



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**



**FACULTAD DE QUÍMICA**

**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y POSGRADO EN ALIMENTOS**

**REPORTE FINAL DE PROYECTO**

Estado del arte del manejo pos cosecha del mango cv 'Manila'.

**PRESENTADO POR**

**DR. EDMUNDO MERCADO SILVA**

**PARA**

**THE NATIONAL MANGO BOARD**

**Enero 2012**

## INDICE

1. Resumen ejecutivo
2. Objetivos propuestos
3. Desarrollo de los trabajos
  - 3.1 Características generales del mango cv 'Manila'
  - 3.2 Áreas y volúmenes de producción de mango 'Manila' en México
  - 3.3 Estado de las Investigaciones en mango 'Manila'
    - 3.3.1 Investigaciones precosecha
      - 3.3.1.1 Uso de Inductores de floración y reguladores de crecimiento
    - 3.3.2 Estudios en fisiología y tecnología pos cosecha
      - 3.3.2.1 Índices de cosecha
      - 3.3.2.2 Fisiología de la maduración
      - 3.3.2.3 Control de la maduración
      - 3.3.2.4 Almacenamiento refrigerado
        - 3.3.2.4.1 Tratamientos para reducir daños por frío
      - 3.3.2.5 Atmósferas controladas y recubrimientos
      - 3.3.2.6 Tratamientos cuarentenarios
      - 3.3.2.7 Control de antracnosis
      - 3.3.2.8 Mango 'Manila' mínimamente procesado
      - 3.3.2.9 El mango 'Manila' como alimento funcional
      - 3.3.2.10 Productos procesados
4. Trabajos de investigación para mejorar el manejo poscosecha de mango 'Manila'
5. Literatura citada
6. Personal participante

## **1. Resumen ejecutivo**

El mango 'Manila' de México, fue traído desde las Filipinas a través de los navegantes españoles durante el siglo XVI. En el 2010, esta variedad ocupó el segundo lugar en la producción nacional (322 490 ton en 39 103 has) y aunque tiene alta calidad sensorial, su participación en la exportación es mínima debido a su alta susceptibilidad al tratamiento hidrotérmico y limitada vida pos cosecha. La investigación en esta variedad es muy amplia e incluye aspectos de generación de variedades, manejo del cultivo, tecnología pos cosecha y estudios de biología molecular de la maduración. Se consultaron los resultados de investigación de 14 centros de investigación mexicanos que han generado 64 trabajos publicados, 13 trabajos in extenso presentados en diferentes foros, 17 tesis de diferentes grados académicos y 13 páginas electrónicas.

Dado el interés que existe por mantener una producción estable y preferentemente fuera de temporada, es frecuente el uso de inductores de floración y reguladores de crecimiento lo cual puede tener implicaciones en la calidad del fruto y en la producción futura de este fruto. Por ello esta revisión incluye el aspecto de producción forzada de frutos en precosecha y la tecnología pos cosecha aplicada a esta variedad.

Los rendimientos por hectárea muestran fluctuaciones anuales que indican alternancia en la producción y señalan un comportamiento bianual del árbol, lo cual tiene importancia en las respuestas hacia las prácticas de cultivo y su impacto en los volúmenes esperados de producción. El uso de reguladores de crecimiento como el paclobutrazol (PBZ) o Cultar y las aspersiones de inductores de floración como  $\text{KNO}_3$  o  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  son prácticas comunes en las diferentes regiones productoras de mango en México; éstos se emplean para regular la producción y producir fruta fuera de temporada. No obstante, estas prácticas pueden generar estrés metabólico que podría afectar el desarrollo de la planta, la producción, el desarrollo del fruto y su calidad. Dada la naturaleza bianual del mango las investigaciones hasta ahora realizadas no tienen respuestas generales respecto de qué está ocurriendo en la fisiología de los árboles en las plantaciones sujetas al

uso anual de inductores de floración y PBZ. Es posible que ésta sea una causa de los descensos en las producciones de mango de varias zonas de producción y no se sabe en qué forma este factor está asociado al cambio climático. Por ello parece importante que estos campos de investigación deban ser atendidos.

El mango 'Manila' es de naturaleza poliembriónica y posee una actividad metabólica más alta que 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt' y tiene diferencias histológicas importantes; su piel y su cutícula son más delgadas, tiene menor número de capas de células epidérmicas e hipodérmicas, con paredes celulares más delgadas; las células de la pulpa son más grandes y por ello su firmeza es menor cuando ocurren los cambios osmóticos durante la maduración, lo que explica su alta susceptibilidad a la marchitez, al daño mecánico y al ataque de patógenos.

Los índices de cosecha utilizados son los mismos que se utilizan para la cosecha de otras variedades (llenado de hombros, color de lenticelas, etc.). Se ha desarrollado una ecuación matemática que permite predecir el desarrollo del fruto en función de las unidades de calor acumuladas y se ha implementado un procedimiento para separar frutos inmaduros de maduros a través de la separación por flotación en una solución de 1% de sal común en agua; este proceso podría ser utilizado cuando se inicia la temporada de cosecha y si se tienen dificultades para seleccionar los frutos por madurez.

El proceso de maduración de mango 'Manila' está parcialmente caracterizado y los estudios para homogeneizar o acelerar su maduración sólo se refieren al uso de carburo de calcio; no hay reportes del uso de inhibidores de la acción del etileno para retrasar el proceso.

Aunque el fruto es climatérico, los cambios de color, el incremento de los sólidos solubles totales y la pérdida de firmeza no se correlacionan con el patrón de respiración de los frutos; los cambios de esos factores se inician varios días antes del pico climatérico de respiración.

En otra variedad poliembriónica, el proceso de maduración inicia 10 días antes de la madurez de cosecha y muestra varios máximos de producción de etileno

durante su desarrollo. Es posible que este conocimiento sea particularmente importante en mango 'Manila' y habría que investigarlo.

Los estudios sobre conservación de mango 'Manila' bajo refrigeración indican que es sensible a las bajas temperaturas, debido a que la temperatura de transición de fase es de 12 °C y por ello debe almacenarse por arriba de dicha temperatura. Considerando que en la exportación se utiliza 10 °C, se puede indicar que el fruto está sometido a estrés de frío y es posible que los daños ocurridos después del tratamiento hidrotérmico sean provocados por las bajas temperaturas de conservación y no necesariamente por el tratamiento hidrotérmico. Es necesario realizar un estudio en que las frutas tratadas hidrotérmicamente (de acuerdo al protocolo APHIS-USDA), se enceren de manera convencional, se conserven a 13°C y se evalúe su vida de anaquel.

Los estudios de aplicación de técnicas para disminuir los daños por frío no han sido eficaces para lograr una vida de anaquel de más de tres semanas, aunque se ha señalado que el tratamiento hidrotérmico podría disminuir ese daño, habría que cambiar la temperatura de conservación o almacenamiento. También sería útil evaluar el uso del metil jasmonato en esta variedad a fin de disminuir la incidencia de daño por frío.

El uso de atmósferas controladas y modificadas con fines de conservación no se ha estudiado; sólo se tienen reportes de su uso como tratamientos insecticidas, donde se ha determinado que esta variedad es sensible a las atmósferas pobres en oxígeno y ricas en dióxido de carbono.

La investigación para controlar la marchitez a través de ceras o películas plásticas es parcial e insuficiente, y no se ha desarrollado un material útil que permita controlar el problema y manipular la fisiología del fruto particularmente después de los tratamientos cuarentenarios.

Los estudios para el control de antracnosis se basan en el uso de fungicidas en pre y pos cosecha, pero se ha investigado el control biológico de la enfermedad a través del uso de cultivos antagónicos al patógeno (*Rhodotorula minuta* y *Bacillus subtilis*) que han logrado disminuir la incidencia de la enfermedad hasta

un 8%. La producción de estos microorganismos se encuentra a escala piloto y se han realizado experimentos en campo en otras variedades; hace falta evaluar su efectividad en esta variedad.

La aplicación del tratamiento hidrotérmico ha generado problemas de calidad del fruto, mientras que los tratamientos con atmósferas insecticidas tienen restricciones fisiológicas y aún no es aceptado por APHIS-USDA.

El tratamiento por irradiación gamma (150 a 600 Gy) es la opción más adecuada y está aceptado por APHIS-USDA; no obstante, es necesario resolver el problema de marchitez de los frutos para lograr una vida de anaquel adecuada.

La capacidad que tiene esta variedad por incrementar su contenido de ácido ascórbico y su capacidad antioxidante después de los tratamientos de irradiación da mayor soporte para resolver el problema de marchitez de este fruto y así ofertar un fruto con mayores propiedades funcionales.

La investigación sobre procesado mínimo es insuficiente y se requiere más investigación para diseñar una tecnología que permita la elaboración de este producto con una calidad aceptable.

Las investigaciones sobre la generación de compuestos funcionales se ha centrado sobre el contenido de carotenoides; no obstante, se han cuantificado incrementos de quercetina, mangiferina e isomangiferina en hojas y corteza de los árboles tratados con PBZ e inductores de floración, pero no se ha cuantificado en la pulpa de los frutos lo cual debe ser evaluado.

Es necesario evaluar con más profundidad la presencia de lectinas en la pulpa del fruto y describir con exactitud sus propiedades funcionales

## **2. Objetivos propuestos**

Recopilar la información científica realizada en el campo de la tecnología pos cosecha de mango cv 'Manila'.

Definir posibles líneas o trabajos específicos de investigación para mejorar el manejo pos cosecha de esta variedad.

### **3. Desarrollo de los trabajos**

La recopilación de la información científica generada en diferentes instituciones de investigación de México con mango 'Manila' se realizó a través de consultas de las publicaciones formales realizadas, tesis de grado, entrevistas personales y bancos de información electrónicos. También se realizaron visitas a diferentes centros de investigación como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Colegio de Posgraduados de Chapingo, Universidad Autónoma de Chapingo, Universidad Autónoma Metropolitana, Universidad Veracruzana, Instituto Tecnológico de Veracruz, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo de Hermosillo Sonora y de Culiacán Sinaloa, Facultad de Estudios Superiores de la UNAM Campus Cuautitlán México, Centro de Estudios Avanzados del IPN Unidad Irapuato, Instituto de Biotecnología de la UNAM, Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Autónoma de Querétaro, así mismo se consultaron los planes de desarrollo agropecuarios de los estados de Veracruz, Guerrero, Nayarit y Chiapas generados por sus respectivas Secretarías de Agricultura Estatales. La recopilación incluyó 64 trabajos publicados, 13 trabajos *in extenso* presentados en diferentes foros, así como 17 trabajos de tesis de diferentes grados académicos y 13 sitios web electrónicos. La información se agrupó en dos secciones; investigación en pre cosecha e investigación en pos cosecha.

#### **3.1 Características generales del mango 'Manila'**

El mango (*Mangifera indica* L.) se reconoce como uno de los frutos tropicales más finos del mundo; su cultivo data desde hace más de 6,000 años, y por ello se considera como uno de los cultivos frutícolas más antiguos (Mukerge y Litz 2009). La preferencia en su consumo se debe a sus atributos sensoriales como olor, sabor y sus propiedades nutricionales.

Mukerge y Litz (2009) indicaron que el mango 'Manila' producido en México puede tener origen filipino, dado que previo a la conquista de América ya existía, en ese país, el cultivo de mango de variedades indochinas desde donde fue traído

a nuestro continente a través de los viajes de los navegantes portugueses y españoles al nuevo mundo (Morton, 1987; Anónimo, 1996). De acuerdo a Mukerge y Litz (2009), la naturaleza poli embriónica de esta variedad y su gran similitud con la variedad 'Carabao' parecen demostrar dicho origen.

También la Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria del Gobierno del Estado de Veracruz (Coveca, 2011) ubica al mango 'Manila' dentro del grupo de variedades indochinas y filipinas, que se caracterizan por su semilla poli embriónica, sabor dulce, de poca fibra y bajo sabor a resina.

Las diferencias o similitudes entre variedades de mango, se establecen por el uso de descriptores que permiten caracterizarlas; Knight *et al.*, (2009) hicieron un resumen de esos descriptores que toman en cuenta las características de la planta, la hoja, la flor, el fruto y la semilla; y con ellos hicieron una descripción amplia de gran número de las variedades de mango actuales. Para cada una de esas características, se toman en cuenta diferentes aspectos por ejemplo:

Planta: hábito de crecimiento y altura del árbol;

- Hoja: forma, longitud, ancho y color de la hoja joven
- Inflorescencia: posición, forma, densidad de flores, longitud, color, pubescencia, presencia o ausencia de brácteas foliares y % de flores promedio por inflorescencia. También puede incluir el diámetro de la flor en mm, tipo de flor (pentámera, tetrámera o ambos), naturaleza del disco (hinchado, más ancho o más estrecho que el ovario) y número de estambres.
- Fruto: longitud, ancho y espesor; peso, forma y color de la piel; espesor de la piel; textura; relación pulpa piel y hueso; textura de la pulpa; adherencia de la piel a la pulpa; cantidad y longitud de fibra en la pulpa; inserción del tallo o pedúnculo.

- Semilla: mono embriónica o poliembriónica; longitud, peso, venas, patrón de distribución de las venas; presencia o ausencia de fibras y longitud.

También toman en cuenta el periodo de maduración, la productividad del árbol, la susceptibilidad al estrés, plagas y enfermedades, así como la calidad comestible y apariencia del fruto. Los criterios genéticos permiten ubicar de manera precisa las relaciones entre las diferentes variedades mediante el uso de marcadores moleculares, caracteres citológicos y genes específicos.

En función de estos descriptores las características de la variedad 'Manila' son las siguientes (Knight *et al.*, 2009):

Árbol grande vigoroso, con canopia abierta; fruto amarillo brillante, algunas veces con ligeros chapetes rosas, o con manchas rojizas muy pequeñas; es largo y plano, con la base redondeada, con un ápice redondo algunas veces con un pequeño pico (Figura 1a). De 15 a 14 cm de longitud, 5.5 a 6 cm de ancho y 5 - 5.5 cm de grueso con un peso que fluctúa entre 180 a 260 g; piel delgada y ligeramente dura y fácilmente desprendible; pulpa jugosa y de firmeza media; con poca o abundante fibra, de color amarillo profundo cuando está maduro, de sabor rico y placentero, con calidad comestible que varía desde buena a muy buena. Su semilla es poli embriónica, medio gruesa y leñosa. Su época de maduración es temprana a media y tiene cosecha estable.

Dado el origen filipino del mango 'Manila', se añade la descripción que estos autores hacen de la variedad 'Carabao' producida en Filipinas. Esta tiene un porte del árbol similar con frutos de color verde a amarillo brillante, largos y aplanados de 11 a 13 cm de largo; 6.5 a 7 cm de ancho y 6 a 6.5 cm de espesor (Figura 1B). Su peso fluctúa entre 270 a 440 g, su piel también es delgada y fácilmente desprendible, libre de fibra. Su semilla también es poli embriónica de maduración temprana y actualmente es una de las variedades más importantes en el comercio entre Filipinas y Japón y el interés comercial a los Estados Unidos está aumentando.

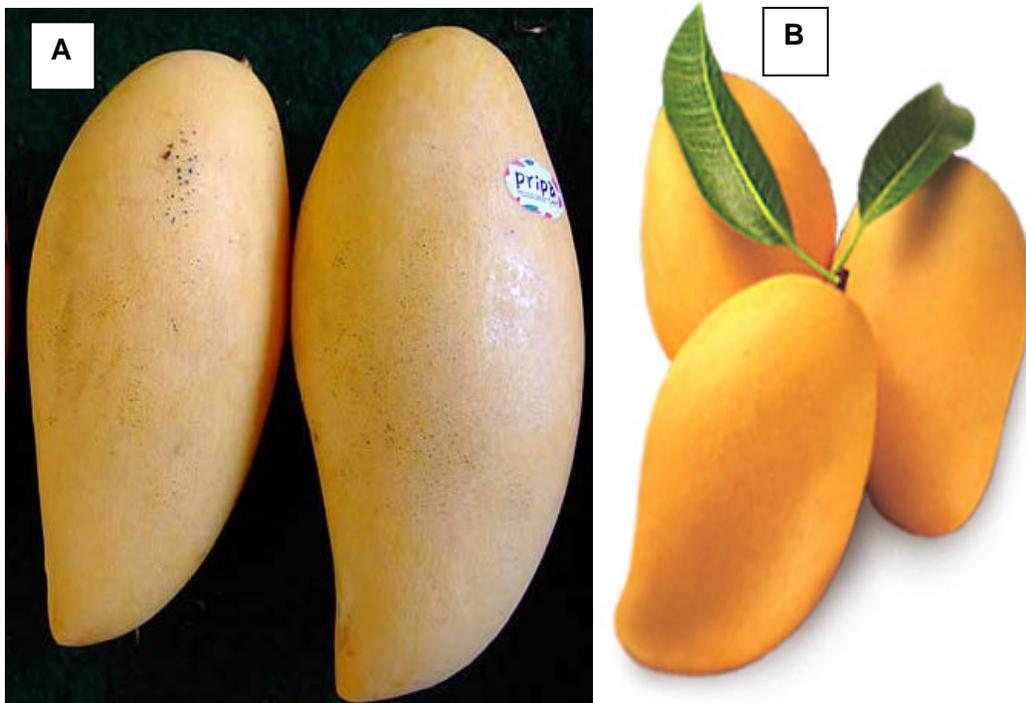


Figura 1. Características visuales del Mango 'Manila' (A) y 'Carabao' (B).

No obstante, los descriptores señalados por Knight *et al.*, (2009), el peso de los frutos suele ser más amplio y puede variar desde 120 a 350 g, por lo que a nivel comercial puede empacarse en cajas de cartón corrugado de 4 Kg en calibres 12, 14, 16, 18, 20, 22 y 24.

En la literatura consultada; existen dos campos experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) que realizan trabajos de selección de diferentes variedades de mango y que han aportado materiales de mangos 'Manila'. Estos campos experimentales se encuentran en Aguaruto, Sinaloa y Cotaxtla, Veracruz.

Los materiales generados en Aguaruto, Sinaloa fueron caracterizados en su composición y calidad por Siller-Cepeda *et al.*, (2009), la variedad 'Manila Rosa' se identificó como de maduración intermedia al igual que el mango 'Tommy Atkins' y 'Kent', no obstante, registró el menor peso de fruto (209 g) del cual el 66% correspondió a la pulpa, 20% a la piel y 14% a la semilla, valores que contrastaron con los mayores pesos de Tommy Atkins (375 g) y Kent (386 g), mayores

porcentajes de pulpa (75-76%) y menores porcentajes de piel (14-15%) y semilla (10%).

En el Campo Experimental de Cotaxtla, Veracruz del INIFAP se han generado variedades de mango 'Manila' cuyas características se describen en la Tabla 1 (De los Santos y Mosqueda 1992). Actualmente, este mismo centro ha liberado los clones 4, 12, 13 y 15 los cuales tienen baja alternancia (menos del 25% respecto de los clones regionales) y mayor producción que podría alcanzar hasta 15.1 ton ha<sup>-1</sup>.

Uno de los problemas en la producción de mango 'Manila' en México es el crecimiento excesivo de los árboles, debido a su alto vigor que provoca cierre de copas y entrecruce de follaje en el campo, lo cual reduce la producción, dificulta y encarece las prácticas de cosecha y control fitosanitario. Diversas investigaciones demuestran que el injerto en patrones enanizantes o en tallos intermedios incrementa su productividad (Sandoval 1987 y García 1992).

El rendimiento promedio de los árboles madre del clon 'Manila Cotaxtla-1' en 20 años es 544 kg/árbol y para el mango 'Manila Cotaxtla-2' es de 503 kg/árbol. Las zonas agrícolas para las cuales se recomiendan estas variedades son aquellas con clima cálido a muy cálido, subhúmedo: Aw<sub>0</sub>-Aw<sub>1</sub> de la clasificación climática de Koeppen; dichas condiciones prevalecen en zonas de Actopan, Apazapan, Jalcomulco, Medellín, Jamapa y Cotaxtla, en Veracruz, México.

Para hacer más rentable el cultivo durante los primeros años de producción (6 a 12 años), se sugiere utilizar una plantación de 8m x 8m, lo cual permitirá tener una densidad de 156 árboles/ha; después de los 12 años de edad, se sugiere cambiar a un sistema de 16m x 8m, y manejar 78 árboles/ha; finalmente, manejar una densidad de 38 árboles, es decir 16 m x16m.

Tabla 1. Descripción de clones de mango ‘Manila Cotaxtla-1’ y ‘Manila Cotaxtla-2’.

Característica	‘Manila Cotaxtla-1’	‘Manila Cotaxtla-2’
<b>Características morfológicas</b>		
Brotos o vástagos	19.3 cm de longitud. 13.6 hojas por brote	21.6 cm de longitud. 10 hojas por brote.
Hojas	Simples, alternas, verde amarillento (cuando nuevas), oblongas lanceoladas, punta acuminada, de 16.2 cm aprox., ancho máximo 4.5 cm, ancho promedio parte central 4.4 cm.	Simples, alternas, verde amarillento (cuando nuevas), oblongas lanceoladas márgenes redondos, punta acuminada, largo 15 cm, ancho máximo 4.5 cm, ancho promedio parte central de 4.4 cm.
Inflorescencia y flores	Panícula terminal cónica, verde pálido, longitud promedio del raquis principal 26 cm con flores numerosas, hermafroditas y masculinas en la misma panícula.	Panícula terminal cónica, verde pálido, numerosas flores hermafroditas y masculinas en la misma panícula.
Fruto	Tamaño mediano, peso promedio de 208 g., madura en color amarillo, cáscara delgada, pulpa amarilla, firme, dulce, buen sabor, y poca fibra.	Tamaño mediano, peso promedio de 207 g., madura en color amarillo, cáscara delgada, pulpa amarilla, firme, dulce, buen sabor, y poca fibra.
Semilla	Poli embriónica	Poli embriónica
<b>Características agronómicas</b>		
Ciclo vegetativo a 1era floración y 1era cosecha	En plantas francas 8 años; en injertadas 6 años.	En plantas francas 8 años, en injertadas 6 años.
Longevidad	Más de 40 años.	Más de 40 años.
Características de crecimiento	<u>Hábito</u> : erecto, vigoroso, copa en forma de domo. <u>Altura promedio</u> : 15.6 m a los 29 años de edad. <u>Épocas de floración</u> : de enero a febrero, ocasionalmente en marzo. <u>Época de cosecha</u> : segunda quincena de mayo a fines de junio.	<u>Hábito</u> : erecto, vigoroso, copa en forma de domo. <u>Altura promedio</u> : 14.6 m a los 29 años de edad. <u>Épocas de floración</u> : de enero a febrero, ocasionalmente en marzo. <u>Época de cosecha</u> : segunda quincena de mayo a fines de junio.

