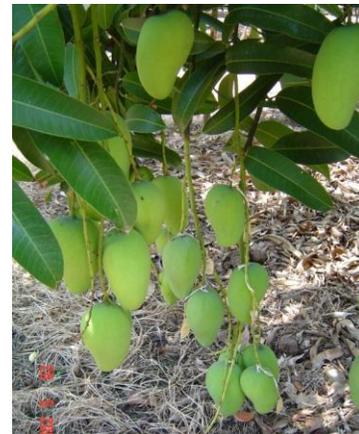




MEMORIA DEL CURSO SOBRE PRODUCCIÓN, POSTCOSECHA E INOCUIDAD DEL MANGO

Project Revitalizing a Cherished Crop: Mango Chain Development in Haiti



**EDITORES: Jorge A. Osuna García, Víctor Palacio Martínez, Priscila
Henríquez y Medardo Lizano**

Puerto Príncipe, Haití. 13 al 17 de Mayo, 2013

I. INTRODUCCIÓN

Dr. Jorge A. Osuna García. INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla
M.C. Víctor Palacio Martínez. INIFAP-C.E. Rosario Izapa
Ing. Medardo Lizano. IICA El Salvador

1. 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 Bután (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 6000 años (Hill, 1952, Mora *et al.*, 2002)). En la India se ha cultivado por más de 4000 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 subtropicos desde el Ecuador hasta los 35-37° (Mukherjee, 1997) en 85 países (Galán, 2002).

2. Clasificación taxonómica y descripción botánica

- **Clasificación taxonómica.**

El mango pertenece a la familia de las Anacardiaceas, la cual comprende 73 géneros y alrededor de 850 especies (Whitmore, 1975). En el género *Mangifera* se han reconocido alrededor de 69 especies (Bompard y Schnell, 1997), de las cuales solo 15 producen frutos comestibles (Chávez *et al.*, 2001).

Clase: Dicotiledóneas
Subclase: Rosidae
Orden: Sapindales
Suborden: Anacardiineae
Familia: Anacardiaceae
Género: *Mangifera*
Especie: *indica*

- **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 5000 flores (Mora *et al.*, 2002) o hasta 6000 (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 2000 y 4000 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.

3. Requerimientos edáficos y climáticos

Aunque se ha señalado que el mango es un frutal exigente en suelos y que desarrolla mejor en suelos fértiles, profundos y con buen drenaje; en la práctica se adapta a una gran cantidad de suelos de textura diversa. Algunos autores indican que desarrolla en cualquier tipo de suelo en altitudes de hasta 500 msnm (Yuniarti and Santoso, 2000). Éste crece bien en suelos con pendientes pronunciadas e incluso pedregosas. El pH óptimo para el desarrollo del árbol es de 5.5 a 7.5.

El mango se adapta a un amplio rango de climas, por lo que se le cultiva tanto bajo condiciones tropicales como subtropicales (Tongumpai, 1998), se le encuentra desarrollando a ambos lados del Ecuador, desde los 30° de latitud Norte hasta los 30° de latitud Sur. Mukherjee (1997) menciona que puede desarrollar desde el Ecuador hasta los 35-37°. Sin embargo, según Mosqueda *et al.* (1996) pocas zonas productoras de mango en el mundo, quedan fuera de este rango (30° LN – 30° LS).

El mango puede tolerar temperaturas desde 4.4 hasta 50 °C; con temperaturas óptimas para su desarrollo entre los 24 y 27 °C (Mosqueda *et al.*, 1996) lo que le permite acumular alrededor de 1000 unidades calor durante la estación de crecimiento (Chávez *et al.*, 2001). La mayoría de las plantaciones comerciales desarrollan bien hasta los 600 msnm, aunque algunos cultivares desarrollan bien a

alturas mayores. Morton (1987) indica que puede desarrollar bien a altitudes que superan los 900 msnm.

Aunque el mango es un frutal muy tolerante a sequía, su cultivo comercial se ubica en regiones con precipitaciones desde 250 a 2500 mm anuales, se ha indicado que zonas con precipitaciones entre 750 y 2500 m son las más adecuadas, sobre todo cuando se distribuyen de junio a septiembre (Morton, 1987).

Zonas con abundante precipitación no son muy adecuadas porque favorecen el crecimiento vegetativo, los árboles crecen muy rápido, alcanzan un porte muy alto y la producción de fruta es menor.

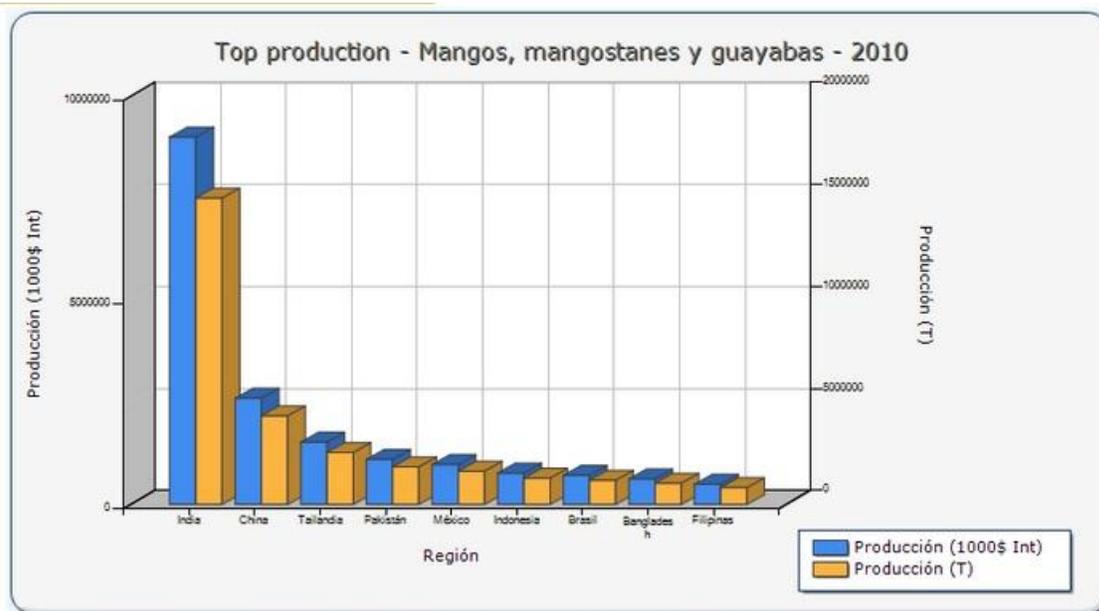
4. Producción y comercialización

Dada la creciente demanda de frutas tropicales entre consumidores más demandantes y con mayor poder adquisitivo, el mango representa una opción importante para los pequeños y medianos productores siempre y cuando se cumplan con las regulaciones y estándares requeridos por los mercados internacionales.

A continuación se presentan las estadísticas más recientes del comercio mundial de mango.

- **Volumen y épocas de producción**

El mango es uno de los frutales más importantes en zonas tropicales y subtropicales de todo el mundo (Tongumpai, 1998) y es reconocido como uno de los tres o cuatro frutos tropicales más exquisitos (Ariza *et al.*, 2005). La cosecha mundial de mango en el 2010 fue de 34.7 millones de toneladas (Figura 1). La India ocupó el primer lugar, siguiéndole China y Tailandia. Haití ocupa el lugar número 20 con el 0.6 % del total (FAOSTAT, 2010).



Posición	Región	Producción (1000\$ Int)	Símbolo	Producción (T)	Símbolo
1	India	9003502	*	15026700	
2	China	2607151	*	4351293	F
3	Tailandia	1528235	*	2550600	
4	Pakistán	1105762	*	1845500	
5	México	978230	*	1632650	
6	Indonesia	771301	*	1287290	
7	Brasil	712355	*	1188910	
8	Bangladesh	627837	*	1047850	
9	Filipinas	494717	*	825676	
10	Nigeria	473461	*	790200	F
11	Sudán (ex)	374239	*	624600	
12	Viet Nam	343921	*	574000	
13	Kenya	331764	*	553710	
14	Egipto	303023	*	505741	
15	Perú	274283	*	457774	
16	Yemen	240252	*	400978	
17	República Unida de Tanzania	194729	*	325000	F
18	Madagascar	154704	*	258200	F
19	Colombia	145822	*	243375	
20	Haití	130858	*	218400	F

* : Cifras no oficiales
 [] : Datos oficiales
 F : Estimación FAO

Figura 1. Totales de producción Mango, mangostanes y guayabas. FAO 2010

Los precios de mango

fresco son significativamente más bajos cuando el volumen de exportación de los principales países está en su pico más alto. Es por ello, que una estrategia para ingresar al mercado es aprovechar los meses de menor abastecimiento, que también corresponden a los meses de precios altos.

La variación de los precios de importación a lo largo del año y la estacionalidad de las importaciones a la Unión Europea (UE) permiten establecer los dos períodos de abastecimiento. El primero se presenta de enero a abril y se caracteriza por registrar precios altos. En estos meses los principales proveedores son Brasil, Perú y Sudáfrica con las variedades Tommy Atkins y Kent. El segundo período ocurre de mayo a diciembre, cuando se presentan la mayor oferta y el ingreso de más variedades y proveedores y en consecuencia precios bajos. En los meses de junio y julio se registran las mayores caídas en el precio.

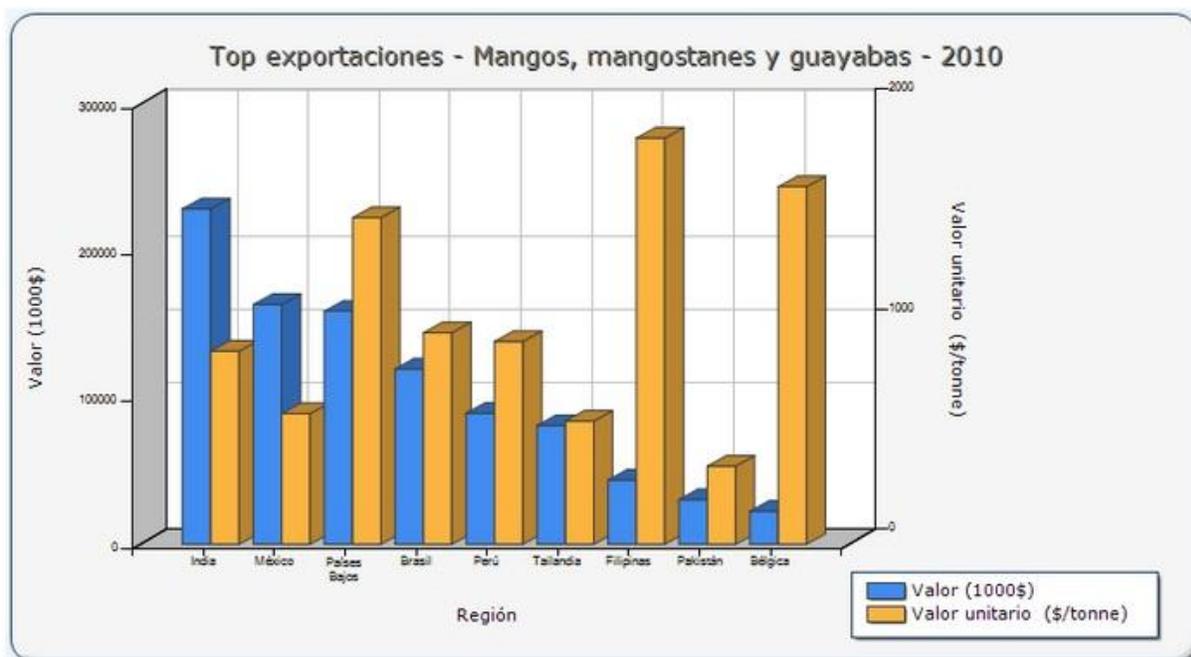
La comercialización de mango fresco de Guatemala y Costa Rica, para la exportación a USA, Canadá y la UE se concentra entre febrero y mayo, aprovechando la ventana de acceso en la cual estratégicamente hay poca participación de México, Brasil, Perú y Ecuador, entre otros, como los más importantes competidores para el mango fresco centroamericano. Por lo anterior, si la producción se destina a la exportación de mango fresco, la cosecha debe concentrarse en esta temporada de exportación (Tabla 1).

País	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Guatemala			max	max	max							
México					max	max	max	max				
Brasil										max	max	max
Puerto Rico												
Perú	max	max										
Sudáfrica												
Israel												
Costa de Marfil												
Costa Rica												
Mayor oferta en USA					max	max	max	max				
Mayor oferta en UE						max	max					

Tabla 1. Cronograma de producción de los principales países productores de mango.

