequeña, puede ser en plataformas para cajas o pallets; si la planta es de gran capacidad entonces será necesaria una báscula de plataforma para camiones.

Almacenamiento previo de frutas

Este proceso estará en correspondencia con la logística y capacidad instalada de la planta, la cual debe contar con una instalación con espacio suficiente para almacenar temporalmente las frutas recibidas que no pudieron ser procesadas inmediatamente. El área de almacenamiento temporal deberá encontrarse próxima al área de procesamiento, y debe tener condiciones para proteger a las frutas de las altas temperaturas, el sol, la lluvia, el polvo, entre otros aspectos. Si las frutas llegan en cajas de madera, deben depositarse en pallets para su posterior proceso. Cada lote de frutas se identifica con el día de su llegada para poder establecer el ciclo de rotación de los mismos.

Lavado y enjuague

El lavado es un proceso clave al inicio de la transformación de las frutas: contribuye a eliminar las suciedades, los residuos de plaguicidas, a disminuir la carga bacteriana y a incrementar la eficiencia de los procesos térmicos. Se deberá utilizar agua que sea apta para su uso. Para ello, se le añadirá un desinfectante; puede ser cloro, o cualquier otro producto que demuestre ser eficaz en la remoción de suciedades y contaminantes, y que no ofrezca peligro para la salud. Si se utiliza cloro, deberá mantenerse a una concentración de 2 ppm en un tiempo no menor de 15 minutos. La concentración de los desinfectantes debe monitorearse de manera frecuente. La Figura 4 muestra la ejecución de este proceso a escala industrial y a mediana o pequeña escala.

El lavado puede ser por inmersión de las frutas o por aspersión y dependerá de la capacidad de la planta y la tecnología instalada. Si se utilizan tinas o balsas, estas deberán contar con un sistema de recirculación de agua o de inyección de aire para incrementar y mantener la corriente de agua

entre las frutas. El sistema de distribución de agua permitirá el empuje de las frutas hacia el elevador donde serán escurridas y transportadas a la mesa de selección.

En el caso de que la planta de proceso sea muy artesanal, se debe cambiar el agua cuantas veces sea necesario, siempre que muestre niveles de suciedad. Se recomienda que los tanques de lavado tengan facilidades para la remoción del agua, ya que de esta forma se evita la acumulación excesiva de materia extraña y sólidos que sedimenten.



Fig.4. Proceso de lavado del mango. (A) escala industrial. (B) mediana o pequeña escala. Fuente: (A) foto tomada por Yoandris Delgado, ACN (2018), (B) <https://m.facebook.com/dcballoscuba>.

Selección

Las frutas ya lavadas se transportan mediante un sistema de rodillos y estera donde operarios ubicados a ambos lados de la mesa de selección descartan manualmente y de forma visual aquellas que no cumplan con los estándares de calidad para continuar el proceso. Los desechos se pueden colocar en depósitos dispuestos al lado de cada operador o transportarlos a través de una segunda estera (banda transportadora de rechazos) que conducirá el material fuera del área de trabajo. La Figura 5 muestra el proceso de selección de las frutas.



Fig.5. Proceso de selección de la fruta. Fuente: <https://m.facebook.com/dcballoscuba>.

Escaldado

Este proceso se realiza con el objetivo de ablandar la corteza y la pulpa para facilitar el proceso de despulpado. Es un tratamiento térmico de corta duración que consigue inactivar las enzimas responsables del oscurecimiento y la pérdida de turbidez en el puré de mango a la vez que elimina la carga microbiana en la superficie del alimento.

Puede ser llevado a cabo en tinas de inmersión en agua caliente, o en una escaldadora continua de inmersión (Blancher), lo cual depende de la tecnología instalada y su capacidad. Para productos como lascas, cubos o trozos picados se recomienda realizar un escaldado con agua caliente a 80 °C – 90 °C durante 1 a 3 minutos, dependiendo del grado de madurez y tipo de corteza de las frutas. Se recomienda un enfriamiento posterior al escaldado para poder manejar manualmente las frutas. La Figura 6 muestra el proceso de escaldado a escala industrial y a mediana o pequeña escala.



Fig.6. Escaldado del mango. (A) escala industrial, (B) mediana o pequeña escala. Fuente: (A) www.idahosteel.com, (B) foto tomada por los autores.

Pelado y corte manual

Es una operación totalmente manual que permite separar la corteza de la fruta y retirar partes no deseadas como la semilla, desperfectos mecánicos o de apariencia. Este proceso puede ser realizado en mesas de selección o en una estera transportadora con ayuda de cuchillos de acero inoxidable. Un corte en la parte inferior de los mangos permite separar inmediatamente la corteza de la pulpa. La Figura 7 muestra el proceso de pelado del mango a escala industrial y a mediana o pequeña escala.



Fig.7. Proceso de pelado del mango, (A) escala industrial, (B) mediana o pequeña escala. Fuente: (A) <https://m.facebook.com/dcballoscuba>, (B) foto tomada por los autores.

Troceado

El troceado facilita el desarrollo de productos que requieren presentaciones en lascas, cubos, trozos (tales como deshidratados, dulces en almíbar o lascas en su jugo, salsas, entre otros). Este proceso puede ser realizado mediante cortes manuales con un cuchillo, pero es mejor utilizar una máquina troceadora o cortadora que da uniformidad y favorece los procesos térmicos y de llenado a la vez que le atribuye al producto una mayor presencia.

Las máquinas cortadoras o rebanadoras pueden ser semiautomáticas o automáticas dependiendo de las condiciones requeridas y la capacidad de la línea de producción. La Figura 8 muestra el proceso de troceado del mango a mediana o pequeña escala.

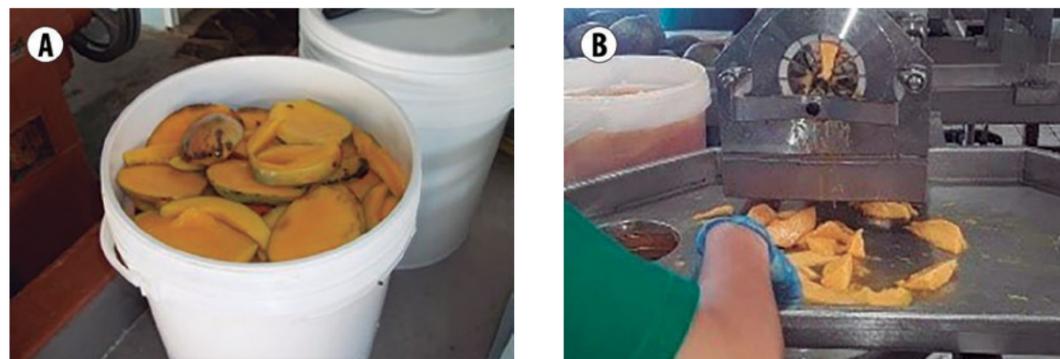


Fig.8. Proceso de troceado del mango a mediana o pequeña escala. Fotos tomadas por los autores.

Despulpado

Este proceso consiste en la obtención de la pulpa de las frutas mediante la eliminación de la semilla y/o la corteza. Para ello puede ser utilizado un equipo de acción centrífuga de paletas acopladas a un tamiz de malla de acero inoxidable, ranurada entre 8 mm – 28 mm de diámetro por donde solo pueda pasar la pulpa extraída. Los residuales del proceso —semilla y corteza—, van hacia la tolva de rezagos. Ajustar adecuadamente las paletas que impulsan el producto sobre el tambor evita que se destruya la corteza fibrosa que cubre a la almendra de las semillas e impide

que esta transmita un sabor amargo al producto final. La Figura 9 muestra el proceso de despulpado del mango a escala industrial y a mediana o pequeña escala.



Fig.9. Proceso de despulpado del mango, (A) escala industrial, (B) Mediana o pequeña escala. Fuente: (A) <http://marinponsaasociados.com>. (B) Foto tomada por William JR.

Adición de antioxidantes

El suplemento de aditivos es recomendable para prolongar la vida útil del producto. Uno de estos aditivos es el ácido cítrico, el cual actúa como acidulante para bajar el pH y evitar así el crecimiento de microorganismos. Otro es el ácido ascórbico al 0,1%, el cual funciona como antioxidante, evitando el cambio de color del producto final (oscurecimiento). Además, contribuye a la disminución de los hongos y levaduras. Estos aditivos se añaden un poco antes de que termine el tratamiento térmico, aproximadamente cinco minutos. Se disuelven en un poco de agua o pulpa caliente y se agitan para asegurar una distribución homogénea.

Tamizado o refinado de la pulpa

El proceso de refinado es similar al del despulpado; consiste en filtrar la pulpa a través de un tamiz con orificios de menor diámetro, aproximadamente entre 1,6 mm – 0,4 mm. Así se logra la separación de fragmentos no deseados de cortezas o fibras. Esta operación se realiza en dos o tres etapas, en cada una de ellas el diámetro de la malla va siendo menor, lo que aumenta la eficiencia en el proceso, proporcionando una mejor apariencia y textura más fina al producto.

Por otra parte, el refinado baja los rendimientos en pulpa debido a la separación del material grueso y duro que está naturalmente presente en la pulpa inicial, pero aumenta la calidad de la misma. Así, podrá ser utilizada como materia prima en la preparación de otros productos como mermeladas, néctares, compotas y jugos. La Figura 10 muestra el equipo utilizado en el proceso de refinado de la pulpa de mango a escala industrial.



Fig.10. Turbo refinadora utilizada en el proceso de refinado de la pulpa de mango a escala industrial. Fuente <http://m.alibaba.com>

Tratamiento térmico (pasteurización)

Diversos productos como mermeladas, salsas, concentrados y compotas de mango necesitan de calor para ser elaborados, además de la adición de ingredientes o mezclas de otros productos. Los equipos más utilizados para dar calor son las marmitas con agitación que evitan el sobrecalentamiento del producto en la superficie o evaporadores que permiten aplicar vacío y realizar la evaporación concentrando el producto entre 28 °Brix – 30 °Brix a menor temperatura.

Uno de los métodos más eficientes para que el concentrado de mango mantenga sus características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas es la pasteurización. Este proceso se logra calentando el producto a 80 °C – 95 °C durante 30 minutos. Una vez transcurrido ese tiempo, la operación se completa con el enfriamiento rápido hasta una temperatura de 5 °C, con el propósito de producir un choque térmico que inhibe el crecimiento de los microorganismos que pudieran haber sobrevivido al calor.

Durante el transcurso de la concentración, la pulpa obtenida de los procesos de despulpado y refinado se someterá a tratamiento térmico, que tiene como objetivos: eliminar las formas vegetativas de los microorganismos que pueden causar deterioro en el producto y eliminar el agua contenida con el objetivo de aumentar el porcentaje de sólidos solubles totales entre 14 °Brix – 18 °Brix.

Se recomienda la utilización de equipos continuos como los intercambiadores de calor tubulares, por su eficiencia para procesos a mayor escala. Ello permite pasteurizar por encima de 90 °C por espacio de 2 minutos, lo que proporciona estabilidad física y microbiológica al producto, además facilita el cuidado y la calidad del producto final.

La Figura 11 muestra el proceso de tratamiento térmico de la pulpa de mango a escala industrial, y a mediana o pequeña escala.

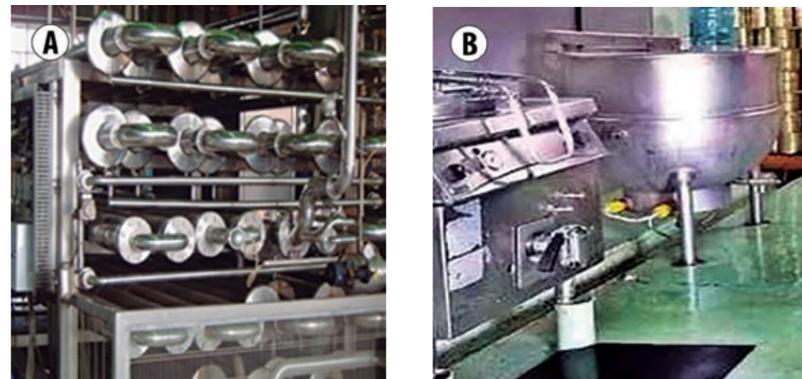


Fig.11. Proceso de tratamiento térmico de la pulpa de mango, (A) escala industrial, (B) mediana o pequeña escala. Fuente: (A) foto tomada por Leticia Prévex, (B) foto tomada por los autores.

Llenado y envase

Este proceso se realiza en caliente y depende en gran medida de la consistencia del producto (si el producto es fluido o sólido).

Los productos fluidos se envasan inmediatamente, después se procede a cerrar el envase y colocarlo en forma inversa para asegurar la higiene de la tapa al estar en contacto con el producto caliente. Los envases y las tapas deben estar totalmente limpios antes de ser utilizados.

Los productos sólidos, como los deshidratados, son envasados en bolsas de nailon o polietileno según las características de cada producto. El sellado se realiza con calor y debe hacerse inmediatamente después de ser llenadas. La Figura 12 muestra el proceso de llenado y envase del puré de mango a escala industrial, y a mediana o pequeña escala.



Fig.12. Proceso de llenado y envase del puré de mango, (A) escala industrial, (B) mediana o pequeña escala. Fotos tomadas por los autores.

Enfriamiento

El enfriamiento se realiza con agua potable, lo más fría posible, y debe estar en constante circulación, para aumentar la eficiencia del proceso.

Etiquetado

El producto es etiquetado cuando alcanza temperaturas que permitan su manipulación y se realiza generalmente de forma manual y de acuerdo a la línea tecnológica instalada. Las etiquetas deben cumplir con lo establecido en la Norma Cubana NC 108, que es la norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados.

La etiqueta deberá contener la siguiente información: nombre del alimento, marcado de la fecha, ingredientes, aditivos alimentarios, contenido neto, país de origen e identificación del lote. La Figura 13 muestra el proceso de etiquetado de jugo de mango a mediana o pequeña escala.



Fig.13. Proceso de etiquetado de jugo de mango. Foto tomada por Osvaldo Gutiérrez ACN.

Almacenamiento

Los tanques con productos se almacenan a temperaturas de -15°C en cámaras de congelación o a temperatura ambiente de acuerdo a los requerimientos de cada uno de ellos. Las cámaras y locales deben estar limpios y desinfectados. Para su comercialización se ubican sobre paletas de manera que puedan ser manipulados como una unidad. Los requisitos para el almacenamiento se detallan en la Norma Cubana NC 38.3.3: Almacenamiento de alimentos. Requisitos sanitarios. La Figura 14 muestra las condiciones de almacenamiento del puré de mango a escala industrial.

Control de calidad del producto

Los productos procesados de mango, como todo alimento para consumo humano, deben ser elaborados con las máximas medidas de higiene que aseguren la calidad y que no pongan en riesgo la salud de quienes lo consumen. Por tanto, deben elaborarse en buenas condiciones de sanidad, con frutas maduras, frescas, limpias y libres de restos de sustancias tóxicas. Pueden prepararse con pulpas concentradas o con frutas previamente elaboradas o conservadas, siempre que reúnan los requisitos mencionados. Además, es importante



Fig.14. Condiciones de almacenamiento del puré de mango a escala industrial. Fuente: <https://m.facebook.com/dcballoscuba>.

controlar todas las etapas de producción; para ello se debe cumplir con ciertos parámetros de calidad para la elaboración de los mismos. Para realizar un buen control del producto, se deben hacer varios análisis físicos y químicos en diferentes etapas del proceso y al producto terminado.