Fuente: De los Santos y Mosqueda (1992).

La propagación debe hacerse por injerto, ya que sólo en esta forma se pueden conservar las características genéticas del árbol madre que le dio origen (Sandoval 1987 y García 1992). Las características del árbol y el fruto de ambos clones se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Características del árbol y del fruto de mango 'Manila Cotaxtla-1' y 'Manila Cotaxtla-2'.

<b>Característica</b>	<b>'Manila Cotlaxta-1'</b>	<b>'Manila Cotlaxta-2'</b>
<b>Árbol</b>		
Edad (años)/ Altura	15/11.9/13.6	15/10.6/13.5
(m)/Copa (m)	25/14.8/17.9	25/13.8/18.0
	29/15.9/18.9	29/14.6/20.0
<b>Fruto</b>		
Sólidos solubles %	17.3	18.3
Largo (cm)	10.1	11.0
Ancho (cm)	5.5	6.3
Grosor (cm)	5.0	5.2
Volumen (cm)	191	200
Peso promedio (g)	208	207
<b>Cáscara</b>		
%	14.0	17.0
<b>Semilla</b>		
%	8.9	10.8

Fuente: De los Santos y Mosqueda (1992).

### 3.2 Áreas y volúmenes de producción

Entre los años 2000 a 2009, la producción de mango en México se incrementó en un 16.3% utilizando una superficie de 184 000.0 hectáreas que produjeron 1 510 000.0 toneladas en el año 2009; en el 2010 la producción se incrementó a 1 630 000.0 toneladas (SIAP SAGARPA 2010) con lo que esta actividad ocupó el

segundo lugar en cuanto a superficie sembrada y el cuarto lugar en volumen de producción frutícola.

Las variedades comerciales más importantes de México son ‘Ataulfo’, ‘Manila’, ‘Haden’, ‘Tommy Atkins’, ‘Kent’ y ‘Keitt’ (Tabla 3). En el 2010, la variedad ‘Manila’ ocupó el segundo lugar en volumen de producción (21.4%), después de la variedad ‘Ataulfo’ (27.8%) (SIAP-SAGARPA, 2010).

Tabla 3. Superficie sembrada y volumen de producción de diferentes variedades de mango en México durante el año 2010.

Variedad	Sup. Sembrada (Miles de ha)	Sup. Cosechada (Miles de ha)	Volumen producción (Miles de Ton) (%)	Valor producción (millones de \$)
‘Ataulfo’	42.56	42.54	430.26 (27.8)	35.53
‘Manila’	39.10	38.88	322.49 (21.4)	86.49
‘Haden’	25.22	22.67	188.05 (12.2)	22.61
‘Tommy Atkins’	21.51	20.01	215.45 (13.9)	95.63
‘Kent’	17.49	15.56	185.08 (12.0)	76.92
‘Keitt’	8.55	8.38	73.73 (4.8)	75.76
Criollos	12.95	12.56	114.05 (7.4)	44.12
Sin clasificar	2.59	2.58	18.40 (1.2)	57.16
<b>Totales</b>	<b>169.97</b>	<b>163.18</b>	<b>1547.51</b>	<b>494.22</b>

La Tabla 4 muestra los principales estados de México con plantaciones de mango ‘Manila’, y la Figura 2 señala la distribución porcentual de los volúmenes de producción de esos estados. El Estado de Veracruz participó con el 56.5% de la superficie sembrada, aunque sólo aportó el 35% de la producción mientras que el estado de Guerrero con el 21% de la superficie sembrada aportó el 41% de la producción; Sinaloa con el 7.5% de la superficie aportó el 6% de la producción y Nayarit con 5.37% de la superficie sembrada aportó el 7% de la producción (SIAP-

SAGARPA, 2010). Estos cinco estados aportaron el 89% de la producción de esta variedad.

Tabla 4. Superficie sembrada de mango cv 'Manila' en México en el 2010. Fuente: SIAP, SAGARPA (2010).

<b>Estado</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Superficie sembrada (%)</b>
Campeche	204.00	0.52
Colima	546.65	1.40
Chiapas	121.00	0.31
Guerrero	8,201.90	20.97
Jalisco	323.50	0.83
México	9.00	0.02
Michoacán	1,088.29	2.78
Nayarit	2,098.80	5.37
Oaxaca	1,321.00	3.38
Sinaloa	2,932.91	7.50
Tabasco	147.00	0.38
Veracruz	22,109.78	56.54
Totales	39 103.83	100

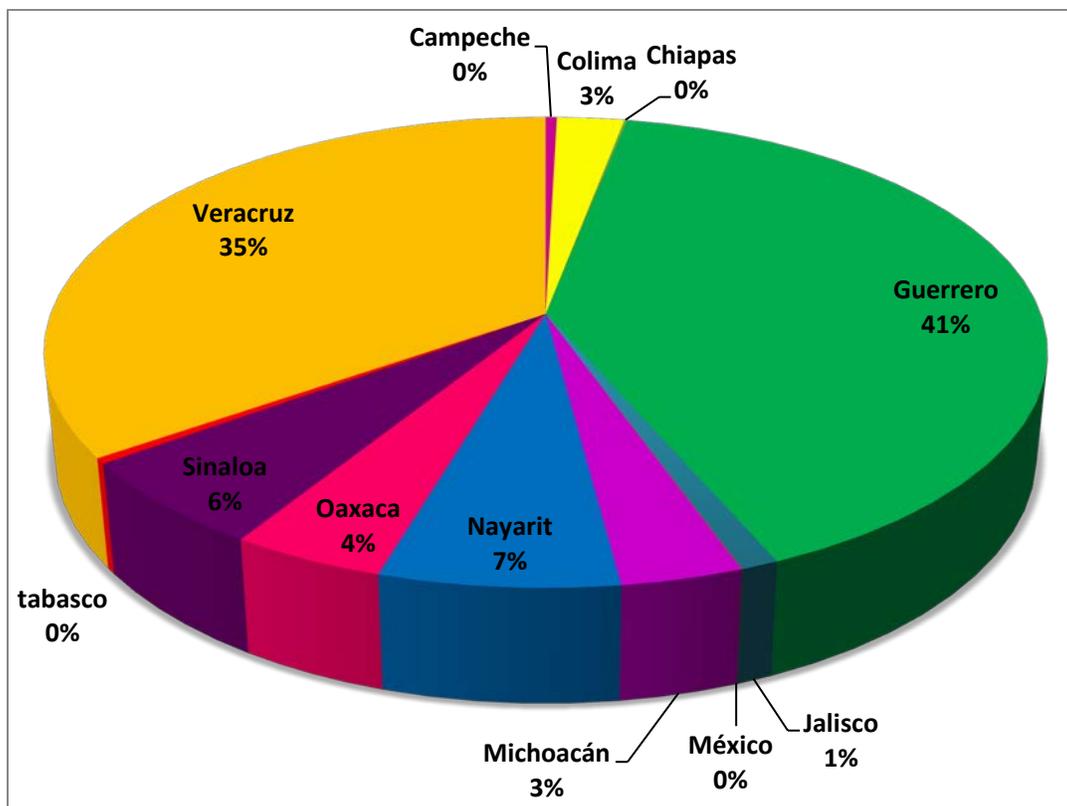


Figura 2. Distribución porcentual de la producción de mango cv 'Manila' en México en el año 2010. Fuente: (SIAP SAGARPA, 2010).

Los datos de Veracruz llaman la atención por ser el Estado con mayor superficie plantada, pero bajo volumen de producción en comparación con el Estado de Guerrero; esto sugiere una menor tecnificación en la producción. Cabrera-Mireles *et al.*, (1996) indicaron que en Veracruz sólo 5 000 hectáreas eran objeto de un manejo tecnificado de la producción lo cual se refleja en los rendimientos por ha de cada uno de esos Estados (Figura 3). De igual forma, para el año 2011, el estado de Veracruz no inscribió huertos dentro del programa nacional de control de mosca de la fruta (<http://www.senasica.gob.mx/?id=893> consulta 28 Nov 2011), lo cual confirma el que no participa en los programas de exportación de este fruto: El plan rector de desarrollo del sistema producto mango del estado de Veracruz señaló que la principal variedad cultivada en ese estado es el 'Manila' y que el 97% de la producción se destina al consumo nacional debido al problema fitosanitario señalado y a la susceptibilidad de esta variedad al tratamiento hidro térmico necesario para la exportación de la fruta (COVECA,

2011). En contraste, los estados de Guerrero, Michoacán y Jalisco se encuentran inscritos en dicho programa con huertos plantados con esta variedad.

El estado de Guerrero cuenta con mejores condiciones para la producción tecnificada (zona de La Costa Grande) y aunque tiene pocos empaques comerciales para la exportación, gran parte de la producción se transporta a los empaques de Michoacán; Aunque el estado de Guerrero fue el primer estado que participó con envíos de mango 'Manila' irradiados a los Estados Unidos.

Certificaciones de calidad. Esta variedad se encuentra clasificada dentro de los Normas de calidad México Calidad Suprema al igual que las variedades 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent', 'Keitt', 'Irwing', 'Sensation' y 'Oro' (México Calidad Suprema, 2005); También se encuentra regulada dentro de la norma oficial mexicana para productos frescos (NOM-129-SCFI-1998).

Un aspecto que señalan los datos históricos de producción, es que los rendimientos por hectárea tienen fluctuaciones anuales (Figura 3). Este aspecto indica alternancia en la producción que puede tener importancia en las respuestas del árbol hacia las prácticas de cultivo y su impacto en los volúmenes esperados de producción.

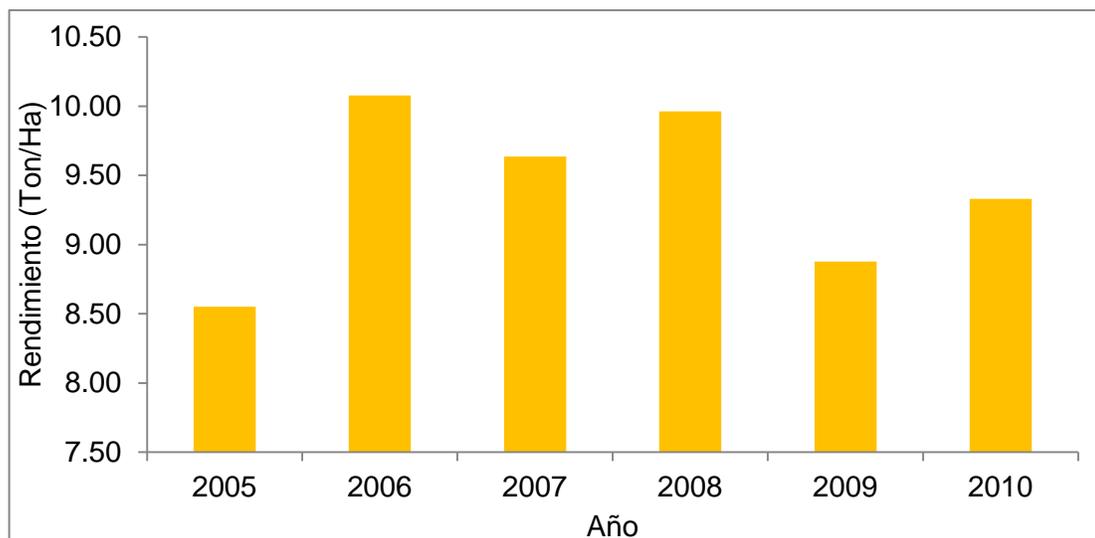


Figura 3. Rendimientos por ha de la producción de mango en México. Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010.

De forma particular, el mango 'Manila' también presenta fluctuaciones en los rendimientos por ha en los dos Estados más importantes en la producción nacional: Veracruz y Guerrero (Figura 4).

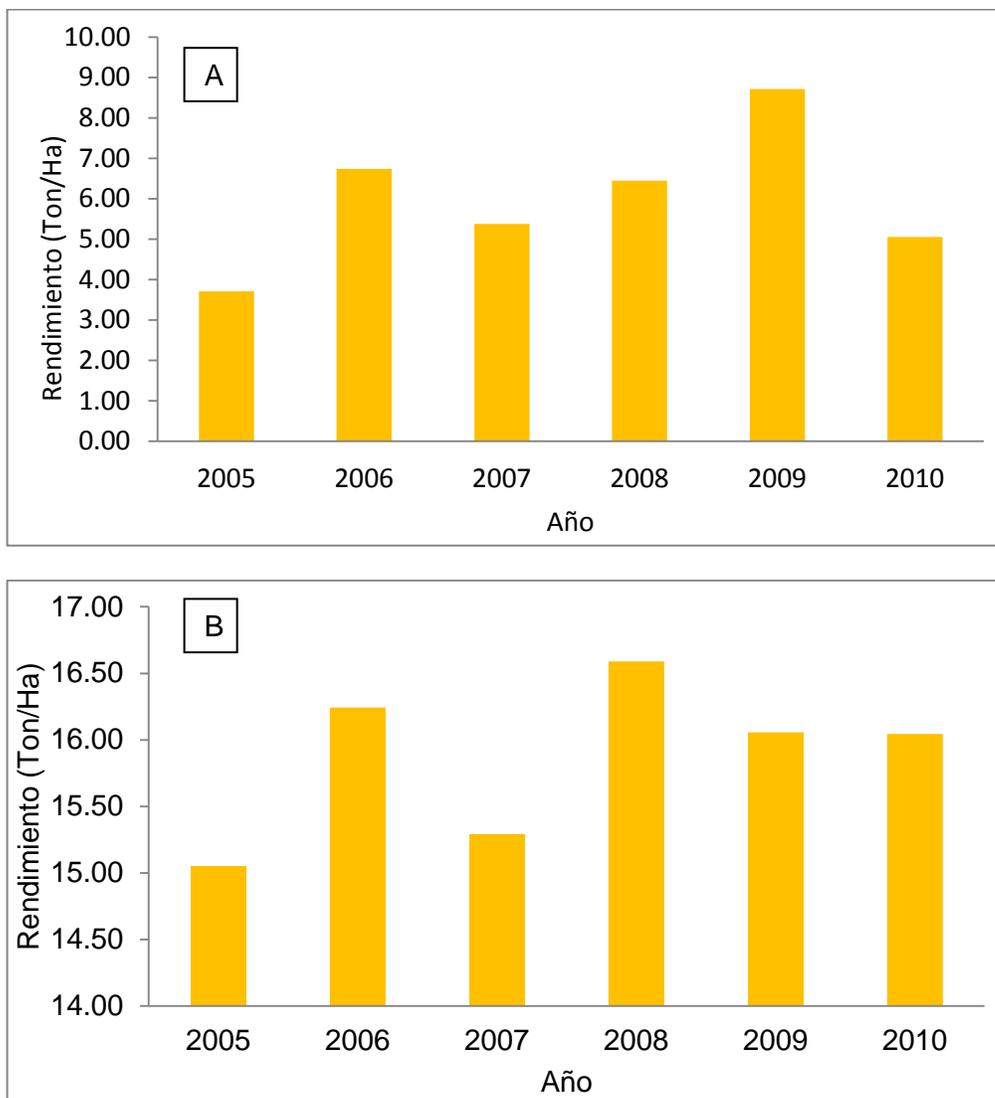


Figura 4. Fluctuaciones en los rendimientos por hectárea de la producción de mango 'Manila' en Veracruz (A) y Guerrero (B). Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010.

### 3.3 Estado de las Investigaciones en mango Manila

Debido a la superficie y volumen de producción de mango 'Manila' en México, diferentes instituciones han realizado investigaciones para aportar conocimiento

en las áreas de producción y manejo pos cosecha. Los objetivos de esos estudios se han centrado en comprender el comportamiento de esta variedad a nivel pre cosecha, donde se ha buscado obtener variedades de baja alternancia y mayor productividad, así como establecer las mejores condiciones para su cultivo y evaluar los efectos de las técnicas aplicadas en el desarrollo y calidad del fruto.

En el área pos cosecha, el objetivo ha sido alargar la vida de anaquel aplicando diferentes tecnologías, así como la búsqueda de tratamientos cuarentenarios que permitan su exportación.

### 3.3.1 Investigaciones en pre cosecha

Aunque el registro de las investigaciones en pre cosecha no fue el objetivo del presente trabajo, las prácticas realizadas en la producción influyen de manera determinante en la calidad del fruto, así como en su comportamiento en su vida pos cosecha. En este ámbito, ha existido un amplio interés en reducir la alternancia y forzar la producción fuera de temporada para lograr mejores beneficios económicos; por ello se ha dado mucho énfasis en investigar el control de la floración y época de cosecha a través del uso de inductores de floración y reguladores de crecimiento. También se han realizado investigaciones para el control de antracnosis en campo como una de las principales enfermedades que atacan a este cultivo.

#### **3.3.1.1 Uso de inductores de floración y reguladores de crecimiento**

El uso de reguladores de crecimiento como el paclobutrazol (PBZ) o Cultar, y las aspersiones de inductores de floración como  $\text{KNO}_3$  o  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  son prácticas comunes en las diferentes regiones productoras de mango en México, éstos se emplean para adelantar las cosechas y producir fruta fuera de temporada.

##### A) Estudios de la aplicación de inductores de floración

En 1985, Nuñez-Elizea, demostró que las aplicaciones de  $\text{KNO}_3$  ( $80 \text{ g L}^{-1}$ ) en arboles de mango 'Manila' duplicaron o triplicaron el número de panículas respecto de los árboles control, así mismo indicó que el amarre de los frutos fue superior aunque su tamaño y calidad no fueron afectados por el tratamiento.

Posteriormente López - Montoya y Mosqueda - Vázquez (1987) para enfrentar la alternancia de la producción de mango 'Manila' en Veracruz y el corto periodo de cosecha que ocasionaba la concentración de la producción y desplome de precios, se plantearon hacer uso de los reguladores de crecimiento y de nitratos para desfasar el periodo de cosecha y obtener producciones fuera de temporada. Por aplicaciones foliares de  $\text{KNO}_3$  (0, 2 y 4%) en conjunto con aplicaciones de  $\text{AgNO}_3$  (0 y 250 ppm), demostraron que el  $\text{KNO}_3$  adelanta la floración y que el  $\text{AgNO}_3$  las inhibe, con lo cual demostraron que el proceso de floración es afectado por la síntesis de etileno. No obstante, a diferencia del trabajo de Nuñez-Elizea (1987), estos autores no lograron una floración mayor que los árboles control.

Rosado - Martínez (1987) estudió el efecto de las aplicaciones de Ethrel (400 a 1000 ppm) y  $\text{KNO}_3$  (0, 1, 2, 4 y 8%) para identificar condiciones que indujeran un adelanto en la floración y mayor número de flores en árboles de mango 'Manila' de Actopan, Veracruz, México. Las aplicaciones de Ethrel a 600 ppm durante tres ocasiones, incrementaron 112% el número de panículas respecto del control; mientras que la aplicación de  $\text{KNO}_3$  al 4%, por dos ocasiones, incrementó el número de panículas en 120% respecto de los tratamientos con Ethrel a 600 ppm. La aplicación doble de  $\text{KNO}_3$  y triple de Ethrel adelantó la floración hasta un mes respecto del grupo control.

Osuna - Enciso (1998) y Osuna - Enciso et al., (2001) aportaron información básica a nivel histológico y bioquímico de los cambios que ocurren durante el proceso de floración natural e inducida por las aplicaciones de  $\text{KNO}_3$  (0, y  $40 \text{ g L}^{-1}$ ),  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (0 y  $20 \text{ g L}^{-1}$ ), Ethrel (0 y  $1 \text{ mL L}^{-1}$ ) y anillado de tallos y su relación con el contenido de almidón y aminoácidos en las yemas de mango durante su inducción floral. Sus estudios se realizaron en árboles cv. 'Manila' de 10 años de edad y cultivados en el Estado de Veracruz. Las aplicaciones de  $\text{KNO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  indujeron una transformación más rápida de yemas vegetativas a reproductoras, mientras que el contenido de almidón en las yemas no mostró relación con el desarrollo reproductivo de las mismas. No obstante, el contenido de aminoácidos totales fue mayor en yemas con iniciación floral, y los menores contenidos se observaron en las yemas vegetativas, señalando que los niveles altos de amino

ácidos están relacionados con la iniciación floral del mango. Las poliaminas estuvieron presentes en la etapa previa a la diferenciación floral y la aspersión de Ethrel estimuló la síntesis de etileno pero no promovió la floración. Adicionalmente, también observaron que un mayor contenido de giberelinas en las yemas disminuyó el porcentaje de yemas florales.

Estos últimos estudios dieron información acerca de cómo los compuestos nitrogenados provocan un adelanto en las fechas de floración y cosecha y como los inhibidores de la síntesis de giberelinas contribuyen a diferenciar yemas vegetativas en yemas reproductoras y en que forma la ruta de las poliaminas y la síntesis de etileno podrían estar asociados con el proceso de diferenciación floral.