- **Exportaciones**

En el 2010 las exportaciones mundiales de mango alcanzaron un valor de 1088 millones de dólares (Figura 2) destacando la India como primer exportador, con 21% del total. Le siguieron México con 15%, Países Bajos (al ser puerto de entrada a algunos países de la UE asume el rol de exportador) con 14.5%; Haití representa el 0.77% de las exportaciones (FAOSTAT 2010).



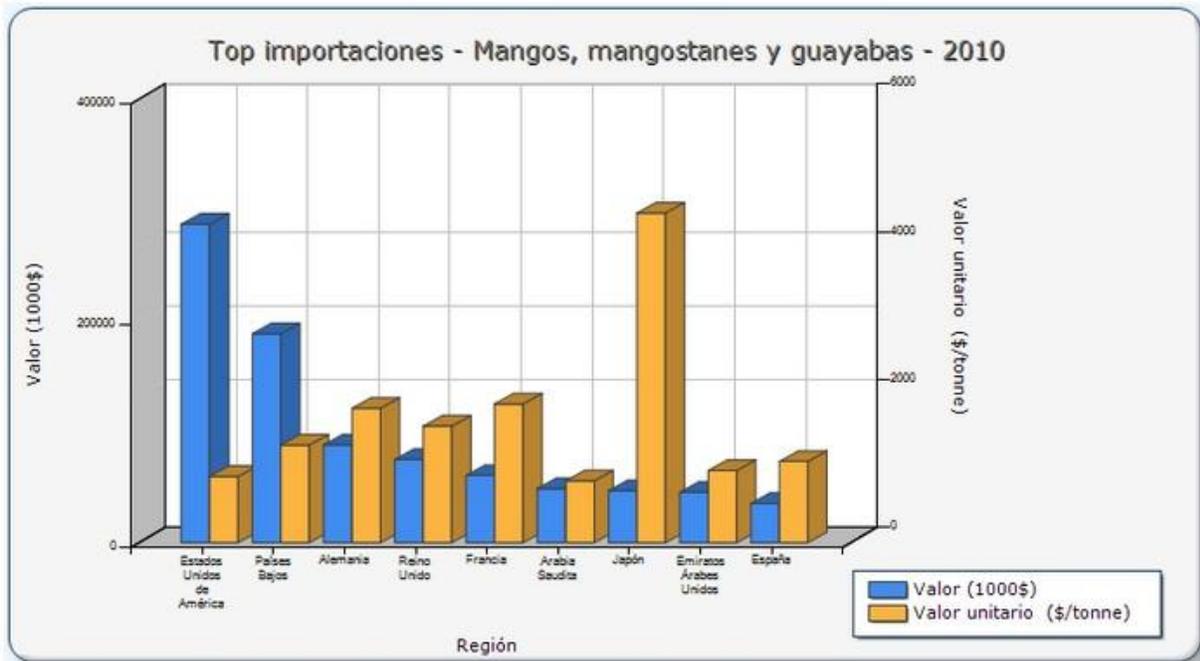
Posición	Región	Cantidad (tonnes)	Símbolo	Valor (1000\$)	Símbolo	Valor unitario (\$/tonne)
1	India	260484	16	228654	20	878
2	México	275366	17	163479	27	594
3	Países Bajos	107017	91	158883	83	1485
4	Brasil	124380	25	119645	31	962
5	Perú	96942	6	89334	6	922
6	Tailandia	144566	24	80972	35	560
7	Filipinas	23740	17	43817	15	1846
8	Pakistán	85923	11	30539	13	355
9	Bélgica	13843	153	22490	140	1625
10	España	11369	158	21652	148	1904
11	Ecuador	39978	6	18100	19	453
12	Alemania	9655	175	17080	178	1769
13	Israel	8048	28	16095	27	2000
14	Egipto	13357	32	15046	34	1126
15	Francia	5569	201	14200	186	2550
16	China	4430	175	11915	157	2690
17	Yemen	20373	5	10659	5	523
18	Kenya	8386	25	10150	24	1210
19	Haití	6453	1	8390	3	1300
20	Côte d'Ivoire	12975	22	7573	24	584

Figura 2. Totales de exportación Mango, mangostanes y guayabas. FAOSTAT 2010

- **Importaciones**

Asimismo, las importaciones mundiales de mango durante el 2010 alcanzaron un valor de 1077 millones de dólares (Figura 3), siendo los Estados Unidos de Norteamérica (USA) el principal importador con el 26.6% del total comercializado, seguido por los Países Bajos (17.4%), Alemania (8.1%), Reino Unido (6.9%) y Francia (5.6%). En USA el precio del mango es muy bajo (USD \$0.86/Kg) comparado con el promedio en los países de la UE (USD \$1.89/Kg) o Japón que paga el mejor precio (USD \$4.46/Kg) [FAOSTAT 2010]. Desde la adopción del tratado de libre comercio para América del Norte (NAFTA) el valor de las importaciones canadienses

se ha incrementado en 358% al pasar de \$ 75.1 millones en 1994 a \$ 327.6 millones en 2009, siendo los principales frutales aguacate y mango (Statistics Canada, 2011).



Posición	Región	Cantidad (tonnes)	Símbolo	Valor (1000\$)	Símbolo	Valor unitario (\$/tonne)
1	Estados Unidos de América	320591	48	287236	63	896
2	Países Bajos	142546	67	188506	63	1322
3	Alemania	48451	150	88168	137	1820
4	Reino Unido	47581	115	75105	112	1578
5	Francia	32267	141	60609	133	1878
6	Arabia Saudita	58250	32	48767	52	837
7	Japón	10504	151	46849	117	4460
8	Emiratos Árabes Unidos	46494	37	45424	51	977
9	España	32232	98	35459	111	1100
10	Bélgica	16417	168	29858	144	1819
11	Portugal	14058	76	29163	67	2074
12	China, RAE de Hong Kong	22673	59	28469	71	1256
13	Suiza	8849	87	24549	83	2774
14	Singapur	18232	62	19633	80	1077
15	Italia	7734	215	15175	194	1962
16	Federación de Rusia	7416	161	11737	162	1583
17	Austria	4875	156	11188	143	2295
18	Noruega	4250	87	10874	81	2559
19	Kuwait	11047	28	10829	36	980
20	Irán (República Islámica del)	15670	38	9871	50	630

Figura 3. Totales de importación Mango, mangostanes y guayabas. FAOSTAT 2010

- **Volumen de importaciones por USA y Canadá**

El mango es uno de los frutos favoritos en los mercados estadounidenses y canadiense, donde el consumo se ha duplicado durante la última década. En los últimos tres años (2009-2011), en promedio 71.7 millones de cajas de 10 lb han sido importadas; la mayoría provenientes de México (65.1%), Perú (9.7%), Ecuador (9.4%), Brasil (7.4%), Guatemala (4.6%) y Haití (2.5%) [USDA-FAS, 2012]. En

Canadá durante el mismo periodo se han importado en promedio alrededor de 6.0 millones de cajas (EMEX, A.C., 2012)

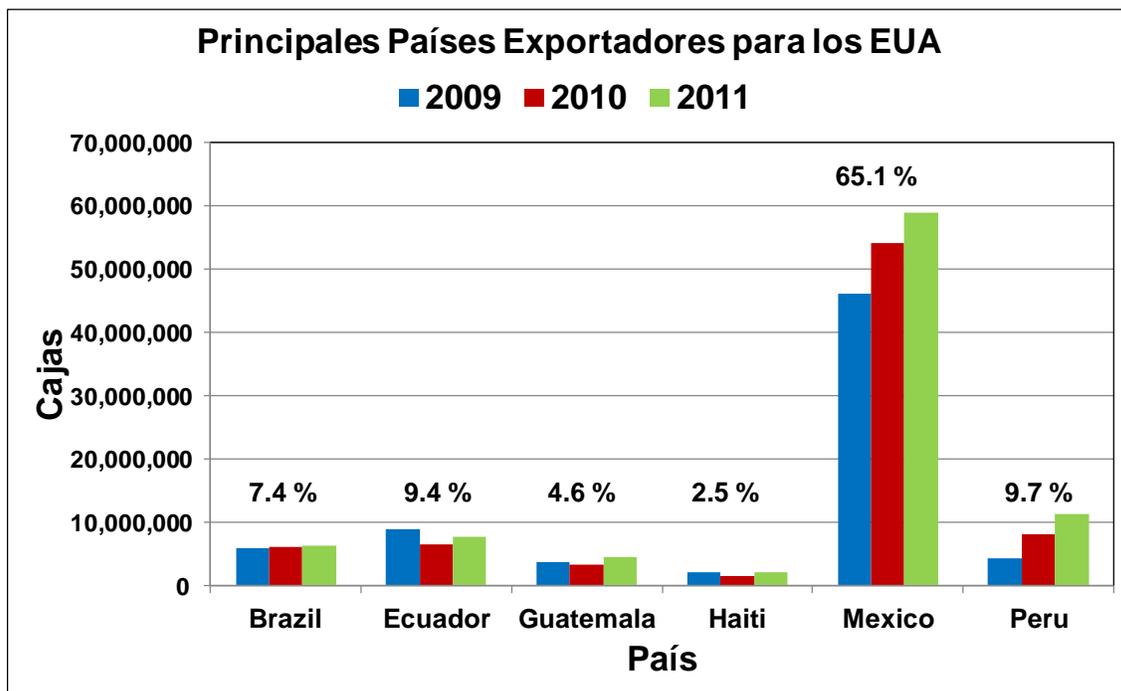


Figura 4. Promedio de importaciones de mango a Estados Unidos (2009-

2011. NMB)

5. Principales variedades para el mercado Estadounidense (NMB, 2012)

A continuación se detallan las variedades de mango con mayor potencial en el mercado de USA.

- **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. 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 5. Fruto de mango 'Francis' en madurez de consumo

- **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 poliembriónico, 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 Floridianos lo que le da una ventaja competitiva en el mercado. Con base en estadísticas, este cultivar 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 1/4 o 1/6 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 10.0 Newtons. Esta fruta se debe consumir cuando el 100% de la epidermis (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.



Figura 6.
Frutos de mango 'Ataulfo' en madurez de cosecha (izquierda)

Figura 7. Fruto de mango 'Haden' en madurez de consumo (derecha)

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. La disponibilidad de producción tiene su pico de Marzo a Julio. El principal país fuente es México.

- **Haden**

Este cultivar monoembriónico es originario de Florida en USA y es el más antiguo de los cultivares Floridianos, 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 7). 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.

La fruta del mango 'Haden' en 1910 inspiró la creación de una industria de mango a gran escala en el sur de Florida. Desde entonces la industria se ha visto muy reducida por el impacto de la urbanización y los huracanes.

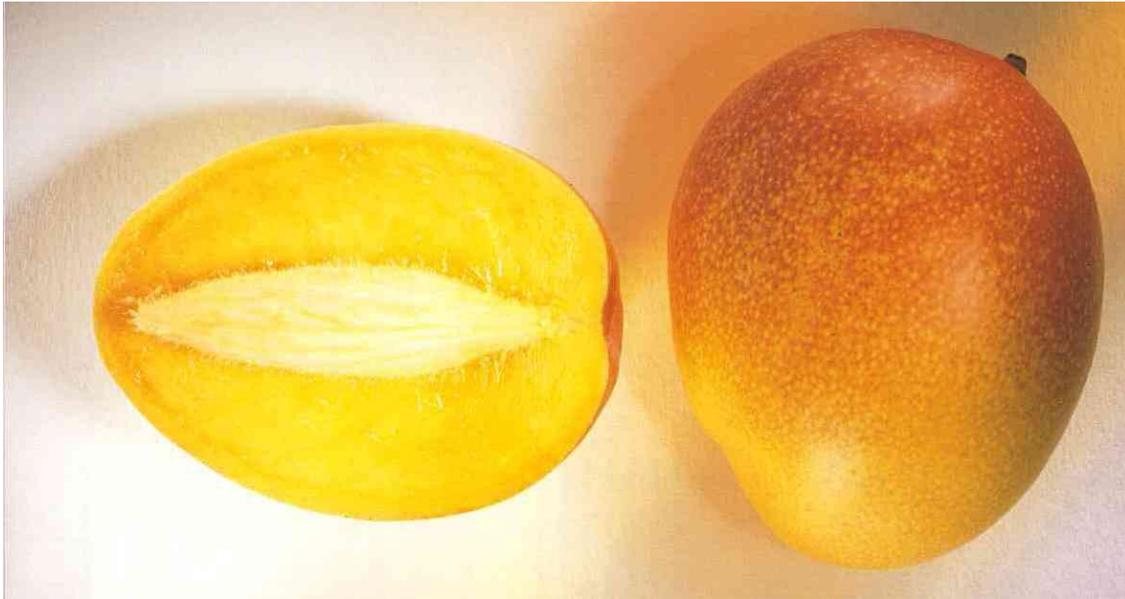


Figura 7. Fruto de mango 'Haden' en madurez de consumo

Esta fruta es de sabor cremoso, con matices aromáticos. La textura de la pulpa es firme y presenta fibras finas. El color de la piel es rojo vivo con matices verdes, amarillos y puntitos blancos. La forma es ovalada a redonda con tamaños de mediano a grande. Los indicadores de maduración son un cambio de color en las zonas verdes del mango, las cuales se tornan amarillas a medida que madura. Se le debe dar un ligero apretón para juzgar la maduración. La disponibilidad de producción tiene su pico en Abril y Mayo. El principal país fuente es México.