Una vez detallados los procesos u operaciones más comunes realizadas a escala industrial, se procederá a describir brevemente cómo se elaboran varios productos de alta demanda como son: mermelada, mango en almíbar, pasta de mango, puré y jugo de mango y mango deshidratado.

9.6.2. PRODUCTOS DE ALTA DEMANDA

Mermelada

La Norma Cubana NC 288, define como mermelada al producto elaborado a partir de la cocción de al menos el 40 % en peso de frutas procesadas a partir de pulpa de fruta o a partir de jugos de frutas naturales o concentrados. Estos se mezclan con azúcar o edulcorantes como la miel, con o sin la adición de agua, hasta obtener un producto semifluido o espeso o un producto de consistencia gelificada o semigelificada.

Los mangos utilizados para la obtención de mermeladas deben estar sanos, limpios y con grado de madurez tecnológica como se muestra en la Tabla 2. El producto obtenido mostrará un aspecto uniforme, con brillo y sin grumos. Debe ser viscoso o gelatinoso, y presentar olor, color y sabor característicos de la fruta madura.

La elaboración de las mermeladas es un proceso muy utilizado a nivel artesanal, por lo que se considera una producción muy competitiva a pequeña escala.

La formulación de la mermelada de mango es muy sencilla. Se debe mezclar la pulpa o puré extraída de las frutas con azúcar en proporción de 1:1. En caso necesario se podrá adicionar a la fórmula espesantes y reguladores de acidez en proporciones menores al 1 %, los que deben ser reflejados en la etiqueta del producto final. El punto óptimo del producto se logra cuando la mezcla alcanza los 65 °Brix.

La descripción del proceso se muestra en la Figura 2. Se recomienda medir los parámetros de calidad durante las diferentes etapas del proceso productivo para mantener un control del mismo. La evaluación final del proceso reflejará los parámetros que definen la calidad del producto. Los parámetros generales para todas las frutas no cítricas están establecidos en la Norma Cubana NC 288: Mermeladas, Confituras y Jaleas. Especificaciones y la Norma Cubana NC 585: Contaminantes biológicos de alimentos. Estos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Características físico-químicas y microbiológicas de la mermelada de mango.

PARÁMETROS	
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	Mínimo 30
Acidez titulable (%)	0,2 – 1,20
Conteo de Hongos Filamentosos (HF) y levaduras (col/ml)	100 máximo
Conteo de microorganismos (col/ml)	0

Fuente: cartera de productos de la Empresa Agroindustrial Ceballos.

Mango en almíbar

Consiste en una formulación realizada con frutas sanas y con una madurez técnica adecuada que se ajusta a las características del mango. Se puede obtener a partir de todos los cultivares adecuados para la elaboración de conservas, tal como se muestra en la Tabla 4. Este producto deberá ser enva-

sado en un medio de cobertura líquido constituido por agua, y azúcares o edulcorantes nutritivos según establece la Norma Cubana NC 370: Frutas en conservas. Especificaciones y la Norma Ramal NR 200: Frutas en Almíbar. Especificaciones, del Ministerio de la Industria Alimentaria de Cuba.

El mango en almíbar es un producto bien cotizado en el mercado, se caracteriza por la suave consistencia al paladar y la conservación del color, olor y sabor natural de la fruta. Su fácil elaboración hace de él un producto líder en instalaciones a pequeña escala como minindustrias y microindustrias llegando incluso a promover productos con denominación de origen.

Las presentaciones del producto son variadas, pueden usarse tajadas, mitades, rebanadas, cubos y trocitos obtenidos de los cultivares carnosos y de poca fibra y pueden estar en madurez tecnológica e incluso un poco antes (pintón). Las porciones se conservan sumergidas en un líquido de cobertura con variaciones en su concentración de azúcares, desde almíbar muy diluida (10 °Brix – 14 °Brix) hasta almíbar muy concentrada con valores por encima de los 22 °Brix. También pueden utilizarse jugos y pulpa de la propia fruta como líquidos de cobertura y se les puede agregar otros ingredientes como miel, hierbas aromáticas, frutos secos, entre otros, a gusto del fabricante y/o requerimientos del cliente.

Los pasos para su procesamiento son los descritos en el Acápite 9.6 y se representan en la Figura 2. Durante el proceso de elaboración está permitida la incorporación de agentes reguladores de la acidez (ejemplo: ácido cítrico), antioxidantes (ejemplo: ácido ascórbico) y conservantes (ejemplo: benzoato de sodio), entre otros presentes en la norma.

El producto final tendrá un aspecto uniforme y no se admite la presencia de materias extrañas al fruto tales como pieles, abundantes partículas de las frutas en suspensión o turbidez en el almíbar. El envasado del producto se realiza en caliente (90 °C) en recipientes metálicos (latas) o de cristal sellados según la presentación. Posteriormente el producto pasa por un proceso de pasteurización que garantiza la durabilidad del mismo entre 12 y 36 meses. Este producto se caracteriza por ser un alimento no perecedero, su deterioro en el tiempo se visualiza por pérdidas de color y se pueden apreciar cambios en su sabor y olor.

El control de calidad debe estar presente en todas las etapas del proceso productivo lo que permite un mejor resultado en el producto final. Los parámetros que lo caracterizan se muestran en la Tabla 6. Los análisis microbiológicos presentan tolerancia cero ante microorganismos patógenos, toxinas microbianas u otras sustancias tóxicas que puedan deteriorar la salud del consumidor o el producto.

Tabla 6. Características físico-químicas y microbiológicas del mango en almíbar, de acuerdo con la Norma Ramal NR 200.

PARÁMETROS	
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	15 – 25
pH (%)	3,0 – 4,2
Conteo de Hongos Filamentosos (HF) y levaduras (col/ml)	100 máximo
Conteo de microorganismos (col/ml)	0

Pasta de mango

La pasta de mango es un producto de consistencia semisólida obtenido por la cocción de la pulpa de la fruta con azúcares blancos (dextrosa, glucosa, jarabe de azúcar, entre otros), según lo que establece la Norma Cubana NC 475: Pastas de Frutas y Hortalizas. Especificaciones.

La barra de mango, denominada así debido a su presentación rectangular envuelta en papel celofán u otro material, es otro de los productos del mango que tiene aceptación en el mercado nacional, aunque compite con otras presentaciones de gran demanda en el mercado nacional e internacional como la barra de guayaba. Su fácil formulación permite elaborar este producto en instalaciones de producción a pequeña escala con excelentes resultados.

La elaboración de este singular producto requiere de los procesos representados en la Figura 2 que coinciden en la generalidad de los procesos como recepción, inspección y pesaje de la fruta, selección, escaldado, pelado, despulpado y refinado. A la pulpa, o puré de la fruta bien madura, se le añade azúcar abundante hasta lograr una textura pastosa y suave de aspecto homogéneo, sin grumos, con una adherencia razonable. Luego se deja enfriar en moldes apropiados al formato en forma de barra.

La formulación de crema de mango (formato de barra) admite en su elaboración la inclusión de reguladores de acidez, antioxidantes, espesantes y conservante según las regulaciones establecidas en la norma.

El control del proceso estará presente en todas las etapas de su elaboración. Los requisitos organolépticos presentan el producto con un color brillante, de sabor y olor definido a mango. Los parámetros que caracterizan al producto se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Características físico-químicas y microbiológicas de la pasta de mango.

PARÁMETROS	
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	73,0 mínimo
pH	3,2 – 3,7
Azúcares reductores en porciento	
Envasadas	28,0 mínimo
Envueltas	28,0 – 36,0
Conteo de Hongos Filamentosos (HF) y levaduras (col/ml)	100 máximo
Conteo de microorganismos (col/ml)	10* máximo, ausencia de <i>E. coli</i>

Puré de mango

La industria procesadora de mango ha mostrado en los últimos años un aumento considerable del consumo de jugos y néctares y se proyecta como uno de los sectores económicos más dinámicos e importantes dentro del segmento de conservas alimenticias a nivel mundial.

La Norma Cubana NC 903: Jugos y néctares de frutas. Especificaciones, es aplicable a todos los jugos (zumos) y néctares de frutas y sus mezclas. Conceptualmente define como jugo al líquido sin fermentar, pero fermentable, de la parte comestible de la fruta en buen estado y debidamente madura, preparada mediante procedimientos adecuados que mantienen sus características fisicoquímicas, organolépticas y nutricionales. En dicha norma también se explica el concepto de pulpa o puré, necesario para entender el proceso de obtención de jugo, dado que la gran industria procesa grandes volúmenes de néctar y jugo de mango, simple y concentrado. De acuerdo a esta norma, la pulpa o puré es el producto sin fermentar, pero fermentable, obtenido de la parte comestible de la fruta por procedimientos de triturado y tamizado de la fruta entera o pelada sin eliminar el jugo.

La Unión de Conservas y Vegetales del Ministerio de la Industria Alimentaria de Cuba produce tres tipos de pulpa según el tipo de mango: Primera, Especial y Corazón. Cada una de ellas se clasifica según lo establecido en la Norma Ramal NR13 del Ministerio de la Industria Alimentaria en: Clase I, Clase II, Clase III. Las dos primeras clases se utilizan fundamentalmente para la elaboración de puré de frutas

para niños y jugos y néctares. A partir de las pulpas de mango o puré se elaboran diversos productos en la industria de conservas como: puré para niños, mermeladas, néctares y crema de mango.

La pulpa o puré de mango se procesa de forma simple o concentrada. La fruta tiene que presentar un adecuado grado de madurez, los frutos maduros (según los requerimientos establecidos en la norma y reflejados en la Tabla 2), limpios, sin corteza ni semilla, se reducen a puré de acuerdo a los diferentes procesos que se muestran en la Figura 2, similares de acuerdo a la tecnología instalada. El puré pasa a través de diferentes procesos logrando un tamizado fino que elimina las partículas indeseables y permite la adición de reguladores de acidez y antioxidantes como el ácido cítrico y el ascórbico. Luego es sometido a tratamiento térmico para que asegure su conservación en envases de cierre hermético. Para la obtención de las pulpas concentradas a nivel industrial se elimina el agua por evaporación.

El puré obtenido tiene un color naranja que varía de acuerdo al color de la pulpa de los cultivares de donde proceda; su consistencia deberá ser uniforme, homogénea, con brillo marcado y una ligera fluidez, hasta viscosa para el puré concentrado. Este pasa por un proceso de eliminación de agua hasta alcanzar los 28 °Brix – 30 °Brix. Su olor y sabor son definidos a mango. Los parámetros que caracterizan al producto se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Características físico-químicas y microbiológicas del puré de mango.

PARÁMETROS	PURÉ	PURÉ CONCENTRADO
Sólidos Solubles Totales (°Brix)	14,0 mínimo	28 – 30
pH	3,7 – 4,30	3,7 – 4,30
Ácido Ascórbico (mg / kg)	300 mínimo	300 mínimo
Conteo de Hongos Filamentosos (HF) y levaduras (col/ml)	0	0
Conteo de microorganismos (col/ml)	0	0

La preparación del jugo de mango (jugos reconstituidos) a partir de puré simple o concentrado deberá ajustarse por encima del nivel mínimo de sólidos solubles totales de 12 °Brix. Los valores de sólidos solubles totales para los néctares reconstituidos serán establecidos por el productor en sus normas de empresa, y los mismos pueden ser acordados con el comprador. Estos valores deberán corresponderse con los sólidos solubles totales del jugo o pulpa obtenida de la fruta fresca.

Los purés o jugos serán envasados en bolsas asépticas y envases flexibles, y los jugos concentrados en bolsas de nailon que se introducen en envases mayores (tanques, bidones u otros). Estos deben garantizar su calidad, inocuidad, hermeticidad, integridad y preservar sus cualidades nutritivas y que cumplan con las exigencias del cliente.

Mango deshidratado

La deshidratación es una de las técnicas más ampliamente utilizadas para conservar alimentos. Consiste en la reducción del contenido acuoso, intentando disminuir o detener la proliferación microbiana, así como la ocurrencia de reacciones de deterioro. De esta forma la deshidratación permite prolongar la vida útil del alimento, al mismo tiempo que ofrece la posibilidad de desarrollar nuevos productos de acuerdo con la tecnología utilizada y/o componentes agregados (Wais, 2011). Su tecnología puede ser sencilla y variada; son referenciados los diferentes métodos de deshidratación, desde el más tradicional secado al sol, utilizando secadores solares, por flujo de aire caliente, hasta transitar por las diferentes tecnologías novedosas desarrolladas como microondas, liofilización, atomización,

deshidratación osmótica, secado al vacío, por congelación al vacío, entre otros, los cuales han sido aplicados a granos, frutas y vegetales (Marrufo *et al.*, 2019).

El mango es una fruta que facilita el proceso de secado. El producto obtenido se presenta en varios formatos como lascas, cubos, trozos, etc. La fruta que ya pasó por un proceso de secado contiene aproximadamente 20 % de agua, 3 % de proteínas, de 3 % a 5 % de fibras y de 70 % a 75 % de glúcidos asimilables; haciendo de estas un alimento rico en energía y minerales. Además, constituyen una excelente fuente de vitamina A y C, siempre y cuando el proceso de deshidratación esté bien realizado.

Los procesos de deshidratación convencional tienen el inconveniente de someter el producto alimenticio a altas temperaturas que alteran las propiedades organolépticas y nutricionales. Una alternativa recomendada es la aplicación de un pretratamiento como la deshidratación osmótica, o la tecnología por microondas, que elimine la mayor cantidad de agua previa al secado.

El mango destinado a este proceso deberá tener una consistencia de maduro duro, un cultivar que permita cortarse en tajadas, trocitos, cubos o lascas. La solución osmodeshidratante — o jarabe— estará compuesta por azúcar blanca, y pueden añadirse reguladores de la acidez y antioxidantes.

El mango deshidratado osmóticamente, y luego secado con aire caliente hasta la humedad de conservación, sigue el flujo de procesos establecido en la Figura 2. Este producto posee características sensoriales similares a la fruta fresca en cuanto a olor y sabor; su textura y color en general ofrecen al producto mejor calidad que el mango secado únicamente con aire caliente. El secado osmótico de mango consiste en sumergir tajadas de mango en un jarabe de azúcar de 40 °Brix – 50 °Brix durante 12 horas, luego se escurre el exceso de jarabe. Este método disminuye el tiempo de secado y representa un ahorro energético en el proceso siguiente: secado con aire caliente a un rango de temperaturas 50 °C – 60 °C, hasta bajar los valores de humedad a un 15 %. La combinación de métodos como la deshidratación osmótica y el secado con flujo de aire caliente y la hermeticidad que ofrecen los envases al vacío, garantizan productos de buena calidad y aceptación, logrando alcanzar períodos de conservación de hasta un año de duración a temperatura ambiente.