Hacia la costa del Pacífico, Salazar-García *et al.*, (2000) aplicaron aspersiones de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (2 y 4%) en árboles de mango 'Manila' y otras variedades cultivadas en huertos comerciales de Nayarit, México para adelantar la floración y cosecha de los mismos. Las aplicaciones cada dos semanas de este compuesto provocaron el adelanto de la floración en 32 y 34 días antes del control para ambas concentraciones estudiadas y un adelanto de la cosecha de 44 días.

Mendoza - Palacios (2001) al aplicar  $\text{KNO}_3$  (3%) y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (1%) en dos fechas distintas para adelantar la floración en mango 'Manila' en Pijijiapan, Chiapas, México, determinó que la aplicación en el mes de Octubre adelantó la floración y el periodo de cosecha en 57 días respecto del testigo, aunque el amarre de frutos no se incrementó, pero el contenido de azúcares en los frutos fue mayor respecto de los frutos testigo.

Aunque en los trabajos señalados se indica la edad de los árboles utilizados en los diferentes estudios, no se informó en que condición de alternancia de producción estaban cuando fueron analizados. Es posible que este factor explique la relativa inconsistencia de datos generados en los reportes.

#### B) Aplicaciones de paclobutrazol

La acción del PBZ se basa en que este compuesto es un inhibidor de la biosíntesis de las giberelinas, lo cual inhibe el crecimiento vegetativo del árbol y se favorece la actividad reproductiva del mismo, de ahí su uso para adelantar

floración, cosecha y producción de frutos. Otro producto comercial de las mismas características es Cultar®, el cual también inhibe la síntesis de giberelinas evitando la oxidación del kaureno a ácido kaurenoico, provocando una disminución del ácido giberélico en los tejidos.

Colón - Candela (2000) al aplicar dosis de 2.5 y 5.0 g de ingrediente activo (i.a.) de PBZ al suelo por árbol, observó el 100% de floración a los 75 días de la aplicación, en comparación con el 34% de los árboles control. La aplicación no afectó la longitud del brote vegetativo o reproductivo, ni los periodos de producción, número de frutos por inflorescencias, ni el peso o la calidad del fruto pero incrementó el rendimiento por hectárea en más del 20% y se promovió la producción de frutos en un año alternante. Este efecto podría explicar la menor alternancia observada en los últimos años.

No obstante esos factores positivos en la producción, es importante anotar que la concentración foliar de K y Mn en árboles tratados disminuyó en la cosecha, en tanto que el N en cáscara, pulpa y jugo del fruto se incrementó con la aplicación de 5 g de PBZ, así mismo, el Mg y Mn aumentaron su concentración en pulpa a esa misma dosis; mientras que el Zn disminuyó. Las extracciones de N del suelo y dirigidas al desarrollo de la piel y pulpa se incrementaron con las aplicaciones de 5g de PBZ. El orden de magnitud de extracción nutrimental promedio fue  $K > N > Ca > Mg > P > Mn > Zn > Cu$ .

Este autor señala que las aplicaciones de PBZ causaron reducción en la longitud de entrenudos y el área transversal del tronco. Estos datos sugieren que si bien se aumentan las producciones de fruto, estas ocurren a costa del estado nutricional de la planta.

Si consideramos que en forma natural la planta de mango es de hábito bianual, los datos del estudio anterior plantean un aspecto importante a investigar, ¿Qué está ocurriendo en la fisiología de los árboles en las plantaciones sujetas al uso anual de inductores de floración y PBZ?, ¿Es posible que ésta sea una causa de los descensos en las producciones de mango de varias zonas de producción?,

¿En qué grado este factor está asociado al cambio climático?. Parece importante que estos campos de investigación deban ser atendidos.

Moreno - Aguilar (2006) investigó los efectos en la producción y calidad de los frutos 'Manila Cotaxtla-1' y 'Manila Cotaxtla-2' por la aplicación de PBZ (0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2 g i.a. por m<sup>2</sup> de copa) y KNO<sub>3</sub> (2 y 4%) en combinación o no de 1.5 g de i.a. de PBZ. La aplicación conjunta de PBZ y KNO<sub>3</sub> en altas dosis adelantó 33 días la floración, aumentó los frutos por árbol y mejoró el rendimiento sin incrementar el número de panículas. La aplicación de PBZ no afectó el contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, relación SST/AT, ni la firmeza de los frutos, aunque advirtió un ligero incremento con las dosis mayores. Respecto al color, los frutos tratados mostraron una coloración amarilla más intensa y la aplicación de éstos no afectó el estatus nutrimental de los árboles. Estos resultados contrastan con lo observado por Colón-Candela (2000), aunque los dos estudios se llevaron a cabo en la misma zona de producción y en ambos se indica la edad de los árboles y como se desarrollaron los experimentos, en este último estudio no se indica el historial de los mismos respecto de su alternancia previa al estudio.

En contraste a lo anterior, Rebolledo-Martínez *et al.*, (2008a) también investigaron los efectos de la aplicación conjunta de PBZ (0 a 2 g de i.a. por árbol) y KNO<sub>3</sub> (2 y 4%) en forma separada o combinada en dos clones de mango 'Manila' del Estado de Veracruz, México. Observando también adelantó de la floración en 53 días, e incremento en el número de panículas, mientras que los frutos de árboles con mayor aplicación de PBZ mostraron mayor contenido de sólidos solubles totales, menor acidez, menor firmeza y mayor pérdida de peso. Estos dos últimos datos señalan dificultades para la vida de anaquel de los frutos.

Pérez-Barraza *et al.*, (2011) basados en reportes que indican que diferentes concentraciones de paclobutrazol (PBZ) adelantan la floración, generan mayor producción y mejor calidad del fruto, aplicaron PBZ (0, 10 y 20 mL por árbol) solo o combinado con 4 % de KNO<sub>3</sub> durante dos ciclos de producción (2008-2009 y 2009-2010) de mango 'Manila' en Nayarit, México. La aplicación conjunta de PBZ + KNO<sub>3</sub>, en la primera temporada, adelantó la floración en 37 días y en 23 días en

la segunda temporada y la intensidad de floración fue 73 y 94% en ambas temporadas, mientras que los controles mostraron 50.6 y 64%, respectivamente. Estos autores explican estas diferencias de resultados debido a la mayor dosis de PBZ utilizada en el primer ciclo.

No obstante, aunque los autores no lo discuten, sus datos del grupo control también mostraron diferente número de días para la floración (66 días para la primera temporada y 43 para la segunda) y también diferente intensidad de floración (50.6% para la primera y 64% para la segunda), desafortunadamente no dieron datos del número de horas-temperatura inductoras de floración para ambas temporadas que ayudaran a explicar las diferencias entre esas temporadas; no obstante, es posible que haya un efecto del hábito bianual y la alternancia natural del cultivo como lo muestra la Figura 5 para el Estado de Nayarit.

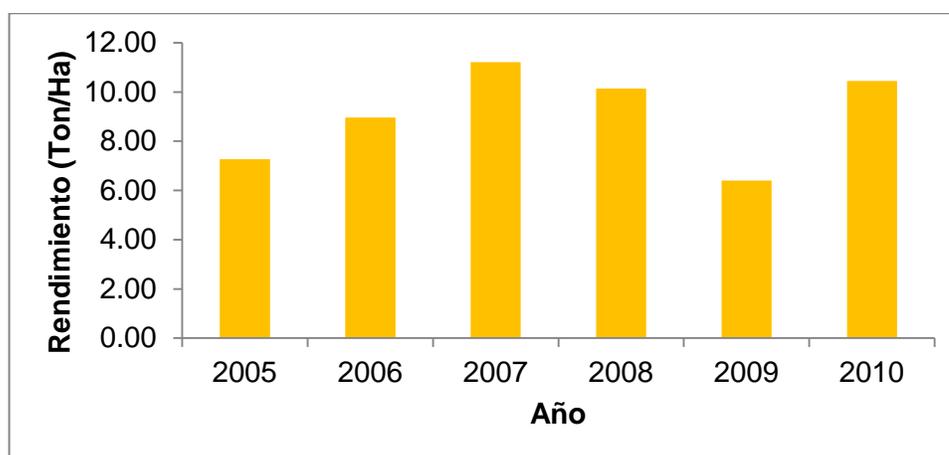


Figura 5. Rendimiento por hectárea de mango 'Manila' en el Estado de Nayarit. Fuente: SIAP-SAGARPA, 2010.

El rendimiento de producción por árbol, aumentó respecto del control, observando que el PBZ sólo obtuvo mayores rendimientos especialmente en la segunda temporada (171 Kg por árbol), en comparación a los 83 Kg registrados en los árboles testigo siendo un resultado muy positivo de estos tratamientos para la producción. No obstante, los resultados muestran que los rendimientos de todos los tratamientos en la primera temporada fueron menores (entre 20 a 30 Kg), lo cual, nuevamente señala la alternancia natural del cultivo como se observa en la Figura 5.

En cuanto a peso y tamaño de los frutos, los autores observaron en la segunda temporada un mayor peso y mayor diámetro en los frutos de árboles tratados con PBZ (275 g y 7.2 mm) respecto del control (223 g y 6 mm). No obstante, aunque estos autores no lo señalan, sus datos muestran que la primera temporada registró menores pesos y diámetros respecto de la segunda temporada e incluso en la segunda temporada el testigo mostró mayor peso (223.7 g) que los frutos de árboles tratados con PBZ y  $\text{KNO}_3$  (181.9 g). Estos datos muestran con más claridad el efecto de la alternancia o hábito bianual del cultivo.

De acuerdo con lo anterior, parece ser necesario realizar evaluaciones más profundas respecto de lo que puede estar sucediendo en las plantaciones en las cuales se está aplicando estos compuestos de manera más continua en los ciclos de producción.

La evidencia acumulada respecto de los efectos del PBZ, los nitratos y el Ethrel en la inducción de la floración, llevó a proponer un mecanismo que explicara la acción de estos compuestos en la inducción de la floración. Protacio *et al.*, (2009) aportaron información para sustentar un posible mecanismo propuesto por ellos mismos en el que sugieren que las giberelinas actúan como inhibidores del proceso de transformación de yemas vegetativas a yemas florales; cuando dicha fitohormona disminuye hasta una determinada concentración umbral, la floración se inicia. Para apoyar esta hipótesis, mensualmente estudiaron los cambios morfo anatómicos de las yemas y el contenido de giberelinas de las mismas en árboles de mango 'Carabao' tratados con PBZ (0 y 1 g de i.a.) y  $\text{KNO}_3$  (2%). Sus resultados mostraron un descenso más rápido de las giberelinas en las yemas tratadas con PBZ respecto del control y cuando el contenido disminuyó hasta menos de 100  $\mu\text{g}$  de  $\text{GA}_3$  por gramo de tejido se inició la diferenciación de las yemas y empezaba la floración mientras que en las yemas no tratadas esto ocurrió 30 días después. Simultáneamente a este fenómeno, también ocurrió una mayor acumulación de almidón en las hojas y el contenido de ACC (precursor de la síntesis de etileno) alcanzó un máximo aunque la producción de etileno disminuía. El tratamiento con  $\text{KNO}_3$  incrementó el número de flores. Estos resultados dieron soporte al mecanismo propuesto y señalaron que el  $\text{KNO}_3$  no es responsable de la

transformación de yemas vegetativas a reproductivas y que sólo induce la ruptura de un estado quiescente de las yemas que ya estaban previamente diferenciadas, y que el etileno no es inductor del proceso pero si probablemente el ACC.

Este trabajo demuestra que estos reguladores, en particular el PBZ, alteran la fisiología normal del árbol para llevarlo a una mayor producción de frutos, pero posiblemente también se afecte el estatus fisiológico del árbol aunque no se tienen datos al respecto. El uso de estos reguladores en la producción de mango puede generar estrés metabólico que podría verse reflejado en el desarrollo, vida de anaquel y por lo tanto, en la calidad general del fruto.

Algunos datos parciales de lo que ocurre en algunos órganos del árbol los muestra Guzmán-Meraz (2006), quien cuantificó el contenido de polifenoles funcionales en la corteza y hojas de mango 'Manila' tratados y no tratados con Cultar (1.5 y 2 g + KNO<sub>3</sub> al 2%), observando que la quercetina, isomangiferina y mangiferina estuvieron en mayor concentración en los árboles tratados respecto de los arboles control. Este tema debe ser estudiado en los frutos, dadas las características funcionales de estos compuestos.

Respecto de los cambios observados en los frutos por efecto de las aplicaciones de PBZ, Martínez-Castellanos (2004), evaluó los cambios químicos, físicos y fisiológicos de frutos de mango 'Manila' producidos de árboles tratados con este regulador en el Estado de Veracruz, observando que la velocidad de respiración fue menor en frutos de árboles tratados con PBZ; a diferencia de otros estudios, se registró menor contenido de sólidos solubles y mayor firmeza de la pulpa. Estos resultados contrastan con lo observado por Rebolledo-Martínez (2008a) quienes observaron un mayor contenido de sólidos solubles, menor firmeza y mayor pérdida de peso, aunque este autor no lo discute, este aspecto indica que el tratamiento podría ser un procedimiento para alargar la vida de anaquel. Esta inconsistencia de resultados también puede estar asociada a la alternancia de la producción que se observa en el Estado de Veracruz (Figura 4).

### 3.3.2 Estudios en fisiología y tecnología pos cosecha del fruto

#### 3.3.2.1 Índices de cosecha

No existe un reporte donde se estudie cual es el mejor índice de cosecha para esta variedad, no obstante, se asume que los indicadores utilizados en otras variedades son aplicables a ésta y por ello se toma en cuenta el llenado de los hombros (los hombros están por arriba de la unión peduncular del fruto) y el contenido mínimo de sólidos solubles totales ( $7^{\circ}\text{Bx}$ ) como indicadores adecuados de cosecha. Con esta composición el fruto es capaz de alcanzar hasta  $20^{\circ}\text{Bx}$  en la madurez de consumo (Baéz-Sañudo y Contreras-Martínez, 1993).

López-Blancas (2009) registró las unidades calor acumuladas (UCA) tomando como temperatura base  $10^{\circ}\text{C}$  para relacionarlas con el estado de madurez del fruto en la cosecha y su calidad alcanzada en pos cosecha. Se cosecharon frutos de un huerto comercial en Veracruz, México con 1100, 1300 y 1500 UCA, y se almacenaron a  $25^{\circ}\text{C}$ . El crecimiento del fruto se completó con 940 UCA, pero los frutos cosechados antes de 1046 UCA no alcanzaron el peso mínimo para clasificarlos dentro del código de calibres de la norma oficial mexicana NMX-FF-058-SCFI-2006. Por ello sugirieron realizar la cosecha en torno a las 1300 UCA, bajo esta condición, los frutos maduran en 6 y 9 días de almacenamiento con una vida de anaquel de 11 días con sabor dulce. Lizada (1991) sugirió la acumulación de 1000 UCA como indicador de cosecha para la variedad 'Carabao', no obstante, su temperatura de referencia fue de  $17.9^{\circ}\text{C}$  lo cual no permite hacer comparaciones con los resultados de este autor; no obstante, es posible que los valores se encuentren muy próximos ya que los registros de temperaturas de  $10^{\circ}\text{C}$  son muy excepcionales en nuestras zonas de producción de mango 'Manila'. También Lizada (1991) propuso separar frutos por madurez mediante la flotación de éstos en soluciones de NaCl al 1%. Aquellos frutos con densidades específicas mayores son frutos maduros fisiológicamente, mientras los que flotan son frutos inmaduros fisiológicamente. Esta puede ser una aplicación útil para emplearse en los empaques al inicio de la temporada, y así disminuir los desórdenes fisiológicos ocasionados por las bajas temperaturas y el estado inmaduro de los frutos.

Por otro lado Guzmán-Estrada *et al.*, (1997b) desarrollaron una ecuación matemática que permite determinar el volumen del fruto de mango 'Manila' durante su desarrollo tomando como base las dimensiones generales del fruto (longitud total, ancho y diámetro basal, medio y apical, y volumen de agua desplazado), y así desarrollar un método para predecir la madurez fisiológica del mango. Lo importante de esta ecuación es que predice adecuadamente el desarrollo del fruto en relación a las unidades calor (temperatura base 10°C) e indicaron que los frutos que acumularon 1278 unidades calor alcanzaron el máximo volumen del fruto y su madurez de cosecha, lo cual estaría de acuerdo con lo sugerido por Lizada (1991) en mango 'Carabao'.

Por su parte Ornelas *et al.*, (2008) al hacer una correlación del desarrollo de color externo de los frutos con su contenido de carotenoides de la pulpa, propusieron para mangos 'Ataulfo' y 'Manila' que el color externo es un buen indicador de cosecha de los frutos ya que está plenamente asociado con los cambios internos de la pulpa. No obstante, se requieren más estudios para poder implementar este sistema en una línea de selección.

### 3.3.2.2 Fisiología de la maduración

El mango es un fruto climatérico que cambia su apariencia y composición durante el almacenamiento lo cual se asocia al proceso de maduración que le otorga las características sensoriales agradables que percibe el consumidor (color del fruto y pulpa agradables, alto nivel de azúcares, baja acidez, firmeza adecuada y aroma agradable). La tasa de respiración indica la actividad metabólica durante el almacenamiento y el potencial de almacenamiento de los frutos; Paull (1993) señaló que el mango tiene una tasa de respiración moderada a 20 °C (70–150 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) con lo cual estimó una vida de anaquel de 18 días en condiciones óptimas de almacenamiento (10-12°C).

Saucedo–Veloz y Lakshminarayana (1977) indicaron tasas de respiración de 242, 255 y 262 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> en el pico climatérico de mango 'Manila' de Veracruz, México almacenado a 18, 20 y 25 °C respectivamente; más recientemente, León *et al.*, (1997) midieron tasas de respiración a 25 °C de 242

mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, lo cual señala a esta variedad como de alta actividad respiratoria y por tanto de menor vida de anaquel que lo sugerido por Paull (1993). En apoyo a lo anterior, Lira *et al.*, (2008) muestran datos comparativos de las tasas de respiración de esta variedad con 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Keitt' y 'Haden' indicando que 'Ataulfo' y 'Manila' (mangos poliembriónicos), mostraron los picos de respiración más altos a 20°C (265 y 196 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente) en comparación con las otras variedades (150, 110 y 105 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para 'Tommy Atkins', 'Keitt' y 'Haden', respectivamente) añadiendo que el mango 'Manila' tuvo la menor vida de anaquel a 20 °C (6 días), respecto de las otras variedades (11 días) confirmando la mayor actividad metabólica de esta variedad y en consecuencia su menor vida de anaquel.

La alta actividad metabólica también se asoció a una mayor pérdida de peso que alcanzó 10, 5 y 3.5% a 25, 20 y 18 °C, respectivamente (Saucedo-Veloz y Lakshminarayana, 1977), que provocó la expresión visual de marchitez que afecta su comercialización. Siller-Cepeda *et al.*, (2009) señalaron que el mango 'Manila Rosa' y 'Ah-ping' (también poliembriónico) presentaron marchitez cuando la pérdida de peso fue de 5 a 6% a 20 °C que afectó su calidad sensorial, mientras que las variedades 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt' presentaron valores de 2.5 a 4% y otras como 'Diplomático' y 'Edward' que perdieron 7 y 6% de peso pero no presentaron marchitez.

La susceptibilidad a la marchitez puede ser debida a las características histológicas de este fruto; Barbosa-Martínez (2003) y Barbosa-Martínez *et al.*, (2009a y 2009b) hicieron una comparación histológica de las variedades 'Haden' y 'Manila' observando diferencias importantes entre ambas que pueden explicar la mayor susceptibilidad del mango 'Manila' a la pérdida de peso y al daño mecánico; la piel de mango 'Manila' es más delgada y representa una menor proporción en peso respecto del mango 'Haden', así mismo presentó menor número de capas de células epidérmicas y de fibras largas, y también menor número de capas de células hipodérmicas con paredes celulares más delgadas lo cual la hace más susceptible al manejo mecánico. Adicionalmente, su cutícula es más delgada que el mango 'Haden', haciéndolo más susceptible a la pérdida de peso por

transpiración y al ataque de patógenos. Así mismo, indicaron que las células de la pulpa son más grandes respecto del mango 'Haden', por ello muestra una firmeza menor cuando ocurren los cambios osmóticos durante la maduración. También es posible que la actividad metabólica de la piel sea más alta como lo sugieren Cua y Lizada (1990). El estudio de Barbosa-Martínez *et al.*, (2009b) también señaló que el mango 'Manila' alcanza su desarrollo de forma más rápida que el mango 'Haden', lo cual confirma que su actividad metabólica es más alta y por ello tiene menor vida pos cosecha.

En adición a la marchitez, el mango 'Manila' tiene menor firmeza; Mercado-Silva (2010) utilizando una prueba de compresión del fruto íntegro, indicó que esta variedad es de baja firmeza (18 a 31 N para alcanzar 3% de deformación del fruto), en comparación con 'Tommy Atkins', 'Haden', 'Kent' y 'Keitt' (85-185 N), así mismo señaló que aun cuando su pérdida de peso fue de 6 a 8%, visualmente mostró alta tasa de deshidratación que limitó su vida pos cosecha a 13 y 19 días a 20°C y 10°C, respectivamente. La baja firmeza probablemente esté asociada a una rápida pérdida de pectinas en el tejido durante el proceso de maduración como lo señalaron Lira *et al.*, (2008), quienes indicaron una disminución del contenido de pectatos de calcio de 0.48 a 0.1 g en 100 g de pulpa durante la maduración del fruto, mientras que 'Haden' mostró cambios muy pequeños (0.65 a 0.45g en 100 g de pulpa).