- **Kent**

Este cultivar monoembrionario, de origen Floridiano. 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 obscuro, numerosas lenticelas, pequeñas y amarillas (Figura 8). 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.



Figura 8. Fruto de mango 'Kent' en madurez de consumo

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. La disponibilidad de producción tiene dos picos, uno de Enero a Marzo y otro de Junio a Agosto. Los principales países fuente son México, Ecuador y Perú.

- **Keitt**

Cultivar monoembrionario 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 12 cm de largo y hasta 680 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 7-8.5% 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.



Figura 9. Fruto de mango 'Keitt' en madurez de consumo

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. La disponibilidad de producción tiene su pico de Agosto a Septiembre. Los principales países fuente son México y Estados Unidos.

- **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 esta sazón es verde rojizo (Figura 9) y conforme va madurando va cambiando hasta alcanzar un color amarillo a rojizo. Es moderadamente tolerante a cenicilla y antracnosis.



Figura 10. Fruto de mango 'Tommy Atkins' en madurez de cosecha

Est

a fruta es de sabor ligero y dulce. La textura de la pulpa es firme debido a su constitución fibrosa. El color de la piel es un rubor rojizo oscuro que cubre la mayor parte de la fruta con acentos de color verde y anaranjado con ligeros tintes de amarillo. Este mango no muestra indicadores visuales claros. Se le debe dar un ligero apretón para juzgar la maduración. La disponibilidad de producción tiene dos periodos pico uno de Marzo a Julio y otro de Octubre a Enero. Los principales países fuente son México, Guatemala, Brasil, Ecuador y Perú.

II Manejo Agronómico

1. Establecimiento y selección del sitio de la plantación (método ó sistema, cepas y época).

1.1.- Selección y preparación del terreno

Para su establecimiento y desarrollo, el cultivo de mango requiere suelos bien drenados, profundos y fértiles. Es decir, necesita suelos de textura media y nivel freático debajo de 1.8 m de profundidad en todas las épocas del año. El pH óptimo para el desarrollo y producción es de 6.5 a 7.0; sin embargo, la aplicación de un esquema adecuado de fertilización y riego es posible su cultivo en suelos arcillosos con pH entre 5.5 y 7.5, cuando el contenido de sales solubles sea bajo (0.04 a 0.05 %). Una conductividad tal como C.E. x 10³ igual o mayor de 1.40 en el extracto del suelo, que puede variar por el tipo de sal presente, esta es dañina. Los cloruros, sulfatos, nitratos, carbonatos, bicarbonatos y boratos son más solubles que el yeso y la cal, éstos pueden causar problemas muy serios a las plantas. El agua de riego con una concentración de NaCl o Na₂SO₄ de 20 a 60 mmol L⁻¹ reduce el área foliar y cambia la estructura de ramificación en árboles de vivero (Schmutz y Lüdders, 1993).

La preparación del suelo antes de trazar el huerto es importante para facilitar un buen establecimiento y desarrollo del sistema radical, así como asegurar el crecimiento inicial de los árboles. De acuerdo al tipo de textura e historia de uso del suelo, es necesario hacer desvare y un paso con arado de 25 o 30 cm de profundidad en la dirección de la fila de plantación para romper capas impermeables (opcional si existe equipo agrícola de roturación).

Es conveniente nivelar el terreno, ya que esta labor permitirá manejar el agua de manera eficiente en un riego por gravedad. Si el terreno es de temporal o seco, la nivelación evitará los encharcamientos en las partes bajas y sequía en las partes altas. Una vez nivelado, el terreno se puede realizar el trazo de la plantación.

En terrenos con pendientes mayores del 10 al 15 %, que va a depender de la

necesidad de la lluvia y del tipo de manejo a usar para el control de la maleza (maquinaria, químico, manual), es conveniente establecer el huerto y que siga las curvas de nivel, para permitir el trazo de terrazas cuando la pendiente es muy pronunciada y de preferencia usar sistemas de riego por micro aspersión o cintilla.

1.2.- Establecimiento de la plantación

1.2.1.- Trazo o sistema de la plantación

Los sistemas de plantación más comunes son el marco real, rectángulo y tresbolillo. Este último permite aprovechar mejor el terreno, ya que se tiene un 15 % más de plantas por hectárea.

La tendencia actual es reducir el tamaño de los árboles, para aumentar las densidades e incrementar el rendimiento por unidad de superficie. Además, se reducen los costos de protección fitosanitaria y cosecha. Los huertos con alta densidad se deben establecer bajo un arreglo topológico rectangular.

1.2.2.- Época de plantación.

El mango como otro cultivo perenne presenta la ventaja, de que se puede plantar en cualquier época del año, siempre y cuando se disponga de riego. Para las condiciones de clima cálido húmedo y subhúmedo con lluvias en verano (Subtipos Aw0, Aw1 y Aw2), se sugiere plantar al inicio de la temporada de lluvias (mayo-junio) para tener un mejor desarrollo y certeza de las plantas establecidas, así como tener para un buen abastecimiento de agua.

1.2.3.- Apertura de cepas (ahoyadura)

Con el terreno nivelado se procede a marcar los sitios, en donde se hará la cepa de acuerdo al sistema de plantación por aplicar en el huerto. La planta debe tener el suelo suelto alrededor de su sistema radical para facilitar su enraizamiento. Los hoyos o cepas deben tener dimensiones mínimas de 40 X 40 X 40 cm. Al momento de hacer las cepas se pone a un lado de esta, el suelo fértil de los primeros 20 cm y del otro lado el resto de suelo de la excavación de la cepa.

Durante el trasplante se quita con cuidado la bolsa de plástico, la cual está cubriendo la raíz para no desbaratar el pilón. Después, con la ayuda de tijeras son podadas las raíces que salgan del cepellón. En seguida se coloca el pilón en la cepa abierta. El pilón debe quedar al ras del suelo para evitar que éstas queden al descubierto. El hoyo se rellena con suelo superficial previamente extraído y se termina de llenar la cepa con tierra extraída del fondo de dicha cepa.

En la siembra es necesario ir apisonando el suelo de relleno, para evitar la formación de bolsas de aire. Por último, se debe realizar un riego abundante en el cajete, para favorecer el establecimiento y desarrollo inicial de la planta.

2. Distancia y densidades de plantación

Las distancias de plantación utilizadas en promedio en sistema tradicional de baja densidad son de 15 x 15 m, en arreglo topológico de marco real o tresbolillo, ya que el segundo mejora la densidad de población de 43 a 50 árboles por hectárea. Sin embargo, los huertos con alta densidad se deben establecer bajo un arreglo topológico rectangular de 10 x 6 m de distancia entre plantas, por lo que permite tener una densidad de plantación de 180 plantas por hectárea.

El establecimiento de huertos de mango para la producción intensiva en la región del Soconusco Chiapas, México, es bajo un sistema de altas densidades de plantación, la cual permitirá al productor obtener entre 18 a 27 t ha⁻¹ de fruta (Palacio y Sandoval, 2005). Lo anterior representa un 300 a 500 % de incremento en los rendimientos por unidad de superficie del mango variedad 'Ataulfo', con respecto al rendimiento promedio actual que no rebasa las 7.6 t ha⁻¹ año⁻¹.

3. Control de tamaño del árbol

Alternativas para el control del tamaño del árbol (Por. Medardo Lizano)

La mayoría de las copas comerciales empleadas en el país (Haden, Tommy Atkins, Edward), son monoembríonicas de origen subtropical que expresan su gran vigor vegetativo bajo condiciones de altas temperaturas (trópico), lo cual afecta la floración y dificulta los controles fitosanitarios y las cosechas, incidiendo negativamente en la productividad del cultivo.

Por ello, cuando se emplean mayores densidades de población, es necesario utilizar materiales y/o combinaciones patrón-copa específicas, procedimientos físicos y químicos, de manera aislada o combinada, orientados al control del tamaño de los árboles.

Selección de cultivares de bajo porte

Una característica común de la mayoría cultivares de mango es el acentuado desarrollo vegetativo, citado en observaciones realizadas en diferentes regiones productoras del trópico. El cultivar Irwin, por ejemplo, se caracteriza por un tamaño medio y sus frutos, llamativos por su coloración parcialmente rojo, poseen características de calidad que se ajustan a las exigencias de los consumidores. El cultivar Irwin se explota comercialmente en Australia, Costa Rica, España y Estados Unidos (Florida, Puerto Rico), y por las escasas dimensiones de la planta, permite el establecimiento de altas densidades de población.

Selección de patrones y/o combinaciones patrón-copa que induzcan bajo porte

Los árboles caracterizados por presentar a lo largo de su vida útil un bajo y mediano porte, debido a la presencia de entrenudos cortos (braquitismo), constituyen una alternativa al ser empleados como patrones e interpatrones para inducir o reducir el tamaño de las plantas y facilitar así el uso de mayores densidades de población.

Manejo de la planta joven

Para formar árboles compactos y de porte bajo, se deben realizar podas iniciales para conducir el proceso de crecimiento en las primeras fases (juvenil) de la planta, se describen a continuación:



Fig. 1. Decapitado a los 60 cm. de altura. El mango se caracteriza por una gran dominancia apical, que inhibe el desarrollo de las yemas localizadas en las partes inferiores del ápice.

Fig. 2. De los brotes que se originan por encima del callo del injerto, luego de la eliminación del ápice, se seleccionan aquellos que se inician a diferentes alturas del tallo.

Fig. 3. Cuando los brotes seleccionados hayan alcanzado una longitud de 50 cm. se procede a eliminar sus extremos o ápices.

Fig. 4. conformación compacta de la copa del árbol, así como, el origen equidistante de las ramas principales.

Procedimientos físicos orientados al control del tamaño de la planta

Doble enjertación

La utilización de un material o madera intermedia entre el patrón y copa en la constitución de la planta, para inducir el enanismo, han resultado en algunos casos exitosos para los cultivares Tommy Atkins y Haden, debido a que depende de la combinación patrón/interpatrón/copa.



Fig. 5. Doble injertación, combinación en campo.

Anillado o Aserrado

El anillado consiste en la realización de una incisión en la corteza de la rama para inducir la floración. El corte se efectúa alrededor de la rama o ramas seleccionadas, con un ancho de cinco a 25 mm, de acuerdo con el diámetro (Figura 6). Por efecto del corte, se interrumpe la circulación por el floema de sustancias elaboradas e induce el proceso de floración, el cual aunque se lesiona severamente, con el tiempo se reconstruye completamente.

Procedimientos químicos orientados al control del tamaño de la planta

Reguladores de crecimiento

Son compuestos químicos sintéticos que inducen respuestas semejantes a las hormonas vegetales, promoviendo, inhibiendo o modificando el comportamiento de la planta. Entre ellos, destaca el Paclobutrazol (PBZ), conocido comercialmente como 'Cultar'. Es aplicado a 1,5 m de separación del tronco del árbol (Figura 7). Los resultados obtenidos en el país señalan su acción sobre la reducción del crecimiento vegetativo y su inducción a la floración.



Fig. 6. El anillado se realiza anualmente, uno o dos meses antes de la época normal de floración en las ramas seleccionadas.



Fig. 7. Aplicación de regulador de crecimiento (PBZ)

Inductores de floración

Las condiciones climáticas en el trópico son pocas favorables para la inducción floral, ya que se requiere de la ocurrencia de cierta cantidad de días con temperaturas nocturnas inferiores o iguales a 20 °C, Para estimular la floración, se emplean varios productos a base de nitratos: nitrato de potasio (10-60 g/l de agua) o nitrato de calcio (60-120 g/l de agua.), cuando los brotes tienen entre 5 y 6 meses de edad.