Se deben garantizar los parámetros de calidad de las formas terminadas en cuanto a humedad, sólidos solubles totales y contaminación microbiana de los mismos. En aras de garantizar las propiedades nutricionales, así como las características organolépticas del producto final, se requiere establecer una serie de parámetros operacionales y de control de procesos, control de la higiene de los locales, así como la trazabilidad y la inocuidad alimentaria.

Los procesos de recepción, selección, lavado, pelado y rebanado o cortado representados en la Figura 2 se encuentran descritos en el Acápite 9.6.1.

Proceso de Deshidratación Osmótica: la masa (tajadas, cubos, lascas trocitos, mitades) de mango se sumergen en un jarabe de azúcar de 40°Brix– 50 °Brix, empleando una relación fruta: jarabe de 1:1. Se agrega al jarabe, 2 % de ácido cítrico y 3 % de ácido ascórbico — para llevar la fruta a niveles de pH menores de 4,5 % —, y 3 % metabisulfito de sodio. Las tajadas de mango se mantienen en el jarabe durante 12 horas, con lo que se logra remover hasta 30 % del agua contenida en la fruta. Este paso contribuye a evitar el oscurecimiento (pardeamiento enzimático), y el crecimiento de hongos y bacterias.

Drenado: se saca la fruta del recipiente de concentración y se pasa por un colador para eliminar el exceso de jarabe.

Secado: la fruta se seca a una temperatura entre 55 °C– 60 °C durante 6 horas, en un secador con aire caliente que puede ser convencional o solar, y que debe cumplir con los requisitos de calidad establecidos.

Envasado: debe hacerse de preferencia en un empaque de celofán polietileno o nailon con sellado al vacío.

Almacenamiento: debe hacerse en lugares secos, con buena ventilación, sin exposición a la luz y sobre anaqueles.

9.7. LA INOCUIDAD EN LOS PRODUCTOS PROCESADOS DE MANGO

La calidad tiene diferentes definiciones y una de ellas la identifica como el conjunto de características o atributos que tiene un producto y que lo diferencia de otros. También puede decirse que la calidad es lo que el consumidor está dispuesto a pagar por un determinado producto.

Según Neumann, citado por Sielaff, (2000) la calidad total de un alimento resulta del nivel de propiedades determinantes de su valor de uso, referentes a los parámetros de valor nutritivo, valor culinario, madurez para el consumo y forma de presentación.

Todos los días, personas de todo el mundo enferman por los alimentos que comen. Estas enfermedades se denominan «enfermedades de transmisión alimentaria» y son causadas por microorganismos peligrosos y/o sustancias químicas tóxicas. Sin embargo, el olor, el sabor y la apariencia de los alimentos no son indicadores fiables de su inocuidad. Aunque es cierto que algunos microorganismos cambian aspectos sensoriales en el alimento, otros tan peligrosos como las bacterias de los géneros *Salmonella*, *Shigella* y la *Escherichia coli* pueden estar presentes sin mostrar alteraciones aparentes. Sin embargo, la mayoría de las enfermedades de transmisión alimentaria se pueden prevenir con una apropiada manipulación de los alimentos.

Según la OMS (1997), la inocuidad de un alimento, se define como «la garantía de que los alimentos no causarán perjuicio al consumidor cuando sean preparados o ingeridos de acuerdo con su uso previsto». En el mismo contexto, el aseguramiento de la inocuidad es «el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, elaboración y almacenaje, distribución y preparación de los alimentos para asegurar que, una vez ingeridos, no representen un riesgo apreciable para la salud». La inocuidad se valora mediante el análisis de riesgos, que consiste en determinar los peligros químicos, físicos y biológicos que pueden afectar a estos productos.

En las condiciones de Cuba, la garantía del aseguramiento de la calidad y la inocuidad de frutas frescas se puede establecer a partir de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), de Manufactura (BPM) y de Higiene (BPH). Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son los procesos y procedimientos que controlan las condiciones operacionales dentro de un establecimiento que realiza la etapa de transformación de la fruta y considera el mínimo impacto de tales prácticas sobre el ambiente y la salud de los trabajadores (FAO, 2003). Las BPM juegan un papel muy importante para facilitar la producción de alimentos inocuos (Sánchez, 2015).

La revolución en la industria de los alimentos en los últimos años ha propiciado el desarrollo de mini y microindustrias procesadoras de frutas, con diferentes tecnologías y proveedores de materias primas, que pudieran intervenir en la contaminación del producto final, afectando directamente al sector productivo (Sánchez, 2015). Por ello, la implementación de la Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) ha sido un factor clave en el desarrollo de las producciones de frutales, no solo a gran escala, sino que ha representado un reto para la producción artesanal de alimentos.

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) forman parte de los prerrequisitos más importantes del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP). Son la base en la cadena de la calidad de un proceso productivo y se deben implementar en todos los eslabones de la cadena de producción hasta el consumidor final. Las BPM son el cimiento de un sistema de calidad controlado y competitivo, que surge en respuesta a la necesidad de crecimiento de las empresas y la rigurosidad de los mercados extranjeros.

La Norma Ramal NR 280 Buenas Prácticas de Manufactura para Industrias Agroalimentarias, del Ministerio de la Agricultura, recoge los principales requisitos generales obligatorios aplicables a las industrias agroalimentarias incluyendo a las pequeñas y medianas industrias del sector frutícola. Es importante para los procesadores identificar los principios esenciales de higiene de los alimentos aplicables a lo largo de la cadena, desde el producto hasta el consumidor, con el objetivo de lograr alimentos sanos e inocuos y aptos para el consumo. Estos principios generales de higiene se recogen en la Norma Cubana NC 143: Higiene de los Alimentos.

La aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura en la industria transformadora del mango hace posible asegurar la uniformidad y control de los productos de acuerdo con las normas establecidas para los diferentes productos que se desarrollen en la industria y conforme a las condiciones exigidas en la comercialización. Ello hace posible minimizar la presencia de contaminantes durante la elaboración de productos como jugos, néctares, pulpas o purés, conservas etc., a través de un control sanitario riguroso del personal, equipos, utensilios, instalaciones físicas y sanitarias; la limpieza, desinfección y el control de plagas.

La implementación de las Buenas Prácticas de Manufactura es esencial para mantener la integridad de los productos desde el momento en que las materias primas entran en el proceso de transformación, hasta que el producto es liberado y puesto en venta. Durante la elaboración de cualquier producto derivado del mango es indispensable conocer las especificaciones del mismo. Estas tienen que encontrarse bien documentadas y establecidas sobre la base de los estudios realizados y del conocimiento. Para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Documentar las especificaciones organolépticas, microbiológicas, químicas o físicas, basadas en principios científicos sólidos y/o normas vigentes.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos del producto final antes de la liberación de los lotes.
- Requerir para la producción y comercialización de todo nuevo producto alimenticio o las modificaciones de los ya existentes, de la aprobación del Ministerio de Salud Pública, de acuerdo con la tramitación oficialmente establecida al efecto.

Paralelo a ello, se deberán cumplir las prácticas de higiene necesarias en la elaboración de alimentos como productos y subproductos del mango, las cuales se detallan a continuación:

- A los empleados en las actividades del proceso y manipulación se les prohibirán comportamientos que puedan contaminar los alimentos tales como:
 - Fumar, escupir, masticar o comer, estornudar o toser sobre alimentos no protegidos.
 - Introducir efectos personales como: joyas, relojes, broches, uñas pintadas u otro objeto en las zonas donde se manipulan los alimentos, así como en las áreas de proceso, venta y consumo.
 - Depositar ropas y objetos personales en las áreas de manipulación de alimentos.
 - El cruce de personal que labore en áreas sucias hacia áreas limpias o viceversa, durante el proceso.
 - Simultanear la manipulación de alimentos con labores de la limpieza de locales; solamente podrán realizar la limpieza de los servicios sanitarios o de las áreas y locales para desechos.
 - Antes de reiniciar la manipulación de los alimentos, todo manipulador que, por las funciones que realice, deba alternar las actividades de manipulación con otras como manipular cajas, envases sucios y otros, realizará el perfecto lavado de sus manos.
- Se exigirá que los operarios se laven cuidadosamente las manos con jabón líquido antibacterial:
 - Al ingresar al área de proceso.
 - Después de manipular cualquier alimento crudo y/o antes de manipular cocidos que no sufrirán ningún tipo de tratamiento térmico antes de su consumo.
 - Después de llevar a cabo cualquier actividad no laboral como comer, beber, fumar, sonarse la nariz o ir al servicio sanitario, y otras.
- El personal que manipule las frutas o sus productos deberá mantener un esmerado aseo personal y de las prendas que conforman el vestuario, por lo que cumplirán los siguientes aspectos:
 - Utilizar batas sanitarias o, en su defecto, ropa blanca, verde o azul claros, acorde con las exigencias sanitarias de la actividad que estén realizando, e incluso se puede utilizar para diferenciar el personal por áreas de proceso.
 - Cubrir con vendajes impermeables apropiados los cortes y las heridas del personal, cuando a este se le permita seguir trabajando.
 - Lavar las manos y antebrazos con agua corriente potable y jabón antes de iniciar las labores de manipulación y cuantas veces sea necesario, así como siempre que hayan hecho utilización de los servicios sanitarios, para lo cual existirá las instalaciones pertinentes dotadas de los medios requeridos para ello.

- Realizar, por métodos higiénicos, el secado de manos empleando servilletas desechables, toallas, secadores de aire u otros medios que garanticen la ausencia de cualquier posible contaminación durante esta operación.
- No manipular productos en otra fase de elaboración avanzada, ni productos terminados el manipulador que se encuentre manipulando materias primas alimenticias o subproductos.
- Colocar avisos donde se indique la importancia de mantener una conducta higiénica, mantener la higiene de las instalaciones y el producto.

9.8. TECNOLOGÍAS EMERGENTES PARA LA CONSERVACIÓN DE PROCESADOS DE MANGO

La tecnología ha estado a la vanguardia de los cambios, al poner las frutas tropicales a disposición de los consumidores de todo el mundo a precios asequibles. Los avances en el transporte, en combinación con otros adelantos tecnológicos complementarios, han contribuido a reducir el tiempo de entrega, mantener la calidad del producto y reducir los costos.

El consumo de jugo de mango ha estado asociado a la prevención de enfermedades cardiovasculares y al cáncer, debido quizá a los fitoquímicos que contiene y que muestran actividad antioxidante. Es por ello que la aplicación de tecnologías emergentes representaría una perspectiva interesante para obtener jugo o néctar de mango seguro microbiológicamente, que preserve sus características de calidad (nutricional, físico química y organoléptica), su actividad antioxidante y contribuya a la extensión de su vida útil.

El empleo de tratamientos térmicos, ha sido hasta el momento la tecnología más utilizada para inactivar microorganismos y enzimas que causan deterioro en un alimento prolongando así su vida útil; sin embargo, los nuevos hábitos de consumo llevan al consumidor a ser más exigente con la calidad de los productos que compra, planteándose adquirir productos libres de aditivos, con una alta calidad nutritiva, sensorial y sanos. Esto ha generado en los últimos 15 años un interés creciente en el desarrollo de nuevos productos con valor agregado, y ha provocado que se realicen considerables esfuerzos de investigación para el desarrollo de nuevos procesos requeridos para la conservación de alimentos, para consumo del mercado nacional y/o incluso para la exportación. Propuestas de tecnologías ya experimentadas y otras en desarrollo permiten asegurar la estabilidad de los alimentos y, a la vez, presentan una ventaja frente a los tratamientos térmicos que generan un impacto negativo en la calidad sensorial y nutritiva de los productos.

Todas estas limitaciones han promovido el desarrollo de las llamadas tecnologías emergentes, como también se conocen a las tecnologías de altas presiones, tratamiento óhmico, campos eléctricos pulsantes, luz pulsante, microondas, irradiación, ultrasonido, tecnología de membranas, métodos combinados, métodos mínimos, entre otras. Estas tecnologías emergentes presentan potencial de expansión industrial comercial, y en el presente existe viabilidad verificada para ciertos productos en ciertos nichos de mercado; sin embargo, el impacto sobre el consumidor está asociado a la información científico técnica que tenga disponible.

A continuación, se relacionan algunas características de estas tecnologías emergentes y los resultados de su aplicación en diferentes productos derivados del mango.

9.8.1. ULTRASONIDO

Energía generada por ondas sonoras de 20,000 o más vibraciones por segundo, tecnología potencial para alcanzar la reducción del tiempo en un ciclo logarítmico (5D) para microorganismos patógenos en jugos de frutas (Salleh-Mack y Roberts, 2007). El proceso de ultrasonido de alta potencia (frecuencias bajas de 20 –100 kHz), produce el fenómeno de cavitación (formación y colapso de las burbujas) ocasionando una elevación de la presión y de las temperaturas localizadas que transmiten energía. Esta alterará las propiedades fisicoquímicas de los productos.

Esta tecnología ha sido utilizada con el objetivo de evaluar su impacto en los parámetros de calidad como las características fisicoquímicas, el color, el índice de oscurecimiento, el contenido de carotenoides, ácido ascórbico, la actividad antioxidante y la inactivación microbiana (Sánchez-Jacobo, 2016).

9.8.2. ALTAS PRESIONES (HPP)

Entre los productos comerciales más recientes elaborados a partir del uso de esta tecnología se encuentran los jugos. Las características más notables de esta tecnología son las siguientes: no afecta las vitaminas presentes en el alimento, ni el sabor y color; destruye los olores y las levaduras y bacterias dañinas presentes. Permite la formación de geles (gelificación de pectinas y proteínas, gelatinización de almidón) y tiene capacidad de preservar la frescura de los alimentos y la retención de compuestos bioactivos, además de lograr la reducción microbiana necesaria para obtener un producto seguro.

Hiremath (2005) y Bermúdez-Aguirre *et al.* (2011) evaluaron, con resultados positivos, jugos y néctares de mango sometidos a altas presiones hidrostáticas. Ibarra (2017), en estudios orientados al análisis de las propiedades de la pulpa de mango del cultivar 'Tommy Atkins' sometido a HPP 592 megapascales (MPa), señaló que el tratamiento no ocasiona cambios significativos en el contenido de nutrientes, en este caso antioxidantes y carotenoides, sin embargo, no es una técnica que mantenga intactas las propiedades fisicoquímicas de los alimentos.

9.8.3. TRATAMIENTO ÓHMICO

Consiste en el paso de corriente eléctrica alterna, permitiendo la transferencia rápida de calor. El calentamiento óhmico es un proceso fundamentado en el efecto Joule, donde la energía eléctrica se dispersa en forma de calor mediante un conductor eléctrico. Entre sus ventajas se encuentra la rapidez, la eficiencia energética y bajo costo operacional y, como desventaja, el descongelamiento.

Pulpas de mango de los cultivares 'Haden', 'Ataulfo' y 'Manila', fueron tratadas simultáneamente por calentamiento óhmico (72 °C/15 s) y altas presiones hidrostáticas (450 MPa/15 s, 500MPa /90 s, 600 MPa /180 s) y no hubo diferencias de color entre los dos tratamientos. El ácido ascórbico, uno de sus componentes nutricionales más importantes, presentó una degradación gradual en las muestras tratadas por alta presión a través del tiempo y las tratadas por calentamiento óhmico no mostraron una tendencia clara de su contenido durante el almacenamiento a temperatura de 4 °C durante 50 días (Sánchez Rangel, 2014).

