

MEJORES PRÁCTICAS DE EMPACADO DEL MANGO PARA EXPORTACIÓN DESDE COSECHA HASTA TRAILER O CONTENEDOR

Jorge Alberto Osuna García



Centro de Investigación Regional Pacífico Centro
Campo Experimental Santiago Ixcuintla
Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Diciembre 2019
Folleto Técnico Núm. 37
ISBN: 978-607-37-1189-0
Registro de Obra: 03-2019-121711453900-01

DIRECTORIO INSTITUCIONAL

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural del Gobierno de México

Dr. Miguel García Winder

Subsecretario de Agricultura

Ing. Víctor Suárez Carrera

Subsecretario de Autosuficiencia Alimentaria

Lic. David Monreal Ávila

Coordinador General de Ganadería

Dr. Salvador Fernández Rivera

Coordinador General de Desarrollo Rural

Lic. Ignacio Ovalle Fernández

Titular del organismo Seguridad Alimentaria Mexicana

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES, FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

Dr. Fernando de la Torre Sánchez

Director General

Dr. José Antonio Cueto Wong

Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación

M.C. Jorge Fajardo Guel

Coordinador de Planeación y Desarrollo

Dr. José Humberto Corona Mercado

Coordinador de Administración y Sistemas

Dr. Dante Schiaffini Barranco

Titular de la Unidad Jurídica

CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL PACÍFICO CENTRO

Dr. Juan de Dios Benavides Solorio

Director Regional CIR Pacífico Centro

Dr. Moisés Alberto Cortes Cruz

Director de Investigación CIR Pacífico Centro

Lic. Nilda Yadira Ramírez Ruíz

Director de Administración CIR Pacífico Centro

Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas

Director de la Unidad de Coordinación y Vinculación en Nayarit y
Encargado de la Jefatura del Campo Experimental Santiago Ixcuintla

MEJORES PRÁCTICAS DE EMPACADO DEL MANGO PARA EXPORTACIÓN DESDE COSECHA HASTA TRAILER O CONTENEDOR

Autor

Ph. D. Jorge Alberto Osuna García

Investigador del Programa de Postcosecha e Inocuidad de Alimentos
Campo Experimental Santiago Ixcuintla – INIFAP



Renuncia de Responsabilidad:

El National Mango Board (NMB), una instrumentación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica, comisionó la realización de éste proyecto al INIFAP en apoyo a la industria del mango. Todos los esfuerzos han sido realizados para asegurar la precisión y veracidad de la información contenida en este documento. Sin embargo, el NMB y el INIFAP no son responsables, expreso o implícito de las ideas y recomendaciones consignadas en éste, así como de los errores y omisiones en el mismo; no asumiendo legalidad alguna, ni tampoco, responsabilidad por pérdidas o daños que resultasen del uso de la información contenida en este documento.

Copyright ©2019 National Mango Board. Todos los derechos reservados. Ninguna parte de éste documento puede ser reproducida sin el consentimiento escrito de parte del National Mango Board, Orlando, Florida.

Derechos Reservados ©

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

**INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS
CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL
PACÍFICO CENTRO
CAMPO EXPERIMENTAL SANTIAGO IXCUINTLA
Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. Diciembre 2019
Folleto Técnico Núm. 37. ISBN: 978-607-37-1189-0**

MEJORES PRÁCTICAS DE EMPACADO DEL MANGO PARA EXPORTACIÓN DESDE COSECHA HASTA TRAILER O CONTENEDOR

No está permitida la reproducción total o parcial de esta publicación, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares de los derechos de autor.

Derechos Reservados ©

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Progreso 5. Barrio de Santa Catarina.

Delegación Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México,

Teléfonos: (55) 3871-8700 conmutador

www.inifap.gob.mx Correo-e: contáctenos@inifap.gob.mx

Primera Edición 2019

Impreso en México. Printed in Mexico

ISBN: 978-607-37-1189-0

Registro de Derechos de Autor: 03-2019-121711453900-01

Folleto Técnico Núm. 37

Diciembre de 2019

Campo Experimental Santiago Ixcuintla

Km. 6 Carretera Internacional México-Nogales, entronque a Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. C.P. 63300.

Tel 800 088 22 22 IP: 84415

La presente publicación se terminó de imprimir en diciembre de 2019 en los Talleres Gráficos de Prometeo Editores, S.A de C.V. Libertad 1457. Col. Americana, Guadalajara, Jalisco.

Su tiraje consta de 500 ejemplares

La cita correcta de esta obra es:

Osuna García, J. A. 2019. Mejores prácticas de empackado del mango para exportación desde cosecha hasta tráiler o contenedor. Folleto Técnico Núm. 37. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Santiago Ixcuintla Nayarit, México. p. 69.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
Origen y distribución del mango	1
Descripción botánica	2
Principales variedades para el mercado estadounidense	4
Ataulfo	4
Madame Francisque (Francis)	6
Haden	7
Kent	8
Keitt	10
Tommy Atkins	12
Cosecha y Postcosecha del fruto de mango	13
OBJETIVOS	23
HIPÓTESIS	23
METODOLOGÍA	24
RESULTADOS RELEVANTES OBSERVADOS EN LAS ENCUESTAS	24
Floración y cosecha	25
Colocación de las cajas durante la cosecha	28
Lavado de fruto en huerto para prevenir daño por látex	29
Lavado de fruto en empacadora	33

El tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC) y el Hidroenfriado	40
El reposo después del THC e Hidroenfriado	45
Temperaturas de refrigeración en cuarto frío y/o traslado	48
Protocolo de las mejores prácticas que se deben realizar para entregar mango de calidad y consistente	60
1. Cosecha	60
2. Corte manual	60
3. Transporte del huerto a la empacadora	61
4. Operaciones en la empacadora	62
a. Reciba, prueba fitosanitaria y de calidad	62
b. Lavado	62
c. Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario	62
d. Hidroenfriado	63
e. Reposo	63
f. Temperatura de refrigeración en cuarto frío y/o traslado	64
AGRADECIMIENTOS	65
LITERATURA CITADA	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos mínimos para la cosecha de diferentes variedades de mango (EMEX, A.C., 1998)	15
Cuadro 2. Efectividad del Cloro como desinfectante	34
Cuadro 3. Determinación del daño por Cloro	35
Cuadro 4. Presencia/Ausencia de Coliformes totales en agua de proceso en empacadoras de mango para exportación	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Apariencia externa e interna de frutos de Ataulfo	6
Figura 2. Fruto de mango ‘Francis’ en madurez de consumo	7
Figura 3. Fruto de mango ‘Haden’ en madurez de consumo	8
Figura 4. Apariencia externa e interna de frutos de Kent	10
Figura 5. Apariencia externa e interna de frutos de Keitt	12
Figura 6. Apariencia externa e interna de frutos de Tommy Atkins	13
Figura 7. Estándares de madurez en mango para variedades de exportación	17
Figura 8. Cosecha manual de mangos	19
Figura 9. Manejo postcosecha del mango en México	20
Figura 10. Árbol y panículas en flor plena, inicio de ‘momento cero’ para acumulación de UC	27

Figura 11. Determinación de madurez en mango ‘Ataulfo’ mediante espectrometría	28
Figura 12. Colocación de frutos de mango durante la cosecha	29
Figura 13. Detalles de la aplicación de detergente lavatrastes	31
Figura 14. Detalles del deslechado de frutos de mango para prevenir daños por látex.....	32
Figura 15. Detalles del lavado de fruto en empacadora	34
Figura 16. Caja de campo con potencial de contaminación microbiológica (A, B) e ilustración de lavado antes de regresar a campo (C)	36
Figura 17. Ilustración del daño por Cloro aún a 200 ppm	37
Figura 18. Efectividad de Cloro en agua de lavado de uso prolongado	38
Figura 19. Efecto de la Temperatura (Set Point) sobre la temperatura inicial, después del hidrotérmico y después del Hidroenfriado de frutos de la variedad Tommy Atkins sometidos a Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario	41
Figura 20. Ilustración de la turbidez del agua de proceso en empacadoras de mango para exportación	43
Figura 21. Ilustración del resultado de los muestreos para Presencia/Ausencia de Coliformes totales del agua de proceso en empacadoras de mango para exportación. Amarillo (+) Púrpura (-)	45
Figura 22. Efecto del reposo sobre la presencia de hombros hundidos	47
Figura 23. Daño externo e interno por temperaturas ≤ 10 °C	49

Figura 24. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el Daño Externo de frutos de mango Ataulfo y Tommy Atkins al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo50

Figura 25. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el Daño Externo de frutos de mango Kent y Keitt al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo51

Figura 26. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre la firmeza (Lbf) de frutos de mango Ataulfo y Tommy Atkins al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo52

Figura 27. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre la firmeza (Lbf) de frutos de mango Kent y Keitt al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo53

Figura 28. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles (°Bx) de frutos de mango Ataulfo y Tommy Atkins al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo54

Figura 29. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles (°Bx) de frutos de mango Kent y Keitt al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo55

Figura 30. Efecto del Grado de Madurez y la Temperatura de traslado sobre la pérdida de peso, firmeza y vida de anaquel de frutos de mango Ataulfo al inicio, al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo57

Figura 31. Efecto del Grado de Madurez y la Temperatura de traslado sobre el color de pulpa, sólidos solubles totales y vida de anaquel de frutos de mango Ataulfo al inicio, al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo58

Figura 32. Apariencia externa de frutos de ‘Ataulfo’ a consumo en madurez sazón o $\frac{3}{4}$ trasladados a diferentes temperaturas. MMLPC, 201659

INTRODUCCIÓN

Origen y distribución del mango

Por muchos años el centro de origen del mango (*Mangifera indica* L.) ha sido motivo de controversia, aunque es claro que es de origen asiático. Se ha indicado que pudo haberse originado en la zona comprendida entre Assam (India) y la antigua Birmania (Myanmar), pero también puede ser nativo de la zona baja del Himalaya o cerca de Nepal o Butan (Galán, 1998). Mosqueda et al. (1996) informaron que es originario del noroeste de la India, en la región Indo Birmánica y las montañas Chittagong en Bangladesh, en donde aún se le encuentra en forma silvestre. Sin embargo, también se ha señalado que tiene su origen en el sur de Asia o del Archipiélago Malayo (Kaur et al., 1980), debido a la abundancia de cultivares en esos países (Mukherjee, 1997).

Algunos botánicos estiman que esta planta fue domesticada por el hombre desde hace 6,000 años (Hill, 1952, Mora et al., 2002). En la India se ha cultivado por más de 4,000 años y de ahí se dispersó a otras áreas Tropicales y Subtropicales del mundo (Chávez et al., 2001). En la actualidad el mango se encuentra distribuido en los trópicos y subtrópicos desde el Ecuador hasta los 35-37° de Latitud norte o sur (Mukherjee, 1997) en 85 países (Galán, 2002).

Descripción botánica

El mango es un árbol perenne de tipo erecto con porte mediano a grande, puede alcanzar alturas desde los 10 hasta más de 20 m (Mora et al., 2002) o 30 m (Mukherjee, 1997); se han detectado mangos silvestres con alturas de hasta 54 m (Bompard y Schnell, 1997). La copa es redondeada y puede alcanzar hasta 38 m de diámetro (Morton, 1987), tiene raíces fuertes que pueden profundizar hasta 6-8 m. Los árboles son de larga vida, se han detectado especímenes con más de 300 años y aún están fructificando (Morton, 1987).

Las hojas son lanceoladas y están dispuestas de forma alterna, su longitud y anchura puede variar desde 10 a 32 cm y 2 a 5.4 cm, respectivamente (Morton, 1987), aunque otros autores indican que el rango de longitud de la hoja es de 15 hasta 40 cm y una anchura de 2 a 10 cm (Mora et al., 2002).

El color de las hojas varía con la edad, cuando jóvenes pueden ser rojizas o verde pálido, pero al ir creciendo van perdiendo esta coloración hasta alcanzar un verde más oscuro; no obstante, existen diferencias en la coloración de la hoja adulta entre los diferentes cultivares.

La flor del mango es pequeña alcanzando de 5-10 milímetros de diámetro (Mukherjee, 1997), de color verde amarillento o rojizo, se presentan en

panículas terminales (inflorescencias) cuya longitud puede variar de unos cuantos centímetros hasta 30 o 40 cm; cada panícula es ramificada y tiene ejes primarios, secundarios y terciarios, sobre estos últimos es donde aparecen las flores. Cada panícula puede tener entre 400 y 5,000 flores (Mora et al., 2002) o hasta 6,000 (Chávez et al., 2001), la mayoría de las cuales son flores imperfectas, (estimándose hasta un 98% estaminadas), es decir son flores que tienen solo el sexo masculino y por lo tanto no pueden dar origen a frutos. Solo un bajo porcentaje de flores en cada panícula son perfectas o hermafroditas, las cuales pueden dar origen a frutos. Un árbol adulto puede tener entre 2,000 y 4,000 panículas (Singh, 1960). La polinización es cruzada, siendo los dípteros (moscas) los principales insectos polinizadores, se considera que solo el 0.1 % de las flores dan lugar a frutos (Mora et al., 2002).

El fruto es una drupa carnosa, cuyo tamaño, forma, color y peso es variable. El tamaño varía desde unos cuantos centímetros hasta 25 cm, su forma puede ser alargada, ovalada, o redonda. Este contiene clorofila, carotenos y antocianinas (Lakshminarayana, 1980) por lo que sus colores van desde verde, verde amarillento, amarillo, anaranjado, rosados, rojos, púrpura y combinaciones de tonalidades. El peso del fruto puede ser desde menos de 100 g hasta más de 2 kg y tarda de 100 a 120 días en formarse desde la floración a la cosecha.