Otras prácticas

Luego de realizada la cosecha, se debe efectuar la poda de las ramas, la eliminación de las inflorescencias secas y después de 30 días, aspersiones de nitrato de potasio 2% para uniformizar la población. El manejo del riego es importante; aunque el estrés hídrico, no reemplaza el efecto de la temperatura para inducir la floración, su ocurrencia favorece al proceso al paralizar el crecimiento de los brotes y permitir la madurez de las hojas.

4. Podas

4.1.- Poda de formación o conducción

Las podas de formación del árbol de mango se deben efectuar en forma periódica. Esta se inicia con el corte del eje primario abajo del segundo o tercer nudo, para propiciar la estructura base a una altura de 0.80 m o 1.2 m; se realiza en forma manual, utilizando tijeras de podar.

Las podas de formación del árbol de mango deben continuar en las ramas secundarias, terciarias y de cuarta o más etapas de la formación hasta alcanzar la forma y altura de copa deseada (usualmente en forma de domo), con recortes justo arriba del segundo o tercer nudo durante toda la etapa preproductiva; se usan herramientas especializadas como son tijeras y serrotes de poda. En ramas de más de 1.0 cm de diámetro se deben cubrir los cortes con pintura vinílica blanca o cal hidratada premezclada con sulfato de cobre y resistol industrial para prevenir pudriciones por hongos.

4.2.- Poda de mantenimiento

El mantenimiento del árbol es una actividad de periodicidad anual, la cual se debe programar al inicio de la temporada de lluvias (mayo a junio). El propósito es eliminar partes dañadas por factores físicos como vientos o desgajes por el peso de la fruta, así como dar la altura a las ramas cargadoras de fruta (un metro del suelo) y podar las ramas salientes para evitar traslapes entre árboles contiguos a temprana edad.

También, se deberá realizar el aclareo interno de ramas improductivas o "chupones" y recortar las ramas dominantes centrales, para evitar porte excesivo y facilitar una mejor ventilación e iluminación de la "copa". Esto permitirá reducir la incidencia de enfermedades y plagas foliares. Los cortes de ramas hasta 3 cm de diámetro se pueden realizar con machete o serrucho, mientras que de 3 cm o más se hace con motosierra. Al final, las ramas podadas se deben sellar con pintura vinílica blanca a la cual se agrega sulfato de cobre para prevenir pudriciones fungosas (relación 3:1).

4.3.- Poda de producción

Este tipo de poda se recomienda realizar en plantaciones de densidades medias a altas (200 a 400 plantas por ha), con el propósito de multiplicar el número de brotes por rama terminal. Se practica con el despunte por medio de tijeras de mano o telescópicas; esta práctica se realiza en ramas de 1.0 a 1.5 cm de diámetro justo arriba del último entrenudo. La poda de producción no se debe confundir con la poda de mantenimiento, ya que en esta última se hacen cortes en ramas de mayor grosor y en número relativamente menor.

La época recomendada para realizar este tipo de poda, es inmediatamente al terminar la cosecha para poder activar el crecimiento del árbol, por lo que seguirán varias actividades de importancia para el desarrollo de las plantas, tales como son la fertilización y el riego.

4.4.- Podas de rehabilitación, rejuvenecimiento y cambio varietal

Éstas consisten de podas severas, ya que se practican en árboles dañados en su estructura principal, ya sea por desgajes o roturas de ramas primarias o secundarias, que se han relacionado a factores físicos como vientos huracanados y roturas de ramas por el peso de la carga; esto último puede ocurrir en los árboles, que no se han formado con una base de ramas en ángulos de inserción adecuados (45° o más del líder) o en ramas insertadas en el mismo punto de unión del tronco a manera de "pata de gallo", la cual es una estructura tipificada como mecánicamente débil. Este problema origina la necesidad de rehabilitar o replantar hasta un 5 % anual de árboles en condiciones de manejo, sin formación y podas inadecuadas, cuando los árboles llegan a su etapa de alta producción y están aún sujetas las ramas con sogas o alambre para evitar que se desgajen.

En la región del Soconusco es común la existencia de huertos de edad avanzada, esto se debe a diferentes situaciones de manejo, por lo que se han vuelto improductivos o difíciles de manejar. Una estrategia sugerida, consiste en podar las ramas de tercer orden a 3.0 a 4.0 m de altura de la base principal y renovar la copa

con madera joven, por lo que se seleccionan de dos o tres brotes por rama, que al cabo de dos años podrán emitir flores y frutos "ensayar" nuevamente y con un volumen de copa aceptable. En este caso se debe tener el cuidado de dejar una rama de vida en un costado, en donde inciden los rayos del sol; para evitar quemaduras y encalar las partes expuestas a los rayos solares como medida adicional. También, los cortes se sellan con pasta bordelesa a base de: sulfato de cobre, agua y cal hidratada (1 Kg:10 L a 13 L:2.75 Kg); a esta mezcla se agrega un litro de pegamento color blanco, la cual queda lista para su aplicación con espátula o brocha de cerda corta.

Si se desea cambiar de variedad, se pueden injertar los brotes emitidos cuando alcanzan 1 cm de diámetro. Al tener árboles de menor porte, el injerto de cambio de variedad se debe realizar a una altura de 1.20 m e injertar en ramas primarias con injerto de cuña en la corona del tronco. En árboles de fuste grande se realiza un corte parcial de la corteza y xilema para colocar los injertos; por lo que, se deja un metro adicional y una rama de vida del lado, donde incide la mayor radiación durante la época de invierno y evitar la deshidratación y pérdida de árboles. Esta técnica se muestra en la Figura 8.



Figura 8. Poda de cambio de la variedad Oro con injerto de Púa de Aaulfo en San Pedro Tapanatepec, Oaxaca, México.

5. Nutrición mineral y orgánica

Para obtener altos rendimientos, las plantas deben tener una nutrición adecuada. El mango, al igual que el resto de las plantas superiores, requieren de 16 elementos químicos esenciales para su crecimiento y desarrollo, los cuales deben tenerse en

niveles adecuados; si alguno de ellos está deficiente ó en exceso causan reducción en el rendimiento y en la calidad de la fruta.

Debido a lo anterior, la fertilización está enfocada a condicionar los nutrimentos problema, tanto al suelo como al follaje de los árboles. Un programa de fertilización se debe tomar en cuenta la fuente y la dosis del nutrimento, así como, la época y el método de aplicación del producto. En la determinación de un programa de fertilización se deben tomar en cuenta diversos criterios, entre los cuales destacan la sintomatología visual, el análisis físico-químico, el análisis foliar y la experimentación en las propias huertas de mango.

A nivel regional (Colima-México) se han realizado experimentos de fertilización sobre dosis de nitrógeno, fósforo y potasio, no habiendo encontrado diferencias significativas en cuanto a rendimiento de fruto. Esto no significa que los árboles de mango en producción no deban fertilizarse, ya que en cada cosecha anual de mango se extraen del suelo cantidades considerables de nutrimentos los que deben reponerse para sostener el crecimiento y la producción de los árboles (Secretaría Desarrollo Rural-Gobierno Estado Colima, 2005).

5.1.- Diagnóstico del estado nutrimental

5.1.1. Sintomatología visual

Cuando un nutrimento se encuentra en niveles de deficiencia ó en exceso, afecta el funcionamiento de la planta, esto trae por consecuencia la aparición de síntomas anormales, los cuales son típicos y pueden ayudar en el diagnóstico. A continuación se describe la importancia de los nutrimentos esenciales para el cultivo de mango.

■ Nitrógeno

Es el elemento mineral de mayor influencia en el desarrollo vegetativo y reproductivo del mango. El árbol lo requiere en cantidades altas, las cuales deben aplicarse con las fuentes de fertilizante disponible en la región. La deficiencia de este elemento ocasiona

hojas pequeñas y una clorosis generalizada del follaje; el exceso de este elemento propicia mayor crecimiento vegetativo y un desorden fisiológico del fruto, llamado "nariz blanda" que es una descomposición de la parte ventral del fruto hacia el ápice.

Para definir las necesidades de nitrógeno a aplicar se debe considerar el tamaño del árbol, la edad y su potencial de producción ó carga de fruta del año en curso, ya que los árboles cuya etapa juvenil ha pasado e inicia su producción, requieren de cantidades crecientes de nitrógeno hasta estabilizar su producción.

■ Fósforo

Es importante para la formación de la estructura del árbol, influye en la iniciación floral, longitud de la inflorescencia, duración de la floración y amarre del fruto; el árbol lo requiere en cantidades pequeñas en comparación con el nitrógeno y el potasio. Es un elemento de poca movilidad en el suelo y su aprovechamiento por el árbol depende del pH; en suelos alcalinos (pH mayores de 7.5) y suelo ácidos (pH menores de 6.5) es más difícil de absorber por los árboles.

La deficiencia se manifiesta como una marchitez, las hojas adultas se tornan opacas de color con tendencia al bronceado, causa necrosis en la punta de las hojas, abscisión y muerte descendente de las ramas. El fruto se vuelve pequeño y áspero. Cuando hay exceso de fósforo se reduce el número de frutos.

■ Potasio

Es el segundo elemento en importancia después del nitrógeno por su efecto sobre el crecimiento y producción de fruta de mango. Se considera que su aplicación en cantidad es parecida a la de nitrógeno. Si en algunos años no se aplica potasio se espera que no haya efectos detrimentales en crecimiento y rendimiento, ya que este elemento se almacena en el árbol cuando se ha aplicado cantidades excesivas previamente. Los síntomas aparecen primero en las hojas basales, los árboles presentan hojas pequeñas delgadas y atenuadas las cuales se tornan cloróticas, con necrosis a lo largo de los márgenes y los frutos son más pequeños.

El exceso de potasio reduce el sabor y la firmeza del fruto, además causa desbalance nutricional con el elemento magnesio y el calcio.

■ Magnesio

No obstante ser un micro elemento, el cultivo requiere cantidades mayores que en el fósforo. Para esta región no existe información sobre las cantidades requeridas de este elemento.

La deficiencia de este elemento indica que las hojas básales de los brotes se vuelven de color bronceado, el color verde de las hojas se torna a amarillo en las puntas y los bordes, quedando de color verde la parte basal de la hoja; la parte clorótica forma una "v" invertida.

■ Hierro

Los síntomas de deficiencia de hierro son frecuentes cuando se cultivan mangos en suelos de origen calcáreo; los árboles se observan total ó parcialmente defoliados, las hojas de los brotes apicales o laterales están cloróticas, con necrosis marginal que profundiza hacia la nervadura central, las láminas se doblan hacia el haz y la nervadura central se curva hacia el envés. Asimismo, el potencial de producción de flores y cuajado de fruto se reduce; cabe señalar, que el exceso de hierro causa desbalance nutricional con el manganeso.

■ Zinc

La deficiencia de este elemento es común en huertos de mango establecidos en suelos calcáreos, observan árboles total y fuertemente defoliados, con brotación de yemas apicales, hojas pequeñas, cloróticas, quebradizas y arrosedadas; entrenudos cortos de las ramillas en la parte apical, inflorescencias pequeñas y deformes. Los árboles detienen su crecimiento y el rendimiento y la calidad de los frutos.

■ Manganeso

La deficiencia típica de este elemento muestra que el área entre las nervaduras ó en las nervaduras secundarias de las hojas jóvenes se torna verde más claro, sin presentar un área definida de transición entre el color normal y los clorosis. Una deficiencia leve puede causar reducción en el rendimiento y la calidad de la fruta.

■ Cobre

En plantas deficientes las hojas son más grandes, con un color verde intenso posteriormente los brotes se defolian y se secan de la punta hacia abajo.

■ Boro

Para este elemento no se han observado síntomas de deficiencia en mango, pero cuando se presenta se expresa en brotes deficientes y pequeños, y se reduce el amarre de frutos.

■ Molibdeno

Los síntomas típicos de deficiencia de este nutrimento son hojas maduras, con moteado entre las nervaduras y presencia de goma en el envés de las hojas.

En la región productora de mangos del pacifico centro de México, las deficiencias de nitrógeno, hierro, zinc y manganeso son las más comunes; no obstante, se ha detectado deficiencia de magnesio en hojas. Los síntomas de deficiencia de potasio no han sido detectados; sin embargo, altos niveles de calcio y magnesio en el suelo pueden limitar la absorción del potasio.