9.8.4. CAMPOS ELÉCTRICOS PULSANTES (PEF, SIGLAS INGLESAS)

Consiste en la aplicación de un alto diferencial de potencial eléctrico (voltaje) por corto tiempo (pulso). El producto tratado fluye entre dos electrodos alimentados por una fuente de energía pulsante; el mismo se torna parte del circuito eléctrico. El voltaje se aplica hasta 50 kV/cm, y la frecuencia de pulso hasta 400 kHz. Esta tecnología es adecuada principalmente para líquidos; se ha probado en diversos productos: jugo de manzana, leche desnatada, etc.

Se encuentra disponible en pequeña escala industrial (2m³/h) y constituye una alternativa al tratamiento térmico asociado al envase aséptico y control extremadamente eficaz. Esta tecnología ha sido utilizada para la conservación de jugo de mango como alternativa para inactivar microorganismos patógenos. Ejemplo de ello son los estudios realizados por Rivas *et al.* (2016) quienes evaluaron el efecto combinado de los PEF y la stevia (edulcorante libre de calorías) en la supervivencia de *Listeria monocytogenes* (bacteria causante de infecciones alimentarias) en jugo de mango, entre otras frutas. Los resultados demostraron que la validez de la estrategia utilizada aumenta la seguridad de los alimentos tratados con esta tecnología.

9.8.5. MICROONDAS

Es una tecnología que aún se encuentra limitada industrialmente. Tiene la ventaja de la descongelación rápida y, como desventaja, que los puntos calientes (porción descongelada) absorben más microondas que la porción congelada del alimento.

9.8.6. IRRADIACIÓN

La irradiación es la emisión y propagación de energía en forma de ondas. La irradiación de alimentos es un método físico de procesar alimentos que incluye la exposición de los mismos a rayos gamma, rayos x o electrones. Actualmente la irradiación ha sido probada en más de 40 países en algunos

alimentos específicos. Se ha utilizado para inactivar hongos, bacterias y esporas en especies; también en alimentos como patatas, cebollas, harina, frutas y carnes, con resultados muy ventajosos (Madrid, 2010). A pesar de sus múltiples ventajas, la irradiación presenta desventajas como son su alto costo y la producción de radicales libres. Combinar su tecnología con otras barreras u obstáculos para el crecimiento bacteriano, como la temperatura y envasado en atmósferas modificadas o al vacío, es una manera de superar estas desventajas.

Estudios realizados en puré y jugos concentrados de mango demuestran que métodos combinados de vaporización e irradiación gamma a dosis de 2kGy pueden lograr un almacenamiento de 270 días a 3 °C ± 1°C sin ningún efecto significativo no deseado en sus componentes químicos y su calidad sensorial. A la vez, mejora la calidad higiénica y microbiológica aumentando el tiempo de vida sin deterioro de la pulpa.

9.8.7. PULSOS DE LUZ

Es un tratamiento no térmico, que consiste en la aplicación de destellos de luz blanca y de radiación no ionizante. Ejerce un efecto letal sobre todos los microorganismos presentes en el alimento. Este método es ventajoso para los productos elaborados y envasados que requieren de un bajo tiempo de exposición por lo que deben presentar menor alteración química y sensorial del producto.

Estudios recientes demuestran que el uso de la radiación ultravioleta en frutas y vegetales transformados, reduce la incidencia de patógenos y la carga microbiana y provee al producto de estabilidad en el tiempo, sin afectar la calidad del mismo. Santhirasegaram *et al.* (2015), trataron el jugo de mango del cultivar 'Chok-Anan' con radiación ultravioleta UV-C (durante 15, 30 y 60 min a una temperatura de 25 °C), combinado con ultrasonidos (para 15, 30 y 60 min a 25 °C, frecuencia de 40 kHz). Los resultados mostraron una mejor retención de los compuestos fenólicos en el jugo no tratado térmicamente, tanto por UV-C solo, como cuando se combinó con ultrasonidos, en comparación con el jugo fresco y el tratado térmicamente, así como en la evaluación sensorial. El jugo no tratado térmicamente fue más aceptado que el jugo tratado térmicamente.

Es importante señalar que existe un interés potencial en la industria en las tecnologías emergentes, a nivel internacional, para productos como jugos, néctares y pulpas de mango. Los estudios revelan resultados exitosos por su eficacia en la inactivación de microorganismos patógenos y permiten alargar la vida útil de los alimentos manteniendo sus cualidades sensoriales y nutricionales. Por ello, las tecnologías emergentes más activas están relacionadas con los nuevos sistemas de conservación y envase de los alimentos.

9.9. APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE MANGO EN LA INDUSTRIA PROCESADORA

La generación de subproductos o residuos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial. En la mayoría de los casos estos subproductos no son procesados o se disponen inadecuadamente, situación que contribuye a la contaminación ambiental. Los residuos agroindustriales cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen la elaboración de nuevos productos, agregación de valor a productos originales y recuperación de condiciones ambientales alteradas.

Investigadores nacionales e internacionales coinciden en que, de la producción total del mango, entre el 35 % – 60 % del peso total del fruto se desperdicia. Los valores residuales que se obtienen aproximadamente se corresponden con la corteza (15 %), semilla (18 % – 20 %) y fibra (8 %– 10 %). El residuo del mango es un material vegetal que contiene gran cantidad de tejido lignocelulósico, el cual puede ser aprovechado para la obtención de metabolitos fermentables y productos de la fermentación.

La corteza del mango posee un alto contenido de fotoquímicos, polifenoles, carotenoides, enzimas, vitamina E y vitamina C, que tienen propiedades funcionales y antioxidantes predominantes. Además, es una fuente de fibra dietética, celulosa, hemicelulosa, lípidos, proteínas, enzimas y pectina. Contiene un promedio de 4,8 % de proteína cruda, 29 % de fibra dietética soluble y 27 % de

fibra dietética insoluble, lo que hace que resulte tan atractivo su aprovechamiento como fuente de compuestos bioactivos como polifenoles, carotenoides, vitaminas y fibra dietética (Sumaya–Martínez *et al.*, 2012; Pradeep *et al.*, 2014). Recientemente, por sus características, se utiliza para aumentar los rendimientos en el proceso de obtención de harina y en la producción de biogás (Mackay *et al.*, 2015).

El aprovechamiento de la semilla del mango para la obtención de harina como complemento para alimento animal es una de las opciones que se presenta para este residuo, el que, por sus propiedades ha sido objeto de estudio. La almendra que se puede encontrar dentro del hueso del mango contiene la mayoría de los aminoácidos esenciales. Se destaca la presencia de elevados valores de leucina, valina y lisina, además de compuestos fenólicos y fosfolípidos que la convierten en una fuente de antioxidantes naturales (Chaparro *et al.*, 2015 y Jahurul *et al.*, 2015).

El aceite de la semilla de mango es una opción prometedora, una fuente de aceite comestible, y ha atraído la atención del sector industrial debido a la presencia de ácidos grasos y triglicéridos, similares a los de la manteca de cacao. Recientemente, México ha permitido el uso de aceite de la semilla del mango como un sustituto de la manteca de cacao.

9.10. NUEVOS PRODUCTOS

Entre los nuevos productos obtenidos a partir del mango se encuentran las harinas y los aceites.

9.10.1. HARINA

La harina de mango es el producto que se obtiene al pelar, rebanar, secar, moler y tamizar la fruta. Se produce con el propósito de obtener polvos ricos en fibra dietética.

La harina de mango ha sido probada en la elaboración de pan y galletas, fideos, bizcochos, pasteles y otros productos de panadería y dulcería. Estas formulaciones reportan un valor nutricional mayor con respecto a las formulaciones tradicionales. Su versatilidad permite que sea utilizada pura o mezclada con harina de trigo para repostería; también como alimento animal en forraje. Además, puede ser utilizada en la elaboración de jabones y cosméticos o medicamentos, ya que a algunos cultivos se les atribuyen propiedades medicinales para el asma y las enfermedades diarreicas agudas.

Chaparro *et al.* (2015) estudiaron la composición química y las propiedades funcionales de la almendra de la semilla de mango para utilizarla en la industria de alimentos. Concluyeron que la harina obtenida de esta muestra propiedades funcionales de interés, tales como capacidad de absorción de agua y lípidos, y capacidad y estabilidad emulsificante. Adicionalmente, determinaron que la almendra puede ser una fuente de grasa cruda, lo que puede resultar en una disminución de disposición de residuos agroindustriales, y en un ingreso extra para los procesadores de pulpa de mango.

9.10.2. ACEITE DE LA ALMENDRA DEL MANGO

El aceite de la almendra se puede definir como la fracción oleosa que ha sido extraída del hueso del mango. La almendra contiene entre 7,1 % –15% de grasa cruda en base seca. Esta grasa ha tenido particular interés por parte de los investigadores, debido a sus propiedades físicas y químicas, las cuales son similares a aquellas como la manteca de cacao (*Theobroma cacao* L.), mantequilla de illipe (*Shorea stenoptera* Burck), manteca de karité (*Vitellaria paradoxa* C.F. Gaertn) entre otras.

En la industria alimentaria, el aceite de almendra de mango se ha utilizado para la preservación de aceites y grasas. Además, se ha encontrado que la estabilidad oxidativa del aceite de semilla de girasol (*Helianthus annuus* L.) aumenta con la adición del aceite de almendra de mango. El aceite obtenido a partir de la almendra de la semilla del mango iguala en calidad al aceite de palma africana (*Elaeis guineensis* Jack.) y es una fuente viable, segura y natural de grasas comestibles.

9.11. NORMAS CONSULTADAS

Normas cubanas

- NC 224: Mango. Especificaciones.
- NC 370: Frutas en Conservas. Especificaciones.

- NC 903: Jugos y Néctares de Frutas. Especificaciones.
- NC 288: Mermeladas, Confituras y Jaleas. Especificaciones.
- NC 475: Pasta de Frutas y/u Hortalizas. Especificaciones.
- NC 362: Alimentos Infantiles. Purés, Compotas o Colados y postres. Especificaciones.
- NC 143: Código de Practicas Principios Generales de Higiene de los Alimentos.
- NC 136: Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC/HACCP). Requisitos.
- NC 585: Contaminantes Microbiológicos en Alimentos. Requisitos Sanitarios.
- NC 108: Norma General para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados.

Normas ramales

- NRAG 280: Buenas Prácticas de Manufactura para Industrias Agroalimentarias.
- NRIAL200: Frutas en Almíbar. Especificaciones.

Normas del Codex Alimentarius

- CODEX STAN 159 –1987. Mangos en Conserva.
- CODEX STAN 247– 2005. Zumos.

9.12. BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, S. 2014. Procesamiento de frutas tropicales en pequeñas y medianas Industrias. Cumbre Agroempresarial de Veracruz. México.
- Altendorf, S. 2017. Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales. *Tropical Fruits Spanish*. pp. 1–15.
- Becerra, I. F. y P. Marín. 1975. Empaque e industrialización del mango, Comisión Nacional de Fruticultura, pp. 83–105.
- Bermúdez–Aguirre, D; J. Á. Guerrero–Beltrán; G. V. Barbosa–Cánovas J. Welti–Chanes. 2011. Study of the inactivation of *Escherichia coli* and pectin methylesterase in mango nectar under selected high hydrostatic pressure treatments. *FoodSciTechnolInt*.17:541–547.
- Boglio, D. y Milicevic B. 2016. Mango. Perfil de INFOCOMM. Fondo de la UNCTAD para la información sobre los mercados de productos básicos agricultura. (7). Ginebra, Suiza. INFOCOMM – CNUCED. pp. 1–23.
- Buitrago, C.A. 2014. Estudio preliminar para deshidratación solar de mango. (Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Master en Ingeniería en procesos de Alimentos y Biomateriales. UNAD, Bogotá, Colombia).
- Cabrera J., 2010. Aplicación de la PML en la Industria Citrícola de Contramaestre, como base para su sostenibilidad. Tesis en Opción al grado de Master en Fruticultura Tropical. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.
- Chacón S. A., 2006. Manual de Procesamiento de Frutas Tropicales a Escala Artesanal. La Libertad, El Salvador. Programa Nacional de Frutas del Salvador. pp. 1– 66.
- Chaparro S. P., A. E. Lara–Sandoval; A. Sandoval–Amador; S. J. Sosa–Suarique; J. J. Martínez–Zambran y J. H. Gil–González. 2015. Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Ciencia en Desarrollo*, 6 (1): 67–75.
- Díaz C. A. 2017. Evaluación cinética de inactivación de pectinmetilesterasa de mango tratado por calentamiento óhmico. Tesis de Doctorado Tecnología avanzada, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Querétaro. pp. 1–100.
- FatSecretPlatform API. 2020. Agosto. FatSecretMexico. Tomado de <https://mobile.fatsecret.com.mx>. Recuperado el 17 de septiembre 2020.
- García–Luna I.N., 2003. Caracterización fisicoquímica y funcional de los residuos fibrosos del mango criollo (*Mangifera indica* L.) y su incorporación en galletas. Tesis de Ingeniero en alimentos. Universidad Tecnológica Mixteca, México. pp. 26 –31