Principales variedades para el mercado estadounidense

Ataulfo

Este cultivar es el único originario de México considerado con calidad de exportación. Es chiapaneco de origen (Palacio, 1998) y lleva su nombre por el dueño del predio donde el primer árbol creció de manera natural en los alrededores de Tapachula. Es un cultivar poliembrionario, que da origen a plantas vigorosas y con hábito de crecimiento desorganizado en los primeros años después de su plantación, ya que produce ramas largas con poca ramificación, por lo que para formar una copa bien estructurada es necesario realizar podas de formación. Es el cultivar más nuevo en el mercado de exportación y tiene muy buena aceptación sobre todo entre latinos y asiáticos. La vida de anaquel de este cultivar es excelente, superando en al menos tres días a los cultivares Floridanos, lo que le da una ventaja competitiva en el mercado. Con base en estadísticas, esta variedad logra permanentemente un sobreprecio sobre las variedades que compiten en el mercado. Es susceptible a cenicilla, antracnosis, trips y ácaros y puede presentar pudrición en el pedúnculo. Un aspecto importante es que en este cultivar se presenta una alta incidencia de frutos partenocárpicos o “Mango niño” los cuales alcanzan sólo $\frac{1}{4}$ o $\frac{1}{8}$ del tamaño de un fruto normal, característica indeseable para la que se está realizando investigación.

El fruto es de excelente calidad en cuanto a sabor y consistencia con un peso promedio de 250-300 g (Vázquez-Valdivia et al., 2000); se cosecha cuando alcanza la madurez fisiológica (“está sazón”), con color verde amarillento claro, el cual al madurar alcanza un color amarillo-anaranjado con un contenido de 18 a 20 °Bx y una firmeza de 2.0 Lbf. Esta fruta se debe consumir cuando el 100 % de la cáscara alcanza un color amarillo naranja, ya que cuando no ha madurado lo suficiente (epidermis de color verde amarillento) tiene un fuerte sabor a trementina. El Ataulfo tiene una semilla muy pequeña, así que la relación de pulpa a semilla es alta. El fruto de Ataulfo es cremoso y dulce. La textura de la pulpa es suave y firme, sin fibra. El color de la piel es amarillo vibrante. La forma es ovalada y plana, de tamaño pequeño. Los indicadores de maduración son el cambio del color de la piel, que toma un color dorado profundo y cuando madura por completo aparecen pequeñas arrugas. Se le debe dar un ligero apretón para juzgar la maduración. Bajo condiciones de mercadeo (22 ± 2 °C; 80 ± 10 % HR), el fruto alcanza su madurez a consumo entre los 12 y 15 días después de cosecha. La disponibilidad de producción tiene su pico de marzo a julio. El principal país fuente es México.



Figura 1. Apariencia externa e interna de frutos de Ataulfo.

Madame Francisque (Francis)

El Francis se produce en fincas pequeñas en todo Haití. Esta fruta es de sabor: cremoso, especiado y dulce. La textura de la pulpa es blanda y jugosa, con fibra. El color de la piel es amarillo brillante, con matices verdes. La forma es oblonga y en forma de “S”. Los indicadores de maduración son matices verdes que disminuyen y el amarillo se torna dorado a medida que el fruto va madurando. Se le debe dar un ligero apretón para juzgar la maduración. Bajo condiciones de mercadeo (22 ± 2 °C; 80 ± 10 % HR), el fruto alcanza su madurez a consumo entre los 9 y 12 días después de cosecha. La disponibilidad de producción tiene su pico de mayo a julio. El principal país fuente es Haití y representa una importante oportunidad de negocios para los productores. En Haití se conoce solamente de tres plantaciones comerciales de esta fruta, y los

frutos que se exportan a USA son obtenidos de árboles mantenidos por productores en sus patios sin uso de tecnología.

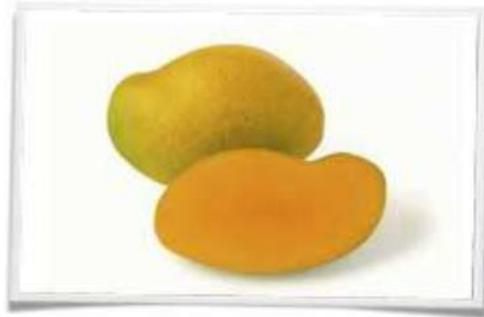


Figura 2. Fruto de mango ‘Francis’ en madurez de consumo.

Haden

Este cultivar monoembriónico es originario de Florida en USA y es el más antiguo de los cultivares Floridanos, proviene de un árbol del cultivar “Mulgoba” nativo de la India. Los árboles de este cultivar son vigorosos de copa abierta, productivos pero alternantes, con años de buena producción y años de baja producción. Es susceptible a antracnosis y los frutos maduran rápidamente en la pulpa más cercana al hueso (Chávez et al., 2001). El árbol produce frutos grandes, de 14 cm de largo y 650 g de peso; de forma ovalada, rolliza; con fondo de color amarillo;

chapeo rojizo a carmesí y con numerosas lenticelas de color blanco (Figura 3). La pulpa es jugosa, casi sin fibras, con sabor ligeramente ácido, pero con buena calidad. La época de cosecha de este cultivar es intermedia, ya que se cosecha después de Ataulfo y Tommy, pero antes de Kent y Keitt. Bajo condiciones de mercadeo (22 ± 2 °C; 80 ± 10 % HR), el fruto alcanza su madurez a consumo entre los 8 y 11 días después de cosecha.



Figura 3. Fruto de mango ‘Haden’ en madurez de consumo.

Kent

Este cultivar es monoembriónico, de origen Floridano. El árbol es vigoroso con un hábito de crecimiento de vertical, por lo que las ramas

crecen en forma ascendente, son productivos y alternantes. Produce una floración color gris y los árboles son susceptibles a antracnosis. Sus frutos son grandes, de 13 cm de largo o más, con un promedio de 680 g de peso, de forma ovalada, más bien basta y rolliza, con fondo de color verde amarillento y chapeo rojo oscuro, numerosas lenticelas, pequeñas y amarillas. La pulpa es jugosa, sin fibra, rica en dulce y con una calidad calificada de muy buena a excelente. El hueso representa el 9 % de la fruta. Se le considera un cultivar tardío. La fruta se transporta en buen estado y se considera como uno de los mejores mangos tardíos. Se originó en Florida durante los inicios de la década de 1940, el Kent es un mango idóneo para la producción de jugo y mango deshidratado. Esta fruta es de sabor cremoso y dulce. La textura de la pulpa es jugosa y tierna, con fibra limitada. El color de la piel es verde oscuro, a menudo con un rubor rojizo oscuro sobre un área pequeña del mango. La forma es ovalada. Los indicadores de maduración son matices amarillos o puntos que van cubriendo más el mango a medida que madura. Se le debe dar un ligero apretón para juzgar la maduración. Bajo condiciones de mercadeo (22 ± 2 °C; 80 ± 10 % HR), el fruto alcanza su madurez a consumo entre los 9 y 12 días después de cosecha. La disponibilidad de producción tiene os picos, uno de enero a marzo y otro de junio a agosto. Los principales países fuente son México, Ecuador y Perú.



Figura 4. Apariencia externa e interna de frutos de Kent.

Keitt

Cultivar monoembriónico originario de Florida. El árbol es moderadamente vigoroso, con un hábito de crecimiento muy peculiar, formando ramas largas y colgantes por lo que forma una copa abierta en forma natural. Este cultivar tiene hábito de crecimiento desordenado, con poca ramificación que da lugar a ramas largas y colgantes, en las primeras etapas de desarrollo, por lo que es necesario realizar podas de formación con la finalidad de tener una copa bien formada estructuralmente. Este cultivar produce una floración muy aromática y es considerado como el mejor de los mangos tardíos; produce frutos grandes, de hasta 18 cm de largo y hasta 1,100 g de peso, de forma ovalada, basta y rolliza, con fondo de color amarillo y chapeo rosa pálido.

Tiene numerosas lenticelas pequeñas y de colores de amarillo a rojo. La pulpa es jugosa y sin fibra, exceptuando la zona cercana al hueso, y rica en sabor y dulce. Su calidad se califica de muy buena. El hueso es pequeño, de 7-0-8.5 % del peso. Los árboles son susceptibles a antracnosis y roña (Chávez et al., 2001). El Keitt es popular en culturas asiáticas, donde se disfrutan en su etapa de maduración, verde o hasta encurtidos. Esta fruta es de sabor: dulce y afrutado. La textura de la pulpa es firme y jugosa, con fibra limitada. El color de la piel es verde oscuro a veces puede presentar tonos más claros, puede también presentar un rubor rosado sobre un área pequeña del mango. La piel de este fruto se mantiene verde aun cuando está maduro. Se le debe dar un ligero apretón para juzgar la maduración. Bajo condiciones de mercadeo (22 ± 2 °C; 80 ± 10 % HR), el fruto alcanza su madurez a consumo entre los 10 y 13 días después de cosecha. La disponibilidad de producción tiene su pico de agosto a septiembre. Los principales países fuente son México y Estados Unidos.



Figura 5. Apariencia externa e interna de frutos de Keitt.

Tommy Atkins

Este es un cultivar monoembriónico procedente de Florida, se dice que es derivado del cultivar Haden y es la variedad comercial con mayor producción en los Estados Unidos. Los árboles de este cultivar son vigorosos, con follaje denso y poco alternantes (Mosqueda et al., 1996). Una desventaja de este cultivar, es que presenta un desorden fisiológico en el fruto que consiste en un ahuecamiento en la unión con el pedúnculo, lo cual demerita su calidad (Cheema y Dani, 1934), aunque se desconoce con precisión las causas que lo producen, su presencia ha sido asociada a deficiencias de calcio (Young, 1957 y Young et al., 1962). El árbol da una buena producción, con frutos grandes que van desde los 450 hasta los 700 g de peso, con un color superficial que cuando está sazón es verde rojizo y conforme va madurando va cambiando hasta alcanzar un color

amarillo a rojizo. Es moderadamente tolerante a cenicilla y antracnosis. Bajo condiciones de mercadeo (22 ± 2 °C; 80 ± 10 % HR), el fruto alcanza su madurez a consumo entre los 10 y 13 días después de cosecha.



Figura 6. Apariencia externa e interna de frutos de Tommy Atkins.

Cosecha y Postcosecha del fruto de mango

La cosecha es el punto de inicio en el manejo postcosecha de mango. La determinación del momento óptimo de cosecha es uno de los factores que más impactan en la vida postcosecha de los frutos de mango, ya que si se cosechan frutos inmaduros éstos nunca alcanzan el grado de madurez requerido. Por otro lado, los frutos de mango que maduran en el árbol son

más susceptibles al ataque de patógenos y poco resistentes al transporte. Cuando los frutos son cosechados en su madurez fisiológica, sus características de color, sabor, firmeza y resistencia al transporte serán mejores.

Durante la maduración, la fruta presenta cambios bioquímicos y fisiológicos los cuales determinan las características sensoriales relacionadas con el sabor, aroma y textura y conducen al logro del producto adecuado para el consumo (Medlicott et al., 1988). Es evidente que la determinación del momento óptimo de madurez y el mantenimiento de sus propiedades sensoriales durante las diferentes etapas posteriores a la recolección (manipulación, comercialización y distribución) es imprescindible para satisfacer las necesidades del consumidor.

Existen índices de madurez, como el contenido de azúcares, acidez, color de la cáscara o pulpa, gravedad específica, días de floración a cosecha, etc. Sin embargo, la mayoría de estos métodos han sido eficaces solo parcialmente, ya que en la mayoría de los casos no son válidos para todos los cultivares (Medlicott et al., 1988). A pesar de lo anterior existen algunos caracteres visuales que pueden ser empleados para determinar el punto de corte de algunos cultivares, entre ellos se tiene: Tamaño, forma y color del fruto, el desarrollo de los hombros, la formación de la cavidad

en la base del pedúnculo y el incremento en el tamaño de las lenticelas. La mayoría de los cultivares de mango muestran cambios en el color de la pulpa al llegar a su madurez fisiológica (Medlicott et al., 1986); si al cortar un fruto en sentido paralelo a la semilla y al menos la mitad de la pulpa muestra un color amarillento, significa que el fruto está listo para corte y continuará su proceso de maduración normal sin ningún problema. La Asociación de Empacadores de Mango de Exportación en México (EMEX, A.C., 1998), recomienda los siguientes mínimos de madurez (mediciones físicas y químicas) para los principales cultivares de mango (Cuadro 1):

Cuadro 1. Requerimientos mínimos para la cosecha de diferentes variedades de mango (EMEX, A.C., 1998).