Debido a los altos niveles de calcio en los suelos del área no se tiene deficiencia en mango; sin embargo este elemento puede ocasionar desbalance con potasio y magnesio. Respecto al cobre, boro y molibdeno las deficiencias no han sido observadas bajo nuestras condiciones.

Una de las principales desventajas del método de sintomatología visual es que, una vez que se observa la deficiencia, el potencial de rendimiento de la planta ya se ha reducido y dependiendo del nutrimento y de las condiciones del suelo, el restablecer los niveles adecuados pueden llevar hasta dos años.

5.1.2. Análisis físico químico del suelo

Este método presenta limitaciones para determinar las necesidades de fertilizantes en árboles frutales, ya que la cantidad de nutrimentos determinada en el laboratorio no se correlaciona con el crecimiento y desarrollo de los frutales. Esto se debe en parte a que las raíces de los árboles pueden alcanzar hasta 3 ó 4 metros de profundidad.

No obstante lo anterior, este método es útil para caracterizar un suelo de acuerdo a su textura, pH., contenido de sales e iones tóxicos como el cloro, sodio, carbonatos, bicarbonatos, aluminio. Etc. El conocimiento de estas características antes de establecer la plantación permite determinar si el terreno es adecuado para la explotación del mango y en huertos establecidos ayuda a seleccionar la fuente de fertilizantes y los métodos más adecuados para su aplicación.

Estas características pueden indicarnos también cuales nutrimentos pueden ser problema para el desarrollo de las plantas, por la relación que existe entre éstas y la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo. Un ejemplo típico es la efectividad de la aplicación de sales de hierro, zinc y manganeso, la cual se reduce conforme el pH. del suelo se incrementa.

Para realizar el análisis de suelo se sugiere tomar muestras compuestas a razón de una por cada cuatro hectáreas, tratando de que sean homogéneas en cuanto a la condición de los árboles, tipo de suelo y programa de fertilización empleado. La muestra compuesta debe constar de 2 Kilogramos de suelo aproximadamente, la cual es integrada por la muestra obtenidas de 60 árboles, donde cada una de estas muestras fue extraída de 0-30 centímetros, que es donde se encuentra el mayor volumen de raíces, sobre la línea de goteo del árbol. El muestreo se hace siguiendo un patrón regular para repetirlo año con año.

5.1.3. Análisis foliar

El principio de análisis foliar está basado en la relación que existe entre la concentración de los nutrimentos en los tejidos de la planta, su desarrollo y producción. El valor de la concentración es del nutrimento que deleita un determinado estado se

denomina "valor de referencia". Debido a que la hoja muestreada, debe realizarse de la misma forma en que se hizo cuando fueron definidos los valores de referencia.

Una muestra de la hoja deben obtenerse de lotes uniformes no mayores de cinco hectáreas, evitando muestrear árboles que presenten daños por enfermedades, insectos, herbicidas, compactación, orilleros e inundación. En el caso de realizar un muestreo donde se haya aplicado productos químicos al follaje, el muestreo debe efectuarse dos semanas después de la aplicación.

De cada lote uniforme se deben muestrear 60 árboles, colectando una hoja por árbol de la parte media de los brotes terminales de cinco a siete meses de edad, no importa que los brotes tengan ó no frutos siempre y cuando el muestreo sea uniforme; este debe hacerse antes de fertilizar. Las hojas deben tomarse de la parte externa del árbol a una altura de 1 a 2.5 metros tratando muestrear en diferentes orientaciones a partir del nivel del suelo. Para muestreo foliar se debe seguir el mismo patrón usado para el análisis de suelo; después de colectarse las muestras deben llevarse al laboratorio.

5.2.- Fertilización mineral y orgánica del mango

Es común que los terrenos donde se establecen los huertos de mango no son los idóneos; es más, no se les realiza antes un análisis del suelo para determinar su fertilidad y para conocer si ésta es suficiente para satisfacer las necesidades de los árboles y garantizar una buena producción. A continuación se presentan las sugerencias para realizar una adecuada fertilización en los huertos de mango y corregir posibles deficiencias nutricionales.

5.2.1. Fertilización mineral con macronutrientes

En este apartado se presenta solamente el cómo formular una dosis de fertilización mineral con macronutrientes: nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); las cuales, fueron elaboradas en base a los resultados del análisis químico del suelo. Esta se presenta en el Cuadro 1.

El método (Racional) está basado en el cuánto aporta el suelo (AS; kg ha⁻¹) de estos nutrimentos; cuánto remueve la fruta de estos nutrimentos en cada cosecha (RN; kg de nutrimentos por tonelada de fruta) y la eficiencia de los nutrimentos removidos del suelo (Ef) por el árbol. Todo lo anterior se hace a través de la Ecuación 1. En este caso, la remoción consiste de la materia seca del fruto y hojas, expresados en unidades de NPK.

$$DF(N, P, K) = \frac{RN - AS}{Ef} \quad ; \quad \text{kg ha}^{-1} \text{ de } N, P \text{ o } K \quad (1)$$

En el Cuadro 1, se presentan las concentraciones promedio de macroelementos determinadas mediante el análisis químico del suelo; a partir de este se determinó el aporte del suelo (AS; kg ha⁻¹) de estos macroelementos. Los valores promedio observados corresponden a tres huertos ubicados en los municipios de Ciudad Hidalgo, Tapachula y Huehuetán en el Soconusco, Chiapas, México.

Cuadro 1. Concentración promedio y aporte de macroelementos en suelos de la región Soconusco, Chiapas.

Profundidad (cm)	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	pH	MO (%)
0-20	9.21	25.12	204.4	5.9	1.2
Aporte suelo (AS) en kg ha ⁻¹	27.63	75.36	613.2		

En el Cuadro 2, se observa en la última columna (dosis), que el suelo en promedio contiene la suficiente cantidad de macroelementos para abastecer la demanda por la extracción de los frutos, por lo que se recomienda no aplicar la fertilización en las plantas. No obstante, se ha sugerido la aplicación de al menos la cantidad de macronutrimentos, que remueve la cosecha por 20 t ha⁻¹, como se muestra en la segunda columna del Cuadro 2.

Cuadro 2. Remoción mineral de N, P y K en el mango "Ataulfo", aporte del suelo y dosis complementaria en la región del Soconusco, Chiapas.

Remoción de NPK por el mango Ataulfo para producir 20 t ha ⁻¹ de fruta	Aporte del suelo (kg ha ⁻¹)	Eficiencia de uso del fertilizante	Dosis (kg ha ⁻¹)
N (Kg)	24.8	27.63	0.65 Suficiente
P (Kg)	5.4	75.36	0.25 Suficiente
K (Kg)	52.8	613.20	0.80 Suficiente

Sólo se aplicará el fertilizante que remueve la producción anual

En el Cuadro 3, se presentan los valores de macro- nutrientes removidos en la cosecha, su conversión a valores como se presentan en los fertilizantes comerciales: N, P (P₂O₅) y K (K₂O); así como, la recomendación de la cantidad de kilogramos de fertilizante que se debe aplicar en el huerto.

En el estudio de caso presentado por el aporte suficiente de macro-nutrientes actuales en el suelo, se sugiere la aplicación de macronutrientes que fueron removidos por la cosecha de mango „Ataulfo“ en el año actual. Sin embargo, es importante tomar muestras de suelo del predio cada dos años, para ser analizadas con el fin de conocer el nivel de fertilidad en ese momento y poder formular la dosis correcta de fertilización mineral con macro-nutrientes.

Cuadro 3. Dosis estimada de fertilización mineral para el mango Ataulfo en la región Soconusco, Chiapas.

Fórmula	Dosis en kg/ha		
	N	P	K
Factores de conversión a fertilizante mineral	4.4266	2.2914	1.2046
kg de material asimilable de fertilizante ¹	NO ³ 110	P ₂ O ₅ 12.4	K ₂ O 64 kg
	239	27	107

¹ Urea, Superfosfato triple de calcio y Cloruro de potasio.

IV. COSECHA Y POSTCOSECHA

Dr. Jorge A. Osuna García. INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla
M.C. Víctor Palacio Martínez. INIFAP-C.E. Rosario Izapa

1. Índices de madurez

La cosecha es el punto de inicio en el manejo postcosecha del 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 alcanzan un sabor delicioso pero son más susceptibles al ataque de patógenos y poco resistentes al transporte. Cuando los frutos son cosechados en su madurez fisiológica tienen la firmeza necesaria para resistir el transporte y sus características de color, aroma y sabor al momento del consumo serán óptimas.

Durante la maduración, los frutos de mango presentan cambios bioquímicos y fisiológicos que 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 (EMEX, A.C., 1998) recomienda los siguientes mínimos de madurez (mediciones físicas y químicas) para los principales cultivares de mango (Cuadro 1, Figura 1):

CUADRO 1. Mínimos de madurez para las principales variedades de mango (EMEX, A.C. 1998).

Variedad	Color pulpa (No.)	Acidez titulable (%)	Firmeza Kg-F	Sólidos solubles (°Brix)	Días a madurez de consumo
Haden	1	1.199	13.2	7.3	11
Tommy Atkins	1	1.069	12.2	7.3	13
Kent	1	0.603	12.4	7.4	12
Keitt	1	0.715	11.0	6.6	13
Ataulfo	1	4.201	15.6	2.9	15



Figura 1. Estándares de madurez en mango para variedades de exportación.

2. Momento óptimo de cosecha

El INIFAP ha generado la tecnología del uso de Unidades Calor (UC) para determinar el momento óptimo de cosecha en algunas variedades de mango. Así, se definieron a las 1,600 UC para 'Ataulfo' y 'Tommy Atkins' y a las 1,800 UC en 'Kent' (Osuna et al., 2007). Las ventajas de esta tecnología son las siguientes: a) Permite cosechar mangos que han desarrollado mayor calibre; b) Se incrementa el volumen de producción hasta en dos ton/ha, y c) Se mejora la calidad en anaquel y se tiene un mayor contenido de sólidos solubles totales a madurez de consumo.

Una vez determinado el momento óptimo de corte, debe procederse a la cosecha de los frutos provenientes de una misma etapa de floración. En términos generales el mango se cosecha manualmente, los frutos son alcanzados por el personal o ayudados por garrochas o ganchos provistos de canastas para evitar su caída y prevenir que caigan al suelo y se contaminen.

Posteriormente los frutos deben ser colocados en cajas de plástico con capacidad de 25 Kg cuidando de no sobrellenarlas para evitar su compresión. Las cajas llenas deberán colocarse en la sombra para evitar la deshidratación de los frutos. El principal problema durante la cosecha es la emisión de látex natural en algunas variedades de mangos, al realizar el corte y deberá tenerse

especial cuidado para evitar el manchado de los frutos por esta sustancia, lo cual puede evitarse al lavar los frutos con una solución de agua con detergente comercial lavatrastos líquido al 0.1%.

3. Transporte del campo a la empacadora

Las cajas llenas deben ser colocadas en los transportes que dependiendo de las distancias a recorrer pueden ser desde 2 a 6 ejes. La carga deberá cubrirse con lonas para evitar la deshidratación de los frutos y para grandes distancias es recomendable utilizar contenedores cerrados. En este punto de la cadena de postcosecha es donde se produce el mayor número de daños mecánicos al fruto por la gran cantidad de movimientos que este sufre; primero de la planta a las bolsas recolectoras, de éstas a las cajas de transporte y el transporte del campo a la empacadora que en ocasiones es por caminos accidentados y distantes.

Al arribo a la empacadora, la fruta deberá someterse inmediatamente al proceso de empaqueo o en caso contrario el tiempo de espera deberá minimizarse y el transporte con la carga colocarse en lugares sombreados.

4. Recepción

En la mayoría de los casos las cajas son descargadas manualmente y éstas vaciadas a tinas de lavado en donde puede agregarse algún detergente. Deberá tenerse cuidado para evitar un sobre lavado de la cutícula de los frutos y acelerar su deshidratación. Asimismo, se utiliza cloro como desinfectante a concentraciones entre 200 y 300 ppm en la solución. En casos donde no existe la infraestructura, las cajas son vaciadas directamente a bandas de preselección.



Figura 2. Recepción, lavado y preselección de frutos en la empacadora

Figura 1. Manejo postcosecha del mango en México



Figura 3. Manejo postcosecha del mango (Báez, 1998)

5. Selección

En este paso se eliminan todos los frutos que presenten daños, inmadurez, deformaciones, heridas, golpes, etc. Este proceso se realiza manualmente utilizando personal capacitado. Posteriormente los frutos pasan por una seleccionadora mecánica para separar frutos menores a 500 g y mayores que éste pero menores que 700 g (Ontiveros, 2004). Los frutos de los diferentes tamaños son recogidos en cajas para someterse al tratamiento hidrotérmico cuarentenario.