Respecto a los cambios generales durante la maduración del fruto a 20 °C, Mena-Nevarés (1993) estudiando mangos procedentes de Veracruz, México, indicó un incremento de los sólidos solubles totales de 10.48% a 19.3% en 9 días de almacenamiento, disminución de la acidez titulable de 2.1% a 0.014%, disminución del contenido de clorofila en la piel desde 5.0 mg por 100g de piel, mientras que el contenido de ácido ascórbico se mantuvo aproximadamente constante (35 mg en 100 g de pulpa). De manera similar León *et al.*, (1997) observaron en frutos del mismo origen, incremento de los sólidos solubles totales y azúcares totales (hasta 20°Bx y 50 mg mL<sup>-1</sup>, respectivamente), una rápida pérdida de acidez del fruto (de 2.4 a 0.6%), así como un cambio importante de color externo (96 a 60 °Hue) en 5 días de almacenamiento. Estos datos muestran

que el proceso natural de maduración de mango 'Manila' a temperatura de 25°C ocurre muy rápidamente (6 a 8 días). Por su parte, Mercado-Silva (2010) observó diferencias particulares en mangos 'Manila' de Nayarit respecto de las reportadas por otros autores (los sólidos solubles sólo incrementaron hasta 16% en 13 días a 20°C), aunque el contenido de ácido ascórbico fue mayor (50 a 63 mg en 100 g de pulpa sin mostrar diferencias significativas durante el almacenamiento) que el reportado por Mena-Nevarés (1993).

En la literatura consultada, no se encontraron reportes respecto de la caracterización del proceso de maduración al interior del fruto, ni del momento en que el proceso se inicia, aunque López-Blancas (2009) señaló la presencia de un pico máximo de respiración a los 89 días después del amarre del fruto, es decir, antes de que el fruto alcanzara su madurez de cosecha en el árbol. Esto coincide con los trabajos de Cua y Lizada (1990) quienes señalaron que el proceso de maduración de mango 'Carabao' inició 10 días antes de la madurez de cosecha y que la producción de etileno en esta variedad tenía varios máximos durante el desarrollo, y que el último de ellos correspondió a la producción de etileno generado en la piel. Es posible que este conocimiento sea particularmente importante en mango 'Manila' y habría que investigarlo.

Entre las características que contribuyen a la calidad del mango, la apariencia y la firmeza suelen ser los atributos más importantes. La progresiva pérdida de firmeza en los mangos es consecuencia del proceso de maduración y ocurre debido a los cambios en los polisacáridos de la pared celular promovidos por acciones enzimáticas sobre las pectinas, hemicelulosa, celulosa y el almidón. También ocurren cambios en la permeabilidad de la membrana y en los espacios intercelulares. El principal fenómeno relacionado con el ablandamiento es la solubilidad progresiva y despolimerización de las sustancias pécticas de la pared celular. Lira *et al.*, (2008) estudiaron los cambios en la actividad de enzimas relacionadas con la degradación de la pared celular (pectinesterasa y celulasa) en pulpa y piel de mango 'Manila', 'Ataulfo', 'Tommy Atkins', 'Keitt' y 'Haden' y las correlacionaron con la firmeza y contenido de pectinas; el mango 'Manila' perdió drásticamente su contenido de pectinas conforme avanzó la maduración, mientras

que la actividad de pectinesterasa en la piel fue alta, esta mostró una alta correlación con la pérdida de firmeza del fruto señalando una participación de esta enzima en el proceso de ablandamiento del fruto. Llama la atención que la actividad de esta enzima en la pulpa tuvo menor relación con la pérdida de firmeza. Estos datos sugieren que la actividad metabólica de la piel del mango 'Manila' puede tener importancia en la calidad visual del fruto. En cambio, la actividad de la celulasa tuvo una relación notablemente menor con el ablandamiento.

Los estudios a nivel molecular demostraron una sobre expresión de dos genes (METR1) homólogos al receptor de etileno ETR1 (Gutiérrez-Martínez *et al.*, 2001) en frutos de mango 'Manila' cuya expresión se incrementó conforme transcurrió la maduración y estuvo relacionada a la producción de etileno (López-Gómez y Gómez-Lim, 1992). Así mismo, Cruz-Hernández y Gómez-Lim (1995) describieron la expresión diferencial de un gen de la oxidasa alterna durante la maduración, la cual se expresó de manera notoria durante el climaterio respiratorio de los frutos; esto indica que durante el climatérico de la respiración además de incrementarse la velocidad de respiración se libera una mayor cantidad de calor. La naturaleza termogénica de esta ruta metabólica, se asocia con los incrementos de temperatura (alrededor de 10 °C) registrados en otras variedades de mango durante el climatérico respiratorio. En otro trabajo similar, Bojorquez y Gómez-Lim (1995) determinaron la sobreexpresión de un gen de tiolasa peroxisomal, enzima involucrada en el catabolismo de lípidos, durante la maduración de mangos 'Manila'. Estos datos confirman, a nivel molecular, la naturaleza climatérica de estos frutos, marcaron la importancia de la respiración alternativa y señalaron cambios metabólicos que ocurren durante el proceso de maduración. Es posible que estos aspectos expliquen los cambios metabólicos de mango 'Manila' que disminuyen su vida de anaquel.

El mismo grupo de investigación realizó los primeros estudios para generar embriones somáticos de mango transformados con los genes de la ACC oxidasa y ACC sintasa, así como de la oxidasa alterna para generar plantas transformadas con diferentes comportamientos en la maduración (Cruz Hernández y Litz, 1997).

No obstante, no se tienen reportes de la generación de plantas en campo. Sin embargo, y tomando en cuenta lo indicado por Lizada (1991), se esperaría una posible disminución de la capacidad de floración de esas plantas transformadas.

### **3.3.2.3 Control de la maduración**

En el manejo convencional de frutos, es frecuente observar heterogeneidad de maduración durante la comercialización; por ello se manipula este proceso, mediante la aplicación de etileno para acelerar la maduración o retrasarla con el uso de inhibidores de la acción del etileno. Para acelerar la maduración, en México a nivel comercial se ha utilizado la aplicación de carburo de calcio ( $\text{CaC}_2$ ) el cual por la presencia de la humedad del ambiente genera etileno. Este tratamiento permite cosechar los frutos en estados de madurez más tempranos para evitar la recolección de fruta con mayor incidencia de mosca de la fruta o de antracnosis; a los frutos así cosechados se les aplica el carburo de calcio para inducir su maduración.

Para mejorar esta técnica, Muñoz-Cano *et al.*, (2007) y Ortega-Zaleta *et al.*, (2008) compararon la aplicación controlada de carburo de calcio en pos cosecha y los procedimientos seguidos por los comercializadores en el mercado nacional. Estudiaron diferentes relaciones del compuesto y fruta a tratar (0, 0.25, 0.75 y 2.5 g de  $\text{CaC}_2$   $\text{kg}^{-1}$  de fruta) durante 24, 36 y 48 horas a 26°C. Bajo esas condiciones indicaron que la aplicación de 0.25 g  $\text{kg}^{-1}$  durante 24 horas mejoró las características de color de la piel y pulpa, la maduración se adelantó 3 días y la pérdida de firmeza fue más rápida respecto de los frutos no tratados. El adelanto de la maduración indicado por estos autores, coincide con lo reportado por Tirtsoekotjo (1985) citado por Lizada (1991) quien observó un adelanto de la maduración en mango 'Carabao' cuando fue sometido a tratamientos de  $\text{CaC}_2$ . En cuanto a la evaluación del proceso comercial, señalaron que las proporciones del compuesto fue variable (0.6 a 0.8 g  $\text{kg}^{-1}$  de fruta), así como el tiempo de exposición (13.5 a 48 h) y que las condiciones de manejo del fruto en las cámaras fueron deficientes, como la inadecuada ventilación del producto que provocó

incrementos de temperatura en los frutos por arriba de 30°C que indujeron una amplia variabilidad en las respuestas y menor calidad del producto.

Respecto del uso de etileno para homogeneizar maduración, los trabajos disponibles sólo son parciales y no estuvieron enfocados a estudiar dicho efecto. Lagunes *et al.*, (2007) aplicaron etileno exógeno en mango 'Manila' después de haber sido tratados con agua caliente (65 min a 46.1 °C) y no se comparó con frutos no tratados hidro térmicamente. Kader (2002) sugiere la aplicación de 100 ppm de etileno en aire por 12 a 24 horas a 20-22 °C para acelerar el proceso de maduración de frutos de mango. No obstante, en mango 'Manila' no hay reportes a este respecto y es un área de oportunidad para completar este conocimiento.

Actualmente es común la aplicación de etileno generado por unidades catalizadoras a partir de la oxidación del etanol para promover la maduración de diferentes frutas, esta tecnología se ha estudiado en otras variedades de mango logrando una maduración más uniforme y mayor contenido de sólidos solubles totales (Appaw *et al.*, 2009). También se ha utilizado el uso de Ethepon (ácido 2-cloro etil fosfónico) o Ethrel en solución como lo reportó Sergent *et al.*, (1993) quienes adelantaron la maduración de mango 'Keitt' cuando los frutos se trataron con soluciones de Ethepon de 1000 a 2000 mL L<sup>-1</sup>. Estos dos productos se han utilizado en pre cosecha para adelantar floración, en pos cosecha se han aplicado en otras variedades para homogeneizar la maduración pero no existen reportes en mango 'Manila'. Lizada (1991) indicó que para mango 'Carabao', las aplicaciones de Ethepon en pre cosecha no afectaron significativamente la maduración en términos de uniformidad o tiempo para alcanzar la completa madurez.

Dentro de las técnicas para retrasar el proceso de maduración, se han estudiado en Mango 'Kent' la aplicación de 300 mL<sup>-1</sup> de 1-MCP que permitió un incremento en la vida de anaquel hasta de 27 días y una pérdida de firmeza más lenta que los frutos control (Osuna-García *et al.*, 2007 y Osuna-García *et al.*, 2009). De igual forma Muy-Rangel *et al.*, (2009) aplicaron 400 mL<sup>-1</sup> de 1-MCP a frutos de mango 'Ataulfo' con lo que retrasaron 3 días la maduración y redujeron la

pérdida de firmeza, así como las actividades de las enzimas poligalacturonasa y celulasa.

León *et al.*, (2002) aplicaron tratamientos de calentamiento de mangos 'Manila' a 38 °C durante 36 horas y posteriormente los almacenaron a 6 y 12 °C durante 20 días, observando que el pico de producción de etileno así como la síntesis de ACC y la actividad de ACC oxidasa fueron retrasados o inhibidos por el tratamiento térmico aunque no aportaron datos respecto de la calidad de la fruta para evaluar el potencial uso de este procedimiento.

#### **3.3.2.4 Almacenamiento refrigerado**

El almacenamiento bajo refrigeración es el método convencional para alargar la vida pos cosecha de los frutos. Kader (2002) recomendó almacenar frutos de mango a 13 °C en madurez fisiológica y 10 °C para frutos en madurez parcial o madurez de consumo. De acuerdo con estas recomendaciones, el estado de madurez es el factor principal a tomar en cuenta para evitar desórdenes fisiológicos durante el almacenamiento. Las temperaturas por debajo de las recomendadas, generalmente llevan al desarrollo de daño por frío; no obstante, para el mango 'Manila' la temperatura de daño por frío cambió en el tiempo; Saucedo y Lakshminarayana (1977) compararon la maduración a diferentes temperaturas (13, 16, 18, 20 y 25°C) observando un mejor desarrollo del color, aroma y sabor a 25 °C (92% de frutos maduros en 12 días), respecto de los almacenados a 13 y 16 °C (48% de frutos maduros en 30 días a 13 °C), indicando que 25 °C era la mejor temperatura para la maduración de frutos y que el menor desarrollo de aquellos atributos podría considerarse un daño por frío. Los criterios observados por estos autores se basaron en el seguimiento del proceso a regímenes de temperatura constante. La menor actividad metabólica de los frutos bajo refrigeración continua (menor pérdida de peso, menor tasa de respiración y menor pico climatérico) altera el proceso normal de maduración después de un tiempo crítico para cada temperatura, este aspecto señaló la necesidad de realizar transferencias de los frutos para determinar la vida útil real de los frutos.

Bajo el mismo sistema de almacenamiento, González (1982) enceró y almacenó mango 'Manila' en madurez fisiológica después de tratarlos hidrotérmicamente (5 min en agua a 55°C y 500 ppm de Benlate<sup>®</sup>) a 7, 10, 20 y 25 °C con 70–80% HR durante diferentes periodos. La pérdida de firmeza e incremento de los sólidos solubles no se modificaron por la aplicación del tratamiento hidrotérmico o las ceras aunque fueron afectados por la temperatura; a 20 y 25 °C se perdió la firmeza y aumentaron los sólidos solubles totales más rápidamente que los almacenados a 7 y 10 °C. El patrón respiratorio de los frutos a 20 y 25 °C mostró un máximo al quinto y octavo día respectivamente. Este autor comparó los patrones de respiración con la disminución de la firmeza, los cambios de color y el incremento de los sólidos solubles totales; la observación de sus datos muestra, de manera interesante, que los cambios en esos factores se iniciaron varios días antes del incremento climatérico en la tasa de respiración.

Bajo evaluaciones subjetivas cuantificaron el cambio de color, observando que en las frutas control el color amarillo se alcanzó más rápidamente en comparación a las frutas tratadas. Para las frutas tratadas, el cambio fue más rápido en el tratamiento hidrotérmico respecto del encerado. También bajo evaluaciones visuales cuantificaron los porcentajes de fruta comercializable a diferentes periodos de almacenamiento. Los tratamientos que mostraron mayor porcentaje de frutas comercializables fueron aquellos cuyas temperaturas fueron 20 y 25 °C, aunque sólo por un periodo de 10 días; las frutas conservadas a 7 °C y transferidas a temperatura ambiente perdieron su valor comercial en un periodo de almacenamiento de 10 a 15 días, mientras que en las conservadas a 10 °C la manifestación ocurrió entre los 10 y 22 días. Esta pérdida de valor comercial se debió a la manifestación de daños por frío. Lo anterior permitió a este autor indicar que la temperatura más adecuada para la conservación de mango 'Manila' debía ser superior a 10 °C.

Los síntomas de daño por frío descritos por este autor fueron: manchas superficiales grises, color amarillo pálido, oscurecimiento interno, incapacidad para madurar y mayor susceptibilidad al ataque de patógenos. El autor concluye que la temperatura de almacenamiento de mango 'Manila' debe ser superior a los 10 °C

para evitar el daño por frío. Mercado-Silva (2010) también señaló la importancia de almacenar esta variedad por arriba de 10 °C.

Hidalgo *et al.*, (1997) estudiaron la respuesta fisiológica de mango 'Manila' de 120 días de desarrollo durante el almacenamiento por 16 días a 6, 12, 16 y 25 °C y 85-90% de humedad relativa y transferencias de refrigeración a 25 °C para determinar el umbral de temperatura en el que inician los síntomas de daño por frío. Después de 12 días de almacenamiento a 6 y 12 °C, y su transferencia a 25°C se observaron síntomas visuales de daño por frío en el pericarpio (hundimientos superficiales de color café y cambio de color irregular en la piel). Sin embargo, respecto del control, estas temperaturas no afectaron adversamente el patrón de maduración del mesocarpo de la fruta. Las frutas expuestas a 16 °C maduraron lentamente y no mostraron daños superficiales cuando se transfirieron a 25 °C. De acuerdo con estos autores, las temperaturas de 6 y 12 °C están por debajo de la temperatura óptima, mientras que a 16 °C por 15 días, no observaron evidencia de daño por frío y la consideraron como la más adecuada para el manejo pos cosecha de mango 'Manila'.

Estos autores indicaron que además de la sintomatología de daño por frío ya indicada, los frutos mantenidos a 6 °C mostraron una alta proporción de ácidos grasos insaturados en los glicolípidos de las membranas respecto de los frutos almacenados a 25 °C; no obstante, no se observó capacidad para mantener esa proporción de ácidos grasos insaturados cuando los frutos se transfirieron a 25 °C.

Como evidencia de que la transición de fases de los lípidos de la membrana es la respuesta primaria al estrés de frío; León *et al.*, (2005) aportaron datos respecto de la composición de ácidos grasos de las membranas celulares de la piel de frutos de mango 'Manila' almacenados durante 20 días a 5 °C en comparación con frutos madurados a 25 °C, observando que los lípidos de membranas con estrés de frío disminuyeron su contenido de ácidos grasos en diferentes proporciones como lo indica en la Tabla 5.

Todos los ácidos grasos disminuyeron su proporción, aunque de manera más marcada lo hicieron los ácidos esteárico y oleico. La relación de ácidos grasos

insaturados/saturados fue menor a 5 °C (0.552) respecto de la observada para 20 °C (0.898). También aportaron datos respecto de los cambios en los contenidos de ácidos grasos después de 6 y 9 días de almacenamiento a 6, 12, 16 y 25 °C y en frutos transferidos de 5 a 20 °C. Después de 6 días, los ácidos grasos insaturados estuvieron en mayor proporción respecto de las muestras almacenadas a 25 °C.

Tabla 5. Cambios en las proporciones de ácidos grasos en los lípidos de membranas de mango 'Manila'.

Ácido graso	% de disminución respecto del contenido a 20 °C
Láurico	52.8
Mirístico	88.1
Palmítico	71.7
Esteárico	94.5
Oleico	93.9
Linolénico	47.7

Modificado de León *et al.*,(2005).

Conforme se amplió el periodo de transferencia, ese contenido de ácidos grasos tendió a disminuir mientras que en el grupo a 25 °C se incrementó sugiriendo una incapacidad del tejido para mantener la producción de ácidos grasos insaturados. Estos autores no sugieren un mecanismo por el cual se pierden los ácidos grasos, como tampoco aportan datos respecto del contenido de las fracciones de los lípidos de las membranas, ni del volumen de membranas en los tejidos. Es posible que el contenido de algunas fracciones de los lípidos hayan cambiado bajo ambientes de refrigeración o el volumen de membranas haya disminuido en las muestras con el estrés de frío ya que al presentarse una transición de fase, algunas secciones de las membranas pueden separarse del

conjunto membranal y cambiar los contenidos de los ácidos grasos de las fracciones bajo análisis.

Recientemente, Aguillón y Lizada (2010) describieron la incidencia del daño por frío en mango 'Carabao' en dos estados de madurez tratados con agua caliente para el control de antracnosis. También el daño por frío se manifestó principalmente en la piel y fue mayor en los frutos menos maduros respecto de los frutos maduros. No obstante, señalaron que los frutos de menor madurez y tratados térmicamente manifestaron una mayor incidencia de daño por frío (en el día 6) respecto de los no tratados térmicamente (en el día 9) sin requerir transferencia a temperaturas mayores para observar las manifestaciones del daño.

También indicaron que el contenido de fosfolípidos de las membranas disminuyó drásticamente después del almacenamiento a 12 y 5 °C y que la relación de ácidos grasos saturados/insaturados fue máxima cuando se empezaron a presentar los síntomas de daño por frío. Estos autores indicaron que el ácido graso principal en los lípidos de la membrana fue el palmítico, lo cual explica la mayor sensibilidad al frío de esta variedad; mientras que los datos de León *et al.*, (2005) muestran que el ácido graso más importante en la piel de mango 'Manila' es el oleico (22.1% a 5 °C y 44.5% a 25 °C), seguido del esteárico (11% a 5 °C y 24.4% a 25 °C) y el palmítico (33% a 5°C y 14.3% a 20 °C) lo cual haría suponer una mayor tolerancia al daño por frío dada la mayor proporción de ácido oleico en las membranas de mango 'Manila' cuyo fosfolípido muestra una temperatura de fusión superior a la mostrada por el fosfolípido de ácido oleico. Se requiere más investigación al respecto.

Gutiérrez *et al.*, (1997) describieron el efecto del tratamiento hidrotérmico para reducir el daño por frío en mangos 'Manila', señalando que los frutos tratados a 46.1 °C durante 75 min mostraron manchas café en la piel, oscurecimiento interno y maduración irregular después de 16 días a 6°C más nueve días a 25 °C y que a 12 °C, estas manifestaciones de daño ocurrieron después de 20 días de almacenamiento más nueve días a 25 °C. Esta última condición podría tener interés comercial dado que las prácticas de exportación requieren de tres

semanas de vida de anaquel para la comercialización. Este dato coincide con la recomendación hecha por Mercado-Silva (2010) en el sentido de almacenar este fruto a 13 °C, aunque no logró vidas de anaquel mayores de 15 días debido a problemas de marchitez de los frutos, lo cual hay que demostrarlo experimentalmente.

Aunque Gutiérrez *et al.*, (1997) no presentan datos de tasas de respiración de frutos transferidos de refrigeración a 25 °C (solo hasta el final del almacenamiento), el efecto de la temperatura de almacenamiento sobre la fisiología del fruto parece ser muy pequeño hasta los primeros 12 días de almacenamiento y de manera extraña no hubo diferencias entre las temperaturas después de ese periodo de almacenamiento. Este comportamiento no concuerda con los cambios mostrados por la textura, los azúcares reductores, los sólidos solubles totales y los cambios de color del fruto, los cuales si mostraron un efecto lógico de la temperatura (a mayor temperatura mayor cambio). Tampoco estos datos concuerdan con lo reportado por Aguilón y Lizada (2010) quienes indicaron una mayor sensibilidad al frío de frutos de mango 'Carabao' tratados hidrotérmicamente (55 °C por 10 min). Es posible que la explicación a esta diferencia se relacione con la diferente composición de lípidos de la membrana aunque también pueda haber otra explicación.

León *et al.*, (2005) hicieron una revisión general sobre el daño por frío en frutos de mango aportando datos respecto de los cambios internos que muestran los frutos de mango 'Manila' cuando fueron sometidos a temperaturas de daño en comparación con frutos madurados a 25 °C, así mismo relatan los procedimientos ensayados para disminuir la susceptibilidad al frío.