Variedad	Color de pulpa (No.)	Acidez titulable (%)	Firmeza (Kg-F)	Sólidos solubles (°Brix)	Días a madurez de consumo
Ataulfo	2	4.20	15.6	6.0	15
Haden	2	1.19	13.2	7.3	11
Keitt	2	0.72	11.0	6.6	13
Kent	2	0.60	12.4	7.4	12
Tommy A.	2	1.06	12.2	7.3	13

En mango existen algunos caracteres visuales que se emplean para determinar el punto de corte de algunos cultivares, como son el tamaño, forma y color del fruto, el desarrollo de hombros, la formación de la cavidad en la base del pedúnculo y el incremento en el tamaño de las lenticelas. La mayoría de los cultivares de mango tienen cambios en el color de la pulpa al llegar a madurez fisiológica (Medlicott et al., 1988), lo cual se comprueba al realizar un corte en sentido paralelo a la semilla del fruto y al menos la mitad de la pulpa muestra un color amarillento, lo que significa que el fruto está listo para corte y continuará su proceso de maduración normal sin problemas (Figura 7). Lo ideal para exportación de México a los Estados Unidos es cosechar en estado 3 o fruto sazón

valor de ángulo de tono igual a 70 ± 2 grados hue), con lo cual se tiene suficiente vida de anaquel y mejor sabor al consumo. El valor de mínimo aceptable corresponde a ángulos de tono igual 80 ± 2 , en tanto que los valores de color de pulpa para fruto tierno o bajo corresponden a ángulos de tono de 90 a 95 grados hue.

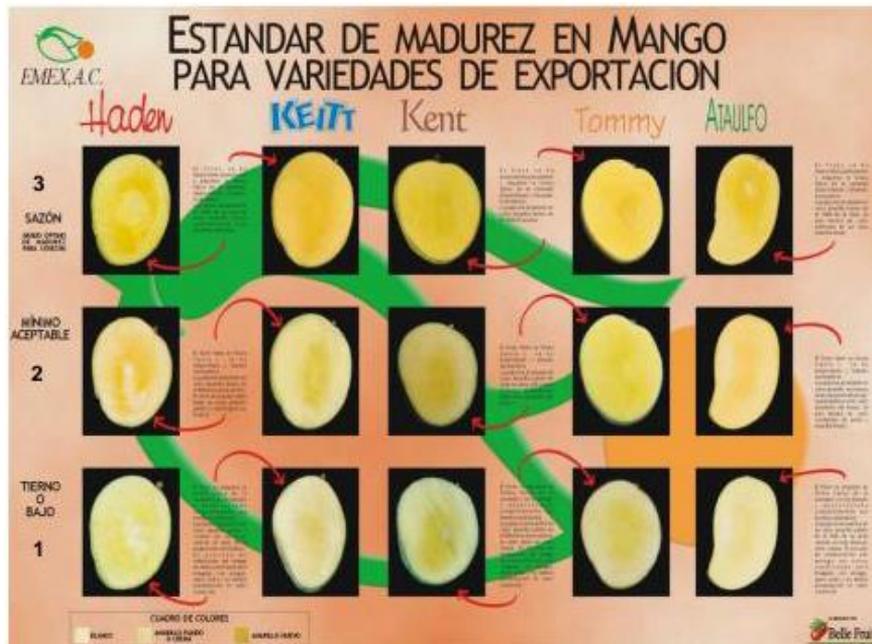


Figura 7. Estándares de madurez en mango para variedades de exportación.

El mango se puede cosechar con niveles de color mayor o con diferentes valores tanto en acidez, firmeza como en sólidos solubles totales dependiendo del destino de la fruta, principalmente para mercados regionales o locales, porque a mayor madurez del fruto se reduce la vida postcosecha (Mena y Nieto, 2002).

Los mangos generalmente se cosechan manualmente, son alcanzados por el personal o ayudados por garrochas o ganchos provistos de canastas o bolsas para evitar su caída y prevenir que caigan al suelo y se contaminen (Figura 8). Es importante no manejar los frutos con pedúnculos largos para no generar heridas a otros frutos, que pueden ser puntos de entrada y desarrollo de microorganismos causantes de pudrición; de forma que si se cosecharon con pedúnculos largos es recomendable el recorte del pedúnculo antes de colocar los frutos en las cajas de plástico, estas cajas tienen una capacidad de 25 Kg, cuidando de no sobrellenarlas para evitar su compresión. Las cajas deben ser plásticas para facilitar su limpieza, con ventilas y resistentes al estibado. Las cajas llenas deberán colocarse en la sombra para evitar la deshidratación de los frutos. La colocación de los frutos en las cajas de recolecta debe ser cuidadoso, evitando impactos en los frutos que se traducen en agrietamientos de piel y pulpa, así como magullamiento.



Figura 8. Cosecha manual de mangos.

El manejo postcosecha del mango inicia desde la cosecha y continua con una serie de operaciones en la empacadora que permiten ofrecer a los consumidores frutos de buena calidad (Figura 9).

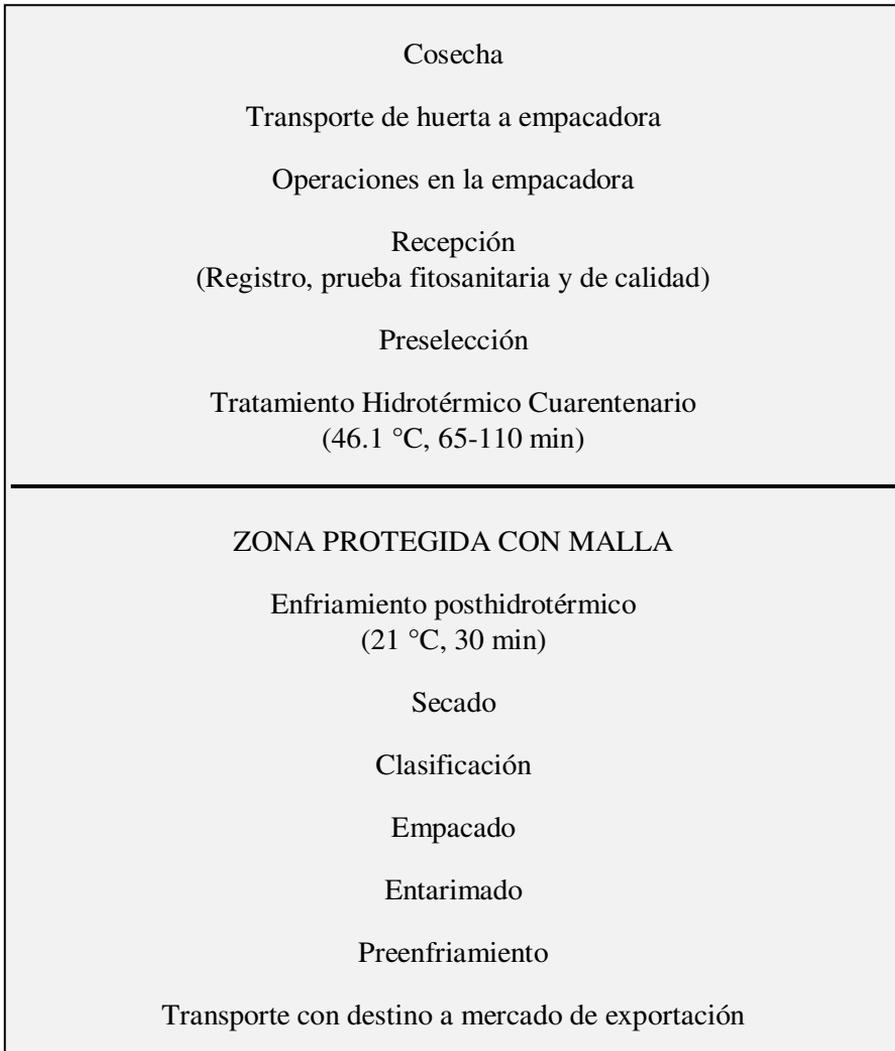


Figura 9. Manejo postcosecha del mango en México (Báez, 1998).

Estados Unidos importa mangos desde Brasil, Perú, Ecuador, Haití, Guatemala y México con un volumen aproximado de 120 millones de cajas. El principal exportador es México con el 65 % de volumen comercializado (USDA-FAS, 2018).

Esta diversidad de países exportadores de mango causa diferentes grados de calidad del fruto e inclusive sucede igual para los exportadores de México. En México los empacadores están organizados a través de la asociación de empacadores de mango para exportación (EMEX A.C., 2018) con 64 empacadoras a nivel nacional. Pese a que están agrupados y se rigen bajo su normativa, la mayoría de las empacadoras realizan diferentes actividades para el proceso de empaque del mango para exportación, lo cual repercute en la calidad inicial, vida de anaquel y calidad a consumo.

Hay diferentes criterios de cosecha, influenciados por la demanda del mercado y competencia entre productores y empacadores. Después de la cosecha hay diferentes mecanismos para el traslado de frutos de huerto a empacadoras, hay desde camionetas doble rodado con capacidad de 250 a 300 cajas, hasta tráiler con capacidad de 1000 cajas y por supuesto los tiempos de traslados varían desde unas cuantas horas hasta 2-3 días. En la mayoría de los casos el fruto arriba a la empacadora el mismo día de cosecha, se lava y al día siguiente se somete al tratamiento hidrotérmico

cuarentenario (THC), hidrogenado y empaque. Sin embargo, en el lavado de fruto hay también muchas diferencias, hay quienes solo usan lavado por inmersión o por aspersión de agua reciclada de un tanque. Hay quienes usan detergentes o desinfectantes y los tiempos de uso del agua son muy variados. Hay quienes cambian el agua después del lavado de unas 600 cajas, pero hay quienes lavan hasta 3,000 cajas con la misma agua.

En relación al THC, todos se apegan a la norma del USDA-APHIS (2010) en los límites inferiores (115 °F), pero hay diferencias en los límites superiores pudiendo variar hasta en 3 °F. Con respecto al hidrogenado, hay empaques que no tienen tanques de hidrogenado, pero los que lo tienen varían en los tiempos de hidrogenado desde 10 hasta 40 minutos con o sin desinfectantes. Luego viene el proceso de selección y empaque, hay quienes tienen seleccionadoras automáticas por calibres y color, y quienes lo hacen manualmente.

Todas estas diferencias ocasionan diferentes grados de calidad, los cuales no se han sistematizado ni cuantificado, por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

OBJETIVOS

- Realizar un diagnóstico de las prácticas que se realizan desde la cosecha hasta el envío refrigerado, incluyendo todas las prácticas que se llevan a cabo en la empacadora.
- Además, desarrollar un protocolo sobre las mejores prácticas que se realizan en la empacadora para entregar mango de calidad excelente y que sea consistente.

HIPÓTESIS

- El diagnóstico permitirá observar desviaciones y propuestas de solución que mejoren el manejo del mango para exportación.
- El manual sobre las mejores prácticas de empaqueo del mango para exportación desde cosecha hasta tráiler o contenedor permitirá a los productores-empacadores cosechar el fruto en su estado óptimo de calidad, prevenir riesgos de contaminación, mantener la calidad durante el empaqueo y traslado, así como satisfacer las demandas del consumidor incrementando el consumo de mango

METODOLOGÍA

Se diseñó una encuesta que incluye todas las operaciones desde la cosecha hasta la carga del camión o contenedor para envío hacia Estados Unidos. Esta encuesta se aplicó a 19 socios de EMEX, A.C. en México, 4 empacadoras en Guatemala, 1 en Ecuador y 1 en Perú. La encuesta se realizó en formato electrónico con preguntas concretas y respuestas de opción múltiple, a través de internet y cuando necesario, unas cuantas se realizaron presenciales. Algunas preguntas se formularon para respuesta abierta. Una vez formuladas y obtenidas las encuestas, la información se analizó mediante Estadística descriptiva. Se espera que el análisis de la información provea datos para detectar desviaciones y que las comparaciones ayuden a establecer prácticas recomendadas a fin de mejorar toda la cadena.

RESULTADOS RELEVANTES OBSERVADOS EN LAS ENCUESTAS

El cuestionario aplicado a los empacadores constó de 67 preguntas y se trató de que el orden cronológico fuese desde floración a cosecha, empacado y puesto en camión refrigerado para su traslado a bodega del mayorista en Estados Unidos. A continuación, en ese mismo orden se

resaltarán los puntos relevantes que impactan en la calidad inicial, vida de anaquel y calidad a consumo del fruto fresco de mango.

Floración y cosecha

Uno de los aspectos más relevantes e impactantes en el cultivo de mango es la decisión de cuándo cosechar. Aunque el 80 % de los entrevistados contestaron que acostumbran anotar y monitorear el proceso de floración en sus huertos, el 100 % manifestó que su principal criterio para cosechar es el aspecto de tamaño y color del fruto. Es decir, no hay un seguimiento puntual del proceso de floración, amarre y desarrollo del fruto y tan sólo el 16 % toma en cuenta el aspecto de días después de floración (DDF) como criterio de cosecha.