6. Tratamiento hidrotérmico (cuarentenario)

El tratamiento hidrotérmico se aplica únicamente en el mango que se destina a mercados de USA, Japón, Chile, Nueva Zelanda y Australia. Este se instituyó a partir de 1988 como una necesidad de eliminar las larvas de la mosca de la fruta una vez que se prohibió el uso del dibromuro de etileno.

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) aprobó la aplicación del tratamiento con agua caliente a 46.1°C durante 90 min y éste puede tener algunas variantes dependiendo de la forma de como se aplique. Existen los sistemas de canasta cuando se utilizan cajas de plástico estáticas donde se contiene la fruta; continuo cuando las cajas de plástico están en movimiento: jacuzzi cuando la fruta se encuentra a granel o dispersa en jaulas metálicas, etc. (Avena, 1997). El tipo de sistema que se utilice dependerá de las necesidades del empaque y por supuesto deberá ser aquel que provoque menos daños a los frutos.



Figura 4. Clasificación por peso y tratamiento hidrotérmico cuarentenario recomendado

Se ha encontrado que tratamientos mal aplicados pueden provocar alteraciones en la calidad de los frutos entre las cuales se pueden mencionar modificaciones en la actividad enzimática, ablandamiento excesivo de la pulpa en el área del pedúnculo, aumento en la velocidad de respiración, etc. En términos generales el protocolo incluye los siguientes puntos y podrán aprobarse los tratamientos individuales que cumplan con los siguientes criterios:

La temperatura de la pulpa de la fruta debe ser de 70°F (21.1°C) o mayor antes del tratamiento. Al iniciar el tratamiento toda la fruta deberá estar sumergida por lo menos 4 pulgadas (10.2 cm) bajo el agua. Si durante el tratamiento ocurren problemas mecánicos que reduzcan la altura del agua dentro del tanque, el tratamiento podrá aceptarse si la fruta no estuvo expuesta al aire y se cumplieron todos los parámetros del tratamiento. Esta situación se presenta cuando la fuerza de agitación es exagerada, adicional a la introducción de cajas de mango vacías. Los frutos deberán pesar un máximo de 700 g (1.54lb). No se aceptan frutos de mayor de peso ya que las investigaciones realizadas para los tiempos y temperaturas de tratamiento no se realizaron para frutos mayores a este peso, quedando en duda la eficiencia de los mismos en cumplir el probit 9, es decir, no hay suficiente evidencia para asegurar que el 99.999% de las posibles larvas de

mosca de la fruta fueron eliminadas (Báez-Sañudo *et al.*, 1995). En todas las empacadoras de mango para exportación donde se aplique tratamiento hidrotérmico cuarentenario es obligatorio que exista un inspector de USDA, quién certifica que el tratamiento se apegó a protocolo. En caso contrario, si existen irregularidades en el proceso, el tratamiento podrá ser rechazado y esa fruta no podrá ser exportada a los países que exigen dicho tratamiento.

7. Clasificación

La clasificación de los frutos puede ser manual o mecánica. En la primera se utiliza a personal entrenado o especializado que sea capaz de diferenciar entre muchas alternativas, y la segunda utiliza una gran diversidad de equipos que permiten ser más eficientes y objetivos además de reducir costos por mano de obra. Entre algunos ejemplos tenemos que para seleccionar por tamaño se utilizan sistemas de rodillos, en el caso de la selección por peso se utilizan balanzas que separan frutos de 500 y 700 g que determinan los tiempos de tratamiento con agua caliente, en el caso de selección por color se utilizan instrumentos especializados basados en uso de fotoceldas, etc.

En términos generales la clasificación se realiza por peso para empacar un determinado número de frutos por caja (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los mangos de acuerdo a su peso

No. de referencia	Peso (g)	Diferencia máxima permisible (g)
26	165-175	5
24	181-190	5
22	196-210	10
20	221-240	10
18	251-270	10
16	284-300	15
14	316-350	15
12	366-420	15
10	436-480	25
9	516-535	25
8	561-610	30
7	641-700	30

8. Empacado

El empaqueo de los frutos es tal vez uno de los puntos más caros dentro del proceso postcosecha, sobre todo en el caso de mango que presenta dificultades por la gran diversidad de variedades, tamaños, formas, etc. y es difícil definir un solo tipo de empaque para una gama tan diferente de frutos.

El empaque tiene funciones muy específicas en el manejo del mango pero entre las principales están dar protección (protege al fruto de golpes, heridas, rozaduras, etc.) y una apariencia atractiva de los frutos para atraer al consumidor (Báez *et al.*, 1997). La elección del tipo de empaque dependerá en muchos casos de los mercados de destino. Cuando la fruta es empacada para mercados nacionales se utilizan cajas de madera donde los mangos son acomodados hasta su llenado. Cuando es para consumo en el extranjero, la cantidad de empaques varía según sea el mercado al cual se accede. Los frutos destinados a USA se envían en cajas de cartón con frutos acomodados para un peso de 10 lb mínimo, para el mercado Japonés son de 12 lb y para el mercado Europeo de 9 lb.

Cuando ya se han considerado todas las variables para elegir el mejor empaque (cajas de madera, cartón corrugado, frutos en cajas protegiéndolos con mallas de poliestireno, etc), debe tenerse la certeza de que éste, además de ser resistente al peso de otras cajas, durante el estibado, almacenamiento y transporte, no pierda el diseño para que la fruta pueda ser atractiva, en los mercados de consumo.



Figura 5. Ilustración del empaqueo para mercados de USA (a), Japón (b) y UE (c)

9. Transporte

Dependiendo del mercado destino, la transportación puede ser terrestre, aérea o marítima. En todos los casos, los frutos son colocados en contenedores que deben de cumplir las características y especificaciones que se han contemplado para este servicio (Báez y Aguilar, 1997).

10. Almacenamiento

Una vez que se ha completado el manejo del mango desde la cosecha hasta su empacado este puede ser comercializado inmediatamente o bien almacenado para su consumo posterior, durante el almacenamiento existen una gran cantidad de factores que influyen sobre la calidad de los frutos los cuales deben ser observados cuidadosamente para lograr una mayor eficiencia de este sistema de conservación.

La temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importantes a considerar ya que su buen uso depende el disminuir a los niveles más bajos los procesos metabólicos de maduración y senescencia de los frutos, lo cual permitirá manejar los tiempos de transporte y comercialización de los mismos.

Las temperaturas óptimas de almacenamiento son entre 11 y 13 °C, por debajo de éstas se presenta el daño por frío. Además de la temperatura debe controlarse la humedad relativa para evitar marchitamiento en los frutos, debe existir una buena circulación del aire que permita acondicionar adecuadamente la temperatura y la humedad relativa, la carga de refrigeración deberá ser calculada en función de la cámara o contenedor ya que esto permitirá ahorrar en el consumo de energía; además favorecerá la estabilidad en la temperatura de almacenamiento.

11. Pérdidas postcosecha

Es a través de todas estas etapas donde pueden darse los daños postcosecha, los cuales pueden alcanzar grandes magnitudes, desde 5 hasta 40% (Singer, 1980) y deberse a múltiples factores.

• Daños mecánicos

Durante el manejo de postcosecha se presentan varios tipos de daños mecánicos como magulladuras, golpes y raspaduras que promueven el deterioro de los frutos ya que aceleran la pérdida de agua, facilitan la invasión de patógenos y estimulan la respiración y producción de etileno (Figura 6).



Figura 6. Daños mecánicos en frutos

- **Daños por insectos**

La principal plaga causando daños postcosecha en mango es la mosca de la fruta. El principal problema con esta plaga no es tanto el daño directo que causa, sino más que nada las medidas cuarentenarias que los países importadores imponen a los países productores (Figura 7).

Los consumidores son muy demandantes y sienten repulsión por frutos que estén infectados por larvas. Esto representa una pérdida para el productor y comercializador.



Figura 7. Daños por insectos en frutos de mango

- **Daños por enfermedades**

La principal enfermedad postcosecha del mango es la antracnosis causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporoides* (Penz.) Penz. y Sacc, la cual está latente en frutos inmaduros y se manifiesta en forma de manchas negras que llegan a invadir toda la superficie del fruto. Esto aunque no afecta la pulpa del fruto, lo hace no comercial debido a la apariencia "fea" de los frutos (Figura 8).

La segunda enfermedad en importancia es la pudrición del pedúnculo causada por el hongo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffin & Maulb. Esta representa una enfermedad seria porque el área afectada se torna de color café claro y de

consistencia acuosa ocasionando pudrición de la pulpa y desarrollo de malos olores (Figura 9) [Nieto *et al.*, 1997].



Figura 8. Daños de antracnosis en frutos de mango.



Figura 9. Pudrición del pedúnculo en frutos de mango.

- **Desórdenes físicos y fisiológicos**

Los desórdenes fisiológicos son aquellas anomalías que se desarrollan en los frutos de mango por un desequilibrio metabólico que puede ocurrir en precosecha o postcosecha (Conway y Sams, 1985).

- **Daños causados por frío**

El fruto de mango, debido a su origen tropical no tolera temperaturas demasiado bajas durante el almacenamiento (Kane *et al.*, 1982). El daño por frío se manifiesta cuando los frutos son almacenados a temperaturas inferiores a 12°C. Los síntomas incluyen maduración anormal, decoloración interna y de la cáscara, incremento de

pérdida de agua, mayor susceptibilidad al ataque de patógenos y cambios en sabor (Figura 10).



Figura 10. Daños por frío en frutos de mango

- **Daño causado por exudado de savia**

El látex que exudan los frutos ocasiona manchas café-oscuras o rayas negruzcas que reducen calidad y vida de anaquel de los frutos (Figura 11).

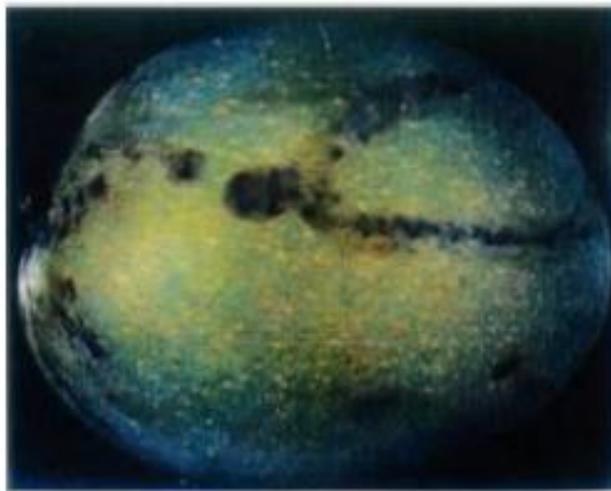


Figura 11. Daños en frutos de mango por exudado de savia

- **Quemado causado por el sol**

La exposición de los frutos directamente al sol puede causar áreas negras y hundidas, cuando muy severo, o decoloraciones y amarillamiento de la cáscara cuando no tan severo (Figura 12).



Figura 12. Fruto de mango dañado por quemadura de sol.

- **Daño por altas temperaturas**

Cuando las temperaturas de tratamiento hidrotérmico son superiores a las recomendadas o que los frutos se exponen por períodos largos a temperaturas mayores de 30°C se presenta el daño por calor, el cual causa una maduración anormal, moteado en la cáscara y sabores desagradables.



Figura 13. Daños por altas temperaturas durante el tratamiento hidrotérmico.

1. Mecanismos para disminuir pérdidas postcosecha

• Manejo cuidadoso

Evidentemente que el manejo cuidadoso constituye la actividad más práctica, económica y fácil de realizar para disminuir las pérdidas postcosecha de mango. Simplemente con evitar golpes al fruto, manejar cajas de campo de plástico, limpias y desinfectadas, evitar el asolear los frutos y transportar al empaque la cosecha del día pueden disminuir en al menos 50% las pérdidas potenciales de postcosecha.

• Tratamiento hidrotérmico

Ello demanda la instalación de una planta con adecuada capacidad de calentamiento de sus tanques, un control termostático y de aislamiento para mantener la temperatura del agua en cualquier tiempo entre 45.4 a 46.1°C y deben de cumplirse los siguientes requisitos:

- Las frutas a tratar deben pesar menos de 700g.
- La temperatura de la pulpa de la fruta antes del tratamiento debe ser igual o mayor a 21°C.
- La fruta debe sumergirse al menos 10 cm bajo la superficie del agua caliente.
- La fruta tratada no debe someterse a enfriamiento rápido en las tres horas posteriores al tratamiento.
- Las áreas de almacenamiento y/o empaque dentro de la planta deben de estar separadas de la zona de tratamiento y estar protegidas con mallas, ventiladores o una combinación de dichos métodos para salvaguardar una reinfestación de moscas de la fruta.