- Guzmán-Hidalgo J; L. Prevez-Pascual, S. Abreu-Saiz, R.J. Moya-González; C. M Fernández-Kaba y M. Bello-Álvarez. 2008. Industria. Desarrollo de Tecnologías para el Procesamiento de Frutas. IIFT. *Boletín NOTICITRIFRUT*. No 9. ISSN 1993 – 9329 No. RNPS 2134.
- Hiremath N.D. 2005 Studies on high pressure processing and preservation of mango juice: pressure destruction kinetics, process verification and quality changes during storage. *International Journal of Food Science & Technology*. 40 (8): 885–895.
- Ibarz A. y Barbosa C. G. V., 2005. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa Madrid. España. pp. 865.
- Jafari J., M. Gharachorloo, A. Hemmaci. 2014. The Stabilizing Effect of Three Varieties of Crude Mango Seed Kernel Oil on Tallow. *Journal of Food Biosciences and Technology*, 4(1): 31–36.
- Jahurul M. H. A., I. S. M. Zaidul, Ghafoor Kashif, Y. Fahad Al-Juhaimi, Kar-Lin Nyam, N.A.N. Norulaini, F. Sahena, A.K. Mohd Omar. 2015. Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components *Food Chemistry* 183: 173–180.
- Larios I. M. J. K. Campos-Serrano, M. C. Padilla Sahagún y S. J. Villanueva Rodríguez. 2016. Materias Primas. Villanuevas-Rodríguez S. J. Introducción a la tecnología del Mango. Jalisco México. Cap. 1, pp. 1– 14.
- Mackay, J., S. Abreu-Saiz, Y. Ramos-Lage, J. L. Leyva-Rodríguez, E. González-García. 2019. Aplicación de PML en las Mini-Industrias de Frutales de Ciego de Ávila, Cuba. *CitriFrut* 36 (1):43 – 48.
- Mackay J., S. Abreu, Y. Ramos, Y. Tornés, J. A. del Río y M. Bello, 2015. Generación de biogás a partir de residuos agroalimentarios en Cuba. *CitriFrut*. 32(2): 64–67.
- Madrid A. F. 2010. Memoria Descriptiva. Técnicas Modernas de Conservación de Pulpa de frutas. Diploma en opción al título de Ingeniero de Industrias Alimentarias. Iquitos Perú. pp. 1– 88.
- Marrufo, R., M. Idrogo-Zamora, R. Idrogo-Benavides, M. Coronad-Nuñez, 2019. Piña deshidratada mediante procesos combinados de deshidratación osmótica y flujo de aire caliente. *Ciencia Norandina*, Vol. 2 (2): 115 –122.
- Moya R., 2009. Tecnología Sostenible para la Deshidratación de Frutas Tropicales. Tesis de Diploma de Ingeniería en Producción Más Limpia. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical Edición 3. pp. 1–55.
- OMS, 2007. Las cinco claves para la Inocuidad de los Alimentos. Ediciones OMS. pp 1– 32.
- ONEI, 2019. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. Anuario Estadístico de Cuba 2018. La Habana, Cuba. 9. pp. 1–31
- ONEI, 2019. Comercio Interno. Anuario Estadístico de Cuba 2018. La Habana, Cuba. 14. pp.1–13
- ONEI, 2019. Industria Manufacturera. Anuario Estadístico de Cuba 2018. La Habana, Cuba. 11. pp. 1–14
- Pradeep, P., Vijaya Sarathi Reddy Obulam, Sang Eun Oh. Chulkyoon Mok. 2014. Biotechnological Potentialities and Valorization of Mango Peel Waste: Review. *Sains Malaysiana* 43(12): 1901–1906.
- Quintero, V., et al., 2013. Caracterización físico – química del mango común (*Mangifera indica* L.) durante su proceso de maduración. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11 (1): 10 –18.
- Rivas, A., Sansano S., Pérez M.C.P., Martínez A. y Rodríguez D., 2016. Antimicrobial Effect of *Stevia rebaudiana* Bertoni against *Listeria monocytogenes* in a Beverage Processed by Pulsed Electric Fields (PEFs): Combined Effectiveness. Jarm T. y Kramar P. (eds) 1st World Congress on Electroporation and Pulsed Electric Fields in Biology, Medicine and Food & Environmental Technologies: Portoro, Slovenia, September 6 –10, 2015. Springer Singapore, Singapore, Vol. 53, pp. 43–46.
- Salleh – Mack S. Z., Roberts J. S., 2007. Ultrasound pasteurization: The effects of temperature, soluble solids, organic acids and pH on the inactivation of *Escherichia coli* ATCC 2522. *Ultrasonics Sonochemistry* (14): 323–329.
- Sánchez C. D., M. Vega-León, O. M. Valdés-Almaral, A. Beltrán-Castillo, G. R. Almenares – Garlobo, Z. M. Acosta-Porta, M. E. García. 2015. Generalidades para la Aplicación de las Buenas Prácticas. *CitriFrut* 32(2): 3–10.
- Santillán C. R., 2004. Procesamiento de tajaditas de mango (*Mangifera indica*) variedad Tommy Atkins por deshidratación osmótica y fritura. Proyecto especial del programa de Ingeniería Agroindustrial. Zamorano, Honduras. pp. 45.
- Santhirasegaram V. Razali Z., George D. S., Somasundram C. 2015. Effects of Thermal and Non-thermal Processing on Phenolic Compounds, Antioxidant Activity and Sensory Attributes of Chokanan Mango (*Mangifera indica* L.) Juice. *Food Bioprocess Technol* 8:2256 – 2267.
- Sielaff, H. 2000. Tecnología de la Fabricación de Conservas. ARRIBIA, SA. Zaragoza, España. pp. 1–278.
- Silva, E. 2019. Factores que limitan la oferta exportable de piña deshidratada en la Asociación de Productores de Piña Santa Rosa de la región Amazonas, hacia el mercado de Florida, Estados Unidos (Profesional de Licenciado en Administración en Negocios Internacionales). Escuela Profesional de Negocios Internacionales, Lima, Perú.
- Suarez, J. A., 2016. Tecnologías Emergentes para la conservación de jugo, néctares y pulpa de mango. Villanuevas-Rodríguez S.J. Libro. Introducción a la tecnología del mango. Jalisco México. (9), 249–262.
- Sumaya M. T., L. M. Sánchez, G. García, D. García. 2012. Red de valor del mango y sus desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 16 (30): 826 – 833.
- Torres M.P. 2014. Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 8 (1): 94–102
- Wais, N. 2011. Secado Combinado de Frutas: Deshidratación Osmótica y Microondas (Tesis doctoral). Universidad Nacional de La Plata, Argentina.



CAPÍTULO 10

MERCADO Y COMERCIALIZACIÓN

Zita María Acosta Porta

10.1. INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista comercial y de la exploración de mercados, la producción de frutas frescas y procesadas requiere de la satisfacción de los gustos, cada vez más selectivos, de los consumidores y del cumplimiento de las regulaciones comerciales que pueden constituir barreras técnicas al comercio. En el contexto actual, es una condición para la supervivencia del agronegocio frutícola, la constante mejora de la calidad e inocuidad de las frutas que se ofertan al mercado. Estos aspectos están contenidos en los sistemas de control de alimentos, el enfoque de la cadena productiva y la cadena de valor, así como la trazabilidad o rastreabilidad del producto. Unido a las preocupaciones de la comunidad internacional sobre el consumo de productos inocuos, sanos y nutritivos, se observa un incremento en las consideraciones éticas y medioambientales.

En este contexto, el acceso de los países a los mercados de exportación de las frutas dependerá de su capacidad para cumplir los requisitos reglamentarios de los países importadores. La sostenibilidad de la demanda presupone la confianza en la integridad de sus sistemas alimentarios por parte de importadores y consumidores, lo que brinda retos y oportunidades para los países exportadores.

Al evaluar los aspectos relacionados anteriormente, para que las frutas puedan cumplir su función en la alimentación humana y en el mercado, es necesario que tengan una alta calidad, la cual se vincula a sus características fisicoquímicas. Estas se expresan mediante los indicadores o índices de calidad, los que se clasifican en externos e internos. Estos incluyen los componentes relacionados con el color, el tamaño, la forma, la ausencia de defectos, de daños externos y materias extrañas, así como la consistencia al tacto (textura), sabor y color. También forman parte de la actividad comercial, la seguridad del valor nutricional y la ausencia o minimización de riesgos biológicos, químicos y físicos que comprometan la inocuidad de los alimentos y la salud del consumidor (Sánchez *et al.*, 2014).

Tales indicadores se registran en las normas de productos o procesos productivos y pueden clasificarse en intrínsecos (valorados por los consumidores) y extrínsecos (no son conocidos directamente por el consumidor, se relacionan con la inocuidad del producto y con los procesos de producción). Estos indicadores se refieren en la Tabla 1.

Los indicadores de calidad e inocuidad que se observan en la Tabla 1, se establecen en Normas de Especificaciones con alcance internacional (Comité del *Codex Alimentarius*), regional (Normas UNECE de la Comisión de las Naciones Unidas para Europa formada entre otros por los Estados Unidos de América (EUA) y Canadá, Nacional (Normas Cubanas, por la sigla NC), establecidas por la Oficina Nacional de Normalización y las Normas Ramales que son responsabilidad del Ministerio de la Agricultura (MINAG) por las siglas NRAG.

Por sus implicaciones para la comercialización de frutas frescas y procesadas, se expondrán a continuación conceptos básicos que resultan de gran importancia para lograr que esta actividad sea exitosa.

10.2. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE LA CALIDAD, INOCUIDAD Y LA NORMALIZACIÓN APLICADOS A LAS FRUTAS. IMPLICACIONES PARA LA DEMANDA Y EL COMERCIO

10.2.1. CALIDAD

La calidad se vincula a las características fisicoquímicas del fruto, expresadas mediante los indicadores o índices de calidad, que se establecen en Normas de Especificaciones. Desde el punto

de vista de los productos agroalimentarios, según la FAO (2003), «la calidad puede considerarse como una característica compleja de los alimentos que determina su valor o aceptabilidad para los consumidores».

Tabla 1. Indicadores de calidad e inocuidad de las frutas frescos para el comercio (Sánchez, 2017).

	INDICADORES DE CALIDAD	COMPONENTES
INDICADORES INTRÍNSECOS	Apariencia, tamaño, forma	Dimensiones, peso, diámetro, uniformidad en el empaque
	Textura	Suculencia, dureza, suavidad, firmeza, jugosidad
	Color	Uniformidad, intensidad
	Defecto	Morfología, físicos, mecánicos, patológicos, entomológicos, externos
	Sabor	Sabores y aromas, astringencia, acidez, dulzura
	Clasificación por calidad	Categoría extra, Categoría I y Categoría II
	Clasificación por calibres	Calibrado por diámetro, peso o número de frutos según el país importador
INDICADORES EXTRÍNSECOS	Disposiciones sobre la presentación	Envasado, características de los envases, uniformidad en el empaque
	Transportación, manipulación, almacenamiento y conservación	Características del transporte, manipulación de los empaques, almacenamiento en locales adecuados y temperaturas de conservación
	Seguridad	Residuos de compuestos químicos, contaminantes, contaminación microbiana, trazabilidad del proceso y el producto
	Valor nutricional	Vitaminas, minerales, aminoácidos, fibras, lípidos, carbohidratos

Según refieren Sánchez *et al.* (2014), la calidad del producto abarca la especificación de todas sus características y sus empaques que, al realizarse en la fase de producción, generarán productos que satisfagan las necesidades y expectativas de los usuarios y respetarán la salud, la seguridad de consumo y el medio ambiente. Y esto debe ser así, no solo en la fase de consumo, sino también al terminar el ciclo de vida del producto y de empaque, una vez que ha sido consumido.

Desde el punto de vista comercial, el concepto de la calidad varía según el producto y el tipo de persona que lo consume, y gira alrededor de la satisfacción de las necesidades de los clientes. Requiere conocer los procesos productivos y las condiciones ecológicas más adecuadas para lograr que los productos alcancen los requisitos exigidos y por último garantizar con evidencias que esos requerimientos sean alcanzados.

El incremento del comercio mundial de alimentos, los progresos en la comunicación y el aumento de la movilidad de las poblaciones han contribuido a ampliar la importancia de las disposiciones relativas a la descripción, etiquetado, envasado y calidad de los productos, para información de los consumidores y para garantizar las prácticas leales en el comercio. La calidad se relaciona con diversos factores reguladores del mercado en el siglo XXI, entre ellos:

- La mundialización del comercio.
- La complejidad actual de productos, procesos y servicios.
- La concentración de la demanda.
- La crisis económica que intensifica la competencia internacional a nivel de empresa.
- El reconocimiento de que el enfoque de calidad total puede apoyar procesos competitivos de la empresa (reducción de costos, reducción de pérdidas) (Sánchez, 2017).

10.2.2. INOCUIDAD

La inocuidad se vincula a las características de los procesos de producción, elaboración, transpor-tación, almacenaje y distribución de los alimentos (Cruz y Acosta, 2013).

El concepto de inocuidad de un alimento, según la FAO/OMS (2007), se define como: «la garantía de que los alimentos no causarán perjuicio al consumidor cuando sean preparados o ingeridos de acuerdo con su uso previsto». El aseguramiento de la inocuidad se refiere a la reducción de los riesgos que puedan surgir durante las fases de producción y manejo del producto.

La preocupación del consumidor por el respeto a la salud y la seguridad de consumo, ha aumentado en los últimos años, debido principalmente a la incidencia de enfermedades de transmisión alimentaria (ETAS). De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), millones de personas padecen de enfermedades causadas por alimentos y aguas contaminadas (FAO, 2007). Los alimentos contaminados tienen un importante papel en la epidemiología de enfermedades como el cólera y otras que contribuyen sustancialmente a problemas de malnutrición (Sánchez, 2017).

El riesgo real y/o percibido de los contaminantes químicos, como, por ejemplo, la presencia de residuos de plaguicidas y peligros microbiológicos, ha hecho del logro de la inocuidad alimentaria una preocupación en la mayoría de los países (Puñales y Leyva, 2013), y una de las principales preocupaciones de las grandes transnacionales dedicadas al comercio de alimentos. Ello ha provocado una creciente necesidad de ofertar productos con calidad, sanos y seguros, aptos para el consumo.

Tanto la calidad como la inocuidad son conceptos que están contenidos en los sistemas de control de alimentos. El sector reglamentario es el responsable a niveles internacionales, regionales y nacionales, de implantar los sistemas para dar garantía y confianza, mediante el establecimiento de normas de productos y procesos, así como métodos de inspección y control, que se vincula con las cadenas productivas.

La garantía del aseguramiento de la inocuidad se vincula al Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control o HACCP (por sus siglas en inglés), a la trazabilidad del producto o proceso y a los sistemas de certificación. La trazabilidad o rastreabilidad se define como «la capacidad de seguir el trayecto de un alimento hacia uno o más etapas definidas de producción, de tratamiento y de distribución». Representa la habilidad para identificar el origen del producto, el lugar donde fue producido, los insumos que fueron aplicados, el manejo poscosecha al que fue sometido e identificar la ubicación específica en la cadena productiva a través de registros, los que deben ser retenidos por un período apropiado de tal manera que apoyen la historia del producto.

La cadena productiva se refiere, de forma general, al conjunto de actores, procesos y recursos interrelacionados e interdependientes que permiten que uno o varios productos lleguen al mercado final en un contexto territorial determinado (Vinci *et al.*, 2014). Si alguno de ellos falla, el resultado final no podrá ser logrado, afectando a la cadena en su conjunto y, sobre todo, al consumidor final.

Una cadena productiva depende de:

- El mercado que pretende satisfacer.
- Los eslabones y procesos de la cadena, así como de todos sus actores directos e indirectos.
- La interrelación entre los eslabones y procesos para el desempeño de la misma.

Las características y atributos que permiten al producto satisfacer la necesidad o los deseos diferenciados de los consumidores se definen como valor y son las razones que les motivan a adquirir un producto disponible en el mercado. En el caso de los alimentos, agregar valor no se refiere a generar productos, por lo tanto, una cadena productiva debe organizarse y desarrollarse para generar valor y no simplemente productos.

10.2.3. NORMALIZACIÓN

Mantener los productos en el mercado, con unas características cualitativas definidas y constantes en el tiempo y el espacio, requiere aplicar la normalización. Según la FAO, la normalización se basa en normas, que son documentos escritos, de público acceso, que representan el marco de acuerdo con

las partes interesadas, relativa a directrices y especificaciones técnicas relacionados a los atributos de calidad, de observancia no obligatoria, para definir unas reglas de juego para el beneficio óptimo de la comunidad.

En relación con las frutas frescas, la normalización se puede considerar como «el conjunto de actividades cuyo fin es que los productos que superen un nivel mínimo de calidad se presenten en el mercado clasificado» (Mañes y Martínez, 2007).