Es plenamente reconocido que la madurez a cosecha determina la calidad a consumo del fruto de mango. Aquellos frutos cosechados inmaduros (tiernos o bajos), jamás alcanzarán los atributos de calidad (color, sabor, olor) requeridos por el consumidor. Existen varios índices de cosecha que son reconocidos visualmente, tales como tamaño, forma y color del fruto, desarrollo de hombros, formación de la cavidad en la base del pedúnculo, incremento de tamaño de lenticelas y llenado de cachetes, entre otros. Desafortunadamente, el reconocer estas características requiere de años

de experiencia y no cualquiera puede poseerlas, por lo que es indispensable hacer muestreos con mediciones objetivas de color de pulpa, acidez o contenido de sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Bx}$), que, aunque son destructivas, ayudan con un alto valor de certidumbre a determinar el momento óptimo de cosecha. También, la técnica de acumulación de Unidades Calor (UC) generada por el INIFAP en Nayarit indica que el momento óptimo de cosecha es de 1,600 UC para Tommy Atkins y Ataulfo, de 1,800 UC para Kent y de 2,100 a 2,200 UC para Keitt (Osuna, 2019). Esta tecnología es bastante sencilla, económica y fácil de utilizar. Consiste en colocar un dispositivo registrador de temperatura y humedad relativa (Hobo Pro V2 Onset Corp) antes del inicio de floración y programado para capturar datos cada 30 minutos. El inicio de acumulación de UC en un flujo determinado de floración comienza en floración plena (cuando la mayoría de las panículas de un flujo están en anthesis, es decir, muestran al menos 50 % de las flores abiertas) [Figura 10]. En la encuesta se manifiesta que se pueden presentar hasta tres flujos de floración (64 %), por lo que se tendrán hasta tres ‘momentos cero’ o inicio de acumulación de UC. Si se monitorea el proceso de floración, se observará que el primer flujo es alrededor de 8 a 15 % del árbol; el segundo, que es el principal, representa de un 60 a 70 % de la copa del árbol y el tercero, cuando se presenta, equivale a 15-20 % de la copa del árbol. La contabilización de UC se realiza a través del software HOBOWare (Onset Computer Corp), el cual permite exportar los datos

registrados a una hoja de Excel y las UC acumuladas se calculan con temperatura base de 10 °C (Osuna et al., 2007). El uso de esta tecnología permite cosechar frutos de mayor calibre, incrementar hasta en 2 ton/ha el rendimiento, mejorar la vida de anaquel y tener frutos con mayor contenido de °Bx a consumo, satisfaciendo las exigencias del consumidor.



Figura 10. Árbol y panículas en flor plena, inicio de ‘momento cero’ para acumulación de UC.

Recientemente, en mango Ataulfo se ha investigado una técnica no destructiva para determinar el momento óptimo de cosecha. Con el uso del espectrómetro F-750 (equipo portátil que usa espectroscopía del infrarrojo cercano) y tomando como indicador el color de cáscara, es

posible determinar con un $R^2 > 0.90$ el momento ideal de cosecha en frutos de esta variedad (Figura 11).



Figura 11. Determinación de madurez en mango ‘Ataulfo’ mediante espectrometría.

Colocación de las cajas durante la cosecha

Aún y cuando la mayoría de los encuestados manifestaron que al cosechar utilizan cajas plásticas y que éstas se colocan a la sombra y sin tocar directamente el suelo, las evidencias de fotografías (Figura 12) muestran lo contrario. El inconveniente de colocar las frutas al sol es que debido al calentamiento los frutos alcanzan más de 40 °C, provocando el incremento de la respiración y producción de etileno, que puede ser tan severo que se dice que, por cada hora del fruto expuesto al sol, se tiene un

día menos de vida de anaquel. Por otro lado, el contacto directo de las cajas con el suelo puede incrementar la probabilidad de contaminación microbiológica.



Figura 12. Colocación de frutos de mango durante la cosecha.

Lavado de fruto en huerto para prevenir daño por látex

Solo un porcentaje muy reducido de los encuestados manifestó lavar el fruto en huerto, específicamente 40 % para el caso de ‘Ataulfo’.

MEJORES PRÁCTICAS DE EMPACADO DEL MANGO PARA EXPORTACIÓN DESDE COSECHA HASTA TRAILER O CONTENEDOR

Resultados de investigación realizados en Nayarit indicaron que el látex exudado durante los primeros 30 segundos es el más corrosivo y para el látex de mayor tiempo de exposición (de 10 min hasta 4 h), se detectaron diferencias significativas entre variedades siendo ‘Ataulfo’ la más sensible, ‘Haden’ y ‘Tommy Atkins’ moderadamente susceptibles y ‘Kent’ la más tolerante. Para prevenir el daño por látex en ‘Ataulfo’ el fruto debe lavarse con agua + detergente lavatrastes líquido (1 l / 1,000 l de agua) de preferencia inmediatamente después de la cosecha o a más tardar a las dos horas, porque después el daño es irreversible. El resto de las variedades puede tolerar hasta seis horas en contacto con el látex sin daño irreversible (Osuna et al., 2000). Reportes de literatura indican que hay otras opciones para prevenir y disminuir el daño por látex: cloruro de sodio (5.0 %) e hidróxido de calcio (0.5 y 1.0 %) por 5 min; alumbre (0.5 y 1.0 %); uso de detergentes Agral®, Cold Power®, Mango Wash®; hidróxido de sodio (2.0 %); cortar con pedúnculo > 5 cm y retirar pedúnculo después de 24 h; desleche por 20 min hasta 4 h; Limón (0.5 %); Bicarbonato de sodio (1.0 %): Tween 80; Éter Lauril sulfonato de sodio o hipoclorito de sodio (0.1 %) o deslechado en seco; Detergente comercial o enzimático (0.1 %); Carboximetil celulosa sódica y Lauril sulfato sódico; recubrimiento de cera a base de polietileno; DC Tron (100-1000 µL/L) [Osuna, 2018].



Figura 13. Detalles de la aplicación de detergente lavatrastes.

Es pertinente comentar que en la mayoría de los países productores de mango en Centro y Sudamérica es común la práctica del deslechado, la cual consiste en cosechar los frutos de mango con pedúnculo largo y luego en el propio huerto llevar los frutos a una zona sombreada, cortar el pedúnculo y permitir que el látex de los frutos escurra en bastidores (hasta por 4 horas) y no cause daños irreversibles al fruto (Figura 14).



Figura 14. Detalles del deslechado de frutos de mango para prevenir daños por látex.

Bajo el contexto de mano de obra escasa y cara, valdría la pena considerar el conocimiento generado por Osuna et al. (2000), quienes al caracterizar el daño por látex indican que el látex más corrosivo es el que escurre durante los primeros 30 segundos y el posterior ya no causa daño. Además, se indica que las variedades floridianas pueden tolerar hasta 6 horas en contacto con el látex sin daño irreversible. Tal vez sería conveniente realizar algunas pruebas locales para disminuir o evitar por completo esta práctica, o aprovechar la infraestructura actual, pero en lugar de realizar esta actividad, sustituirla por el lavado de fruto en huerto

con uso de aspersores con una solución de agua + detergente lavatrastes líquido (1 l de detergente por 1,000 l de agua).

Lavado de fruto en empacadora

Con respecto al lavado de fruto en empacadora, la gran mayoría lava los frutos por aspersión con agua + detergente + desinfectante reciclada de tanques con una capacidad máxima de 2,000 l. La gran mayoría de empacadoras tiene una sola línea de lavado, lo que influye para que más del 59 % de ellas lave entre 1,200 a 1,800 cajas de fruto de campo durante un solo ciclo de lavado. Lo anterior origina que el potencial de contaminación microbiológico sea muy alto, por lo que se establecieron trabajos para determinar la efectividad del cloro como desinfectante, el posible daño a fruto a altas concentraciones y determinar la efectividad del cloro en agua de lavado de uso prolongado. Se encontró que el cloro a 20 ppm fue efectivo para eliminar Coliformes totales y bacterias aerobias totales sin afectar calidad de fruto aún a dosis iniciales de 200 ppm; que la concentración inicial de cloro a 200 ppm se abate hasta solo 10 ppm al final de un ciclo de lavado de 600 cajas (que normalmente es la capacidad del camión que transporta la fruta del huerto a la empacadora) y que el cloro en agua de lavado de uso prolongado podría usarse hasta por un máximo de tres ciclos (llevando en cada inicio de ciclo a 200 ppm), aunque lo recomendable es cambiar el agua al término de cada ciclo de lavado de 600 cajas (Osuna et al., 2019).



Figura 15. Detalles del lavado de fruto en empacadora.

Cuadro 2. Efectividad del Cloro como desinfectante.

Tratamiento	Inicial	
	Bacterias Aerobias Totales	Coliformes Totales
Testigo	10^3	+
10 ppm	10^2	-
20 ppm	-	-
30 ppm	-	-
40 ppm	-	-
50 ppm	-	-
NOM-127-SSA	< 200 Col/ml	-

Cuadro 3. Determinación del daño por Cloro.

Tratamiento	Inicial	
	Bacterias Aerobias Totales	Coliformes Totales
Testigo	10 ³	+
50 ppm	-	-
100 ppm	-	-
150 ppm	-	-
200 ppm	-	-
NOM-127-SSA	< 200 Col/ml	-

Aún y cuando el 60 % de los entrevistados manifestó lavar las cajas de campo después de cada uso, un alto porcentaje declaró lavarlas solo al inicio del ciclo. Este es un factor crítico para contaminación del fruto recién cosechado, ya que de mediados a fin de temporada las cajas están tan sucias que son una fuente no solo potencial sino real de contaminación al manifestar cargas microbianas de 10⁶ de bacterias aerobias totales. Si se lavan y desinfectan las cajas de campo después de cada uso, se reduciría en gran medida este problema de contaminación.



Figura 16. Caja de campo con potencial de contaminación microbiológica (A, B) e ilustración de lavado antes de regresar a campo (C).

La respuesta a la interrogante de si las concentraciones altas de cloro afectaban las características de calidad de fruto, se observa en la Figura 17 que aún a 200 ppm de cloro libre, ninguna de las características de calidad fue afectada, ya que no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos para ninguna de las variables. Con esto se demuestra que concentraciones iniciales de 200 ppm de cloro no afectan la calidad de los frutos, lo cual era el temor de los empacadores. Además, la Figura 18 ilustra el abatimiento de la concentración de cloro en agua de lavado. Otras alternativas de desinfectantes en agua de proceso en empacadoras, además del hipoclorito de sodio a 200 ppm, son el ácido peroxiacético (80 ppm) o el dióxido de cloro a 5 ppm, aunque éste último no fue tan estable (Amalaradjou, 2017). Sin embargo, Castro del Campo (2015)

manifestó que el dióxido de cloro eliminó *Salmonella sp* a 5 ppm y que fue igual al hipoclorito de sodio a 200 ppm y que el cobre (a 8.5 y 12.5 ppm) controló *E. coli* en tanques de tratamiento hidrotérmico. El ozono a 2 ppm es otra alternativa para controlar *Salmonella sp* (Danyluk, 2018) aunque a 4 ppm puede ser tóxico para los trabajadores.

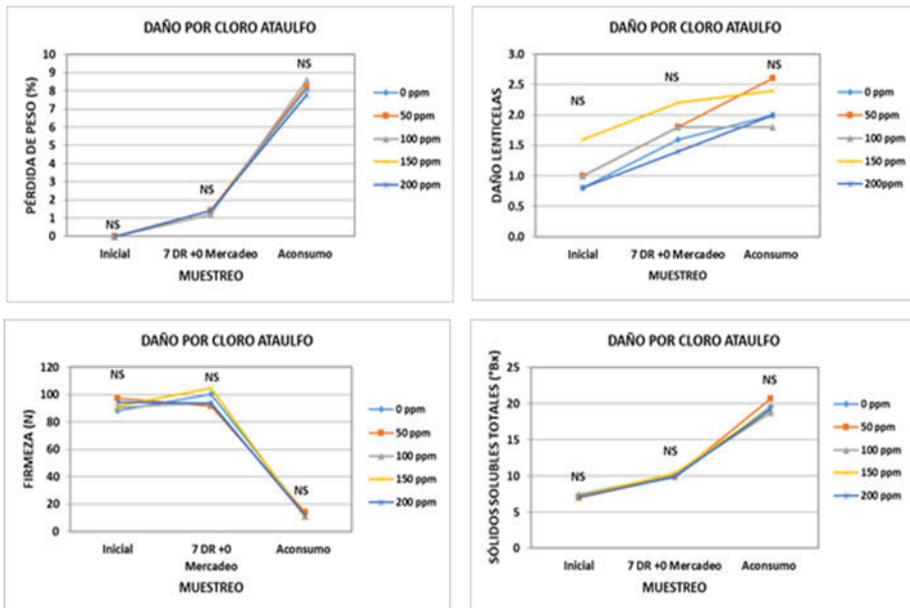


Figura 17. Ilustración del daño por Cloro aún a 200 ppm.

NS = No significativo

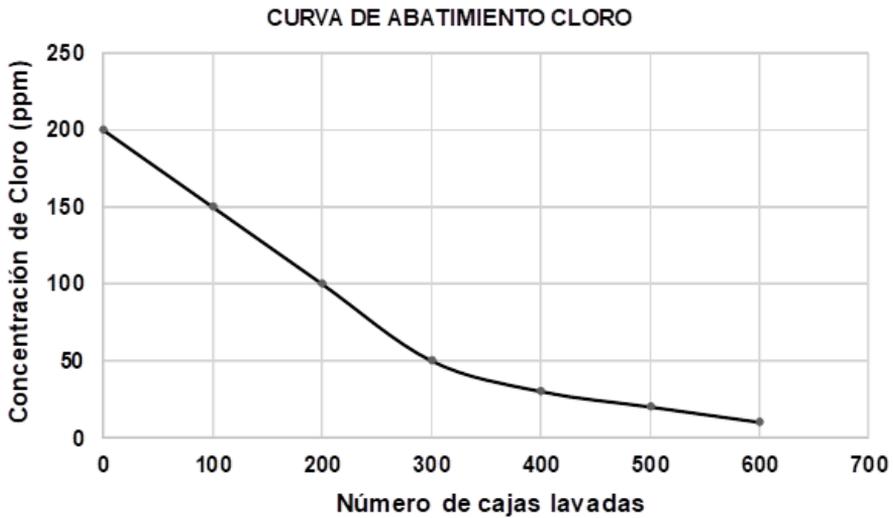


Figura 18. Efectividad de Cloro en agua de lavado de uso prolongado.