Respecto a la sensibilidad al daño por frío y estado de madurez en la cosecha, De la Cruz *et al.*, (1999) señalaron que los frutos con 90 días postantesis presentan mayor susceptibilidad al daño por frío respecto de los que fueron cosechados a los 105 y 120 días. Por otro lado, Beristain *et al.*, (1999) indicaron que la temperatura de transición de fase de los lípidos de las membranas celulares del pericarpio de mango 'Manila' se ubica alrededor de 12 °C, la cual puede ser la

temperatura crítica de este fruto y por tanto la temperatura de conservación debería estar por arriba de ésta. Los datos de estos dos trabajos indican que los frutos deben cosecharse con 105 o 120 días después de antesis y almacenarse por arriba de 12 °C.

Vela *et al.*, (2003) estudiaron los cambios de la actividad específica de la polifenoloxidasa (PPO) en la piel y pulpa de mango 'Manila' maduro (14 °Bx y 1.6 % de acidez) durante su almacenamiento a 6, 12 y 25 °C y su relación con la manifestación de daño por frío. La actividad de la enzima fue mayor en la piel respecto de la pulpa y también fue mayor en los frutos almacenados a 6 y 12 °C. Los frutos transferidos de refrigeración a 25°C mostraron mayor actividad de la enzima. El daño en la piel o índice de oscurecimiento no fue notable durante los primeros doce días de almacenamiento; no obstante, los frutos de 6 °C y transferidos cuatro días a 25 °C alcanzaron altos índices de oscurecimiento (IB=40%). Después de 16 días a 12 °C, el oscurecimiento fue mayor que a 6 °C, aunque nuevamente los frutos transferidos a 25 °C mostraron altos índices de oscurecimiento (50% y 80%, respectivamente) en ambas temperaturas.

Los datos de estos autores muestran que el almacenamiento por 12 días a 6 y 12 °C induce daño por frío en la piel el cual es visible cuando los frutos se transfirieron a 25 °C confirmando su alta susceptibilidad al daño por frío como lo establecieron Hidalgo *et al.*, (1997). La alta actividad de esta enzima explicó el oscurecimiento de la piel de fruto el cual es un indicador de daño por frío importante en esta variedad y coincide con lo reportado por Aguilón y Lizada (2010) para mango 'Carabao'.

Por su parte Trejo-Márquez *et al.*, (2010) realizaron un estudio comparativo de la actividad de PPO y peroxidasa (POD) en pulpa y piel de frutos de mangos 'Manila', 'Kent' y 'Keitt' en diferentes estados de madurez almacenados a 5 y 20 °C. También la piel de los frutos de mango 'Manila' mostró la mayor actividad de PPO sin observar diferencias significativas entre los estados de madurez. Al igual que lo encontrado por Vela *et al.*, (2003) las transferencias a 20 °C mostraron altas actividades especialmente durante el climatérico y posclimatérico de los frutos. Un

aspecto interesante de los resultados, es que hubo diferencias entre las enzimas de la piel y la pulpa; por ejemplo la estabilidad térmica de PPO de la pulpa fue mayor que la PPO de la piel; esto puede explicar por qué el tratamiento hidrotérmico (50 °C por 5 a 10 min) reduce las manifestaciones de daños superficiales.

#### 3.3.2.4.1 Tratamientos para reducir el daño por frío.

Aplicaciones de metil jasmonato (MJ).

González-Aguilar (2000) y González-Aguilar *et al.*, (2001) aplicaron vapores de metil jamonato  $10^{-4}$ M durante 24 h a 25 °C en mango 'Tommy Atkins' y 'Kent', disminuyendo la incidencia de daño por frío, menor liberación de electrolitos, mayor contenido de sólidos solubles totales y retraso en el cambio de color en los frutos tratados; aunque la tasa de respiración, pérdida de peso, acidez y firmeza no mostraron diferencias.

Probablemente basados en esas experiencias; García *et al.*, (2003) compararon las aplicaciones de vapores de MJ  $10^{-4}$ M en frutos de mango 'Manila' sometidos o no al tratamiento hidrotérmico (46.1 °C 65 min) y almacenados a 6, 12 o 25 °C; observando también mayor contenido de azúcares reductores y sólidos solubles totales, menor pérdida de peso y menor incidencia de daño por frío en las frutas tratadas. Herrera *et al.*, (2004) desarrollaron un experimento similar al de García *et al.*, (2003) indicando que el tratamiento hidrotérmico disminuyó la sensibilidad al daño por frío (14 días a 6 °C y 16 días a 12 °C) señalando que los frutos tratados con MJ mostraron mejores atributos sensoriales y un desarrollo de color más rápido y homogéneo respecto del control. Desafortunadamente estos resultados sólo fueron comunicados en un congreso y no se tiene mayor información al respecto.

No se conoce cuál es el mecanismo por medio del cual el metil jasmonato reduce la incidencia de daño por frío ni como modifica el metabolismo de los carbohidratos o aromas aunque se ha observado que los contenidos de poli aminas en los frutos tratados con MJ se elevan pero no se sabe cómo este

proceso se interrelaciona con la menor incidencia de daño por frío. No obstante, los resultados encontrados indican que la vida de anaquel alcanzada sin manifestaciones de daño por frío se encuentra por debajo de lo esperado para la comercialización en los mercados de exportación donde es importante tener tres semanas de almacenamiento para alcanzar al consumidor final.

Tasneem (2004) aplicó tanto MJ en solución ( $10^{-4}$  M 2 min) y di fenil amina (12 mM 2-3 min) a mangos 'Kent' de Ecuador, observando también una reducción del daño por frío y mayor porcentaje de fruta comercializable. De acuerdo a los datos de este autor el uso de la di fenil amina mantiene mayor porcentaje de fruta comercializable (50%) después de 21 días de almacenamiento a 7 °C más 5 días a 20 °C. No obstante, lo bajo de este porcentaje, lo interesante es que los frutos utilizados por ese autor tenían 17 días de transporte antes de iniciar el experimento lo cual permite ver una posibilidad importante de uso de ese compuesto.

La información de la aplicación de metil jasmonato o de la di fenil amina en mango 'Manila' es todavía escasa y requiere de más investigación para determinar las posibilidades reales que ofrecen estos compuestos en el manejo pos cosecha de este producto a nivel comercial.

#### Tratamientos hidrotérmicos.

Mena-Nevarés (1993) estudió el efecto del tratamiento hidrotérmico comercial (46 °C por 0, 80 y 90 min), en la fisiología y calidad de mango 'Manila' procedentes de Altamirano, Veracruz México. Los frutos tratados y control se almacenaron a 20°C durante 10 días o 10 y 13°C por 10 y 18 días con una transferencia a 20 °C por 4 días. La tasa de respiración, el contenido de clorofila, los sólidos solubles totales y los cambios de color no se vieron alterados por los tratamientos pero la pérdida de peso fue mayor en los frutos tratados respecto del control (7.2 y 6.9%, respectivamente) mientras que la firmeza se mantuvo más alta en los frutos tratados pero al final del almacenamiento todos los frutos tenían alto ablandamiento. Por otro lado las incidencias de pudriciones fueron menores especialmente en el tratamiento de 90 min con una diferencia de 62.96% respecto

del testigo en frutos almacenados a 20°C y 66.71% y 16.66% para aquellos expuestos a 10 y 13°C, respectivamente. También indicó que los tratamientos disminuyeron la sensibilidad a los daños por frío hasta en un 30-40% (después de 18 días a 10°C).

Gutiérrez *et al.*, (1997) describió que el tratamiento hidro térmico utilizado para el control de moscas de la fruta retrasó la manifestación del daño por frío en mangos 'Manila'; señalando que los frutos tratados a 46.1 °C durante 75 min mostraron manchas cafés en la piel, oscurecimiento interno y maduración irregular después de 16 días almacenamiento a 6 °C mas nueve días a 25 °C y que a 12 °C estas manifestaciones de daño ocurrieron después de 20 días de almacenamiento mas nueve días a 25 °C. Esta última condición podría tener interés comercial dado que las prácticas de exportación requieren de tres semanas de vida de anaquel para la comercialización.

Aunque los datos aportados por el grupo de investigación en Veracruz, México respecto de que el tratamiento hidrotérmico reduce el daño por frío; llama la atención que en la práctica comercial este tratamiento no haya generado los resultados observados por los investigadores y por el contrario, se han observado daños que se atribuyen al tratamiento hidrotérmico; es posible que la temperatura de conservación utilizada como segura en la práctica comercial (10 °C) sea una probable causa de los daños observados y esta deba de ser cambiada para mejorar el manejo de este fruto como lo indicó Mercado-Silva (2010) quien sugirió una temperatura de 13 °C. No obstante, se deben realizar estos experimentos para dar evidencia de ello.

#### Usos de atmosferas controladas para aliviar daños por frío

Existe información respecto de que la aplicación de atmósferas controladas pueden contribuir a disminuir el daño por frío; no obstante, en mango 'Manila' la información disponible es parcial y referente al uso de éstas con fines cuarentenarios con una posible capacidad para utilizarlas como técnicas auxiliares para disminuir el daño por frío. León *et al.*, (1997) evaluaron el efecto de la

aplicación de atmósferas insecticidas (1% O<sub>2</sub> y 30 ó 50% CO<sub>2</sub>) durante 3 días para observar su efecto en el daño por frío en mango 'Manila' almacenado a 12 °C durante 27 días. No se observaron efectos benéficos de la aplicación de estas atmósferas para reducir los síntomas del daño ya que los frutos no tratados desarrollaron daño por frío a los 24 días, mientras que los tratados con 30 y 50% CO<sub>2</sub> mostraron alteraciones a los 21 y 18 días respectivamente.

De manera general los estudios realizados sobre conservación de mango 'Manila' bajo refrigeración indican que es una variedad sensible a las bajas temperaturas y que debe almacenarse por arriba de 12 °C. Considerando que para exportación de mango la temperatura de conservación es de 10 °C, parece razonable indicar que esta fruta está sometida a daño por frío y es probable que los daños ocurridos después del tratamiento hidrotérmico sean provocados por las bajas temperaturas de conservación y no necesariamente por el tratamiento hidrotérmico. Es necesario realizar un estudio en el que frutas tratadas hidrotérmicamente (de acuerdo al protocolo APHIS-USDA), se enceren de manera convencional, se conserven a 13°C y se evalúe el potencial de vida de anaquel.

### **3.3.2.5 Atmósferas controladas y recubrimientos superficiales**

Las tecnologías de atmósferas controladas o modificadas, así como los recubrimientos de ceras o películas plásticas se utilizan para reducir el metabolismo de los productos o controlar la pérdida de humedad y así alargar la vida de anaquel de los frutos (Kader 2007).

Kader (2002) sugiere el uso de atmósferas controladas de 3-5% de O<sub>2</sub> y 5-8% de CO<sub>2</sub> las cuales retrasan la maduración reducen la respiración y la producción de etileno pudiéndose alcanzar una vida de almacenamiento de 3 a 6 semanas. También señala que las exposiciones por debajo de 2% de O<sub>2</sub> y por arriba de 8% de CO<sub>2</sub> inducen alteraciones del color de la piel, pulpa grisácea y alteraciones del sabor. No obstante, estas condiciones no se han estudiado para esta variedad y los estudios se han enfocado a evaluar el uso de atmósferas insecticidas (de

cortos periodos de aplicación) y sus efectos para reducir el daño por frío. Probablemente la escasa aplicación de ésta tecnología a escala comercial y su bajo impacto en la vida pos cosecha sean la causa de los escasos estudios desarrollados en este cultivo.

Ortega-Zaleta y Yahia (2000a) y Yahia y Ortega-Zaleta (2000) evaluaron los efectos de las atmósferas insecticidas de bajo oxígeno y alto bióxido de carbono (0 kPa O<sub>2</sub> + 50 kPa CO<sub>2</sub>) aplicadas a altas temperaturas (40, 42, 43, 44, 45, 46, 47 y 49°C y 50% HR) durante 160 min sobre la incidencia de daños en mango 'Manila' de Veracruz, México de 90 días de desarrollo y después de ser almacenados por 10 y 20 días a 10°C. Después de 10 días de almacenamiento a 10 °C, no observaron daños en los frutos tratados a temperaturas menores de 44 °C; daños ligeros a 44 °C, y daños graves en frutos tratados a 45 °C o más. A los 20 días, hubo daños mayores en frutos expuestos a 44 °C y daños severos en los frutos expuestos a temperaturas mayores a 45 °C. La pérdida de peso fue similar entre frutos control y tratados y la pérdida de firmeza fue menor a medida que la temperatura se incrementó hasta 46 °C. Estos autores concluyeron que el mango 'Manila' resiste el tratamiento con la atmósfera estudiada a temperaturas menores de 44 °C, pero es sensible a temperaturas mayores; siendo esto una posible limitación en su aplicación como tratamiento para el control de insectos dado que se afecta la calidad de la fruta.

González-Buenrostro (1982) observó los efectos de encerar frutos de mango 'Manila' con cera de candelilla en conjunto con un tratamiento hidrotérmico para el control de antracnosis (inmersión en agua a 55°C por 5 min) y los comparó con frutos sin encerar durante el almacenamiento a 7, 10, 20 y 25 °C por diferentes tiempos. Los tratamientos que mostraron mayor porcentaje de frutas comercializables fueron aquellos cuyas temperaturas de almacenamiento fueron de 20 y 25 °C, mientras que las frutas tratadas con agua caliente y enceradas mantuvieron un alto porcentaje de fruta comercializable (más de 90%) después de 20 días de almacenamiento aunque no se evaluó las características sensoriales de la fruta. Este efecto no se observó bajo condiciones de refrigeración, ya que el

porcentaje de fruta comercializable fue nulo después de 12 días a 7°C o de 19 a 10°C. Estos datos sugieren que el uso de ese tipo de ceras no superó las expectativas de vida de anaquel del mango.

Díaz-Sobac *et al.*, (1996) prepararon un recubrimiento con una solución de 50 °Bx de maltodextrina (10 DE) a la que agregaron 3% de carboximetilcelulosa y 10 % de ácidos grasos esterificados más un agente plastificante (Sorbac 60 Polisorbac 80); este recubrimiento fue aplicado por aspersión en mangos 'Manila' en madurez fisiológica y almacenados a 15 y 25 °C. En ambas temperaturas, la pérdida de peso fue menor en los frutos cubiertos con la película (8-9%) respecto de los no cubiertos (13– 14%); la tasa de respiración disminuyó notablemente y los cambios de acidez, pH, sólidos insolubles en alcohol (contenido de almidones) y los sólidos solubles totales fueron menores (11 y 13 °Bx para 15 y 25 °C, respectivamente) y el cambio de color fue menor en los frutos recubiertos que en los frutos control. Estos autores señalaron que los frutos alcanzaron su madurez completa después de 3 a 4 días a 25 °C aunque no se reportaron valores de los parámetros medidos. Los datos proporcionados en este estudio sugieren una alteración del metabolismo de los frutos durante su conservación y no se evaluó si se generaron compuestos que comprometieran la calidad sensorial de los frutos. Lamentablemente no hay datos respecto de producción de etanol o acetaldehído bajo esas películas o evaluaciones sensoriales que pudieran dar una mayor certeza del uso comercial de las películas estudiadas, en todo caso, se requiere mayor información respecto de la aplicación de esta película.

Utilizando las mismas películas de recubrimiento anteriores, Díaz-Sobac *et al.*, (1997) evaluaron el proceso de ablandamiento de los frutos de mango 'Manila' y las actividades enzimáticas asociadas a este proceso (pectinesterasa (PE), poligalacturonasa (PG) y celulasa (Cx) durante el almacenamiento a 25 °C durante 20 días. La firmeza de los frutos tratados con el recubrimiento se mantuvo sin cambio los primeros 8 días de almacenamiento y después se inició el proceso de ablandamiento pero a una velocidad menor que la mostrada por los frutos control, mientras que las actividades de PE, PG y Cx fueron menores concluyendo que la

menor pérdida de firmeza de los frutos cubiertos con la película se debió a la menor actividad de estas enzimas.

A pesar de los efectos que mostró la película utilizada por estos autores, es necesario aportar más información respecto si el tratamiento no alteró la calidad sensorial del fruto; si el recubrimiento mantiene la calidad, podría convertirse en un elemento de uso potencial en el manejo de este fruto.

### **3.3.2.6 Tratamientos cuarentenarios**

La presencia de plagas en las zonas de producción de mango ha sido un problema para los procesos de comercialización y exportación a zonas libres de esas plagas. La infestación de los frutos por moscas de la fruta ocurre solamente en determinados periodos de desarrollo del fruto y ese periodo en que el fruto es susceptible a la infestación se debe a cambios en la composición del fruto que lo hacen un elemento de atracción para los insectos plaga. Dentro de los compuestos que atraen insectos plagas se encuentra los compuestos volátiles, no obstante, también puede ocurrir que otros compuestos volátiles funcionen en determinados etapas de desarrollo como repelentes de dichas plagas.

El conocimiento de los cambios de estos compuestos abre la posibilidad de entender mejor los procesos de infestación de plagas y diseñar estrategias adecuadas para el control de las mismas. Jarvio (2006) cuantificó los cambios de los compuestos volátiles del mango durante su desarrollo para identificar aquellos volátiles con posible actividad insecticida durante el desarrollo precosecha de mango (*Mangifera indica* var. 'Manila'). Se identificaron y cuantificaron 19 compuestos volátiles en la piel, a cuatro de ellos (3-careno, limoneno, pentanal, 2-hexenal) se les asoció actividad insecticida. Estos compuestos disminuyen con el desarrollo del fruto y estuvieron asociados con el incremento de azúcares, la relación °Bx/acidez, el desarrollo del color y probablemente con el ablandamiento de la piel. De acuerdo con este trabajo, la disminución de los compuestos volátiles

insecticidas y el incremento en azúcares determina el periodo de infestación de los frutos lo cual ocurre entre los 84 y 91 días de desarrollo.

Estos trabajos pueden servir de base para implementar medidas de prevención más adecuadas para evitar la infestación de mosca de la fruta.

### **Técnica de embolsado**

Cabrera *et al.*, (1996) basados en el criterio que la infestación de moscas de la fruta ocurre cuando se inicia el proceso de maduración; realizaron el aislamiento de los frutos de los insectos mediante el embolsado de los frutos que evitaría el uso de plaguicidas. De acuerdo a estos autores, los frutos pueden ser embolsados entre los 30 y 80 días después de antesis y la cosecha se debe realizar a los 90 y 115 días.

Antes de embolsar, debe haber control de hormigas y aplicación de fungicidas para proteger al fruto de antracnosis, fumagina y roña. Los frutos no presentaron infestación por mosca de la fruta y solamente el 10% presentó antracnosis durante la maduración. Según estos autores, el embolsado propicia un color más uniforme, mayor firmeza y resistencia durante la pos cosecha, además de reducir su caída y rozaduras con ramas y otros frutos.

Guzmán-Estrada (2004) compararon diferentes tipos de bolsas (papel calibre 16, malla antiviral y bolsas semienteradas color blanco) en 6 variedades de mango ('Manila', 'Ataulfo', 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Kent' y 'Keitt') de Sinaloa, México. Los frutos embolsados alcanzaron menor peso que los frutos control, pero desarrollaron un color normal después de la cosecha. Los cultivares 'Manila', 'Ataulfo', 'Haden' y 'Tommy Atkins', tuvieron una mejor calidad sanitaria (sin infestaciones y problemas de antracnosis), mientras que el control requirió de la aspersión de agroquímicos; las variedades 'Kent' y 'Keitt', presentaron problemas de saneamiento por dicho tratamiento. En mango 'Manila', tuvieron mayor cantidad de sólidos solubles (°Bx) en frutos con bolsa antiviral, pero fueron más blandos. Estos resultados coinciden con los reportes de Lechaudel y Joas (2007), quienes indicaron que el tipo de bolsa utilizada puede afectar la calidad del fruto señalando

que las bolsas de plástico promovieron una mayor pérdida de peso y mayor decremento en la firmeza de los frutos.

Esta técnica también fue utilizada en mango 'Carabao' en combinación con tratamiento hidrotérmico (55 °C 5 a 10 min) observándose una notable mejora de la calidad (81% de fruta exportable en comparación al 45% de las frutas no embolsadas), menor incidencia de enfermedades y menor incidencia de frutos atacados por moscas de la fruta (Bujante *et al.*, 1997). No obstante, estos investigadores también señalaron que esta técnica no es completamente eficaz para evitar el ataque de moscas de la fruta haciendo notar que las bolsas utilizadas deben ser opacas.

Dado la incidencia de moscas de la fruta en gran parte de las zonas de producción de mango en México, el mango 'Manila' debe ser tratado a través de los protocolos con fines cuarentenarios para su exportación a los Estados Unidos. Dichos protocolos de desinfestación de *Anastrepha ludens*, incluyen el tratamiento hidrotérmico bajo el protocolo Plant Protection Quarantine PPQ T-102-a de APHIS USDA dentro de las variedades planas oblongas en dos alternativas de tratamiento: frutos cuyo peso sea hasta 365 g, 65 minutos y frutos entre 365 y 570 g 75 minutos. También pueden ser tratado por el protocolo PPQ T-103-c-1 (Single-stage high temperature forced air). Así como por el tratamiento de vapor caliente PPQ T 106 – c-3 o por la aplicación de irradiación con rayos gamma a través del protocolo PPQ 105-a-1 con dosis mínima de 150 Gy y máxima de 1000 Gy.