Objetivos de la normalización

- Acelerar el progreso técnico, aumentar la eficiencia y productividad del trabajo técnico y de gestión.
- Incrementar las exportaciones de productos que respondan a las exigencias del mercado internacional.
- Facilitar el comercio nacional e internacional, eliminando las barreras técnicas.
- Propiciar la protección a los consumidores, la seguridad y salud de las personas y la protección ambiental.
- Permitir la comprensión mutua y la uniformidad de las mediciones.

Beneficios de la normalización

- Propicia la productividad del trabajo.
- Aumenta la calidad de las producciones y la eficacia de los procesos.
- Logra un mayor ahorro en los procesos productivos.
- Determina una mayor seguridad en los productos.
- Permite establecer un orden, coordinar y regular el desarrollo industrial, económico.

En Cuba se ha trabajado en la elaboración de normas de calidad, tanto para la confección de productos frescos y procesados derivados del mango, como para su comercialización. Estas se refieren tanto en este capítulo, como en otros de esta publicación de acuerdo a su especificidad.

10.3. CONCEPTOS DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS, BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA Y BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE. VINCULACIÓN CON LA CALIDAD Y LA INOCUIDAD ALIMENTARIA. IMPLICACIONES PARA LA DEMANDA Y EL COMERCIO

La garantía del aseguramiento de la calidad y la inocuidad de frutas frescas se puede establecer a partir de la aplicación de los Programas prerequisites de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y Buenas Prácticas de Higiene (BPH), las cuales se definen a continuación:

10.3.1. BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

Las Buenas Prácticas Agrícolas, también conocidas como GAP en inglés (Good Agricultural Practices) son un conjunto de principios, normas y recomendaciones técnicas, aplicables a las diversas etapas de la producción primaria de productos que se consumen en estado fresco o con un mínimo de procesamiento. Su aplicación tiene como objetivo ofrecer al mercado productos de elevada calidad y asegurar a los consumidores de frutas frescas un producto sano y apto (inocuo) para el consumo humano; protegiendo además el medio ambiente, la flora y la fauna, y la salud de los trabajadores (FAO, 2003).

Una definición de las BPA es sencillamente «hacer las cosas bien» y «dar garantías de ello». Las BPA constituyen un sistema preventivo tendiente al mejoramiento de los métodos convencionales de producción y manejo del producto para garantizar la inocuidad en todas las fases de la cadena alimentaria, y comprenden el desarrollo de un sistema de trazabilidad como garantía de sus resultados.

Los principios se aplican desde la selección del terreno, la siembra, y el desarrollo del cultivo; con énfasis en el manejo integrado de plagas, la disminución del uso de agroquímicos, la cosecha, el empaque y el transporte — con producciones rentables y de calidad aceptable —, hasta la venta al consumidor final.

La certificación de BPA, fue una iniciativa de algunas cadenas de supermercados que operan en distintos países europeos, las cuales se organizaron en el Grupo Europeo de productores minoristas EUREP (Euro – Retailer Produce Working Group), que radica en Alemania. Su misión fue el desarrollo e implementación de normas y procedimientos ampliamente reconocidos para la certificación de Buenas Prácticas Agrícolas a nivel internacional. Fue conocida como EurepGAP desde su creación en el año 2002 y pasó a nombrarse GlobalGAP, a partir de una versión en el 2007. La versión actualizada y vigente desde el 2012 incorpora el concepto de aseguramiento integrado de fincas, entre otros (Sánchez *et al.*, 2014).

La implementación del Protocolo GlobalGAP, permite mantener controlados los diferentes peligros asociados con las operaciones de producción agrícola, empaque, transportación y almacenamiento, hasta la distribución según los destinos.

En todas las fases del proceso productivo se establecen indicadores de la trazabilidad del producto. En el centro de acondicionamiento y empaque se señala la trazabilidad del producto final en los envases. Los frutos se trasladan en contenedores refrigerados, de acuerdo con las temperaturas de almacenamiento y se acompañan del certificado fitosanitario y la declaración de la calidad pactada con el cliente final.

Su valor radica en el énfasis que hace en el tema de la sanidad o inocuidad de los alimentos y en la trazabilidad o rastreo del producto desde su lugar de venta hasta el origen donde fue producido (Sánchez *et al.*, 2014).

Los autores Landa (2010) y Cañet y Cháves (2002), han reconocido que la aplicación de las BPA implica el conocimiento, la planificación, el registro y la gestión, orientados al logro de objetivos sociales, ambientales y productivos específicos. En sus análisis aportan los siguientes conceptos:

- **Inocuidad:** gestión de las materias primas como insumo de calidad alimentaria para la industria.
- **Sustentabilidad ambiental:** integración de la gestión de los recursos naturales: agua, suelo y aire.
- **Sustentabilidad social:** promoción de la seguridad y salud de los trabajadores.
- **Sustentabilidad económica:** eficiencia productiva, disminución de costos, capacitación.

Los beneficios de certificar las BPA pueden ser:

- Contar con un sistema internacional reconocido.
- Brindar al cliente y consumidor la garantía de la inocuidad alimentaria.
- Mejorar la imagen empresarial.
- Motivar al personal y mejora continua de los procesos productivos.

Cuando el productor realiza las actividades de poscosecha en sus propias instalaciones está considerando las BPA como el conjunto de todas las actividades productivas.

10.3.2. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura, son los procesos y procedimientos que controlan las condiciones operacionales dentro de un establecimiento que realiza la etapa de la poscosecha. Considera el mínimo impacto de tales prácticas sobre el ambiente y la salud de los trabajadores (FAO, 2003); estas juegan un papel muy importante para facilitar la producción de alimentos inocuos.

Un adecuado programa de BPM debe incluir procedimientos relativos a:

- Manejo de las instalaciones.
- Recepción y almacenamiento.
- Mantenimiento de equipos.
- Entrenamiento e higiene del personal.
- Limpieza y desinfección.
- Control de plagas.
- Rechazo de productos.

De acuerdo con Sánchez *et al.* (2014), las ventajas que obtiene el productor con la implementación de estas son:

- Acceso a otros mercados, básicamente externos.
- Ofrece un producto diferenciado y no un producto genérico, que apunta a un mercado específico y con posibilidad de obtener un precio preferencial por su producto.
- Seguridad del consumidor.
- Mayor control del proceso mediante el sistema de trazabilidad implementado.
- Conservación del medio ambiente.
- Seguridad de los trabajadores.

10.3.3. BUENAS PRÁCTICAS DE HIGIENE (BPH)

Las Buenas Prácticas de Higiene, comprenden las prácticas dirigidas a asegurar la inocuidad y aptitud del producto en todas las fases de la cadena alimentaria, con énfasis en peligros microbiológicos. Se consideran componentes horizontales de las BPA y las BPM (FAO, 2003).

Las BPA, BPM y BPH son prerrequisitos del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC, conocido como HACCP). Es un sistema que tiene fundamentos científicos y de carácter sistemático: permite identificar peligros específicos y toma las medidas para su control, con el fin de garantizar la inocuidad de los alimentos, centrándose en la prevención. En Cuba es de obligatorio cumplimiento la aplicación del sistema HACCP en las industrias procesadoras del sector frutícola (Sánchez *et al.*, 2014).

10.4. CERTIFICACIÓN SOBRE LA CALIDAD Y LA INOCUIDAD ALIMENTARIA. IMPLICACIONES PARA LA DEMANDA Y EL COMERCIO

En los últimos años la agricultura en el ámbito mundial, ha evolucionado hacia esquemas más eficientes y sostenibles, donde adquieren mayor importancia la calidad y la inocuidad alimentaria en los sistemas de producción. Se aplican mediante legislaciones obligatorias o por procesos de certificación voluntaria, que suministran un indicador de su cumplimiento a través de sellos, marcas o certificaciones (Sánchez, 2017).

La aplicación de un marco normativo legal moderno constituye hoy una estrategia de mejoramiento de la competitividad en las empresas alimentarias y relacionadas con los alimentos (Sánchez *et al.*, 2014). Entre las normas internacionales aceptadas y armonizadas como normas cubanas (incluye las siglas NC), se encuentran: ISO 9001 Gestión de la Calidad, ISO 14,000 Gestión Ambiental, OSHAS 18,000 Seguridad y Salud del Trabajo, ISO 28, 000 de Responsabilidad Social de cada empresa y la ISO 22,000 Gestión de la inocuidad en todas las fases de la cadena alimentaria (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, (HACCP), esta se aplica en Cuba en la industria procesadora, referido en la Norma Cubana NC 136.

Además, se han establecido diversas certificaciones privadas fundamentalmente en Europa. En el Reino Unido, Natural Choice, más recientemente llamada NURTURE de TESCO, para determinados distribuidores; SGF (Sure Global Fair) para la industria procesadora y el Comercio Justo o *Fair Trade*, para pequeños productores y el Protocolo más difundido, GlobalGAP con más de 185 000 productores certificados a nivel mundial, implica el desarrollo de Buenas Prácticas que garanticen la aplicación de prácticas y métodos de producción dirigidos a la inocuidad del producto, la protección ambiental y la seguridad y bienestar de los trabajadores (Sánchez, 2017).

La Certificación Orgánica se ha desarrollado desde finales del siglo XX dada la expansión del mercado de productos orgánicos. Es evidente que la agricultura orgánica involucra más que no usar agroquímicos (Gómez Moldón *et al.*, 2015), representa un sistema de producción más limpio, donde se producen alimentos saludables, sin aditivos ni contaminantes, garantizando los recursos naturales y eliminando los riesgos para los seres humanos y el ambiente (Sánchez, 2017).

10.5. MERCADO. ACUERDOS Y REGULACIONES INTERNACIONALES COMO SOPORTE LEGAL EN LA COMERCIALIZACIÓN DE ALIMENTOS

El comercio internacional de frutas frescas y transformadas es un negocio que involucra millones de dólares y ha experimentado un crecimiento constante en las últimas décadas. En el mercado del siglo XXI, se observa un crecimiento sostenido de la producción por una mayor productividad, a expensas, fundamentalmente, de los países en desarrollo. Pero el mayor porcentaje de las actividades de importación–exportación en el comercio de alimentos se realiza entre países desarrollados (Sánchez, 2017).

Las características del siglo XXI y su vinculación con la globalización actual han generado importantes cambios de paradigmas en el ámbito institucional, organizacional, tecnológico y comercial, impactando fuertemente en el negocio de los alimentos en general.

A nivel internacional y nacional se han desarrollado políticas, reglamentos y normas que organizan y controlan la calidad y la inocuidad de los productos perecederos que se comercializan.

Los requerimientos del mercado están condicionados por las exigencias y necesidades de los consumidores, las que se resumen a continuación (Mañes y Martínez, 2007):

- Alta calidad del producto ofertado en el mercado.
- Excelente condición que permita una buena conservación en los productos perecederos, especialmente frutas y hortalizas.
- Evidencia de procesos que garanticen la inocuidad de estas con práctica ausencia de residuos de plaguicidas (característica de creciente importancia en la valoración del producto por parte del consumidor).
- Información en el envase: origen, marca, valores nutricionales, la trazabilidad del producto y/o del proceso y la forma de preparación cuando sea necesario.
- Buena presentación, precio atractivo y relativamente estable.

Ante estas condiciones del mercado, la normalización (actividad dirigida a establecer disposiciones relativas a problemas reales o potenciales, destinadas a un uso común y repetido, con vistas a obtener el grado óptimo de orden en el contexto dado), ha contribuido a:

- Acelerar el progreso técnico y aumentar la eficiencia y productividad del trabajo técnico y de gestión.
- Crear las condiciones para incrementar las exportaciones de productos que respondan a las exigencias del mercado internacional.
- Facilitar el comercio nacional e internacional, eliminando las barreras técnicas.
- Propiciar la protección a los consumidores, la seguridad y salud de las personas y la protección ambiental.
- Permitir la comprensión mutua y la uniformidad de las mediciones.

El conocimiento de productores y comercializadores sobre las regulaciones y controles de los mercados, así como las demandas de los consumidores, requiere de capacitación, con el objetivo de lograr la inserción exitosa en los mercados internacionales (Sánchez, 2017).

10.5.1. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DEL COMERCIO (OMC)

El surgimiento de la Organización Mundial del Comercio, en 1994, ha tenido como consecuencia una mayor apertura del mercado internacional de alimentos, ya que las barreras arancelarias se sustituyen por Obstáculos Técnicos al Comercio, que se basan en la elaboración de normas y sistemas internacionales de evaluación de la conformidad, tomando en consideración que no debe impedirse a ningún país la adopción de las medidas necesarias para:

- La protección de sus intereses esenciales en materia de seguridad.
- Asegurar la calidad de sus exportaciones.
- La protección de la salud y la vida de las personas y de los animales o la preservación de los vegetales.

- La protección del medio ambiente.
- Adoptar los niveles de seguridad que considere pertinentes, siempre que estén científicamente justificados (Cañet *et al.*, 2002).

Los Acuerdos de la Organización Mundial del Comercio constituyen el fundamento del sistema internacional del comercio para la mayoría de las naciones mercantiles del mundo. Fueron resultado de la Ronda de Uruguay de negociaciones comerciales bajo los auspicios del GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio). Dentro de los acuerdos referidos a bienes, adoptados por la mayoría de los países agrícolas, se encuentran: Agricultura, Medidas Sanitarias y Fitosanitarias, Obstáculos Técnicos al Comercio, Inspección previa a la expedición, Normas de origen, Trámites de licencias de importación, Subvenciones y Medidas compensatorias de salvaguarda (Sánchez, 2017).

El Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC), abarca las normas y requisitos técnicos (aplicables a todos los productos) sobre etiquetado, disposiciones de calidad, requisitos nutricionales y métodos de análisis y muestreo (Luna Martínez, 2013).

El Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias (MSF), comprende los aspectos relativos a la sanidad y a la inocuidad de los alimentos comercializados y a las disposiciones de la Comisión del *Codex Alimentarius*, reconocidas en este acuerdo, entre ellos los límites máximos para utilizar aditivos alimentarios, residuos de plaguicidas y medicamentos veterinarios, de contaminantes, y requisitos de higiene (Sánchez, 2017).

10.5.2. CODEX ALIMENTARIUS

El *Codex Alimentarius* (significa «legislación alimentaria» o «código alimentario»), es punto de referencia mundial para productores, procesadores, comerciantes, expertos en alimentos y consumidores, así como para organismos nacionales encargados del control de los alimentos y el comercio alimentario internacional. Es un órgano auxiliar de la FAO y la OMS establecido conjuntamente por las dos organizaciones internacionales. Es intergubernamental y participan en él alrededor de 189 países miembros, cuya finalidad es proteger la salud de los consumidores y asegurar la aplicación de prácticas equitativas en el comercio de alimentos facilitando el mismo al proporcionar normas que garantizan la inocuidad de los alimentos (Pérez Acosta, *et al.*, 2013).

La OMC reconoce en el Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio que «*las normas, directrices y recomendaciones del Codex son puntos de referencia para facilitar el comercio internacional y resolver las diferencias comerciales con arreglo al derecho internacional*» (OMS– FAO 2007).