El fruto de mango no está contaminado de origen, sin embargo, desde la cosecha en huerto, traslado a la empacadora y proceso durante el empacado es factible que éste sea contaminado por microorganismos patógenos tales como *Salmonella sp* y *E. coli*. Osuna et al. (2007) señalaron que durante el manejo del empacado del mango para exportación se identificaron tres puntos críticos de control: las tinas de lavado, las tinas de hidrotérmico y las tinas de hidrogenfriado. Asimismo,

comentaron que la falta de higiene en las cajas de transporte, bandas y bancos puede propiciar la contaminación del fruto. Además, Soto et al. (2007) indicaron que el agua de proceso utilizada en las empacadoras de mango para exportación es el vehículo de transporte de microorganismos patógenos cuando los controles de sanitización son deficientes y que existe un potencial muy grande de contaminación de éstos a la pulpa del mango, especialmente cuando son sometidos a enfriamiento después de haber pasado por el tratamiento cuarentenario contra mosca de la fruta, el cual consiste en sumergir los frutos en agua caliente a 46.1 °C por 65 a 110 min, dependiendo del tamaño (Báez-Sañudo et al., 1995; Avena, 1997).

Por los riesgos de contaminación que se tienen en el fruto de mango durante el proceso en la empacadora, es recomendable monitorear los niveles de desinfectantes, así como la presencia de microorganismos patógenos mediante la aplicación de pruebas microbiológicas rápidas. Osuna et al. (2010) demostraron que Los métodos rápidos de muestreos microbiológicos son una alternativa excelente para establecer controles para el monitoreo frecuente de la higiene durante el empaqueo de mango para exportación. Los métodos sugeridos para agua de proceso y que detectan la presencia/ausencia de Coliformes totales, *E. coli* y *Salmonella* son el P/A Broth 8364 con MUG y el Kit de campo Pathoscreen™ Medium, en tanto que las superficies de contacto (cajas de campo y

empaque, bandas y bancos y fruto empacado) se examinaron con el método de paletas de prueba que arrojan resultados de bacterias aerobias totales y Coliformes totales al mismo tiempo.

El tratamiento hidrotérmico cuarentenario y el Hidroenfriado

Estados Unidos exige tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC) para control de mosca de la fruta, el cual consiste en tratar a los frutos con agua caliente (46.1 °C o 115 °F) por 65 a 110 min dependiendo del tipo y peso de fruto (USDA-APHIS, 2010). Recientemente en un estudio financiado por el National Mango Board (NMB), Osuna et al. (2015) demostraron que, si el THC se aplica conforme al protocolo, no se observa ningún daño por efecto de éste en frutos de la variedad Tommy Atkins. Sin embargo, el 64 % de los entrevistados indicó que usa rampas de inicio de 119.5 a 117.5 °F y solo el 32 % expresó que usa de 117.4 a 116.0 °F. Los resultados reportados por Osuna et al. (2015) indicaron que el factor más importante que influyó el daño externo y calidad de fruto durante el THC fue la temperatura de tratamiento (set point). El set point recomendado entre 115.5 y 116.5 °F mostró solamente daños ligeros en tanto que los tratados a 117.0 °F mostraron daños moderados. Por lo tanto, si el THC es aplicado según la recomendación y protocolo, sólo se

observarán daños externos ligeros manteniendo calidad y vida de anaquel.

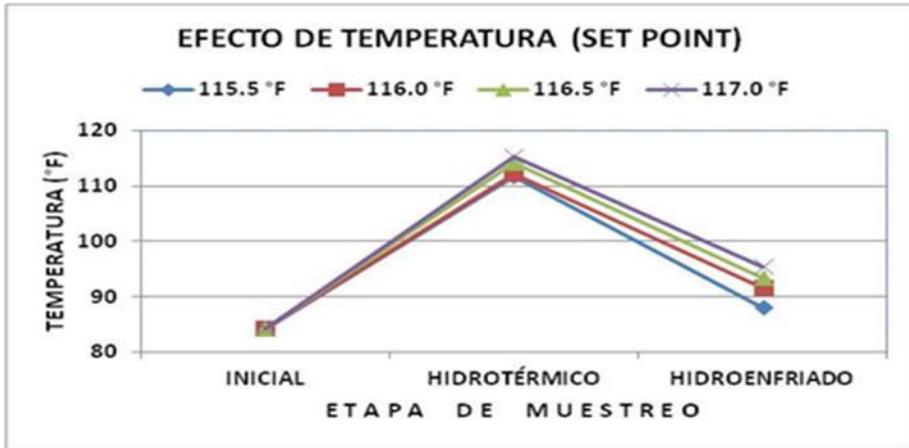


Figura 19. Efecto del Set Point sobre la temperatura inicial, después del hidrotérmico y después del Hidroenfriado de frutos de la variedad Tommy A. sometidos a Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario.

Durante el proceso de empacado, el fruto pasa por varias etapas donde es susceptible de contaminarse, sobretodo en el hidrotérmico donde no se aplican desinfectantes (aunque el 84 % de los entrevistados manifestó que clora el agua a 5-10 ppm para mantenerla potable), ya que temperaturas

mayores a 115 °F los desactivan. Se especula que el crecimiento de algunos microorganismos patógenos y el consecuente daño a los frutos pudieran deberse a deficiencias en la calidad química y microbiológica del agua de tratamiento para el hidrotérmico y el hidrofriado. Para comprobar lo anterior se establecieron dos tipos de ensayos: a) Ciclo completo en la Empacadora 1 con ‘Ataulfo’ y b) ‘Barrido’ en las Empacadoras 2 y 3 con ‘Tommy Atkins’ y ‘Kent’, respectivamente. Para ciclo completo (considerado desde el inicio hasta el final de un procedimiento de hidrotérmico o hidrofriado) se muestreó un mismo tanque de hidrotérmico y un tanque de hidrofriado considerando al inicio (primera canasta o jaula conteniendo 182 cajas de campo), a mediados (7 canastas) y al final del ciclo (14 canastas). Se tomaron muestras de agua para análisis físico-químico de Hidrotérmico e Hidrofriado, así como de Coliformes totales. Para ‘barrido’ se consideró prácticamente lo mismo, pero en tinajas con diferente nivel de uso. Los resultados mostraron que, con respecto a calidad del agua, la variable más afectada fue la turbidez (Figura 20), la cual incrementó su valor y se salía de la Norma conforme se hacía un uso más prolongado, lo que favorece el crecimiento bacteriano.



Figura 20. Ilustración de la turbidez del agua de proceso en empacadoras de mango para exportación.

En tinas de hidrotérmico se sugiere hacer cambio de agua a no más de 14 canastas por ciclo, con cada canasta conteniendo 180 cajas de aproximadamente 20 Kg de fruto (Osuna et al., 2018). El 32 % de las empacadoras manifestaron hacer cambios de agua de hidrotérmico cada 2-3 días y otro 32 % cada 6-7 días. Sin embargo, dependiendo de la época de la temporada esto puede ser mucho o poco, por lo que se sugiere que el cambio de agua se haga basado en el número de canastas y no en los días de uso. Además, el agua de uso prolongado en hidrotérmico

manifestó la presencia de Coliformes totales y bacterias aerobias totales que indican riesgo de contaminación. Sin embargo, si se mantiene un nivel de cloración de 20 a 50 ppm de cloro libre en tinas de hidrogenfriado se controla la presencia de microorganismos patógenos, tales como *Salmonella* y *E. coli* (Cuadro 4, Figura 21).

Cuadro 4. Presencia/Ausencia de Coliformes totales en agua de proceso en empacadoras de mango para exportación.

Tratamiento	Inicial (1)	Mediados (7)	Fin de ciclo (14)
	Coliformes totales	Coliformes totales	Coliformes totales
Hidrotérmico	+	+	+
Hidrogenfriado	-	-	-
NOM-127-SSA	-	-	-

+ Positivo - Negativo



Figura 21. Ilustración del resultado de los muestreos para Presencia/ Ausencia de *Coliformes totales* del agua de proceso en empacadoras de mango para exportación. Amarillo (+) Púrpura (-).

El reposo después del THC e Hidroenfriado

De acuerdo con las encuestas, un alto porcentaje (76 %) de los empacadores acostumbra realizar el reposo de la fruta (12 a 24 h) después del hidroenfriado. También, el 20 % de los encuestados manifestó no tener hidroenfriado, sin embargo, realizan el reposo de la fruta después del THC. Además, se encontró un caso muy particular en que una empacadora (para el caso específico de ‘Tommy Atkins’) realiza hasta 48 h de reposo antes de someter al THC. Los empacadores argumentan que dar 24 a 48 h de reposo antes de la clasificación y empaqueo es muy útil

para detectar visualmente los frutos con hombros hundidos. Sin embargo, bajo la experiencia propia, esta puede ser una práctica nociva, ya que lo único que está haciendo es incrementar el porcentaje de frutos con daño al permitir que los frutos calientes estén de 24 a 48 h a condiciones ambientales (a temperaturas mayores a 30 °C), incrementando la velocidad de procesos fisiológicos de respiración y producción de etileno, mismos que aceleran maduración y deterioro de los frutos. Al respecto, Osuna (2018) manifiesta que en un experimento realizado durante 2016-2017 en ‘Tommy Atkins’ se encontró que la presencia de frutos con hombros hundidos para la temporada 2016 fue mínima (< 1.0 %). Los factores significativos fueron origen y reposo después del hidrogenfriado. Los frutos cosechados en Nayarit presentaron el mayor porcentaje de hombros hundidos, en tanto que los frutos sin reposo mostraron la menor presencia de hombros hundidos. Sin embargo, los resultados de 2017 expusieron una presencia de casi 30 % de frutos con hombros hundidos. Los frutos de ‘Tommy Atkins’ cosechados en Jalisco no manifestaron el daño. No obstante, los frutos de Nayarit y Sinaloa acumularon 27.1 y 28.3 % de presencia de hombros hundidos, respectivamente. Los factores que más influyeron en la presencia de frutos con hombros hundidos fueron el grado de madurez a cosecha y el reposo. Con respecto al reposo, se observó que éste impactó significativamente la presencia de frutos con hombros hundidos, primordialmente al muestreo inicial, ya que los frutos con reposo de 24 h mostraron tres veces más frutos con hombros

hundidos (16.1 %) que aquéllos sin reposo (5.8 %) [Figura 22]. Con esto se comprueba que el reposo después del hidrogenfriado no disminuye la presencia de hombros hundidos, solo permite identificar los frutos con esta anomalía. Por lo anterior, la sugerencia para los empacadores es que no continúen con su práctica de someter los frutos a reposo, sino que continúen el proceso continuo para el empaclado.

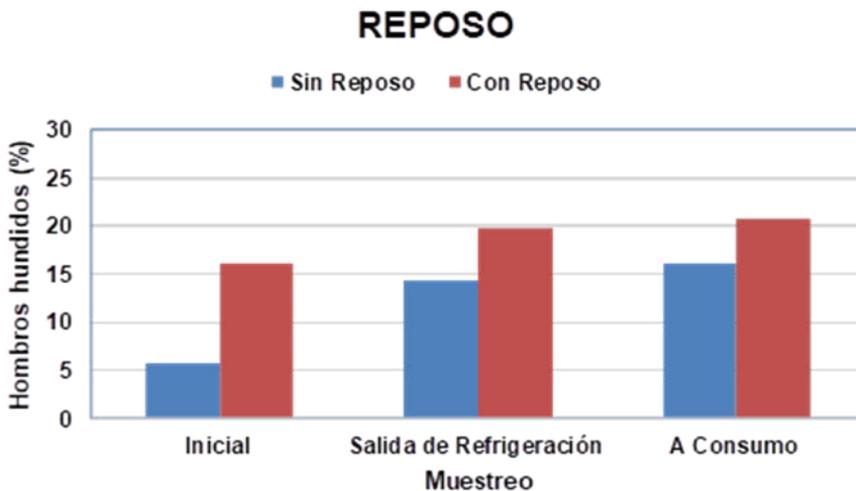


Figura 22. Efecto del reposo sobre la presencia de hombros hundidos en frutos de ‘Tommy Atkins’.