### **Tratamiento hidrotérmico**

Los estudios de los efectos del tratamiento hidrotérmico son escasos; no obstante, Lagunes *et al.*, (2007) estudiaron el contenido del ácido 1 amino ciclo carboxílico o ACC, la actividad de ACC oxidasa, producción de etileno, los cambios en el contenido de sólidos solubles totales o SST, la acidez y la firmeza en frutos de mango 'Manila' de 215-260 g y 105 días postantesis sometidos a tratamiento hidrotérmico (46.1 °C por 65 min y enfriados en agua por 35 min) y posteriormente tratados con 0, 0.5, 0.75 y 1.0 mL L<sup>-1</sup> de etileno por 6, 12 y 18 h y

posteriormente almacenados a temperatura ambiente. Los frutos no tratados con etileno disminuyeron su contenido de ACC, aumentaron su actividad de ACC oxidasa y la producción de etileno alcanzó un máximo al día 5 de almacenamiento; en tanto que los SST aumentaron desde 11 a 16 °Bx, la acidez y la firmeza disminuyeron de 4 a 2% y de 7.5 a 4.5 kgF, respectivamente. Aunque los datos mostrados por estos autores solo corresponden a 5 días después del tratamiento y no se comparó con frutos no tratados hidrotérmicamente; el contenido alto de acidez y la alta firmeza al final del periodo parecen indicar que la maduración fue incompleta, y no indican datos de pérdida de peso o de las características visuales de los frutos. Aquellos frutos que fueron tratados con 0, 5 y 0.75 mL L<sup>-1</sup> de etileno por 6 y 12h, aumentaron su producción de etileno, tuvieron mayor actividad de la ACC oxidasa o ACO y alcanzaron mayor contenido de SST (18°Bx), menor acidez (<1.0%) y menores valores de firmeza (alrededor de 3 kgf), lo cual sugiere una alternativa para inducir la maduración después del tratamiento hidrotérmico. Los frutos tratados con 1 mL L<sup>-1</sup> de etileno por 18h tuvieron menores registros de ACC, menor actividad de ACO, producción de etileno y SST (17°Bx), y la acidez bajo hasta 2% aproximadamente indicando que este tratamiento inhibió el proceso de maduración.

En el congreso de International Food Technologist (IFT), Peralta *et al.*, (2004) expusieron resultados de la aplicación de etileno (750 µL de etileno L<sup>-1</sup> en la atmósfera durante 6h a 25 °C) a frutos de mango 'Manila' después de haber sido sometidos al tratamiento hidrotérmico (46.1 °C por 65 min) y almacenados dos días a 12, 18 y 25 °C. Después del tratamiento con etileno, los frutos fueron almacenados a 6, 12 y 18 °C por cinco días. Los mejores resultados de composición y apariencia de los frutos fueron obtenidos en los frutos tratados con etileno y almacenados a 18°C. No obstante, el periodo de observación fue muy corto y falta información respecto de lo que ocurre con la vida de anaquel de los frutos para estimar la aplicación de la técnica en una operación comercial, donde se requiere al menos tres semanas de vida de anaquel.

## **Aire caliente seco**

Como un tratamiento cuarentenario alternativo, Yahia *et al.*, (2000) estudiaron los efectos del tratamiento con aire caliente seco (44 °C 50% HR) por 160 y 220 min en la fisiología y calidad de mangos 'Manila' y 'Oro' de 17 y 10 semanas de desarrollo procedentes de Oaxaca, México y almacenados a 10 °C durante 20 y 32 días. Después de 20 días de almacenamiento a 10 °C, el tratamiento con aire caliente seco no causó daños superficiales en mango 'Manila'. De acuerdo con los autores, el mango 'Manila', almacenado a 10°C, no presentó daños por calor ni por frío por lo que propusieron que el tratamiento pudiera aliviar los daños por frío. En la mayoría de los casos, el tratamiento por 160 min retrasó la maduración de los frutos pero ninguno de los dos tiempos empleados controló el desarrollo de la antracnosis. Los frutos tratados tuvieron mejor textura y el color interno y externo no mostró diferencias estadísticas. Los investigadores concluyeron que los tratamientos evaluados en este trabajo no causaron efectos adversos o negativos en la calidad de la fruta, y por lo tanto pudieran ser utilizados para el control de plagas como *A. ludens* y *A. obliqua*.

De acuerdo con las regulaciones de USDA-APHIS los protocolos aprobados que tienen cierta similitud a este tratamiento es el PPQ T103-c-1 o aire caliente a altas temperaturas, el cual tiene requisitos de aplicación de temperatura mínima del aire de 50 °C y temperatura mínima de la pulpa de 48 °C los cuales están por arriba de las condiciones experimentales utilizadas por estos investigadores. Esto señala la necesidad de seguir un proceso para que las autoridades de Estados Unidos aprueben dicho tratamiento.

Otro tratamiento es el T106-a o de vapor caliente el cual señala elevar gradualmente la temperatura de la pulpa del fruto hasta que el centro del mismo alcance esa temperatura en 8 horas y posteriormente mantener esa temperatura durante 6 horas. Estos tratamientos son muy agresivos para la fisiología de los frutos; no obstante, son procedimientos aprobados y si estos se quieren cambiar se debe iniciar un proceso con las autoridades fitosanitarias de aquel país para

modificarlas. Por lo tanto este tratamiento estaría sujeto a la evaluación de las autoridades fitosanitarias para su posible aplicación.

### **Usos de atmósferas controladas insecticidas y aire caliente seco.**

Yahia y Ortega Zaleta (2000) estudiaron los efectos de 21 tratamientos de aire o atmósferas controladas a altas temperaturas y diferentes periodos de aplicación sobre la mortalidad *in vitro* de larvas del tercer instar de *Anastrepha ludens* y *A. obliqua*, observaron 100% de mortalidad cuando aplicaron corrientes de aire o atmósferas controladas de diferente composición (0 ó 13 kPa de O<sub>2</sub> y 0, 20 ó 50 kPa de CO<sub>2</sub>) a 48°C durante 220 min. No obstante, para el caso de huevos de ambas especies, se requirieron condiciones más severas para lograr el 100% de mortalidad (aire a 51°C por 240 min o 52 °C para atmósferas controladas por 240 min, estos autores sugieren que temperaturas mayores de 44 °C y tiempos de exposición mayores que 160 min podrían causar daños en el mango 'Manila'.

Ortega-Zaleta y Yahia (2000b), a partir de los estudios de los efectos en la calidad de las atmósferas controladas en mango 'Manila' reportadas por Ortega-Zaleta y Yahia (2000a) y Yahia y Ortega-Zaleta (2000), estudiaron los efectos de atmósferas insecticidas (0 kPa de O<sub>2</sub> y 50 kPa de CO<sub>2</sub>) aplicadas a diferentes temperaturas (35, 37, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48 y 49 °C) durante 160 min en frutos infestados con larvas de primer y tercer estadio y huevos de dos especies de moscas (*Anastrepha obliqua* y *A. Ludens*). La combinación de la atmósfera controlada con temperaturas mayores de 40 °C produjo el 100 % de mortalidad de huevos y larvas en los frutos infestados de manera artificial o natural, señalando el uso potencial de este tratamiento para este fruto.

Aunque los tratamientos cuarentenarios con atmósferas insecticidas no están aprobados por USDA-APHIS para mango importado por los Estados Unidos, esta es una alternativa que pudiera tener aplicación industrial en el futuro aunque aún hace falta establecer en qué medida estas condiciones deben cambiarse para frutos de mayor tamaño.

Aplicaciones de atmósferas modificadas y aire caliente.

Yahia *et al.*, (1997) reportaron el uso de aire caliente seco (44-48 °C) en una atmósfera que cambio de composición durante el tiempo de tratamiento (22 a 0.8% de O<sub>2</sub> y de 0.035% a 67% de CO<sub>2</sub>) durante 160 y 220 min en frutos de mango 'Manila' y 'Oro' de Oaxaca, México. Los tratamientos a 44 °C por 220 min causaron daños en ambas variedades y algunas frutas no maduraron después de este tratamiento. No obstante, a 44 °C por 160 min, tanto en aire como en la atmósfera modificada, no causó daños y en la mayoría de los casos retrasó la maduración, aunque no controló la antracnosis. Al no observar presencia de larvas de moscas de la fruta en los frutos tratados y si ocasionalmente en los frutos control, los autores señalan que el proceso podría ser eficiente para el control de insectos. Sus resultados sobre mortalidad de huevos y larvas del tercer instar de *Anastrepha ludens* y *A. obliqua* indicaron un 100% de mortalidad en frutos tratados a 44 °C por 160 min con atmósferas de bajo O<sub>2</sub> o alto CO<sub>2</sub>.es eficiente como tratamiento para controlar estos insectos.

### **Tratamientos mediante recubrimientos superficiales**

Díaz-Sobac *et al.*, (2000) indicaron que el recubrimiento descrito por ese mismo grupo de trabajo (Díaz-Sobac *et al.*, 1996) para el control de ablandamiento también puede tener efectos sobre el desarrollo de larvas de la mosca de la fruta. En ese trabajo no se realizaron infestaciones de mosca de la fruta sobre los frutos y se utilizaron frutos de zonas con prevalencia de mosca de la fruta, partiendo de la hipótesis que la infestación de frutos en el huerto de muestreo era generalizada y homogénea, con lo que comparando la incidencia de infestación en frutos control y cubiertos con la película se podía tener una estimación del efecto de las películas sobre el desarrollo de las larvas. Según estos autores todos los frutos cubiertos con la película y almacenados a 15 y 25 °C no mostraron incidencia de larvas de mosca de la fruta (no se explica el método como se determinó dicha incidencia) mientras que los frutos control mostraron una incidencia de 2.06 larvas por fruto. A los seis días de almacenamiento con la película, la incidencia de larvas de moscas de la fruta fue igual tanto en frutos tratados y control, a los nueve días

la incidencia de larvas se presentó en 40 % de los frutos y cuando la película fue removida por lavado, la incidencia fue de 25% de los frutos. No obstante, el uso potencial de esta película como elemento de control de la mosca de la fruta debe ser sustentado con estudios controlados en frutos cuyo grado de infestación sea conocido; además de considerar que el uso de tratamientos de recubrimiento no se considera como un tratamiento cuarentenario por las autoridades fitosanitarias de los países importadores.

### **Tratamiento cuarentenario de irradiación.**

Mercado-Silva (2011) hace un resumen de los usos potenciales de la irradiación como técnica para la desinfestación de productos hortícolas y plantea la problemática de su aplicación, así como también señala los límites a los que hay que irradiar distintas variedades de mango para evitar daños por irradiación o desarrollo de tejido esponjoso.

Mercado-Silva (2010) y Guerrero (2010), estudiaron los cambios de calidad general de los frutos, así como los cambios en la actividad antioxidante de frutos de mango cv. 'Manila' de Nayarit, México en dos estados de madurez ( $\frac{1}{4}$  y  $\frac{3}{4}$ ) sometidos a distintas dosis de irradiación gamma (0, 0.15, 0.6 y 1.0 kGy) y almacenados a 10 y 20 °C. Los frutos de madurez  $\frac{1}{4}$ , irradiados con dosis de 1.0 kGy (0.96–1.33 kGy) y almacenados a 10°C, desarrollaron tejido esponjoso lo que demostró su susceptibilidad a esas dosis de irradiación. Los resultados mostraron que el mango 'Manila' tuvo una vida de anaquel de 13 y 19 días cuando se almacenaron a 20°C y 10°C, respectivamente; el factor que afectó drásticamente su calidad visual fue la alta marchitez de los frutos, aunque el porcentaje de pérdida de peso fue similar a la registrada por la variedad 'Ataulfo', la cual no mostró esta pérdida de calidad visual. Este deterioro fue más notorio en los frutos almacenados a 20°C.

La irradiación provocó un retraso en los cambios de color de verde a amarillo de los frutos, aunque las altas dosis causaron oscurecimiento de la piel, así como desarrollo de tejido esponjoso, por lo que se recomendó un intervalo óptimo de

dosis para esta variedad de 0.15 a 0.6 kGy, donde se mantiene la calidad general del fruto y se mejoran las propiedades antioxidantes.

Algo que llamó la atención en este estudio es que el contenido de ácido ascórbico de esta variedad tiende a aumentar a medida que transcurre la maduración de los frutos; lo cual no ocurrió en otras variedades estudiadas. De igual forma, el contenido de compuestos fenólicos aumentó, siendo mayor éste en los frutos irradiados a 0.6 y 1.0 kGy.

La sensibilidad a las dosis altas de irradiación observada por estos autores están de acuerdo a lo encontrado por Manoto *et al.*, (1992) quienes al aplicar dosis de irradiación de 0.1, 0.15, 0.25 y 0.350 kGy a frutos de mango 'Carabao', indicaron no haber encontrado efectos sobre la calidad de los frutos hasta dosis de 0.25 kGy, pero que a 0.35 kGy hubo una ligera incidencia de oscurecimiento de la pulpa. Esto parece también mostrar evidencia de la relación entre ambas variedades.

### **3.3.2.7 Control de antracnosis**

La National Mango Board publicó una revisión de la literatura respecto de los procedimientos empleados para el control de esta enfermedad, la cual está disponible en el sitio web: [http://www.mango.org/media/55712/resumen\\_ejecutivo\\_antracnosis\\_en\\_mango.pdf](http://www.mango.org/media/55712/resumen_ejecutivo_antracnosis_en_mango.pdf), por lo que aquí sólo se indicarán los trabajos realizados para mango 'Manila'.

### **Desarrollo de equipo para cuantificación de daño por antracnosis.**

Corkidi *et al.*, (2006) en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico del Instituto de Biotecnología de la UNAM, desarrollaron un equipo para medir el nivel de daño ocasionado por la antracnosis, el equipo se basa en registrar los cambios de color de los frutos frente a una cámara digital que toma 360 fotografías (una por cada grado de rotación del fruto), las cuales

posteriormente son descargadas en un cilindro hipotético a través del cual se cuantifican la superficie dañadas por el hongo mediante el análisis de imagen.

### **Experimentos en campo:**

Rebolledo-Martínez *et al.*, (2008) determinaron la eficacia en el control de antracnosis en la producción de mango 'Manila' de diferentes productos aprobados para ese fin. Los productos evaluados fueron Benomil (Benlate®); Mil Stop Plus 2 y 4 (bicarbonato de potasio 85%); Sulfocop 3 y 6 (Sulfato de cobre y azufre); Master cop 1.2; Garlic 2 y 4 (extractos de ajo 99%) los cuales se aplicaron en cuatro tiempos durante el ciclo de cultivo en Cotaxtla, Veracruz, México y un tratamiento adicional de embolsado de los frutos. El tratamiento que mejor controló la enfermedad (79% de frutos sanos en madurez fisiológica) fue el Sulfocop 6 (6 L ha<sup>-1</sup>) en cuatro aplicaciones seguido por el embolsado (59%). De manera colateral se observó que el embolsado no superó el uso de otros productos para el control de enfermedades, y por lo tanto debe de estar acompañado de otros procedimientos.

### **Uso de recubrimientos**

Utilizando la misma formulación de las películas reportadas por Díaz-Sobac *et al.*, (1996) descritas en la sección de daño por frío (50 °Bx de maltodextrina (10 DE); 3% de carboximetilcelulosa; 10 % de ácidos grasos esterificados y un agente plastificante); Díaz-Sobac *et al.*, (2000) evaluaron el uso potencial de las mismas como elementos para reducir el daño por antracnosis. Los autores partieron de la hipótesis que la infección de *Colletotrichum gloeosporoides* era natural, que estaba presente en todas las muestras analizadas y distribuida de manera homogénea en las mismas con lo que haciendo una comparación con el grupo no tratado obtuvieron una indicación del efecto potencial del recubrimiento en el control de la enfermedad. Bajo esta suposición, el grupo control mostró una manifestación severa de infección (100% de los frutos en el día 12 a 25 °C), mientras que los grupos cubiertos con la película sólo mostraron trazas de la enfermedad en las mismas condiciones; a los 18 días la infección fue ligera (en 20% de los frutos

infectados). Es posible que la alteración metabólica provocada por el recubrimiento también retrasara la disminución de compuestos fenólicos de los frutos, lo cual generó un menor desarrollo del microorganismo. En todo caso, el uso potencial de este recubrimiento para el control de la enfermedad requiere de experimentación controlada con frutos inoculados con concentraciones conocidas del patógeno, además de comprobar si la cera no compromete la calidad sensorial del fruto.

### **Control biológico**

Ploetz en su revisión de literatura para Mango Board sobre antracnosis en mango, disponible en: [http://www.mango.org/mango/sites/default/files/download/antracnose\\_of\\_mango.pdf](http://www.mango.org/mango/sites/default/files/download/antracnose_of_mango.pdf), señala que a la fecha de su revisión se habían utilizado bacterias *Bacillus licheniformis* como medio de control pero que en esa fecha ningún procedimiento de control biológico había sido tan exitoso como la aplicación de fungicidas. No obstante, existen nuevos enfoques en este campo como el uso de microorganismos antagonistas a *Colletotrichum gloesporoides* que pueden significar una estrategia importante para el control de esta enfermedad. El uso de microorganismos antagonistas para el control biológico se basa en que los antagonistas utilizan alguno de los siguientes mecanismos para eliminar o desplazar al patógeno: producen enzimas líticas al patógeno, compiten por nutrientes y espacio con el patógeno o inducen resistencia en el fruto hacia el patógeno (Hernández-Lauzardo *et al.*, 2007).

El Instituto de Biotecnología de la Universidad Autónoma de México ha realizado estudios a este respecto con aplicaciones en campo. Carrillo-Fasio *et al.*, (2005) evaluaron la efectividad para controlar la antracnosis en mango 'Kent' mediante el uso de dos microorganismos antagónicos (*Rhodotorula minuta* y *Bacillus subtilis*) aislados de la piel de mango y cultivados en laboratorio para ser aplicados durante el desarrollo de los frutos. La aplicación de la mezcla de ambos microorganismos permitió una notable reducción de la incidencia de la enfermedad

(8%) respecto de los frutos no tratados (60.5%), o de 25 y 12% cuando se aplicaron por separado cada uno de los antagonistas, respectivamente.

En base a esos resultados, Patiño-Vera *et al.*, (2005) escalaron la producción de *Rhodotorula minuta* a un fermentador de 100 L y el producto fue aplicado en campo en mangos, 'Keitt' y 'Kent' en Sinaloa, México; la severidad de la infección fue menor que el grupo control y similar a los frutos tratados con un fungicida comercial (Mancozeb). No obstante, estos estudios no se han realizado en mango 'Manila' el cual es sensible a la antracnosis, tiene una piel más delgada y un metabolismo más acelerado, lo cual puede generar respuestas diferentes de estos procedimientos de control.

Un aspecto que esta por explorarse en el campo de control biológico, es la resistencia inducida de los frutos de mango a través de microorganismos inductores de resistencia en el fruto que permitiría superar el ataque de la misma. Ugay (2003) emplea una cepa mutante no patogénica de *Colletotrichum gloesporoides* para inducir resistencia a esta enfermedad en frutos de mango 'Carabao' reduciendo la severidad de la incidencia de antracnosis hasta en 49%. (<http://agris.fao.org/agris-search/search/display.do?f=2004%2FPH%2FPH04003.xml%3BPH2004000586>)

La aplicación de la cepa no patogénica previo a la inoculación del patógeno indujo una mayor síntesis de ACC, y por tanto de etileno aún cuando no se registró ataque de la enfermedad. Este hecho hizo pensar a estos investigadores que estos microorganismos provocan una respuesta en el fruto que puede llevar a la formación de elementos de resistencia que permiten resistir el ataque del microorganismo patógeno. Este trabajo llama la atención porque la variedad 'Carabao' puede tener mucha similitud histológica con la variedad 'Manila' y es posible que pudieran tener respuestas similares.

No obstante, es necesaria más información para delimitar realmente los alcances de estas técnicas y acotar con precisión su aplicación desde el punto de vista comercial en el control de la antracnosis.

### **Tratamiento hidrotérmicos.**

Además de los tratamientos con fungicidas, los tratamientos físicos como la inmersión de los frutos en agua caliente (53 °C por 5 a 10 minutos), la irradiación, refrigeración y atmósferas controladas tienen su espectro de aplicación en el control de patógenos. En particular, el tratamiento hidrotérmico de frutos de mango tiene un efecto positivo para el control de antracnosis (Spalding y Reeder 1986; McMillan *et al.*, 1987). Dicho tratamiento frecuentemente incorpora fungicidas para potenciar su acción.

Mena-Nevarez (1993) observó el impacto del tratamiento hidrotérmico (46 °C por 80 y 90 min) en el desarrollo de la antracnosis en mangos 'Manila' almacenados a 20 °C durante 10 días indicando que el tratamiento por 90 minutos presentó una incidencia de la enfermedad ligera y moderada de 8.5% y 2.1%, respectivamente, mientras que el grupo no tratado mostró 52% y 17% de incidencia. No obstante, los datos de este autor muestran que el tratamiento hidrotérmico por 80 min incrementó la incidencia del daño respecto del control (60% y 29%). De acuerdo a los tamaños de esta variedad, el tratamiento hidrotérmico aplicado estaría alrededor de 75 min y por los datos indicados por el autor, parece ser posible tener una mayor incidencia del patógeno en esta variedad cuando sea sometido a este proceso. Es posible que el tratamiento por 80 minutos afecte más la resistencia del fruto que la resistencia del patógeno haciendo más factible el desarrollo posterior del mismo sobre el fruto; a 90 min es posible que la resistencia del patógeno se haya alterado lo cual disminuyó su incidencia sobre el fruto aunque el fruto también hubiera estado afectado.

### **Uso de ozono**

El ozono tiene un potencial oxidante 1.5 veces mayor que el cloro y 3000 veces mayor al ácido hipocloroso, así mismo sus tiempos de contacto para una acción antimicrobiana son de 4 a 5 veces menores que el cloro, lo que lo hace un compuesto útil para procedimientos de desinfección de frutas y hortalizas.