Se dice que el tratamiento hidrotérmico puede causar daños según el cultivar, época de corte o madurez de cosecha. Sin embargo, también se comenta que en general las características de color, pH, sólidos solubles y acidez no son afectadas. Actualmente se está probando con éxito el tratamiento con aire caliente en los cultivares Haden, Tommy Atkins, Kent y Keitt, ya que a nivel laboratorio hay una mortalidad de 99% de las larvas cuando la fruta alcanza una temperatura de 48.1°C (el tiempo varió de 101 a 213 min, dependiendo del tamaño de la fruta y el número de cajas tratadas).

• Control de enfermedades postcosecha con agua caliente + fungicidas

Para controlar antracnosis y pudrición del pedúnculo se recomienda lo siguiente ya que hay variación por variedad:

- Inmersión de frutos por 3-5 min en agua caliente (52-55°C).
- En mercados que lo permiten agregar además los siguientes fungicidas: Thiabendazole 250-500 ppm o Benomyl a 500 ppm
- Sumergir las frutas en agua caliente a $54 \pm 1^\circ\text{C}$ para Kent, Keitt y Tommy Atkins, 52 °C para Haden y 55°C para Manila.

• Enfriamiento

El enfriamiento en cuartos de temperatura controlada o con aire forzado a 12 °C es esencial para mangos de exportación, especialmente para aquellos que van a ser

transportados vía marítima. Temperaturas de almacenamiento menores de 12 °C pueden ocasionar daño por frío.

- **Encerado**

Esta técnica incrementa la vida útil del fruto y le da brillo y presentación, además de que mantiene firmeza por más tiempo, reduce pérdidas de agua y disminuye la velocidad de procesos fisiológicos. El secreto de una buena cera es que sea lo suficientemente permeable para permitir el intercambio gaseoso y lo suficientemente impermeable para disminuir la pérdida de agua.

- **Atmósferas controladas (AC)**

Hay mucha polémica en cuanto a los beneficios del uso de AC ya que hay resultados contradictorios. Sin embargo, se maneja que AC de 3-5% de Oxígeno y 5-8% de Bióxido de carbono son óptimas para alargar la vida postcosecha de los frutos de mango (Yahia, 1998). Se reportan vidas útiles de 2-4 semanas en AC a temperatura ambiente y de 3-6 semanas en conjunto con almacenamiento a 13°C. AC de menos de 2% de Oxígeno y más de 8% de Bióxido de carbono pueden inducir decoloración de la cáscara, color grisáceo de la pulpa y desarrollo de malos olores y sabores.

- **Irradiación**

Es una técnica relativamente nueva que consiste en la irradiación de los frutos con rayos infrarrojos, ultravioleta, rayos x y ondas gamma. Esta técnica puede considerarse como un procedimiento de esterilización altamente eficiente y relativamente costeable pero que actualmente es subutilizado por la desconfianza que produce todo aquello relacionado con la energía nuclear, sin embargo, puede ser una alternativa para aquellos cultivares de mango que no soportan el tratamiento hidrotérmico cuarentenario (Siller, 1995).

- **Productos inhibidores de la acción del Etileno**

Esta es una de las técnicas modernas para alargar la vida postcosecha y mantener calidad es a través del desarrollo de productos que inhiben la acción del etileno (Sisler y Serek, 1997). El 1-MCP, conocido comercialmente como SmartFresh™, actúa bloqueando al etileno al unirse a su receptor en la célula e impide que éste desencadene la serie de reacciones que conllevan al proceso de maduración y senescencia (Blankenship, 2001; Blankenship and Dole, 2003) y se ha encontrado efectivo para retardar el proceso de maduración, extender la vida de anaquel y mantener la calidad en frutos de mango de diferentes variedades tales como 'Zihua' (Jiang and Joyce, 2000), 'Kensington Pride' (Hofman *et al.*, 2001), 'Keitt' (Osuna-García and Beltrán, 2002; Osuna-García, 2006), 'Rosa', 'Espada' and 'Jasmin' (Silva *et al.*, 2004), 'Kent' (Osuna and Beltrán, 2004; Osuna-García and Muñoz-Ramírez, 2004; Osuna-García *et al.*, 2005; Osuna-García *et al.*, 2009), 'Tommy Atkins' (Alves *et al.*, 2004; Coelho de Lima *et al.*, 2006; Pereira-Bomfim *et al.*, 2011), 'Nam Dokmai' (Penchaiya *et al.*, 2006) and 'Namh-dawg-mai-sri-tong' (Chaiprasart and Hansawasdi, 2009). En la mayoría de los experimentos se utilizó la forma gaseosa del 1-MCP en cámaras herméticas con dosis variando de 100 a

1200 ppb aplicadas por 12 o 24 h a temperatura ambiente (22-25°C) o en refrigeración a 12°C.

V. INOCUIDAD

Dr. Jorge A. Osuna García. INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla
Ing. Yolanda Nolasco González. INIFAP-C.E. Santiago Ixcuintla

1. El concepto, la importancia y repercusiones

Inocuidad alimentaria implica la garantía de que los alimentos no causarán daño al consumidor cuando sean preparados o ingeridos de acuerdo con su uso previsto (Codex Alimentarius, 1997).

La inocuidad se puede lograr minimizando los peligros biológicos (microbiológicos, fitosanitarios y zoonosarios), físicos (clavos, vidrios, uñas) y los químicos (plaguicidas, metales pesados, hormonas) durante todo el proceso de producción, empaque, comercialización y consumo.

Actualmente la mayoría de los países desarrollados consideran el concepto de calidad alimentaria en su forma más amplia, es decir, en términos prácticos los aspectos de calidad alimentaria están estrechamente relacionados a los de inocuidad alimentaria, debido a que ambos aspectos son manejados íntegramente a lo largo de la cadena producción-consumo. Bajo este contexto, queda de manifiesto que la inocuidad alimentaria se ha convertido en una prioridad tanto para la salud pública como para mantener la competitividad, posicionamiento y mayor acceso a los mercados nacional e internacional. De hecho, además de tener implicaciones en la salud de los consumidores, la inocuidad alimentaria tiene impacto en la oferta, demanda, flujos comerciales, higiene y sanidad laboral, lo cual repercute en los costos de la cadena producción-consumo.

Pese a lo anterior, los consumidores de los países desarrollados con alto poder adquisitivo están dispuestos a pagar el costo de un régimen regulatorio que garantice estándares más altos y exigen a sus gobiernos mayor vigilancia para garantizar el abasto de alimentos inocuos, mediante la disminución de factores de riesgo (Almonte, 2000).

En estos países con mayor grado de desarrollo, el incremento en el consumo de frutas y hortalizas para una dieta más saludable ha conllevado al aumento de la exposición a microorganismos patógenos (virus, parásitos y bacterias). La tendencia al alza en las enfermedades de transmisión alimenticia (ETA's), ha tenido sus implicaciones políticas, de tal forma que los importadores exigen el cumplimiento de normas o estándares de calidad e inocuidad a través de certificaciones que garantizan que el alimento es producido bajo la aplicación de las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), Buenas Prácticas de Manejo (BPM), Buenas Prácticas de Higiene (BPH) y Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (Higuera-Ciapara y Noriega-Orozco, 2000).

Debido a la importancia socioeconómica del mango, no sólo es fundamental prevenir la contaminación microbiológica mediante la aplicación de las BPA, BPM y BPH, sino que también es necesario certificarse ante terceros para demostrar que en realidad se están llevando a cabo estas prácticas y que ellas son eficaces para minimizar los riesgos de contaminación.

Ante la situación anterior, es un deber y una responsabilidad de las instituciones de investigación y agentes económicos involucrados directamente con la producción agroalimentaria, el tomar medidas urgentes, claras y contundentes

orientadas no sólo a mantener este importante mercado de exportación, sino a desarrollar un esfuerzo más amplio que garantice condiciones de mayor sanidad e higiene en el manejo y consumo de los productos agroalimentarios con destino al mercado nacional o internacional.

2. Las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA)

Las Buenas Prácticas Agrícolas se refieren a prácticas de manejo recomendadas para la producción vegetal desde la actividad primaria hasta el transporte y empaque que tienden a asegurar la inocuidad y alcanzar una determinada calidad de producto. Su importancia radica en que la implementación de BPA no sólo garantiza que los alimentos sean aptos para el consumo humano sino que permite acceder a distintos mercados con legislaciones que las incluyen. El productor que aplica BPA puede colocar sus productos en mercados externos cada vez más exigentes y competitivos así como también diferenciar el producto en el mercado interno.

Los principales objetivos de las BPA son:

- asegurar la inocuidad de los alimentos;
- obtener productos de calidad acorde a la demanda de los consumidores;
- producir de manera tal que se proteja el ambiente y se evite su degradación y
- garantizar el bienestar laboral.

Los beneficios asociados a la implementación de dichas prácticas incluyen la protección de la salud humana, ya que a lo largo del sistema productivo se minimizan las posibilidades de que el producto esté en contacto con fuentes contaminantes. Se facilita el acceso a nuevos mercados demandantes de sistemas de calidad para los cuales es obligatorio cumplir determinadas normativas. Se reducen los rechazos y desechos (costos de la no-calidad) de mercaderías al establecerse un sistema de rastreo que permite identificar y conocer la localización de productos a lo largo de todo el sistema de producción. Además, constituye un instrumento de diferenciación de producto.

A continuación se describen algunos ejemplos de BPA implementados por algunos países:

ARGENTINA: La legislación argentina, siguiendo los lineamientos del Código Alimentario Argentino, establece requisitos relacionados con la capacitación y la documentación del proceso productivo en su totalidad. Además incluye factores de higiene del medio donde se desarrolla la producción asociado al suelo y al agua, y prácticas de manejo que pueden introducir contaminaciones tales como el material vegetal utilizado, la manipulación de fitosanitarios, las instalaciones, el personal, la cosecha, los equipos, el transporte y el almacenamiento.

Resolución SAGyP 71/1999 Guía de Buenas Prácticas de Higiene y Agrícolas para la Producción Primaria (Cultivo- Cosecha), Empacado, Almacenamiento, y Transporte de Hortalizas Frescas. Resolución SENASA 530/2001 Buenas Prácticas de Higiene y Agrícolas para la producción primaria (cultivo-cosecha), acondicionamiento y transporte de productos aromáticos. Resolución SENASA 510/2002 Guía de Buenas Prácticas de Higiene y Agrícolas para la Producción Primaria (cultivo-cosecha), Empacado, Almacenamiento y Transporte de Frutas Frescas.

Buenas Prácticas Agrícolas en Argentina		
Incumbencias para Hortalizas Frescas	Incumbencias para Productos Aromáticos	Incumbencias para Especies Frutales
Sitio de producción. Diseño del establecimiento. Gestión del suelo. Agua. Productos fitosanitarios. Material vegetal. Personal. Cosecha. Almacenamiento. Local de empaque. Transporte. Documentación y registro.	Sitio de producción. Diseño del establecimiento. Gestión del suelo. Agua. Material vegetal. Recursos de producción. Personal. Capacitación. Poscosecha. Envasado. Almacenamiento. Transporte. Documentación y registro. Equipamiento. Controles.	Sitio de producción. Diseño del establecimiento. Gestión del suelo. Agua. Productos fitosanitarios. Material vegetal. Personal. Capacitación. Cosecha. Envasado. Almacenamiento. Local de empaque. Transporte. Documentación y registro. Abonos. Laboreo. Control de heladas.
Documento disponible en www.alimentosargentinos.gov.ar (ver Biblioteca del Foro de Buenas Prácticas)		

Figura 14. Incumbencias de las BPA en Argentina

EUROPA: En Europa la norma de Buenas Prácticas Agrícolas para frutas y hortalizas utilizada mayormente tiene su origen en el sector privado: EUREPGAP. Fue desarrollada a partir de una iniciativa de los minoristas que conformaron, junto con representantes de todas las etapas de la cadena agroalimentaria y organizaciones de productores de otras partes del mundo, el Grupo de Trabajo de Minoristas Europeos (EUREP).