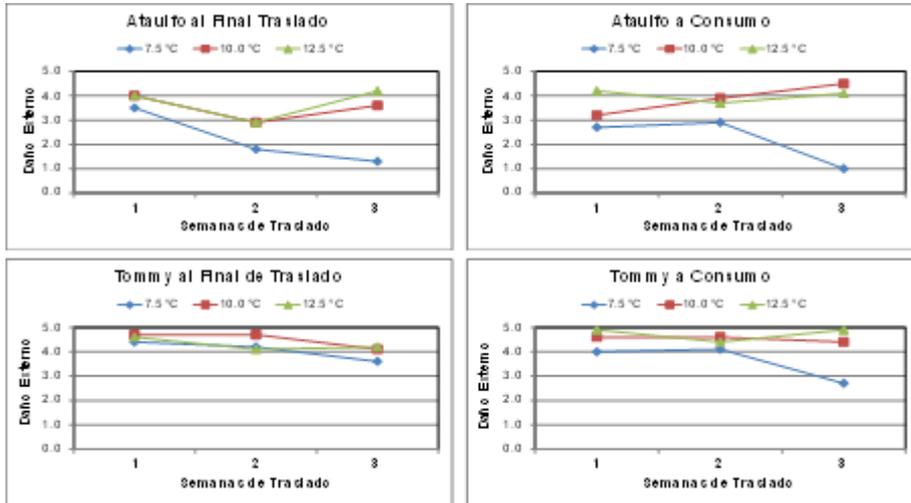
Temperaturas de refrigeración en cuarto frío y/o traslado

El 100 % de los empacadores encuestados manifestaron tener cuarto frío y el 68 % mantiene su fruta al menos 9 h en cámara fría antes de embarcar el tráiler o contenedor, lo cual influye positivamente en la vida de anaquel del fruto de mango. Desafortunadamente, donde se encontraron fallas graves fue en las temperaturas utilizadas para cuarto frío y/o contenedor refrigerado ya que el 52 % maneja temperaturas ≤ 10 °C. Resultados obtenidos por Osuna (2015), menciona que se detectaron diferencias significativas para daño por frío entre variedades. ‘Ataulfo’ y ‘Kent’ fueron más susceptibles que ‘Tommy Atkins’ y ‘Keitt’. El daño externo fue de mayor magnitud que el daño interno. Los factores más importantes fueron la temperatura y el tiempo de almacenamiento. A temperaturas más bajas, mayor daño; A mayor duración del tiempo de almacenamiento, mayor daño. ‘Ataulfo’ y ‘Kent’ mostraron daños externos desde una semana de almacenamiento a 7.5 y 10.0 °C en tanto que ‘Tommy Atkins’ y ‘Keitt’ mostraron daños de moderados a severos sólo a 7.5 °C y hasta las tres semanas de almacenamiento (Figura 23). El daño interno fue muy bajo y se reflejó principalmente en el color de pulpa. A menor temperatura, menor intensidad del color de pulpa. Asimismo, a mayor tiempo de almacenamiento, menor intensidad del color de pulpa. Se observó un efecto muy claro de la temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la firmeza en todas las variedades. A menor temperatura, mayor firmeza mientras que a mayor tiempo de

almacenamiento, menor firmeza. Respecto a los sólidos solubles totales se observó que a más baja temperatura de almacenamiento, menor desarrollo del contenido de los sólidos solubles totales. Para propósitos prácticos, 'Ataulfo' y 'Kent' deben ser embarcados sólo a 12.5 °C en tanto que 'Tommy Atkins' y 'Keitt' pueden tolerar hasta 10 °C. Se sugiere que ninguna de las variedades sea enviada a 7.5 °C.

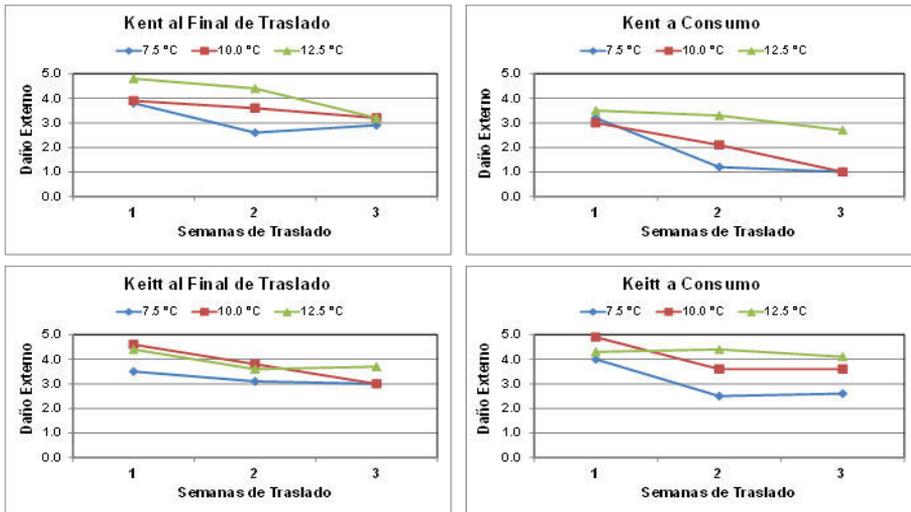


Figura 23. Daño externo e interno por temperaturas ≤ 10 °C.



Valores de Escala: 1 = Severo 2 = Moderado 3 = Ligero 4 = Trazas 5 = Sin daño

Figura 24. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el Daño Externo de frutos de mango Ataulfo y Tommy Atkins al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.



Valores de Escala: 1 = Severo 2 = Moderado 3 = Ligero 4 = Trazas 5 = Sin daño

Figura 25. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el Daño Externo de frutos de mango Kent y Keitt al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.

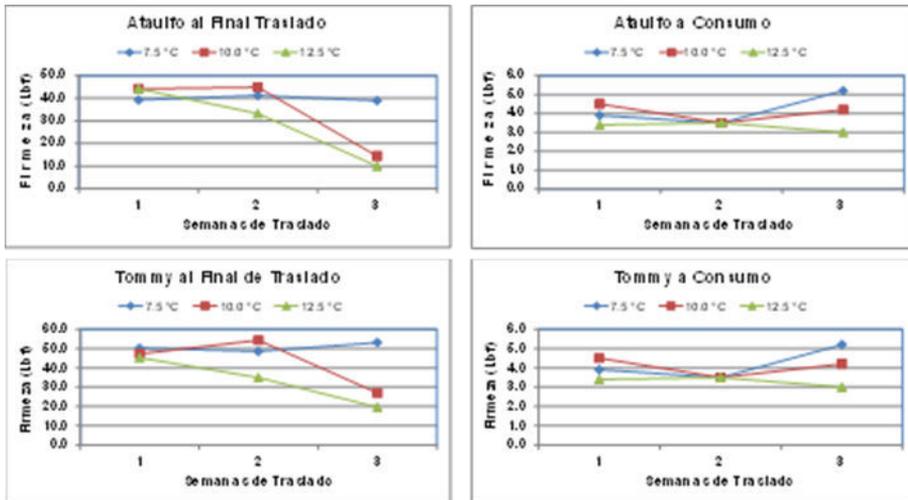


Figura 26. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre la firmeza (Lbf) de frutos de mango Ataulfo y Tommy Atkins al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.

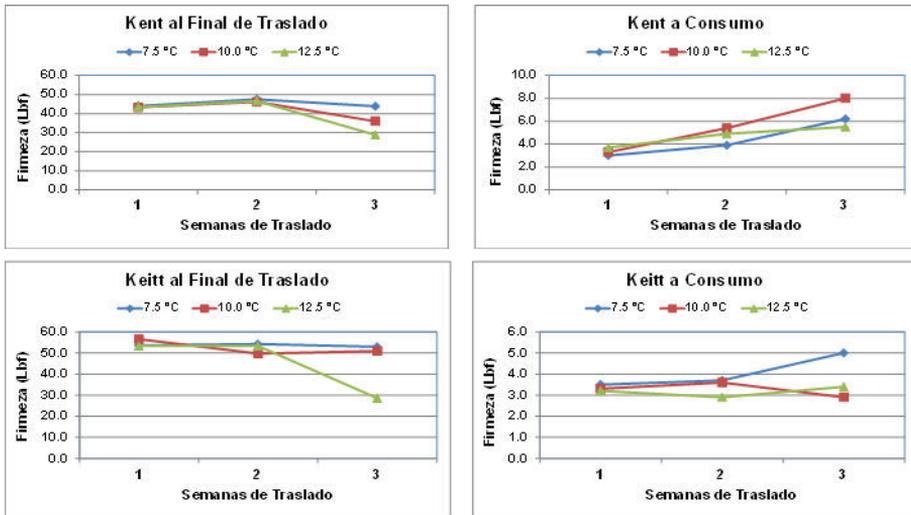


Figura 27. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre la firmeza (Lbf) de frutos de mango Kent y Keitt al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.

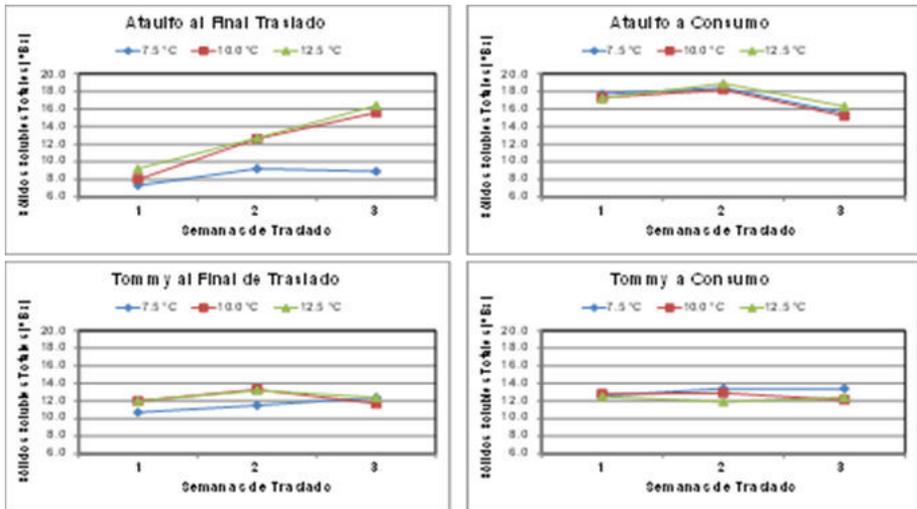


Figura 28. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles (°Bx) de frutos de mango Ataufo y Tommy Atkins al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.

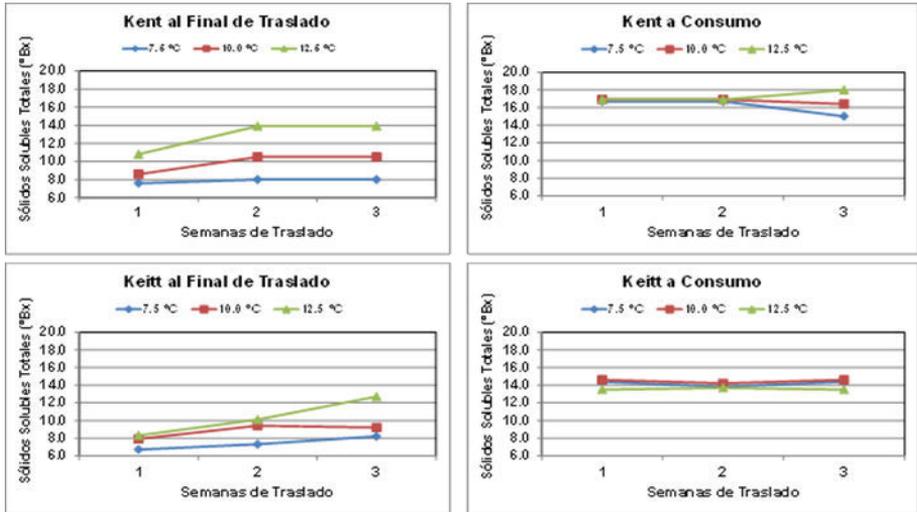


Figura 29. Efecto de la Temperatura y el Tiempo de Almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles (°Bx) de frutos de mango Kent y Keitt al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.

Por otro lado, recientemente se ha incrementado la demanda de mango maduro listo para comer (MMLPC), lo que abre una posibilidad interesante para los productores de mango en México debido a la cercanía geográfica de los sitios de producción con los mercados de Estados Unidos. La mayoría de los sitios de producción se localizan a un máximo de cinco días de traslado terrestre para alcanzar el más lejano de los

mercados destino en Estados Unidos. Osuna y González (2018) investigaron el efecto del grado de madurez y la temperatura de traslado para el manejo de MMLPC. Se encontró que el grado de madurez a cosecha es uno de los factores fundamentales en el manejo de MMLPC y conforme se incrementa éste, mayor es el Índice Mínimo de Calidad (MQI) y, por lo tanto, su posible aceptación por el consumidor. Sin embargo, para este estudio el grado de madurez no fue tan impactante en la mayoría de las variables; hubo diferencias significativas al inicio para color de cáscara, firmeza, color de pulpa y SST, pero ya no se reflejaron a consumo. Por el contrario, el factor temperatura de traslado impactó significativamente en la mayoría de las variables, sobre todo al término del traslado. A menor temperatura, menor pérdida de peso, mayor firmeza, menor desarrollo de color de pulpa y SST, así como mayor vida de anaquel. Este factor es determinante para que el importador planifique sus volúmenes de mango maduro listo para comer. Las temperaturas de traslado de 15 y 18°C serían las recomendadas dependiendo de las necesidades del importador. A continuación, se ilustra el efecto del grado de madurez y temperaturas de traslado sobre la calidad y vida de anaquel de mango maduro listo para comer de la variedad Ataulfo (Figuras 30, 31 y 32).

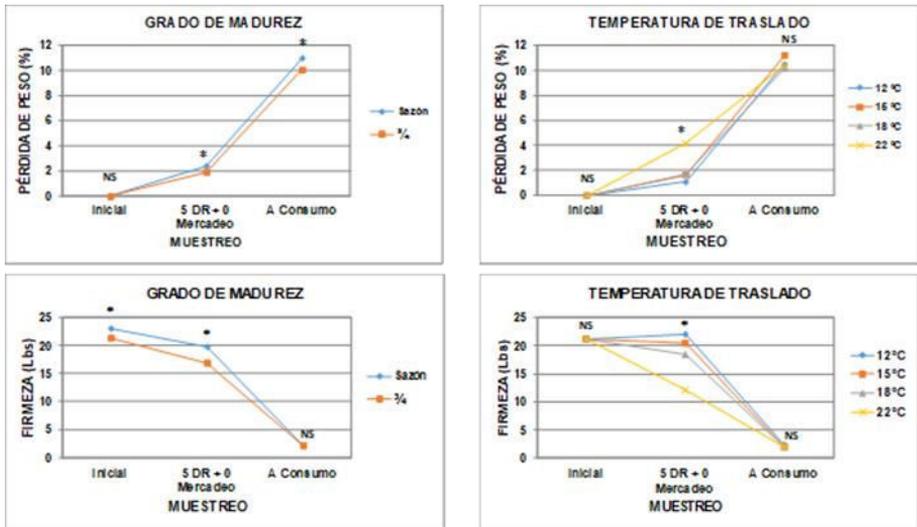


Figura 30. Efecto del Grado de Madurez y la Temperatura de traslado sobre la pérdida de peso, firmeza y vida de anaquel de frutos de mango Ataulfo al inicio, al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.