Barbosa-Martínez (2003) además de realizar un estudio comparativo del desarrollo de los frutos de mango 'Haden' y 'Manila', también hace un estudio

comparativo de los efectos de las aplicaciones de ozono (0, 0.8 y 2 mg L<sup>-1</sup>) para el control de antracnosis en ambas variedades inoculadas artificialmente con una suspensión de esporas de *Colletotrichum gloeosporoides* y evaluando el desarrollo de la enfermedad después de 120 horas y 11 días posteriores a la inoculación. Hubo hasta un 98% de inhibición de la germinación de las esporas en medios de cultivo *in vitro*. Los estudios de inoculación *in vivo* indicaron que la variedad 'Manila' manifestó los primeros síntomas de la enfermedad después de 96h mientras que en mango 'Haden' aparecieron después de 120h. Después de 11 días de incubación, la severidad del ataque en mango 'Manila' fue de 45% de la superficie, mientras que en 'Haden' fue de 5%, lo cual indicó claramente la mayor susceptibilidad a la antracnosis del mango 'Manila' en comparación al mango 'Haden'. De acuerdo a esta autora, la mayor susceptibilidad de esta variedad se debe al menor espesor del epicarpio, una actividad metabólica más alta, lo cual provoca un ablandamiento más acelerado y por ello mayor facilidad para el ataque del microorganismo. Las aplicaciones de ozono a frutos inoculados con esporas del microorganismo presentaron un área necrótica ligeramente inferior al mostrado por las frutas control lo cual indicó que es muy difícil controlar el desarrollo de la enfermedad una vez que ésta se ha establecido sobre el fruto.

### **Uso de la irradiación para control de antracnosis.**

Las aplicaciones de irradiación gamma para el control de patógenos en mango han sido ampliamente difundidas (Johnson *et al.*, 1990), en algunas variedades hay cierto control de la enfermedad aunque no a niveles aceptables comercialmente, y sólo son exitosos cuando el tratamiento se combina con fungicidas o tratamiento con agua caliente, pero la irradiación por sí sola no protege al fruto de la enfermedad, además de que algunas variedades son susceptibles a los daños por irradiación cuando se exponen a dosis por arriba de 600 Gy, como lo demostró Mercado-Silva (2010) para el mango Manila. Mercado-Silva *et al.* (2011, datos no publicados) evaluaron el efecto del tratamiento hidrotérmico (6 min a 53°C) para el control de antracnosis y la posterior irradiación

de los frutos a 500 Gy, observando que los frutos se conservaron adecuadamente durante 18 días a 10°C.

### **3.3.2.8 Mango ‘Manila’ mínimamente procesado**

La información disponible acerca del desarrollo de productos mínimamente procesados es bastante escasa y sólo se encontró una presentación en un congreso (Espinoza *et al.*, 2004) en el cual informaron haber desarrollado un producto mínimamente procesado a base de rebanadas de 1X4X5 cm que fueron sumergidas en ácido cítrico, cloruro de calcio, benzoato de sodio y peróxido de hidrógeno, empacadas en polietileno de alta densidad y almacenadas a 24, 12 y 6 °C durante 17 días. El almacenamiento a 6 °C redujo la tasa de respiración y se mantuvo la firmeza; mientras que a 12 °C hubo mayor concentración de ácido ascórbico y glucosa y por el uso de aditivos la vida de anaquel puede ser de hasta 17 días. No obstante, no se presentaron datos de la calidad microbiana ni evaluaciones sensoriales de los productos.

### **3.3.2.9 El mango Manila como alimento funcional**

La National Mango Board encargó al Dr Lucas de Oklahoma State University el desarrollo de un estudio sobre la modulación de la grasa corporal y de glucosa y lípidos en plasma de ratas alimentadas con dietas altas en grasas y pulpa de mango deshidratado cuyos resultados se encuentran disponibles en el sitio web:

[http://www.mango.org/mango/sites/default/files/download/glucose\\_and\\_lipids\\_research%5B1%5D.pdf](http://www.mango.org/mango/sites/default/files/download/glucose_and_lipids_research%5B1%5D.pdf) los resultados indican que el suministro de dietas con 1% de polvo liofilizado de pulpa de mango ‘Tommy Atkins’ a ratas con dietas altas en grasas es capaz de disminuir los niveles de glucosa en sangre así como también ayudan a regular los niveles de colesterol y grasas en el organismo. Respecto de la regulación de glucosa en el plasma, dicho estudio indica que el mecanismo por el cual ocurre este efecto no es por la vía de incrementar la absorción de la

glucosa por los músculos y que un posible mecanismo podría ser que el mango directa o indirectamente dificultara la absorción de glucosa en el intestino delgado.

Recientemente se ha reportado que extractos proteicos de mango podrían tener propiedades terapéuticas contra enfermedades de origen inmune y la diabetes debido a la presencia de lectinas en este fruto. Las lectinas son proteínas de origen vegetal que intervienen en procesos de generación, mecanismos de defensa, transporte y movilización de sustancias metabólicas de reserva, así como funciones inmunológicas, antitumorales, nutracéuticas y antivirales.

Basados en estos antecedentes, trabajos de investigación en el Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana en Xalapa Veracruz, México Alarcon-Aparicio (2005) y Reyes-Pool (2008) aislaron, identificaron y caracterizaron la funcionalidad de las lectinas presentes en hojas, piel y pulpa de mango 'Manila' de 60, 75 y 90 días de desarrollo procedentes de Jalcomulco, Veracruz México. Estas proteínas tienen diferentes propiedades funcionales y una de ellas es su capacidad para ligarse con carbohidratos con lo cual podría interactuar con sistemas de transporte de azúcares en las membranas del tracto digestivo dificultando la absorción de la glucosa. No obstante, este aspecto requiere de mayor investigación y confirmación de la acción de estas proteínas. El contenido de estas proteínas parece cambiar entre variedades y con el desarrollo del fruto. Los contenidos para una selección de fruto fue de 3.91 y 2.08 mg/100g respecto del contenido en Mango 'Manila' (2.59 y 2.04mg/100g s.s para hojas y cáscara respectivamente).

Las lectinas del mango 'Manila' presentaron actividad antibacteriana en contra de bacterias Gram positivas y Gram negativas; aunque su actividad pareció depender del origen de cada una de ellas; algunas fueron capaces de inhibir el crecimiento de *Salmonell epidermis*, mientras que otras procedentes de otras muestras presentaron actividad contra *S. epidermis*, *E. coli* y *Peudomonas. Aureginosa* y otras inhibieron el crecimiento de *Candida. albicans*. Se requiere de mayor investigación para identificar porque estas proteínas no son homogéneas entre los distintos materiales.

Adicionalmente se identificó una de las lectinas aisladas como *Mangifera indica* aglutinina o MIA. Estos datos parecen abrir nuevas propiedades del mango en la nutrición humana como un factor de ayuda en el tratamiento de enfermedades como la diabetes o la obesidad. No obstante, también puede haber otros compuestos que pudieran interferir con el transporte de glucosa, por ejemplo los polifenoles como se ha indicado en otros estudios (Carrero-Berzal, 2010).

Estos resultados muestran que las lectinas de mango pueden tener aplicaciones dentro de los sectores de investigación de bioseguridad de alimentos, biomedicina y agricultura.

En otro estudio para National Mango Board, el Dr. Talcott de Texas & AM University investigó los atributos de los fitoquímicos de mango que proporcionan beneficios a la salud humana los cuales están disponibles en el sitio web: [http://www.mango.org/mango/sites/default/files/download/mangos\\_and\\_cancer\\_cells\\_final\\_report\\_eng.pdf](http://www.mango.org/mango/sites/default/files/download/mangos_and_cancer_cells_final_report_eng.pdf) donde se indica que la variedad 'Ataulfo' poseía el más alto contenido de polifenoles seguida de la variedad 'Haden'; que el mango 'Ataulfo' fue capaz de inhibir en un 72% el crecimiento de cáncer de colon; que los polifenoles del mango no tienen efectos negativos sobre las células del colon normales; que los polifenoles del mango causan una muerte suicida de las células cancerosas y que los frutos contienen cantidades moderadas de carotenoides.

Como información complementaria de esas investigaciones; Ornelas et al., (2007) compararon el contenido de carotenoides de siete cultivares de mango de México ('Ataulfo', 'Manila', 'Criollo', 'Paraiso', 'Haden', 'Kent' y 'Tommy Atkins') Todas las variedades tuvieron un patrón similar de compuestos carotenoides habiendo separando 25 compuestos diferentes y siendo los más abundantes el todo-trans  $\beta$  caroteno, los esteres dibutirato de todo-trans-violoxantina y el 9-cis violoxantina. También indicaron que las muestras de mango estudiadas solo contenían  $\alpha$  tocoferol. La variedad 'Haden' tuvo los más altos contenidos de los tres carotenoides principales, mientras que el mango 'Ataulfo' mostró los más

bajos contenidos de xantofilas; mientras que el mango 'Manila' mostró contenidos menores de carotenoides respecto del 'Haden' pero mayores que el 'Ataulfo'. En opinión de estos autores el contenido de carotenoides y de  $\alpha$  tocoferol en los mangos mexicanos son altos respecto de mangos de otros orígenes geográficos.

Dado que el color es un parámetro de calidad en los alimentos que afecta la aceptación y la percepción de la dulzura y el sabor y que los carotenoides son los responsables del color amarillo-naranja del mesocarpo de los mangos; Ornelas et al., (2008), identificaron los carotenoides más importantes en el mesocarpo de mango 'Manila' y 'Ataulfo' y cuantificaron la relación entre la concentración de esos carotenoides y los cambios en el color del mesocarpo o la epidermis durante la maduración de los frutos. Los principales carotenoides identificados en el fruto fueron todo-trans  $\beta$ -caroteno, todo-trans violaxantina y 9-cis-violaxantina (como dibutirato). Para el mango 'Manila', la concentración de éstos compuestos aumentó durante la maduración desde  $0.25 \times 10^{-3}$  a  $35.57 \times 10^{-3}$ ,  $0.40 \times 10^{-5}$  a  $31.97 \times 10^{-3}$  y 0 a  $16.81 \times 10^{-3}$   $\text{gKg}^{-1}$  para los tres carotenoides respectivamente y éstos mostraron un coeficiente de correlación muy alto con los parámetros de color del mesocarpo o de la piel lo cual permitió, a estos autores, desarrollar ecuaciones útiles para calcular el contenido de estos carotenoides a partir de los datos de color de la piel.

### **3.3.2.10 Productos procesados**

#### **Productos deshidratados**

El proceso de secado de frutas degrada la calidad física (textura, color) y nutricional. Se usan indicadores como el contenido de ácido ascórbico para inferir el efecto de los tratamientos en la calidad nutricional del alimento. Ortiz-Yescas et al., (2007) realizaron un estudio en el cual evaluaron la degradación del ácido ascórbico durante el secado de rebanadas de mango 'Manila' y papaya 'Maradol' en diferentes condiciones de operación. La cinética de degradación del ácido ascórbico se llevó a cabo a diferentes temperaturas (40, 50, 60 y 70°C), dos

velocidades de aire (1.5 y 2.5 m/s) y dos espesores de rebanadas (1 y 1.5 cm). Los resultados indicaron que la cinética de degradación del ácido ascórbico sigue un modelo de primer orden. El modelo descrito por éstos autores presenta una dependencia tipo Arrhenius con respecto a la temperatura y una relación empírica con respecto a la humedad. El uso del modelo conjuntamente con las ecuaciones diferenciales del secado permitirá la optimización del proceso con respecto a la retención de nutrientes.

### **Métodos combinados para preservar el color de puré de mango**

Jiménez et al., (2001) realizaron un estudio con el fin de buscar la estabilidad en los cambios de color de puré de mango 'Manila' durante su almacenamiento, utilizando métodos combinados formulados con distintos valores de actividad de agua o  $a_w$ , concentración de sulfito de sodio y tiempos de tratamiento térmico. Para ello, una vez preparado el puré de mango, éste se sometió a un tratamiento térmico a 75°C y posteriormente se almacenó a 35°C durante 120 horas. Los resultados permitieron obtener un modelo de predicción para el índice de oscurecimiento (IO) con el cual es posible determinar combinaciones de  $a_w$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  y tratamiento térmico para obtener un puré de mango con cambios mínimos en el color y aceptable sensorialmente.

### **Caracterización del almidón del mango 'Manila'**

Bello-Pérez et al., (2005) aislaron, caracterizaron y evaluaron las propiedades funcionales del almidón de mango 'Manila' y mangos criollos indicando que este almidón podría ser una fuente potencial para su uso en la industria alimentaria; también indicaron que el almidón de mango Manila tuvo mayor contenido de proteína respecto del almidón de maíz así como una mayor capacidad de retención de agua y potencial de hinchado por lo que podría ser utilizado en la industria de carnes frías.

#### **4 Propuesta de trabajos de investigación para mejorar el manejo poscosecha de mango 'Manila'**

La revisión del trabajo de investigación realizado en México, con esta variedad muestra la necesidad de continuar trabajos en las siguientes áreas:

1. Investigar los efectos del uso continuo de inductores de floración y PBZ en la fisiología de árboles sujetos al uso anual de estos compuestos y establecer si el uso continuo de ellos lleva a decrementos en la producción.
2. Dadas las diferencias histológicas y metabólicas de esta variedad, es necesario diseñar estrategias adecuadas para aumentar su vida de anaquel y en forma particular disminuir el problema de marchitez y la susceptibilidad a la antracnosis.
3. Aunque los índices de cosecha utilizados son los mismos que se utilizan para la cosecha de otras variedades habría que evaluar la aplicabilidad de la ecuación matemática para predecir el desarrollo del fruto en función de las unidades calor acumuladas.
4. Es necesario caracterizar el proceso de maduración del fruto utilizando enfoques diferentes a los actualmente utilizados que permitan identificar si esta variedad presenta diferentes picos climatéricos en su desarrollo y con ello definir mejores estrategias de conservación.
5. Es necesario realizar estudios de la aplicación de inhibidores de la acción del etileno para retrasar el proceso de maduración y señalar en qué proporción se pudiera incrementar la vida de anaquel.
6. Dada la susceptibilidad del mango 'Manila' al daño por frío cuando se somete a temperaturas por debajo de 12 °C. Es necesario realizar un estudio en el que las frutas tratadas hidrotérmicamente (de acuerdo al protocolo APHIS-USDA), se enceren de manera convencional, se conserven a 13°C y se evalúe su vida de anaquel.

7. Evaluar el uso del metil jasmonato en esta variedad a fin de disminuir la susceptibilidad al daño por frío.
8. Es necesario desarrollar o encontrar un material que permita controlar el problema de marchitez y manipular la fisiología del fruto particularmente después de los tratamientos cuarentenarios.
9. Es importante identificar si el control biológico de la antracnosis es factible en esta variedad aprovechando las experiencias ya establecidos con otras variedades.
10. El tratamiento por irradiación gamma (150 a 600 Gy) es hasta ahora la opción más adecuada y está aceptado por APHIS-USDA; no obstante, es necesario resolver el problema de marchitez de los frutos para lograr una vida de anaquel adecuada.
11. La investigación sobre procesado mínimo es incipiente y se requiere más investigación para diseñar una tecnología que permita la elaboración de este producto con una calidad aceptable.
12. La capacidad que tiene esta variedad por incrementar su contenido de ácido ascórbico y su capacidad antioxidante después de los tratamientos de irradiación da mayor soporte para resolver el problema de marchitez de este fruto y así ofertar un fruto con mayores propiedades nutricionales.
13. Las investigaciones sobre la generación de compuestos funcionales se ha centrado en el contenido de carotenoides; no obstante, se han cuantificado incrementos de mangiferina en hojas y corteza de los árboles tratados con PBZ e inductores de floración pero no se cuantificó en la pulpa de los frutos lo cual debe ser evaluado y determinar si existe un potencial funcional de este fruto.
14. Es necesario evaluar con más profundidad la presencia de lectinas en la pulpa del fruto y describir con exactitud sus propiedades funcionales.

## 5 Literatura Citada

- Aguillon A. B., and Lizada, M. C. C. 2010. Responses of Carabao mango (*Mangifera indica*) fruit to chilling stress. *Acta Horticulturae*. 877: 467-474.
- Alarcón-Aparicio, E. 2005. Obtención y caracterización de las propiedades biofuncionales de lectinas de mango (*Mangifera indica* cv. 'Manila'). Tesis de Maestría en Ciencias Alimentarias. Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México.
- Anónimo. 1996. Colima. Quinto Lugar en exportaciones de mango. *Claridades Agropecuarias*. 31: 3-12
- Arauz, L. F. 2000. Mango Anthracnose. Economic impact and current options for integrated management. *Plant Disease*. 84(6): 600-611.
- Appaw W. O., Odduro, I., and Ellis, W.O. 2009. Effect of Ethy-Gen Ripening concentrate on ripening and sensory properties of mangoes (*Mangifera indica* L.). *Pakistan Journal of Nutrition*. 8(10): 1641-1644.
- Baéz-Sañudo, M. y Contreras-Martínez, R. 1993. Maduración pos cosecha de las principales variedades de mango producidas en México con fines de exportación. *Proceedings of International Society for Tropical Horticulture*. 37: 148-154.
- Barbosa-Martínez, C., Ponce de León-García, L., Zaldívar-Pelayo, C. 2009a. Morpho-histology of 'Manila' and 'Haden' fruit development. A comparative study with postharvest implications. *Acta Horticulturae*. 820: 281-288.
- Barbosa-Martínez. 2003. Desarrollo de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) var. Haden y prevención de antracnosis. Tesis de Maestría en Ciencias

Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa México, D.F.  
124 p.

Barbosa-Martinez, C., Ríos, C., Flores, D., Pérez-Flores, L., Fernández, F. J.,  
Ponce de León-García. 2009b. Comparison of seed germination in  
*Mangifera indica* L. 'Haden' and 'Manila' varieties. *Acta Horticulturae*. 820:  
297-302.

Barbosa-Martínez, C., Ponce de León-García, L., Sepulveda-Sánchez, J. y Nieto-  
Angel, D. 2002. Effects of ozone, iodine, and chlorine on spore germination  
of fungi isolated from mango fruits. *Revista Mexicana de Fitopatología*.  
20(1): 60-65.

Bello-Pérez, L. A., Aparicio-Sangillan, A., Méndez-Montealvo, G., Solorza-Feria, J.,  
and Flores-Huicochea, E. 2005. Isolation and partial characterization of  
mango (*Mangifera indica* L.) starch: morphological, physicochemical and  
functional studies. *Plant Foods and Human Nutrition*. 60: 7-12

Beristain, C. I., Ramos, A. L., De la Cruz, J., and Garcia, H. S. 1999. Thermal  
phase transition in polar lipids of mango pericarp (*Mangifera indica* cv.  
Manila) subjected to chilling injury. *1999 IFT Annual Meeting Book of  
Abstracts*. Chicago, Ill. USA. p. 54.

Bojorquez G. and Gómez-Lim M.A. 1995. Peroxisomal thiolase mRNA is induced  
during mango fruit ripening. *Plant Molecular Biology*. 28: 811-820

Bujante, R. D. Jr., Lizada, M. C. C., De Ramos, M. B. 1997. Disease control in  
Philippine 'Carabao' mango with preharvest bagging and postharvest hot  
water treatment. *Acta Horticulturae*. 455. 797-804.

Cabrera, M. H., Ortega, Z. D. A., Lid del Angel, P. A. 1996. Técnica de embolsado  
para obtener mango Manila de calidad sanitaria. Instituto de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Folleto Técnico núm. 16.

Carrero-Berzal, P. 2010. Polifenoles como miméticos de lectinas: una nueva aproximación en la terapia del sida. Tesis Doctoral en Química. Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España.

Carrillo-Fasio, J. A., García-Estrada, R. S., Muy-Rangel, Ma. D., Sañudo-Barajas, A., Marquez-Zequera, I., Allende-Molar, R., de la Garza-Ruíz, Z., Patiño-Vera, M., y Galindo-Fentanes, E. 2005. Control biológico de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides* Penz. Penz y Sacc.) y su efecto en la calidad pos cosecha del mango (*Mangifera indica* L.) en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología. 23(1): 24-32.

Colón-Candela, T. 2000. Efecto de paclobutrazol sobre el desarrollo, nutrición y producción de mango (*Mangifera indica* L.) cv Manila. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Departamento de Fruticultura. Campus Montecillo.

Corkidi, G., Balderas-Ruíz, K. A., Taboada, B., Serrano-Carreón, L., and Galindo, E. 2006. Assessing mango anthracnose using a new three-dimensional image-analysis technique to quantify lesions on fruit. Plant Pathology. 55: 250-257.

COVECA. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. 2011. Monografía del mango. Gobierno del estado de Veracruz. <http://portal.veracruz.gob.mx/pls/portal/docs/PAGE/COVECAINICIO/IMAGENES/ARCHIVOSPDF/ARCHIVOSDIFUSION/TAB4003236/MONOGRAFIA%20MANGO2011.PDF>. Consulta noviembre 25 2011.

- Cruz-Hernández, A. y Gómez-Lim, M. A. 1995. Alternative oxidase from mango (*Mangifera indica* L.) is differentially regulated during fruit ripening. *Planta*. 197: 569-576.
- Cruz-Hernández, A., Litz, R. E. 1997. Transformation of mango somatic embryos. *Acta Horticulturae*. 455(1):292-298.
- Cua, A. U., and Lizada, M. C. C. 1990. Ethylene production in the Carabao mango (*Mangifera indica* L.) fruit during maturation and ripening. *Acta Horticulturae*. 269: 169-179.
- Díaz-Sobac, R., Pérez-Florés, L. and Vernon-Carter, E. J. 2000. Emulsion coatings control fruit fly and anthracnose in mango (*Mangifera indica* cv. Manila). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 75(1):126-128.
- Díaz-Sobac, R., Vázquez, A. L., Beristain, C. I., De la Cruz, J. and García, H. S. 1996. Emulsion coating to extend postharvest life of mango (*Mangifera indica* cv. Manila). *Journal of Food Processing and Preservation*. 20: 191-202.
- Díaz-Sobac, R., De la Cruz, J. Vázquez, A. L., Beristain, C. I., and García, H. S. 1997. Evaluation of softening and associated enzyme activities during the ripening of coated 'Manila' mangoes. *Journal of Horticultural Science*. 72(5):749-753.
- De la Cruz-Medina, J., and García, H. S. 2002. Mango: Postharvest operations. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/inpho/docs/Post\\_Harvest\\_Compendium - Mango.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/inpho/docs/Post_Harvest_Compendium_-_Mango.pdf)
- De la Cruz, J., Guerrero, J., León, D. M., Tapia, C. V., García, H. S and Arana, R. 1999. Physiological response to chill stress of mango (*Mangifera indica* cv.