Cada país tiene una entidad que se ocupa del trabajo nacional del *Codex*; en Cuba es la Oficina Nacional de Normalización. Esta es el punto de contacto de la Comisión del *Codex Alimentarius* con el país. Tiene, entre sus funciones, las de recibir, distribuir y enviar hacia los Comités Técnicos de Normalización (CTN) y ministerios correspondientes la documentación circulada por este organismo internacional (Medina–Pérez y Cintas–Rodríguez, 2013).

El mango se encuentra dentro de los productos con normas *Codex* de Especificaciones para frutas frescas, cuyo Comité lo preside México; la de jugos y néctares para frutas y hortalizas procesados, que lo preside Brasil; y la de Higiene de los Alimentos, presidido por los Estados Unidos de América (EUA).

Estas normas son las siguientes:

- CODEX STAN 184 – 1993, Norma del *Codex* para el Mango. Especificaciones.
- CODEX STAN 247 – 2004. Norma General del *Codex* para Zumos (Jugos) y Néctares de Frutas y Hortalizas.
- Comité del CODEX sobre Frutas y Hortalizas elaboradas. 2004. Anteproyecto de Norma del CODEX para las Compotas, Jaleas y Mermeladas. CX/PFV 04/22/4.
- CAC/RCP 44 – 1995, Emd 1– 2004. Código Internacional recomendado de Prácticas para el Envasado y Transporte de Frutas y Hortalizas frescas.
- CAC/RCP 53 – 2003. Código de Prácticas de Higiene para las Frutas y Hortalizas Frescas.

10.5.3. REGULACIONES TÉCNICAS NO ARANCELARIAS DE LOS MERCADOS DE LA UNIÓN EUROPEA, ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA, CANADÁ, CHINA

Unión Europea (UE)

Se fundó mediante el Tratado de Roma, el 25 de marzo de 1957. Luego de paulatinas adhesiones, desde el 1 de enero del 2007, la UE está integrada por 28 países miembros, con cerca de 495 millones de consumidores, lo que representa la tercera población mundial en orden de importancia después de China e India. Aunque la UE representa solamente el 7 % de la población mundial, sus intercambios comerciales con el resto del mundo constituyen aproximadamente una quinta parte de las importaciones y exportaciones mundiales (Sánchez, 2017).

La estrategia de seguridad alimentaria de la UE consta de tres elementos fundamentales:

- Una normativa sobre seguridad de los alimentos y piensos.
- Un sólido asesoramiento científico que proporciona sustento a las decisiones.
- La aplicación de la normativa y el control de su cumplimiento.

El marco legal ha sido publicado en el Libro Blanco de Seguridad Alimentaria, del 12 de enero del 2000. A nivel institucional, son cuatro los órganos que se ocupan de la seguridad alimentaria. La Dirección General de la Salud y Protección de los Consumidores (SANCO), la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), el Comité permanente de la Cadena Alimentaria y de Sanidad Animal, la Oficina Alimentaria y Veterinaria (OAV).

Para la exportación de frutas y hortalizas a la Unión Europea se deben considerar las regulaciones que se relacionan a continuación (Sánchez, 2017):

- Directiva 2000/29/CE, de 8 de mayo de 2000. Abarca las plantas vivas y las partes vivas de las plantas, en especial, las que no se hayan sometido a congelación, los tubérculos, las flores cortadas, los árboles y las ramas con follaje, las hojas, el polen vivo y las semillas destinadas a la plantación. Estos productos, originarios de terceros países, están sujetos a controles de identidad y fitosanitarios en el punto de entrada a la Comunidad o en un lugar cercano a este último, para evitar la entrada de productos nocivos.
- Directiva 94/35 EEC sobre edulcorantes.
- Directiva 94/36 EEC sobre colorantes.
- Directiva 95/2 EEC sobre otros aditivos no edulcorantes o colorantes con modificaciones posteriores.
- Reglamento (CE). No. 852/2004. Estable los requerimientos relevantes en materia de higiene: el cumplimiento de las normas generales de higiene por parte de los operarios en la producción primaria y en las etapas posteriores, el monitoreo de la inocuidad de productos y procesos y los requisitos de temperatura, cadena de frío y criterios microbiológicos para ciertos productos.
- Reglamento (CE) No. 396/2005. Marco general referido a la presencia de plaguicidas en alimentos el cual fija las cantidades máximas autorizadas de residuos de plaguicidas que pueden encontrarse en los productos de origen animal o vegetal destinados al consumo humano o animal. El contenido máximo de residuos de plaguicidas en los alimentos se sitúa en 0,01mg/kg, solo cuando las sustancias activas de los productos fitosanitarios figuren en la lista del anexo 1 de la Directiva 91/414/ CEE, los que no presentan riesgos para la salud humana o animal ni para el medio ambiente. Esta Directiva está vinculada a los siguientes Reglamentos:
 - Reglamento 839/2008. Establece Límites Máximos de Residuos (LMR) de sustancias activas.
 - Reglamento 299/2008. Cambia las competencias atribuidas a la Comisión sobre los LMR.
 - Reglamento 260/2008. Combinación de sustancias activas y productos como excepción en el tratamiento de fumigación a partir de la cosecha.
 - Reglamento 149/2008. Cambios en los LMR de sustancias con modificaciones que analiza alimentos y piensos a los que se establecen los LMR.
 - Reglamento (CE) No. 315/93. Regula los contenidos de contaminantes aceptados en los productos y los mantiene en los niveles más bajos posibles.

- Reglamento (CE) No. 1881/2006. Fija el contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios. En el caso de productos compuestos o transformados se tomará en cuenta el proceso que haya sufrido.
- Reglamento (CE) No. 1333/2008. Regula todos los aditivos alimentarios incluidos los colorantes y edulcorantes.
- Directiva 2000/13/CE. Se refiere al etiquetado de los aditivos alimentarios, debe cumplir las condiciones generales establecidas en la Directiva y contener la información necesaria para su identificación (nombre, lote, fabricante, entre otros).
- Reglamento (CE) No. 1935/2004. Establece el marco general para los materiales de envasado, incluidos los denominados materiales activos e inteligentes, que están en contacto o destinados a estar en contacto con productos alimenticios. Se considera todo tipo de envases, incluyendo las botellas de plásticos y vidrio, así como tapas, pegamento y las tintas de impresión de las etiquetas. Los envases activos e inteligentes prolongan el tiempo de conservación de los alimentos o proporcionan información sobre su estado con cambios de color.
- Reglamento (CE) No. 2023/2006. Regula la aplicación de las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF), de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos mediante el envasado.
- Reglamento (CE) No. 907/2004 de la Comisión, de 29 de abril de 2004, por el que se modifican las normas de comercialización aplicables a las frutas y hortalizas frescas en lo que atañe a la presentación y el etiquetado.
- Directiva 2000/13/CE y su modificatoria, la Directiva 2008/5/CE establecen los requisitos en materia de etiquetado, presentación y publicidad de los productos alimenticios en general. Son elementos obligatorios del etiquetado:
 - Denominación de venta (nombre del producto).
 - Lista de ingredientes.
 - Cantidad neta.
 - Fecha de duración mínima.
 - Condiciones especiales de conservación y de utilización.
 - Nombre o razón social.
 - Dirección del fabricante o del envasador.
- Normas UNECE. En el mercado europeo actualmente es necesario considerar las normas elaboradas por el Grupo de normalización de productos agrícolas de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (incluye Europa, Canadá, EUA, entre otros). Se armonizan con los trabajos del *Codex Alimentarius*, pero solo abordan los requisitos vinculados a la calidad. Las normas de frutas y hortalizas se clasifican en UNE FFV.

Estados Unidos de América (EUA) y Canadá

Participan en la elaboración de las normas UNECE y de las normas *Codex*. Sus normas nacionales establecen consideraciones específicas sobre calidad e inocuidad y deben cumplir con los requisitos de clasificación por categorías: aplican en normas las regulaciones del *Codex* sobre los productos fitosanitarios y los Límites Máximos de Residuos (LMR). Aplican la Ley sobre Productos Alimenticios y Farmacéuticos (Food and Drugs Adm., FDA en sus siglas en inglés) en ambos países (Sánchez, 2017).

El Departamento de Agricultura tiene establecidos estrictos tratamientos de cuarentena para la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata*) en cítricos, mango y papaya. Los requisitos fundamentales de etiquetado y envasado están recogidos en la Ley sobre Productos Alimenticios y Farmacéuticos (Food and Drugs Adm., FDA).

Como regulaciones para acceder al mercado de los EUA, se requiere aplicar el Procedimiento para el Registro de la FDA, de forma automatizada, así como el Escaneo de la Carga de Exportación.

Otras regulaciones a considerar se relacionan:

- Guía de Requisitos Sanitarios y Fitosanitarios para exportar alimentos a EUA.
- Guía de Etiquetado para exportar alimentos a EUA.

- Ley de Mejora a la Seguridad de productos de consumo en EUA.
- Ley contra el Bioterrorismo de EUA.
- Límite Máximo de Residuos de plaguicidas (LMR).
- Regulación para alimentos empacados de baja acidez y acidificados (LAF/AF).
- Alcances de la nueva Ley de Inocuidad de los alimentos.
- Manual Práctico de Reglas de Origen – Sector Agrícola – Agroindustrial (Sánchez, 2009).

En Canadá, los productos comestibles agrícolas, ya sean frescos o procesados, son regulados por la Agencia de Inspección de alimentos (Canadian Food Inspection Agency, CFIA en sus siglas en inglés), encargada de velar por el cumplimiento de los requisitos de calidad e inocuidad para la importación, la inspección en destino, las normativas fitosanitarias y el reglamento para el envasado y el etiquetado; este último, con información fidedigna respecto a la calidad, la composición y la identificación básica del producto.

El Departamento Federal de la Salud de Canadá (Health Canada Federal Department) es responsable del cumplimiento de los requisitos de salud, seguridad y del etiquetado relativo a salud y nutrición. Se encuentran establecidos indicadores de metales pesados en frutas y hortalizas cuyos residuos afectan la salud y el medio ambiente.

Otros órganos establecen diferentes regulaciones, que pueden ser complementarias

- Ley de inspección de Canadá para productos agrícolas, carne y pescado (Canada Agricultural Products Act, Meat Inspection Act y Fish Inspection Act): regula la calidad y la composición de los productos agroalimentarios.
- Ley sobre Productos Alimenticios y Farmacéuticos (Food and Drugs Adm.): regula los aditivos, conservantes y otras sustancias autorizadas en el caso de productos de alimentación comestibles. Refiere aspectos de envasado y etiquetado.
- Ley de Canadá sobre los productos agrícolas (Canada Agricultural Products Act): regula la categoría de los productos y el tamaño de los envases reglamentarios que se especifican en el Reglamento de Frutas y Legumbres frescas.
- Ley sobre etiquetado y envasado de productos de consumo (Consumer Packaging and Labelling Act). Establece las disposiciones del etiquetado de productos, entre otros aspectos regula el etiquetado bilingüe.
- Sistema Automatizado de Referencias de Importación (Automated Import Reference System, AIRS en siglas). Entrega información actualizada y exacta sobre los requerimientos de importación, origen, destino y uso final
- Buró de Control de Exportaciones e Importaciones (Export and Import Control Bureau), del Ministerio de Comercio Internacional, gestiona y concede los permisos o licencias de estas actividades para la mayoría de los productos sometidos a este tipo de controles, entre ellos, las frutas y vegetales (hortalizas) frescas.
- Agencia Canadiense para la Inspección de Alimentos (en relación con la inocuidad alimentaria) (Sánchez, 2012).

Otros mercados

Otros países regulan la importación de productos mediante requisitos de acceso y las regulaciones sanitarios y fitosanitarios entre ellos: Rusia, China, Emiratos Árabes, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, Perú, Tailandia y Turquía.

10.5.4. DIRECTRICES PARA REGLAMENTAR EL EMBALAJE DE LA MADERA UTILIZADA EN EL MERCADO INTERNACIONAL

Dentro de las medidas fitosanitarias en los mercados internacionales, se une la Norma internacional de Medidas Fitosanitarias No. 15 (NIMF) de la FAO. Estas regulaciones fitosanitarias son de uso obligatorio para los materiales de embalajes y paletas de madera usados en transacciones comerciales a nivel internacional, con el objetivo de eliminar la diseminación de plagas de bosques.

El 2 de enero de 2004 entró en vigor la Norma y la necesidad de certificar el tratamiento, que incluye almacenes de resguardo de la madera tratada y registrada por los órganos de la Sanidad Vegetal (Sánchez, 2017).

10.6. COMERCIALIZACIÓN DE FRUTOS FRESCOS EN EL CONTEXTO SOCIO ECONÓMICO ACTUAL

La comercialización de las frutas frescas constituye una alternativa en cuanto a la diversificación de exportaciones. La demanda de estos productos crece aceleradamente a nivel mundial, con regulaciones técnicas de los mercados que se aplican mediante normas y reglamentos.

Las funciones universales de la comercialización son: comprar, vender, transportar, almacenar, clasificar según las normas, financiar, correr riesgos y mantener la vigilancia tecnológica de mercado. El comercio de los productos agropecuarios y especialmente de las frutas, difiere de otros sectores y ramas de la economía de un país (Puentes, 2014, Sánchez, 2017).

10.6.1. COMERCIALIZACIÓN DE FRUTAS DE MANGO FRESCAS Y PROCESADAS

Uno de los factores esenciales para el desarrollo del sector frutícola en un país productor es la creación de estrategias de comercialización que le permitan adaptarse a la dinámica del mercado y que se fundamenten en el reforzamiento de sus ventajas competitivas y en la disminución de sus debilidades.

Entre los métodos de trabajo, se encuentran los estudios de mercados específicos por cultivo que son importantes para el comercio o que tienen un potencial de crecimiento. Debe tenerse en cuenta el dinamismo actual de los mercados, por lo que deben realizarse estudios de coyuntura de forma permanente. El cambio climático está teniendo también una importancia significativa (Sánchez, 2017).

El mango se considera como el tercer fruto tropical en términos de producción e importación mundial, y se cultiva tanto en los países con clima tropical como subtropical. Al adjudicarle un valor preponderante al mango dentro de los datos registrados y posicionarle un comportamiento similar en el crecimiento de los tres rubros (mango, mangostán y guayaba), las cifras revelan que la producción de la fruta se incrementó en el período 2006 – 2016. De poco más de 33 millones de toneladas (t) producidas en el 2006, el valor en 2010 se elevó a 38,5 millones de toneladas, para una tasa de crecimiento del 16 % en el quinquenio. En el 2016, las producciones mundiales fueron de 46,5 millones, con una tasa de crecimiento, respecto al 2010, de 21 %. Al evaluar la producción de mango por países, predomina el continente asiático.

La India tiene un liderazgo casi absoluto, con volúmenes superiores a los 18 millones de toneladas anuales, que representan alrededor del 50 % de la producción mundial. Le siguen China, Tailandia e Indonesia, con valores distantes de la India que no superan los cuatro millones de toneladas por año. En América se destacan las producciones de México y Brasil, entre dos y tres millones. Es importante destacar que, en el año 2005, Cuba y Haití llegaron a integrar la lista del grupo de los 20 países mayores productores del mundo. Cuba alcanzó una producción de 130 232 t. Esta condición se perdió en el año 2010, pues solo se produjeron 102 793 t y actualmente se encuentra en un rango de 250 000 t – 280 000 t.