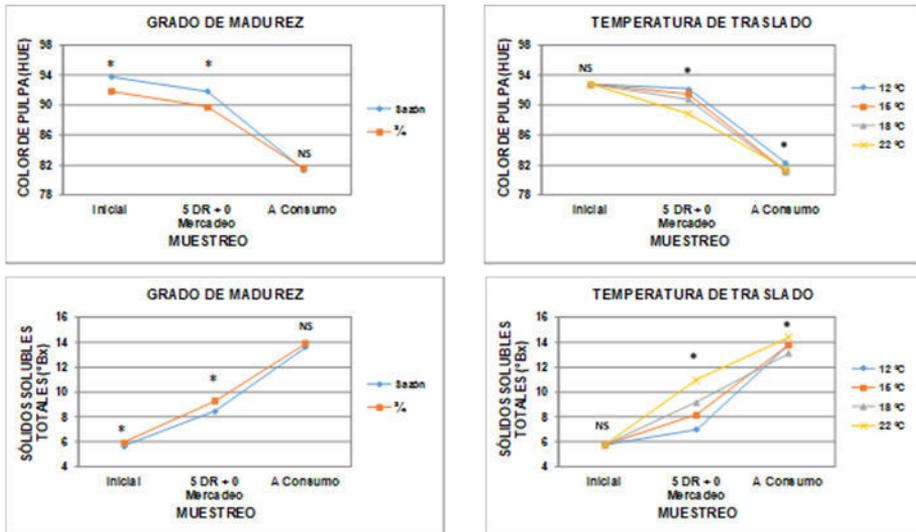


Figura 31. Efecto del Grado de Madurez y la Temperatura de traslado sobre el color de pulpa, sólidos solubles totales y vida de anaquel de frutos de mango Ataulfo al inicio, al término de la simulación de traslado o a madurez de consumo.

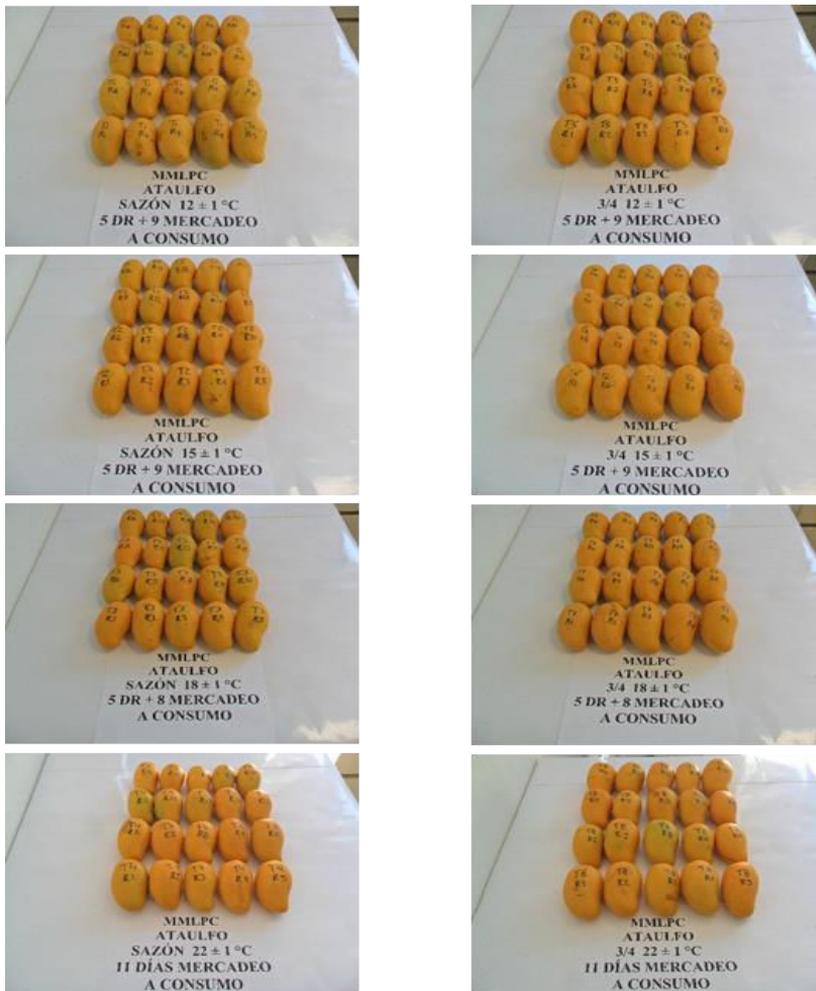


Figura 32. Apariencia externa de frutos de ‘Ataulfo’ a consumo en madurez sazón o $\frac{3}{4}$ trasladados a diferentes temperaturas. 2016.

Protocolo de las mejores prácticas que se deben realizar para entregar mango de calidad y consistente

La práctica más trascendental e impactante para tener calidad inicial, buena vida de anaquel y excelente sabor, color y aroma al momento del consumo es cosechar los frutos de mango en estado sazón (color 3, según tabla de EMEX, A.C.; Ángulo de tono = 70 ± 2 °hue), así como un contenido de sólidos solubles totales > 8.0 °Bx en Ataulfo, Haden, Keitt, Kent y Tommy Atkins.

Una vez cosechados los frutos en la madurez adecuada, siguen varios pasos en el huerto y empacadora que son importantes para mantener calidad, alargar vida de anaquel y asegurar el óptimo sabor a consumo:

- 1. Cosecha.** Al cosechar los frutos con gancho y bolsa, vaciar inmediatamente a cajas de plástico previamente desinfectadas acomodadas en la sombra de la copa del árbol o en un lugar adecuado con sombra y evitando que toquen el suelo para prevenir contaminación microbiológica. Para prevenir daño lenticelar, en zonas con riego o demasiada lluvia, dejar pasar al menos 24 después de cada evento para cosechar, o hacerlo en horas de la tarde para que haya menor turgencia del fruto
- 2. Corte manual.** Al hacer corte manual es prácticamente imposible evitar la emisión del látex. Ataulfo debe ser lavado inmediatamente

MEJORES PRÁCTICAS DE EMPACADO DEL MANGO PARA EXPORTACIÓN DESDE COSECHA HASTA TRAILER O CONTENEDOR

después de la cosecha y en un máximo de 2 h para evitar daños irreversibles por látex. Las variedades floridianas pueden tolerar hasta 6 h en contacto con el látex sin daño irreversible. En Centro y Sudamérica se hace la práctica del deslechado, la cual consiste en cosechar los frutos de mango con pedúnculo largo y luego en el propio huerto llevar los frutos a una zona sombreada, cortar el pedúnculo y permitir que el látex de los frutos escurra en bastidores (hasta por 4 horas) y no cause daños irreversibles al fruto. Bajo el contexto de mano de obra escasa y cara, valdría la pena considerar que el látex más corrosivo es el que escurre durante los primeros 30 segundos y el posterior ya no causa daño. Tal vez sería conveniente realizar algunas pruebas locales para disminuir o evitar por completo esta práctica, o aprovechar la infraestructura actual, pero en lugar de realizar esta actividad, sustituirla por el lavado de fruto en huerto con uso de aspersores con una solución de agua + detergente lavatrastes líquido (1 l de detergente por 1,000 l de agua).

- 3. Transporte del huerto a la empacadora.** No deben de pasar más de 36 h para que la fruta después de cosechada llegue a la empacadora. Los transportes deben cubrirse con lona, pero permitir aireación para que no se caliente el fruto y disminuir respiración y producción de etileno. Además, debe evitarse sobrellenar las cajas para evitar daños mecánicos y compresión cuando se estiban las mismas. Igualmente, la suspensión de los vehículos de traslado debe estar en buenas

condiciones para evitar roces, golpes y magullamiento por excesivo brincoteo de los frutos.

4. Operaciones en la empacadora:

- a. Reciba, prueba fitosanitaria y de calidad:** Una vez en la empacadora, los camiones deben permanecer a la sombra, retirar la lona que los cubre y no tardar más de 4 h en descargarlos.
- b. Lavado:** debe realizarse tan pronto como sea posible, utilizando agua clorada con una concentración inicial de cloro a 200 ppm (el margen de seguridad es de 100 a 200 ppm de cloro libre). Se sugiere lavar un máximo de 600 cajas de campo para proceder a cambiar el agua de la tina de lavado y llevar nuevamente a una concentración de cloro de 200 ppm. Es muy importante lavar y desinfectar las cajas de campo cada vez que regresen a huerto. De lo contrario, son una fuente significativa de contaminación microbiológica. Lo mismo sería para cuando se usan bolsas o morrales en la recolección, los cuales deben ser desinfectados periódicamente.
- c. Tratamiento Hidrotérmico Cuarentenario (THC).** Según la Norma, el THC para el control de mosca de la fruta consiste en tratar la fruta con agua caliente (115 °F) por 65 a 110 min

dependiendo del tipo y peso del fruto. Es muy importante mantener la temperatura del agua entre 115.4 y máximo 116.5 °F, de lo contrario, temperaturas > 116.5 °F afectan firmeza y vida de anaquel del fruto. Desde el punto de vista microbiológico, es recomendable cambiar el agua del tanque del THC cada 14 canastas (de 180 a 200 cajas c/una).

- d. Hidroenfriado.** Lo ideal es enfriar la fruta inmediatamente después del THC por al menos 30 min en agua fría a 21.1 °C (70.0 °F). Para evitar contaminación microbiológica, el agua del hidroenfriado debe mantenerse con una concentración de cloro libre de 20 a 50 ppm y debe cambiarse cuando se enturbia demasiado (al menos una vez por semana). Durante el proceso de empacado del mango se tienen tres puntos críticos: las tinas de lavado, las tinas de hidrotérmico y las tinas de hidroenfriado. Además, la falta de higiene en cajas de transporte, bandas y bancos, puede propiciar la contaminación microbiana del fruto. Osuna et al. (2010), recomiendan el uso de pruebas rápidas microbiológicas como una alternativa excelente para establecer controles para el monitoreo de la higiene de todo el proceso de empacado.
- e. Reposo.** Los resultados son concluyentes, el reposo después del hidroenfriado no disminuye la presencia de hombros hundidos, especialmente en la variedad Tommy Atkins; por lo que la

sugerencia para los empacadores es que eviten la práctica de someter los frutos a reposo y sigan de manera continua el proceso del empacado. Sin embargo, si hay sospechas de posible presencia de hombros hundidos, desde el punto de vista comercial es conveniente el reposo para identificar frutos con el problema, no empacar éstos y evitar reclamos del distribuidor.

f. Temperatura de refrigeración en cuarto frío y/o traslado.

Cuando se cuenta con túneles de aire forzado, es conveniente pre enfriar la fruta por un mínimo de 3 h y cuando no se cuenta con él, la fruta debe permanecer en cuarto frío por al menos 8 h antes de embarcar, ya que el tráiler o contenedor no tienen la capacidad de enfriar, sino solo conservar la temperatura del fruto. En todos los casos las temperaturas recomendadas son las siguientes. Ataulfo debe manejarse de 11 a 13 °C (51.8 a 55.4 °F); los floridianos Haden, Keitt, Kent y Tommy Atkins de 10 a 12 °C (50.0 a 53.6 °F). Ninguna de las variedades debe almacenarse o transportarse a temperaturas < 10.0 °C (< 50.0 °F), especialmente si el transporte es mayor a dos semanas.

Siguiendo estas recomendaciones se tiene la certeza que se entregará mango de calidad excelente y consistente, satisfaciendo plenamente las demandas del consumidor y así incrementar el consumo del mango en el mercado estadounidense.

AGRADECIMIENTOS

Al Convenio INIFAP - National Mango Board a través del proyecto “DIAGNÓSTICO DE LA CADENA DE MANGO DE EXPORTACIÓN DESDE COSECHA HASTA ENVÍO REFRIGERADO” No. SIGI 1037434387, por el financiamiento de esta publicación electrónica.

LITERATURA CITADA

Amalaradjou, M.A. 2017. El Impacto de los desinfectantes de agua de lavado en la transferencia y supervivencia de Salmonella entérica en operaciones de estanque de agua en plantas de empaque de mango. Convenio University of Connecticut - National Mango Board. 43 p.

Avena, B.J.R. 1997. Tratamiento hidrotérmico. En: Báez-Sañudo (Comp.) Manejo Postcosecha del Mango. Empacadoras de Mango para Exportación, A.C. ISBN 970-91939-0-0. Pp. 30-33.

Báez-Sañudo, R. E. Bringas-Taddei, y J. Ojeda-Contreras. 1995. Uso de agua caliente, vapor y aire caliente forzado como tratamientos cuarentenarios en frutas y hortalizas. Horticultura Mexicana 3(1):41-53.

Báez-Sañudo, R. 1998. Norma Mexicana de Calidad para mango fresco. Empacadoras de Mango de Exportación, A.C.-Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Guadalajara Jalisco. pp. 6.