Manila) of different maturity stages. *1999 IFT Annual Meeting Book of Abstracts*. Chicago, USA. p. 53.

De los Santos, De la R. F. y Mosqueda, V. R. 1992. Manila cotaxtla-1 y Manila cotaxtla-2, nuevos clones de mango para Veracruz. SARH. Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Golfo Centro Folleto Técnico núm. 4.

Espinoza E., de la Cruz, J., García, H. S, and Mata, M. 2004. Physiology of minimally processed Manila mango slices. IFT Annual Meeting and Food Expo. Las Vegas, Nevada, USA.

García, H. S., Herrera, M. R. and De la Cruz, J. 2003. Application of methyl jasmonate on postharvest physiology and chilling injury of Manila mangoes. Congreso anual del IFT.

García, P. E. 1992. Efecto de portainjertos e interinjertos sobre el crecimiento y la producción del mango (*Mangifera indica* L.) cv Manila. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Departamento de Fruticultura. Campus Montecillo.

González-Aguilar, G. A., Fortiz, J., Cruz, R., Baez, R., and Wang, C. Y. 2000. Methyl jasmonate reduces chilling injury and maintains postharvest quality of mango fruit. *J. Agric. Food Chem.* 2000. 48. 515-519.

González-Aguilar, G. A., Buta, G. J., and Wang, C. Y. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhance color development of 'Kent' mangoes. *Journal of Science, Food and Agriculture.* 81: 1244-1249.

González-Buenrostro, Ma. G. V. 1982. Conservación de chicozapote (*Acharas zapota* L.) y mango 'Manila' (*Mangifera indica* L.) en refrigeración. Tesis

para obtener el grado de Químico Farmacéutico Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química.

Guerrero-Lopez, I. J. 2010. Efecto de la irradiación gamma en la actividad antioxidante y calidad pos cosecha de frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cv. Manila. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Químico en Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro.

Gutiérrez, B., De la Cruz, J., Parkin, K. L., García, H. S. 1997. Effect of refrigerated storage on Manila mangoes (*Mangifera indica* L.) after hydrothermal treatment. *Acta Horticulturae*. 455(2):679-686.

Gutiérrez-Martínez, P. R., López-Gómez, and Gómez-Lim, M.A. 2001. Identification of a ETR1- homologue from mango fruit expressing during fruit ripening and wounding. *J. Plant Physiol*. 158:101-108.

Guzmán-Meraz, R. 2006. Efecto del estrés por acelerantes de crecimiento en cultivos de mango sobre el perfil de biomoléculas de tipo polifenólico con actividad antimicrobiana. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Alimentarias. Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Básicas.

Guzmán-Estrada, C. 2004. Effect of Fruit Bagging on Sanitation and Pigmentation of Six Mango Cultivars. *Acta Horticulturae*. 645(1):195-199.

Guzmán-Estrada, C. 1997. Fruit drop and yield of five mango cultivars in southern Sinaloa. *Acta Horticulturae*. 455(1):459-464.

Guzmán-Estrada, C. 2000. Relationship of macro and micronutrients content with some growth, production, dendrometric and climatic variables at the

vegetative and reproductive phases of Manila mango. *Acta Horticulturae*. 509(1):329-334.

Guzmán-Estrada, C., Mosqueda V. R., Alcalde-Blanco, S. 1997a. Content and extraction of several nutrients by mango fruits of Manila cultivar. *Acta Horticulturae*. 455(1):464-470.

Guzmán-Estrada, C., Mosqueda-Vázquez, R., Alcalde-Blanco, S. 1997b. Equation to estimate volume and growth dynamics of mango 'Manila' fruit. *Acta Horticulturae*. 455(1):449-464.

Guzmán-Estrada, C., Mosqueda V. R., Alcalde-Blanco, S. 1997c. Macro and micronutrients foliar content variation in mango cv Manila. *Acta Horticulturae*. 455(1):471-478.

Hernández, S. D. A. 1992. Aplicación de auxinas y giberelinas para aumentar asentamientos de frutos de mango. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Departamento de Fruticultura. Campus Montecillo.

Hernández-Lauzardo A. N., Bautista-Baños, S., Velázquez-del Valle, M. G., y Hernández-Rodríguez, A. 2007. Uso de microorganismos antagonistas en el control de enfermedades pos cosecha en frutos. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 25(001): 66-74.

Herrera, M. R., De la Cruz, J. and García, H. S. 2004. Methyl jasmonate improved sensory attributes and reduced severity of chilling injury in hydrothermally treated Manila mangoes. Congreso anual del IFT.

- Hidalgo, M., De la Cruz, J., Parkin, K. L., García, H. S. 1997. Refrigerated storage and chilling injury development of Manila mangoes (*Mangifera indica* L.) 5<sup>th</sup> International Mango Symposium. *Acta Horticulturae*. 455(2):718-725.
- Jarvio, M. A. M. 2006. Identificación de volátiles con posible actividad insecticida durante el desarrollo precosecha de mango (*Mangifera indica* var. 'Manila'). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Alimentarias. Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Jiménez, M. T., Beristain, L., Luna, L., López-Malo, A., Palou, E. 2001. Métodos combinados para preservar el color de puré de mango. IX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. XIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. II Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. Veracruz, Veracruz, México.
- Jhonson G.I., Boag, T.S., Cooke, A.W., Izar, M., Panitz, M., Sangchote, S. 1990. Interaction of post harvest disease control treatments and gamma irradiation on mangoes. *Annals of Applied Biology*. 116(2): 245-251.
- Kader, A.A. 2007. Atmósferas modificadas en el transporte y almacenamiento. En Kader A.A. (Ed). *Tecnología Pos cosecha de Cultivos Hortícolas*. 3th Edición Serie de Horticultura Pos cosecha 24; traducción de la publicación 3311. Universidad California. Davis CA. USA. P 157-168
- Kader, A. A. 2002. Mango. Recomendaciones para mantener la calidad pos cosecha. [http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Mango\\_702/](http://postharvest.ucdavis.edu/frutasymelones/Mango_702/)
- Knight, R. J., Campbell, R. J. Jr., and McGuire, I. 2009. Important Mango Cultivars and their descriptors. En R.E. Litz (Ed) *The Mango. Botany, production and Uses*. 2<sup>nd</sup> Edition. Chapter 3. CAB International. Cambridge, MA, USA. P. 42-66.

- Lagunes, B. L., Tovar, M. M., Vinay-Vadillo, J. C., De la Cruz, J., and García, H. S. 2007. Effect of exogenous ethylene on acc content and acc oxidase activity during ripening of Manila mangoes subjected to hot water treatment. *Plant Foods for Human Nutrition*. 62:157-163.
- León, M. D., De la Cruz, J., García, H. S. and Gómez Lim, M. A. 2005. Chilling injury in mango (*Mangifera indica*. L.) fruit. En Randane D. (Ed.) *Crops: Quality, Growth and Biotechnology*. WFL Publisher Helsinki, Finland. P. 903-924.
- León, M. D., De la Cruz, J. Parkin, L. and García, H. S. 1997. Effect of controlled atmospheres containing low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> on chilling susceptibility of Manila mangoes. 5th International Mango Symposium. *Acta Horticulturae*. 455(2): 634-642.
- León, D. M., Ortega, D. A., Cabrera, H., De la Cruz, J., Parkin, K. L., Garcia, H. S. 2000. Postharvest disinfestation of mango (*Mangifera indica* cv. Manila) with controlled atmospheres. *J. Appl. Hort.* 2(2): 71-75.
- León D. M., De la Cruz-Medina, J., Gómez-Lim, M. A., and García, H. S. 2002. Ethylene production in preheated Manila mangoes (*Mangifera indica*) before refrigerated storage. IFFT Annual Meeting. Anaheim, CA, USA. Session 59.
- Lira V. A. A., Camacho de la Rosa. N. A., Wachter-Rodarte, C.; Trejo, M. A. 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. Gómez Palacio, Durango. México. 2008. Respn Edición especial 8-2008.

- Lizada, M. C. 1991. Postharvest physiology of mango. A review. *Acta horticulturae*. 291: 437- 453.
- López-Blancas, E. 2009. Periodos de cosecha en la calidad de mango 'Manila' (*Mangifera indica* L.). Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Instituto de Horticultura. Chapingo México.
- López-Gómez, R., and Gómez-Lim, M. A. 1992. Changes in mRNA and protein synthesis during ripening in mango fruit. *J. Plant Physiol.* 141: 82-87.
- López-Montoya y Mosqueda-Vázquez, R. 1987. El nitrato de potasio como promotor de etileno endógeno y la inducción floral del mango *Mangifera indica* cv Manila. *Revista Chapingo*. XII (56-57):77-82.
- McMillan R.T. Jr., Spalding, D. H., and Reeder, W. F. 1987. Effectiveness of various postharvest treatments for mango decay control. *Proc. Fla. State Hort. Sci.* 100: 7-9
- Manoto, E. C., Resilva, S. S., Del Rosario, S. E., Casubha, L. C., Lizada, C. C., Esguerra, E. B., Brena, S. R., and R.A. Fuentes. 1992. Use of irradiation as a quarantine treatment of food and agricultural commodities (Proceedings of Research Coordination Meeting, Kuala Lumpur, 1990 IAEA, Vienna. Pp. 91-116.
- Martínez-Castellanos, G. 2004. Cambios fisiológicos pos cosecha inducidos por paclobutrazol en mango (*Mangifera indica* cv. 'Manila'). Tesis de Maestría en Ciencias Alimentarias. Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.

- Mena-Nevarez, G. 1993. Tratamientos hidrotérmicos (46°C): evaluación de la fisiología y calidad en mango Manila. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Especialista en Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Departamento de Fruticultura. Campus Montecillo.
- Mercado-Silva, E. 2010. 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 de Proyecto National Mango Board.  
<http://www.mango.org/industry/research/application-gamma-ray-irradiation-quarantine-treatment-and-its-effect-quality-diff>
- Mercado-Silva, E. 2011. Chap 2. Ionizing radiation as quarantine treatments in fruit. In Vazquez and Ramirez (Eds) Advances in post-harvest treatments and fruit quality and safety. Nova Science Pub. New York. USA. P 19-30
- Mendoza-Palacios, R. 2001. Desfasamiento de época de floración con nitrato de potasio y nitrato de amonio en mango (*Mangifera indica* L. cv. Manila), en Pijijiapan, Chiapas. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia.
- Moreno-Aguilar, J. R. 2006. Efecto de la aplicación de Paclobutrazol y  $KNO_3$  en el rendimiento y calidad de fruto en mango 'Manila'. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Departamento de Fruticultura. Campus Montecillo.
- México Calidad Suprema. 2005. Norma pc-005-2005 pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en mango.  
[http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%2012/PC\\_005\\_2005\\_Mango.pdf](http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%2012/PC_005_2005_Mango.pdf).

Morton, J. 1987. Mango. In Morton J. (Ed.) Fruits in warm climates. Florida, USA. 221-239.

Mukherjee S.K., and R. E. Litz. 2009. Introduction. Botany and Importance. In Litz (Ed) The Mango. Botany Production and Uses 2<sup>nd</sup> Edition. Chapter 3. CAB International. Cambridge, MA. USA. p 1-18

Muñozcano, R. M. 2007. Aplicación de carburo de calcio ( $\text{CaC}_2$ ) en frutos de mango Manila en el estado de Veracruz. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia.

Muy-Rangel, D., Espinoza-Valenzuela, B., Siller-Cepeda, J., Sañudo-Barajas, A., Valdez-Torres, B., and Osuna-Enciso, T. 2009. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-mcp) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad pos cosecha del mango 'Ataulfo'. Revista Fitotecnia Mexicana. 32(1): 53-60.

Núñez-Elizea, R. 1985. Flowering and fruit set of a monoembryonic and a polyembryonic mango as influenced by potassium nitrate sprays and shoot decapitation. Proc. Fla. State Hort. Soc. 98: 179-183.

Ornelas-Paz, J. J., Yahia, E. M. and Gardea-Bejar, A. 2007. Identification and quantification of xanthophyll esters, carotenes, and tocoferols in the fruit of seven mexican mango cultivars by liquid chromatography –atmospheric pressure chemical ionization-time-of-flight mass spectrometry [LC-(APCI+)-MS]. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55:6628-6635.

Ornelas-Paz, J. J., Yahia, E. M. and Gardea, A. A. 2008. Changes in external and internal color during postharvest ripening of 'Manila' and 'Ataulfo' mango

fruit and relationship with carotenoid content determined by liquid chromatography-APCI+-time-of flight mass spectrometry. *Postharvest Biology and Technology*. 50: 145-152.

Ortega-Zaleta, D. A., Cabrera-Mireles, L., Muñozcano-Ruíz, M., y Colinas-León, M. T. 2008. Respuesta del fruto de mango Manila (*Mangifera indica* L.) a la aplicación de carburo de Calcio (CaC<sub>2</sub>) en el estado de Veracruz. *Memorias de la 3ra Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal*. Yucatan Mex. P 335

Ortega-Zaleta, D. y Yahia, E. M. 2000a. Tolerance and quality of mango fruit exposed to controlled atmospheres at high temperatures. *Postharvest Biology and Technology*. 20: 195-201.

Ortega-Zaleta, D. y Yahia, E. M. 2000b. Mortalidad de huevos y larvas de *Anastrepha obliqua* (Macquart) y *A. Ludens* (Loew) (Díptera tephritidae) en atmósferas controladas y temperatura alta en mango (*Mangifera indica*) cv 'Manila'. *Folia Entomológica Mexicana*. 109: 43-53.

Ortiz-Yescas, G., Robles-Olvera, J., G. del C, Rodríguez-Jiménez, O. V., García-Alvarado, M. A. y Salgado-Cervantes, M. A. 2007. Efecto de la temperatura, velocidad del aire y espesor del producto sobre la degradación del ácido ascórbico durante el secado convectivo de mango y papaya. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones. 386- 392.

Osuna-Enciso, T. 1998. Anatomía y fisiología de la floración forzada en mango (*Mangifera indica* L. cv Manila). Tesis Doctor en Ciencias, Especialidad Fruticultura. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Posgraduados. Montesillos, Texcoco. México.

- Osuna-Enciso, T., Becerril-Román, A. E., Mosqueda, V. R., Villarreal-Romero, M. y Castillo-Morales, A. 2001. Promotores de floración y concentración de almidón y aminoácidos en yemas de mango. Chapingo serie Horticultura. 7(2): 209-223.
- Osuna-García, J. A., Cáceres-Morales, I., Montalvo-González, E., Mata-Montes de Oca, M., Tovar-Gómez, B. 2007. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y tratamiento hidrotérmico sobre la fisiología y calidad del mango 'Keitt'. Revista Chapingo Serie Horticultura. 13(2): 157-163.
- Osuna-García, J. A., Pérez-Barraza, M. H. and Beltran, J. A. 2009. Methylcyclopropene (1-MCP), a new approach for exporting Kent mangos to Europe and Japan. Acta Horticulturae. 820: 721-724.
- Patiño-Vera, M., Jiménez, B., Balderas, K., Ortiz, M., Allende, R., Carrillo, A. and Galindo, V. 2005. Pilot-scale production and liquid formulation of *Rhodotorula minuta*, a potential biocontrol agent of mango anthracnose. Journal of Applied Microbiology. 99: 540-550.
- Paull, R. E. 1993. Tropical fruit physiology and storage potential. In: Champ, B.R., Highley, E., Johnson G.I. (Eds.) Postharvest Handling of tropical fruits. ACIAR Camberra. Pp 198-204.
- Plan rector del sistema producto mango del estado de Veracruz. <http://www.amsda.com.mx/PREstatales/Estatales/VERACRUZ/PREmango.pdf> Consulta 28 Noviembre 2011.
- Proserco. 2007. Diagnóstico del sistema producto mango. Promotora de servicios comerciales del estado de Campeche. Consulta mayo 2011 en: <http://www.campoguerrero.gob.mx/publicar/wpcontent/uploads/2009/07/diagnostico-mango-Campeche.pdf>.

- Protacio, C. M., Quinto, J. E., Serrano, E. P., Márquez, I. P. and Rodríguez, F. M. 2009. Unravelling the Mechanism of Mango Flowering. *Acta Horticulturae*. 820: 259-270.
- Peralta, E., Tovar, B., Mata, M., De la Cruz, J., and García, H. S. 2004. Post-harvest ripening of heat-treated Manila mangoes exposed to exogenous ethylene. IFT Annual Meeting. Las Vegas Nevada, USA.
- Pérez-Barraza, M. H., Osuna-García, J.A., Sánchez-Lucio, R. y Vázquez-Valdivia, V. 2011. El paclobutrazol como promotor de la floración en mango 'Manila', aun sin condiciones ambientales inductivas. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Volumen XVII. Num Especial. Congreso Somech. P. 47-52
- Ramos, D. A. L., García, G. H. S., Beristain, G. C. I. y De la Cruz, M. J. 2001. Cambios térmicos en los lípidos de *Mangifera indica* cv. 'Manila' sometidos a daño por frío. IX Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. XIII Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. II Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica. Veracruz.
- Rebolledo-Martínez A. L., Del Ángel-Pérez, J.V. and Moreno, J. R. 2008a. Effects of paclobutrazol and KNO<sub>3</sub> over flowering and fruit quality in two cultivars of mango Manila. *Interciencia*. 33(7): 519-522.
- Rebolledo-Martínez A. L., Del Ángel-Pérez, J. V., Megchum-García. 2008b. Control de antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*) en frutos de mango cv Manila con productos orgánicos. Memorias de la XXI Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz y I del Trópico Mexicano. 120-126.

- Reyes-Pool, H. 2008. Identificación y caracterización de la actividad biológica de lectinas aisladas de dos variedades de mango (*Mangifera indica* L.). Tesis de Maestro en Ciencias Alimentarias. Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México.
- Rosado-Martínez, J. 1987. Efectos de la aplicación de ethrel y  $KNO_3$  a diferentes concentraciones sobre la floración en mango (*Mangifera indica* L.) cv. Manila en la zona de Actopan, Ver. Tesis de Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Texcoco, México.
- Salazar, G. S., Pérez, B. M. H., Vázquez, V. V. 2000 Effect of ammonium nitrate sprays on flowering and harvest time of 'Manila', 'Ataulfo' and 'Tommy Atkins' mango in Nayarit, México. *Acta Horticult.* 509: 573-579.
- Sandoval, E. A. 1987. Efecto de portainjertos e injertos deporte bajo sobre algunas variables de crecimiento y la nutrición vegetal en mango (*Mangifera indica* L.) cv Manila. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Departamento de Fruticultura. Campus Montecillo.
- Saucedo-Veloz, C., Lakshminarayana, S. 1977. Efectos de diferentes temperaturas de almacenamiento en la maduración de mangos (*Mangifera indica* L.) var. Manila. *Chapingo.* 2(3):27-36
- Sergent, E., Schaffer, B., Lara, S.P., and Willis, L.E. 1993. Effect of Ethefon on mango (*Mangifera indica* L.) fruit quality. *Acta Horticulturae* 341: 510-517
- SIAP-SAGARPA. 2010. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en:[http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=350](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350).

- Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Báez-Sañudo, M., Araiza-Lizarde, E. y Ireta-Ojeda A. 2001. Calidad pos cosecha de cultivares de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32(1):45-52.
- Spalding, D. H., and Reeder, W. F. 1986. Decay and acceptability of mangoes treated with combinations of hot water, imazalil and g irradiation. *Plant Disease Reporter*. 70: 1149-1151.
- Tasneem, A. 2004. Postharvest treatments to reduce chilling injury symptoms in stored mangoes. Master of Science Thesis. Department of Bioresource Engineering. Macdonald Campus of McGill University. Quebec. Canada.
- Trejo-Márquez M. A., Ramírez-Villatoro, G. and N. A. Camacho de la Rosa. 2010. Polyphenol oxidase and peroxidase activities in mangoes stored at chilling temperature. *Acta Hort*. 864: 395-402.
- Vázquez-Baldivia, V., Osuna-García, J. A., Sánchez-Lucio, R., y Vázquez-Valdivia, V. 2011. El paclobutrazol como promotor de la floración en Mango Manila, aun sin condiciones ambientales inductivas. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 17(Especial 1). 47-52.
- Vela, G., León, D. M., and García, H. S. 2003. Polyphenoloxidase activity during ripening and chilling stress in 'Manila' mangoes. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*. 78(1):104-107.
- Yahia, E. M., Mondragon, A., Balderas, M., Santiago, P. and Lagunez, L. 2000. Effects of hot air treatments on the postharvest physiology and quality of mango fruit. *Acta Horticulturae*. 509(1): 419-427.

Yahia, E. M. and Ortega-Zaleta. 2000. Responses and quality of mango fruit treated with insecticidal controlled atmospheres at high temperatures. *Acta Horticulturae*. 509: 479–486.

Yahia, E. M., Ortega, D., Santiago, P. and Lagunez, L. 1997. Responses of mango and mortality of *Anastrepha ludens* and *A. obliqua* to modified atmospheres at high temperatures. In J.F. Thompson and E. J. Mitcham. (Edits). CA'97. Proceedings Vol 1: CA Technology and disinfection studies. Postharvest Horticultural Series 15. Oct. 1997. University of California. Davis CA. USA. 105-112.

**1. Personal participante:**

I.Q en A Dalia Vázquez Celestino

Dra Ma Esthela Vázquez Barrios