El mango se consume principalmente en el mercado en estado fresco, aunque también es utilizado para elaborar diversas presentaciones industriales, como jugos y néctares, los cuales, a su vez, se pueden emplear para hacer mezclas de frutas tropicales, que son preferidas en el mercado europeo. Además, se pueden elaborar rebanadas de mango congeladas, deshidratados de mango (hojuelas de mango), conservas de mangos (puré, mermeladas y almíbar), entre otros productos los cuales se consumen fundamentalmente en el mercado externo (Betancourt *et al.*, 2020).

Exportaciones: el mango se cultiva en climas tropicales y subtropicales, y constituye un producto exportable, como fruta fresca y procesada. Durante el período 2010–2016, México fue el mayor exportador, con valores que oscilaron alrededor de 300 000 t–350 000 t anuales, seguido por Tailandia, Brasil y Perú. India, principal productor, solo exportó alrededor de 50 000 t (menos del 0,3 % de sus producciones totales), destinando la mayor parte de la producción al consumo nacional de fruta fresca y a la transformación industrial. Resulta importante destacar el crecimiento de las exportaciones de Perú en el período 2001–2016. En el año 2001 se exportaron 26 500 t y en 2016, 157 000 t, a una tasa de crecimiento promedio anual de 12,6 %.

Una de las causas del comportamiento del precio radica en la saturación de la oferta en determinados meses. Ello reafirma la necesidad para Cuba de ampliar la estacionalidad para encontrar una ventana comercial que permita vender a un buen precio, lo que podría lograrse con una mayor diversificación de los cultivos y la modernización de las tecnologías de manejo. Con respecto al mango procesado, Asia es la principal zona exportadora, siendo la India el principal exportador de jugos de mango (Betancourt *et al.*, 2020).

Importaciones: dentro de los principales países importadores, Estados Unidos de América (EUA) es el mayor importador de fruta fresca, mercado de difícil acceso a las producciones cubanas por las restricciones del bloqueo económico y comercial de este país hacia Cuba. No obstante, Holanda constituye el mercado más importante en la Unión Europea y es el destino más significativo para las exportaciones peruanas y brasileñas. Otro mercado que pudiera ser de interés para Cuba es la República Popular China, pues, aunque se encuentra entre los mayores productores del mundo, es un gran importador debido a la alta tasa demográfica que posee. De igual forma, Canadá representa un mercado potencial por su cercanía a Cuba y los estrechos vínculos comerciales.

Por lo general, los flujos de importación están en correspondencia con la temporalidad de los países mayores productores, los cuales se intensifican entre marzo y agosto. Este período coincide con el de mayor producción de los proveedores más importantes, como India, Pakistán, Tailandia y México. No obstante, los países europeos concentran sus importaciones entre octubre y mayo, período fuera de la temporada de la producción frutícola europea (UNCTAD, 2016).

Estados Unidos de América también es un importante importador de productos procesados del mango, principalmente en forma de pasta, puré y deshidratados. Los principales proveedores son: México, Tailandia, India, Filipinas y Ecuador. Las importaciones tienen dos destinos: el consumo interno y la reexportación a Canadá. En cambio, los Países Bajos reexportan a otros países de la Unión Europea (UNCTAD, 2016).

Hong Kong ha sido el país que ha pagado los mayores precios para importar, entre los diez analizados (1 200 USD/t–1 400 USD/t), aunque ha logrado menos de 800 USD/t a partir de 2014. Otros países que han pagado más de la media internacional han sido Emiratos Árabes Unidos (EAU), Estados Unidos de América, Holanda y Canadá, en el 2016 (Betancourt *et al.*, 2020).

La estrategia de comercialización debe privilegiar las acciones que garanticen el cumplimiento de los acuerdos y las regulaciones de los mercados de destino y los clientes, además de seguir de cerca las novedades del sector. De ello dependerá la competitividad empresarial en el dinámico escenario actual del mercado internacional (Sánchez, 2017).

10.6.2. EXPORTACIÓN DEL MANGO EN CUBA

Cuba cuenta con las condiciones climáticas favorables para el desarrollo de plantaciones comerciales, y extensas áreas dedicadas al cultivo del mango, caracterizadas por altos volúmenes de producción, que cubren las expectativas del mercado tanto nacional como internacional para la comercialización de forma puntual, a través de varias entidades del Grupo Agrícola (GAG) del MINAG, de frutas frescas y de pulpa aséptica de excelente calidad, de diferentes regiones del país.

Para lograr este propósito dispone de un personal altamente calificado y con conocimiento de los requerimientos del mercado en materia de regulaciones comerciales y normativas nacionales e internacionales que exigen los mismos.

Posee la proyección de incrementar la producción de esta fruta con destino al mercado interno para satisfacer la creciente demanda de la industria turística, diversificar las exportaciones y sustituir importaciones, objetivos concebidos en las estrategias para el desarrollo de los frutales en el país (Mulkay *et al.*, 2018).

Por la relevancia y las posibilidades de exportación que ofrece el mango, se inserta en programas significativos de desarrollo del país, como son: la estrategia para el desarrollo de los frutales, el programa de fincas integrales y el movimiento productivo de cooperativas de frutales. Por otra parte, la

demanda de su pulpa ha crecido en el mercado internacional para la fabricación de productos lácteos (yogures), saborizantes, helados y bizcochería. Si se logra incrementar la calidad de las producciones cubanas pudiera explorarse la posibilidad de ubicar exportaciones de pulpa en mercados internacionales que hoy tienen amplia demanda.

La estacionalidad de este frutal en el país se concentra en los meses en que gran parte de los países de la región no cuentan con dichas producciones para cubrir sus demandas. La disminución de la oferta ofrece una importante oportunidad de mercado para las cosechas cubanas (Betancourt *et al.*, 2020).

10.7. BIBLIOGRAFÍA

- Betancourt, M.; Valdés-Infante, J.; Mulkay, T.; *et al.*, 2020. La cadena de valor del mango en Cuba. Estudio de su situación en cinco municipios de las provincias de Artemisa y Santiago de Cuba. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. La Habana. Cuba. pp. 236.
- Cañet; F. M y S. M, Chaves, 2002: Manual de manejo de Frutas y Vegetales en los Servicios de Nutrición y Proveeduría de los Hospitales. Dirección Técnica de Servicios de Salud, Sección de Nutrición de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). Costa Rica.
- Cruz Trujillo, A. y Acosta Porta, Z., 2013. Inocuidad de los alimentos. Estrategia global. En El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Cuba. pp. 39 – 44.
- FAO. 2003. Manual para Multiplicadores. «Mejoramiento de la calidad e inocuidad de las Frutas y Hortalizas frescas, bajo un enfoque práctico». Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias. Roma, pp. 10 – 35.
- FAO. 2007. Tendencias de las políticas sanitarias y fitosanitarias que han afectado el comercio de los cítricos a lo largo del período 1995 – 2005. CCP. CI 07/3. Ed. Roma Reunión 14 del Grupo Intergubernamental sobre Frutos Cítricos. Roma.
- FAO–OMS. 2007. Análisis de riesgos relativos a la inocuidad de los alimentos. Guía para las autoridades nacionales de inocuidad de los alimentos. Estudio FAO. Alimentación y Nutrición 87. Roma ISSN 0138 – 3118, pp. 108.
- Gómez Moldón, J., R. Clavijo Izquierdo, C. M. Sánchez García, P. Gavilanes, 2015. Manual de Buenas Prácticas en la producción de frutas orgánicas frescas y procesadas. Proyecto de Apoyo a una Producción Agrícola Sostenible en Cuba (PAAS). Cuba. ISBN: 978–959–7210–88–7. pp. 36.
- Landa Martínez, J., 2010: Primer seminario Internacional de Buenas Prácticas Agrícolas. Buenos Aires. Argentina, pp. 16. (Consulta 2014).
- Luna Martínez M.V. Soporte Legal de la Seguridad Alimentaria. 2013. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–7136–93–4. pp. 44.
- Mañes V y J. V Martínez. 2007. La importancia de la calidad en la comercialización de los frutos cítricos en fresco. El control de calidad en la Unión Europea. Memorias II Simpa. Inter. Fruticultura Tropical y Subtropical. Cuba. ISBN 978–959–296 001–5. pp. 12.
- Medina Pérez, J. F y N. Cintas Rodríguez, 2013. Beneficios para los gobiernos nacionales. El Comité Nacional del Codex. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–7136–93–4. pp. 98.
- Mulkay Vitón, T., M. Suárez Niles y A. Paumier Jiménez, 2018. Requerimientos para la cosecha y Poscosecha de frutas de Guayaba (*Psidium guajava* L.) con destino al mercado en fresco. *Citrifrut* 35 (1)ene–jun: 52 – 60. ISSN: 1607–5072.
- Pérez Acosta, M., L. Pérez Méndez e I. Urquiaga Mergarejo. 2013. Introducción al análisis de riesgos. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–7136–93–4. pp. 15.

Puente Nápoles, J., 2014. La comercialización en Cuba. Ed. MINAG. Cuba p.108. ISBN 978–959–285–025–5.

Puñales Sosa, O. y V. Leyva Castillo. 2013. Situación de las enfermedades transmitidas por alimentos. El Análisis de Riesgos como base de los Sistemas de Inocuidad de los alimentos. Ed. CGDC/FAO, Cuba. ISBN: 978–959–7136–93–4. pp. 63–64.

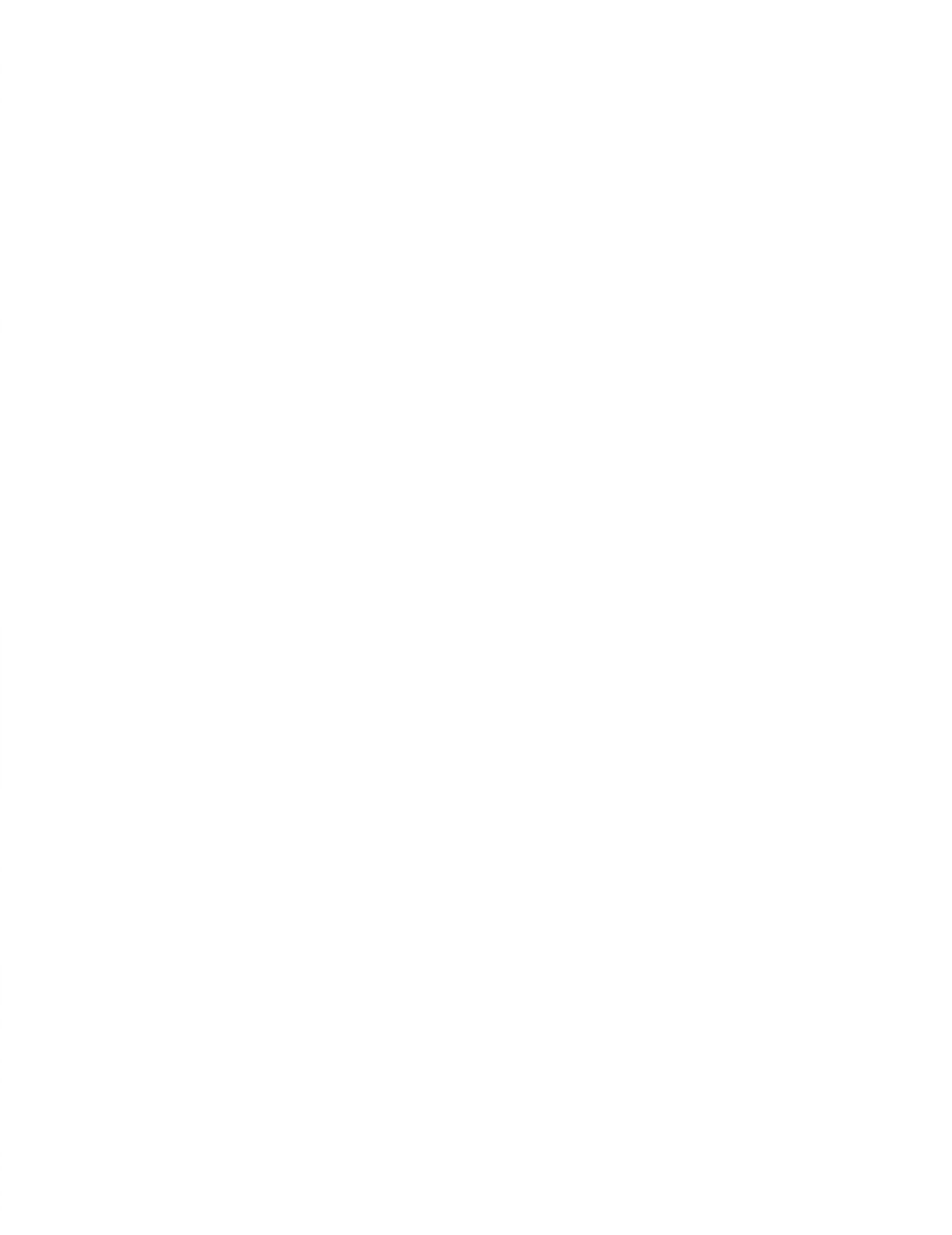
Ramos V. 2002. Monografía. Exportación del mango Agricultura y Ganadería. Perú.

Sánchez García, C. D. 2012. Curso Internacional. Conferencia: Certificación, Mercado y Comercialización de los Frutales Tropicales ((mango, papaya, guayaba y aguacate).

Sánchez García, C. D., G. Selema de la Morena, Z. M. Acosta Porta, Y. Deus Montes. 2014. «Manual Buenas Prácticas Agrícolas para Frutas Frescas». Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, La Habana, Cuba, pp. 103.

Sánchez García, C. D., 2017. Mercado y Comercialización de Cítricos. *Citrifrut* 34 (2): 3–13.

Vinci, M., A. Fernández, M. Mirelis, V. Antúnez, M. Ferrer, M. Pacheco, Y. Landa, B. A. Cruz, M. A. Fernández, 2014. Hacia gestión con enfoque de cadena. Conceptos básicos e instrucciones para el diagnóstico. Cuba. ISBN 978–959–296–038–1. pp. 55.





El presente libro aborda los resultados del país y referencias de la literatura científica internacional en temáticas relacionadas con las generalidades del cultivo del mango. Presenta elementos clave como recursos fitogenéticos y mejoramiento, fisiología y su relación con el clima, manejo de las plantaciones, plagas y enfermedades y sus métodos de control, cosecha y beneficio de las frutas, así como los requerimientos para su comercialización hacia los diferentes mercados.

Contribuye a la preparación del personal productivo, con vistas a la mejora de los rendimientos y volúmenes de producción para el consumo en fresco y de frutas procesadas. A su vez, constituye un material de consulta para docentes y estudiantes interesados en elevar sus conocimientos sobre este frutal y también para investigadores motivados en dar solución a las principales problemáticas que hoy limitan su desarrollo.

Forma parte de una serie de folletos elaborados por el Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical (IIFT) con el apoyo del proyecto Agrofrutales para contribuir a la mejora de las capacidades en la agrotecnia de los cultivos, la reducción de las pérdidas y la agregación de valor.

ISBN: 978-959-296-068-8