Bompard, J. M. and R.J. Schnell. 1997. Taxonomy and Systematics. In: The mango: Botany, Production and Uses. Litz, R.E. (ed) CAB International. New York. Pp 41-47.

Castro del Campo N. 2015. Búsqueda e innovación de nuevas alternativas de mejoramiento de la inocuidad en la industria del mango. Informe de Convenio CIAD, A.C. Unidad Culiacán – National Mango Board. 37 p.

Chávez, C.X., P.A. Vega, L.M. Tapia y S.M. Miranda. A. 2001. Mango. Su manejo y producción en el trópico seco de México. Libro Técnico Num. 1. Campo Experimental Valle de Apatzingán. CIRPAC; INIFAP. Michoacán, México. 108 p.

Cheema, G. S. and P.G. Dani. 1934. Report of the export of mangoes to Europe in 1932 and 1933. Department of Agriculture. Bombay. Bulletin No. 170:1-31.

EMEX, A.C. 2018. Directorio de socios de Empacadores de Mango para Exportación en México. <http://www.mangoemex.com>.

Galán, S. V. 1998. Situación mundial de la cadena productiva de mango FAO. Foro Internacional de mango y otras frutas tropicales. Mazatlán, México. 16-17 de febrero de 1998.

Galán, S. V. 2002. Mango production and market worldwide: current situation and future prospects. Program and Abstracts 7th International Mango Symposium, Recife, Pernambuco, State, Brasil: 48.

Hill, A. F. 1952. Economic Botany. (2nd. ed.). McGraw-Hill and Kogakusha. Iyer, C. P. A. and Degans, C. 1997. Classical breeding and genetics. In: The Mango: Botany, Production and Uses. CAB International. New York 49-68 p.

Kaur, A., C.O. Ha, K. Jong, V.E. Sands, H.T. Chan, E. Soepadmo and P.S. Ashton. 1980. Apomixis may be widespread among trees of the climax rain forest. Nature 271:440-442.

Lakshminarayana, S. 1980. Mango. In: Nagy, S. and Shaw, P.E. (eds) Tropical and subtropical Fruit: Composition, Properties and uses. AVI Publishing, Westport, pp 309-327.

Medlicott A.P., S.W. New and A.K. Thompson. 1988. Harvest maturity effects on mango fruit maturity. Tropical Agriculture 65(2):153-157.

Mena-Nevárez G. y D. Nieto-Ángel. 2002. Manejo Postcosecha de Mango. En: Zavala H.F.; D.H. Noriega, G. Mora, G. Ballesteros. El Mango Su cultivo, Fitosanidad y Comercialización. pp. 147-156.

Mora, M. J., P.J. Gamboa y P.R. Elizondo. 2002. Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica*) en Costa Rica. 25 p.

Morton, J. F. 1987. Mango. In: Fruit of warm climates. Published by Julia F. Morton Miami, FL. pp. 221-239.

Mosqueda, V.R., R. De los Santos, E.N. Becerra, H. Cabrera, D.A. Ortega y A.L. del Ángel. 1996. Manual para cultivar mango en la planicie Costera del Golfo de México. Campo Experimental Cotaxtla, CIRGOC, INIFAP, SAGAR. 130 p.

Mukherjee, S. K. 1997. Introduction, Botany and Importance. In: The mango: Botany, Production and Uses. Litz, R.E. (ed) CAB International. New York. Pp 1-19.

Osuna-García J.A., M.L. Guzmán-Robles, B. Tovar-Gómez, M. Mata-Montes de Oca, R. Báez-Sañudo, M.H. Pérez-Barraza y V. Vázquez-Valdivia. 2000. Composición química, caracterización de daño y prevención de quemado de fruto de mango por látex. Memorias del Symposium de mango: Control de floración y Mejoramiento Genético. Apatzingán, Michoacán. p. 82-92.

Osuna García, J.A., A. Morales Loredo y G. Álvarez Ojeda. 2007. Manual de Buenas Prácticas de Manejo y Procedimientos de Operación Estándar de Sanitización en Empaques de mango para exportación adecuado a las condiciones de Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Publicación Técnica No. 1, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 126 p.

Osuna-García J.A., D.A. Ortega-Zaleta, H. Cabrera-Mireles H. V. Vázquez-Valdivia V. 2007. El uso de Unidades Calor como una tecnología viable para determinar momento óptimo de cosecha en el mango Ataulfo. Ecotech Ago-Sept. III. p. 12-13.

Osuna-García, J. A., S. Salazar-García, G. Doyon, Y. Nolasco-González y R. Goenaga. 2010. Guía para el monitoreo de la calidad del agua de proceso y superficies de contacto en empacadoras de mango para exportación. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico No. 1, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.

Osuna-García, J.A. 2015. Determinación del daño por tratamiento hidrotérmico cuarentenario en frutos de la variedad 'Tommy Atkins' producidos en México. Informe Convenio INIFAP-NMB. 25 p.

MEJORES PRÁCTICAS DE EMPACADO DEL MANGO PARA EXPORTACIÓN DESDE COSECHA HASTA TRAILER O CONTENEDOR

Osuna-García, J.A. 2015. Determinación del daño por frío en las principales variedades de mango cultivadas en México. Informe Convenio INIFAP-NMB. 32 p.

Osuna-García, J.A. 2018. Determinación de la causa de hombros hundidos en frutos de ‘Tommy Atkins’ producidos bajo varios ambientes en México. Informe Convenio INIFAP-NMB. 33 p.

Osuna-García J.A., Y. González-Nolasco, I.J. González-Acuña y R. Gómez-Jaimes. 2018. Detección de las causas y disminución del daño por tratamiento hidrotérmico cuarentenario en frutos de ‘Ataulfo’, ‘Tommy Atkins’ y ‘Kent’ cultivados en Nayarit. Informe Convenio INIFAP-NMB. 45 p.

Osuna-García, J.A. 2019. Validación de la técnica de Unidades Calor para determinar el momento óptimo de cosecha en las principales variedades de Mango para exportación. Informe Convenio INIFAP-NMB. 48 p.

Singh, L. B. 1960. The Mango: Botany, Cultivation and Utilization. Leonard Hill. London.

Soto M., G. Chavez, M. Baez M., C. Martinez and C. Chaidez. 2007. Internalization of Salmonella typhimurium into mango pulp and prevention of fruit pulp contamination by chlorine and copper ions. International Journal of Environmental Health Research 17(6):453-459.

U.S. Department of Agriculture. Animal and Plant Health Inspection Service. Plant Protection and Quarantine. 2010. Treatment manual. http://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/download/s/treatment.pdf

USDA Foreign Agricultural Service. 2018. Three years trends for U.S. mango imports. <http://www.fas.usda.gov>.

Personal Investigador

Campo Experimental Santiago Ixcuintla

Ph. D. Jorge Armando Bonilla Cárdenas

Director de Coordinación y Vinculación del INIFAP en Nayarit y Encargado del
Despacho de los Asuntos de la Jefatura del Campo Experimental Santiago
Ixcuintla, Nayarit.

Investigador	Programa
M.C. Arturo Álvarez Bravo	Agrometeorología y modelaje
M.C. F. Gerardo Balderas Palacios	Plantaciones y sistemas forestales
M.C. José de Jesús Bustamante Guerrero	Carnes de rumiantes
M.C. Luis Enrique Fregoso Tirado	Manejo integral de cuencas
Dr. Rafael Gómez Jaimes	Sanidad forestal y agrícola
Dra. Irma Julieta González Acuña	Fertilidad de suelos y nutrición vegetal
M.C. Nadia Carolina García Álvarez	Frijol y garbanzo
Dr. Luis Martín Hernández Fuentes	Sanidad forestal y agrícola
Ph. D. Guillermo Martínez Velázquez	Carne de rumiantes
Dra. Adriana Mellado Vázquez	Frutales
M.C. Yolanda Nolasco González	Inocuidad de alimentos
Ph. D. Jorge Alberto Osuna García	Inocuidad de alimentos
M. C. José Antonio Palacios Fránquez	Salud animal
Dra. María Hilda Pérez Barraza	Frutales
M. C. Raúl Plascencia Jiménez	Pastizales y cultivos forrajeros
M. C. J. Vidal Rubio Ceja	Carne de rumiantes
Ph. D. Samuel Salazar García	Frutales
M. C. Roberto Sánchez Lucio	Inocuidad de alimentos
Ph. D. Mario Alfonso Urías López	Sanidad forestal agrícola
Ph. D. Víctor Antonio Vidal Martínez	Maíz
Ph. D. José Francisco Villanueva Avalos	Pastizales y cultivos forrajeros

**MEJORES PRÁCTICAS DE EMPACADO DEL MANGO PARA EXPORTACIÓN DESDE
COSECHA HASTA TRAILER O CONTENEDOR**

En el proceso editorial de la presente publicación participó el siguiente personal:

Coordinación de la Información

Dr. Juan de Dios Benavides Solorio

Dr. Moisés Alberto Cortés Cruz

Dr. Jorge Armando Bonilla Cárdenas

Revisores Técnicos

Dr. Moisés Alberto Cortés Cruz

Ph. D. Rolff Vladimir Mitton

Revisor Externo NMB

Edición

Ph. D. Jorge Alberto Osuna García

Diseño y Formación

Ph. D. Jorge Alberto Osuna García

Fotografías

Ph. D. Jorge Alberto Osuna García

Código INIFAP

MX-310704-52-05-24-09-37

Para mayor información escriba, llame o acuda al:

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL
PACÍFICO CENTRO (CIRPAC) - INIFAP**

Interior del Parque Los Colomos S/N
Colonia Providencia
Guadalajara, Jalisco, México
CP. 44660
Teléfono: 800 088 22 22 conmutador

**CAMPO EXPERIMENTAL SANTIAGO IXCUINTLA
CIRPAC-INIFAP**

Km. 6 Carretera Internacional México-Nogales entronque a Santiago
Ixcuintla. Santiago Ixcuintla., Nayarit. México.
C.P. 63300. Teléfono: 800 088 22 22 IP: 84415

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL
PACÍFICO CENTRO (CIRPAC)**

El CIRPAC comprende los cuatro Estados del Pacífico Central de la República Mexicana, que son Colima, Jalisco, Michoacán y Nayarit. Estos en su conjunto abarcan una superficie de 154,364 km², que representan 7.5 % de la superficie nacional. En esta región viven 12,235,866 habitantes (INEGI, 2005), correspondiendo más de la mitad de ellos al Estado de Jalisco. Un 42.6 % de la Región Pacífico Centro es apta para la ganadería; 34.6 % tiene vocación forestal y 22.8 % comprende terrenos apropiados para las actividades agrícolas. La Región Pacífico Centro, posee una gran variedad de ambientes, que van desde el templado subhúmedo frío, hasta el trópico árido muy cálido. En la figura de abajo se muestra la distribución de los ambientes en la Región Pacífico Centro.

Los sistemas productos más relevantes para la Región Pacífico Centro y para los que el CIRPAC realiza investigación y transferencia de tecnología son: aguacate, limón mexicano, mango, agave tequilana, aves-huevo, porcinos-carne, maíz, bovinos-leche, melón, maderables, pastizales y praderas, sorgo, caña de azúcar, bovinos-carne, no maderables, garbanzo, copra, bovinos-doble propósito, sandía, plátano, frijol, papaya, durazno, guayaba y ovinos-carne.

El CIRPAC atiende las demandas del sector en investigación, validación y transferencia de tecnología, a través de cinco campos experimentales estratégicos, tres sitios experimentales y una oficina regional en la Cd. de Guadalajara, Jalisco. La ubicación de campos y sitios experimentales se muestra abajo.

**La presente publicación se terminó de imprimir en los talleres
gráficos de Prometeo Editores S.A. de C.V.
Libertad 1457, Colonia Americana, Guadalajara, Jalisco. C.P. 44160.
Tel. (33) 3826 2726 y (33) 3826 2782
e-mail: prometeoeditores@prodigy.net.mx
Tiraje de 500 ejemplares**

**Diciembre del 2019
Impreso en México
Printed in Mexico**

Centros Nacionales de Investigación Disciplinaria, Centros de Investigación Regional y Campos Experimentales



- Sede de Centro de Investigación Regional
- Centro Nacional de Investigación Disciplinaria
- Campo Experimental



www.gob.mx/inifap

Esta publicación es el resultado del Convenio entre el INIFAP y el National Mango Board mediante el proyecto “Diagnóstico de la Cadena de Mango de Exportación desde Cosecha hasta envío Refrigerado” cuyos objetivos fueron realizar un diagnóstico de las prácticas que se ejecutan desde la cosecha hasta el envío refrigerado, incluyendo todas aquéllas que se realizan en la empacadora, así como desarrollar un protocolo sobre las mejores prácticas que se llevan a cabo para entregar mango de calidad excelente y que sea consistente.

Se encontró que los puntos relevantes que más impactan en la calidad inicial, vida de anaquel y calidad a consumo del fruto fresco de mango son los siguientes: 1. Floración y cosecha, 2. Colocación de las cajas durante la cosecha, 3. Lavado de fruto en huerto para prevenir daño por látex, 4. Lavado de fruto en empacadora, 5. El tratamiento hidrotérmico cuarentenario (THC) y el Hidroenfriado, 6. El reposo después del THC e Hidroenfriado y 7. Temperaturas de refrigeración en cuarto frío y/o traslado.

Para cada uno de ellos se dan recomendaciones y sugerencias, mismas que se plasman en el presente Folleto sobre las mejores prácticas de empacado del mango para exportación desde cosecha hasta tráiler o contenedor marítimo.