Actualmente, las normas EUREPGAP y otras homólogas como la CHILEGAP o la AMA Stamp of Quality Control Directive de Austria son exigidas por los clientes europeos de productos frutihortícolas frescos. La tendencia indica que próximamente será un requerimiento limitante para participar del mercado internacional.

El protocolo EUREPGAP puntualiza la necesidad de llevar adelante un sistema de registros para rastrear el producto y asegurar la calidad del material vegetal utilizado. Según la norma es necesario conocer la historia del lote y las áreas de producción, así como las limitantes del suelo, los requerimientos y el adecuado manejo de la fertilización y el riego, manejar cuestiones relacionadas con la

protección vegetal, el manejo de la cosecha y la postcosecha, la utilización de residuos, cómo reciclarlos y reutilizarlos y, por último, garantizar la salud, seguridad y bienestar del personal y la protección del ambiente. Para cada requisito se consideran aspectos que son obligatorios determinándose obligaciones mayores y menores y también recomendaciones sugeridas por la norma cuyo cumplimiento no es de carácter obligatorio.

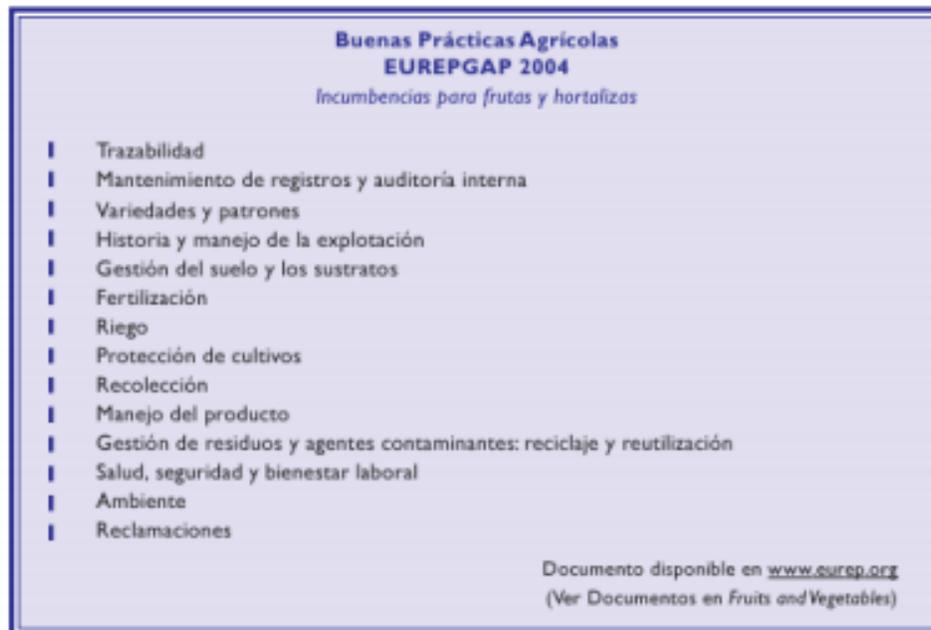


Figura 15. Las BPA en Europa

CHILE: En Chile se ha generado, luego de un proceso de homologación, una normativa similar a EUREPGAP denominada ChileGAP 2005 Puntos de Control y Criterios de Cumplimiento para Frutas y Hortalizas Frescas. Este documento ha incorporado los requerimientos de los dos principales mercados para Chile, Estados Unidos y la Unión Europea. De esta forma, los productores inscritos en el Programa ChileGAP se preparan adecuadamente para acceder a los mercados más exigentes y a las certificaciones demandadas en los mismos.

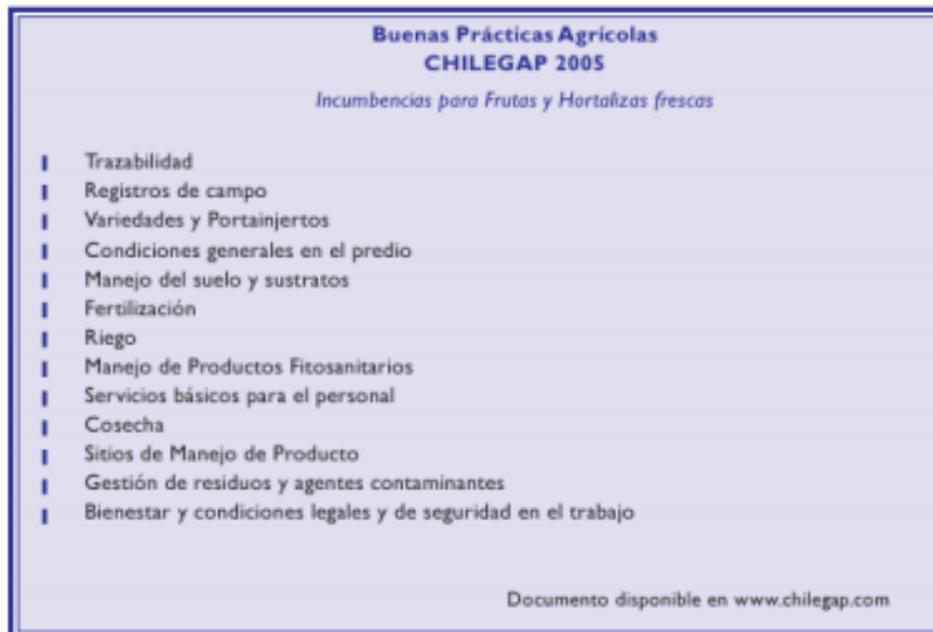


Figura 16. Las BPA en Chile

Las diferencias entre las normas EurepGAP y ChileGAP son básicamente de formato. Existe una agrupación diferente de títulos: los registros en ChileGAP se encuentran unificados en un solo apartado y hay una nueva consideración de cumplimiento. En ambas normas hay un 100% de obligaciones mayores a cumplir, un 95% de obligaciones menores y la sugerencia de cumplir con el mayor número de recomendaciones posibles. ChileGAP introduce una nueva categoría de requisitos obligatorios que se relacionan con registros y condiciones generales de limpieza en el predio, manejo del sitio, calidad de agua de riego y utilizada por el personal, fertilizantes orgánicos (guano), baños destinados al personal, materiales y herramientas de cosecha, manejo y transporte del producto cosechado y por último aspectos relacionados con la seguridad laboral y formación.

Si bien se está hablando de normas asociadas con la gestión de la producción, es importante destacar que ambas normas apuntan a la certificación del producto cuya cosecha se audita en cada temporada.

USA: En Estados Unidos existe una Guía para reducir al mínimo el riesgo microbiano en los alimentos, en el caso de frutas y vegetales. Surge por iniciativa del gobierno estadounidense para mejorar la seguridad del abastecimiento de alimentos del país tras haberse detectado un aumento en el número de enfermedades transmitidas tanto por frutas como vegetales. Esta guía establece directivas de carácter voluntario que están en estrecha relación con los derechos y las obligaciones comerciales del país. Presta especial atención a la calidad del agua, el manejo de residuos municipales y sólidos orgánicos utilizados en la

producción, a cómo garantizar la salud, la higiene de los trabajadores y el cumplimiento de la legislación asociada, al diseño de instalaciones sanitarias adecuadas, al manejo de la higiene a campo y en las instalaciones de empaque. Por último, incluye los cuidados en el transporte y cómo trazar los productos.

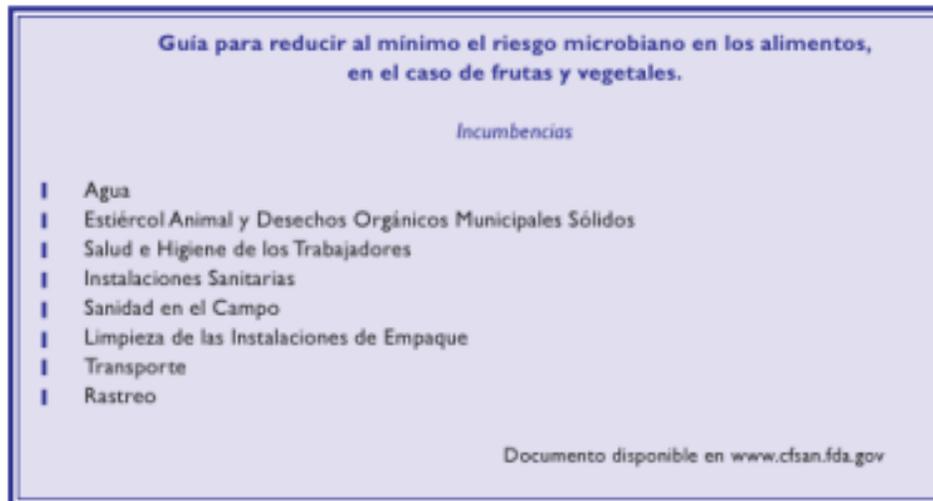


Figura 17. Las BPA en USA

MÉXICO: En México se recomienda la implementación de Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación (SRRC; Osuna *et al.*, 2011). Los requerimientos que deben cumplirse para la implementación, aplicación, evaluación interna y reconocimientos en los sistemas de reducción de riesgos de contaminación son medidas de control, instrumentos y mecanismos aplicables en el proceso de producción, cosecha y empackado con el objetivo de reducir los riesgos de contaminación físicos, químicos y biológicos.

Las medidas de control se han integrado para aplicarse en todo el proceso productivo a través de módulos de ejecución (Figura 18). La aplicación de los SRRC se divide en 15 módulos de ejecución, los cuales a su vez se dividen en dos fases, la preparatoria y la productiva. Se tiene un módulo extra que es con respecto a la producción orgánica. En las siguientes secciones se expone lo que abarca cada uno de estos módulos.

Estructura de los SRRC



Figura 18. Estructura de los Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación, dividida en dos fases con sus módulo (Adaptado de SENASICA/DGIAAP, 2010).

Fase preparatoria

La fase preparatoria la integran ocho módulos (ver Figura 18) que son los requerimientos que deben aplicar las empresas agrícolas, previo a la aplicación de los SRRC al proceso productivo. Son condiciones que se deben vigilar para no introducir o potenciar un contaminante de carácter ambiental actuando sobre los medios y fuentes de la contaminación antes y dentro de la fase productiva, considerando la infraestructura necesaria, la capacitación y desarrollo de habilidades en el personal para aplicar las medidas de control, evaluación y mantenimiento del sistema de reducción de riesgos. Estos módulos son básicos, lo que cualquier procesos productivo debe cumplir, mientras que los de la fase productiva son específicos para el tipo de producto que se maneja.

Fase productiva

Esta fase se integra por siete módulos (ver Figura 18), los cuales especifican las medidas de control en el proceso de producción agrícola específico con el objetivo de evitar que insumos, herramientas, equipos, maquinaria, sustancias agroquímicas y de limpieza, sean un riesgo de contaminación del producto.

PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE REDUCCIÓN DE RIESGOS DE CONTAMINACIÓN

La planeación de la aplicación y adopción de un sistema de reducción de riesgos de contaminación tiene que realizarse conscientemente con el acuerdo y compromiso de los directivos, administrativos, gerentes o dueños, ya que es un proceso laborioso que requiere de empeño, responsabilidad, constancia, sistematización de sus procesos y recurso presupuestal.

Para la planeación se utiliza una herramienta conocida como el ciclo de Deming o ciclo de la mejora (Figura 19), el cual es muy útil en el mantenimiento de los sistemas de calidad, que consiste en una secuencia lógica de cuatro pasos repetidos que se deben llevar consecutivamente: Planear, Hacer, Validar y Actuar (Deming, 1989).

Pasos a seguir en la planeación:

- Contratar un responsable técnico de inocuidad o agente técnico en SRRC certificado, quién será el responsable del diseño, aplicación y evaluación interna de los SRRC.
- Identificar y formar el equipo de trabajo de los SRRC, que debe incluir al gerente, administrativo, encargado de empaque, del huerto, la bodega y demás personal
- clave de la empresa, quiénes serán apoyo en la verificación del cumplimiento de las medidas de control.
- Registrar la empresa y unidades productivas ante SENASICA.
- Realizar un diagnóstico inicial.
- Elaborar el diagrama de flujo del proceso productivo.
- Elaborar el análisis de peligros significativos.
- Identificar las medidas de control para prevenir, reducir o eliminar un peligro.
- Elaborar un Plan Técnico (que se va hacer) en cada una de las fases del proceso de producción.
- Aplicar los programas de los SRRC en el proceso productivo.
- Validar las medidas de control bajo un enfoque científico, que efectivamente controle los peligros.
- Realizar evaluaciones internas.

- Realizar acciones correctivas y preventivas en el proceso productivo.

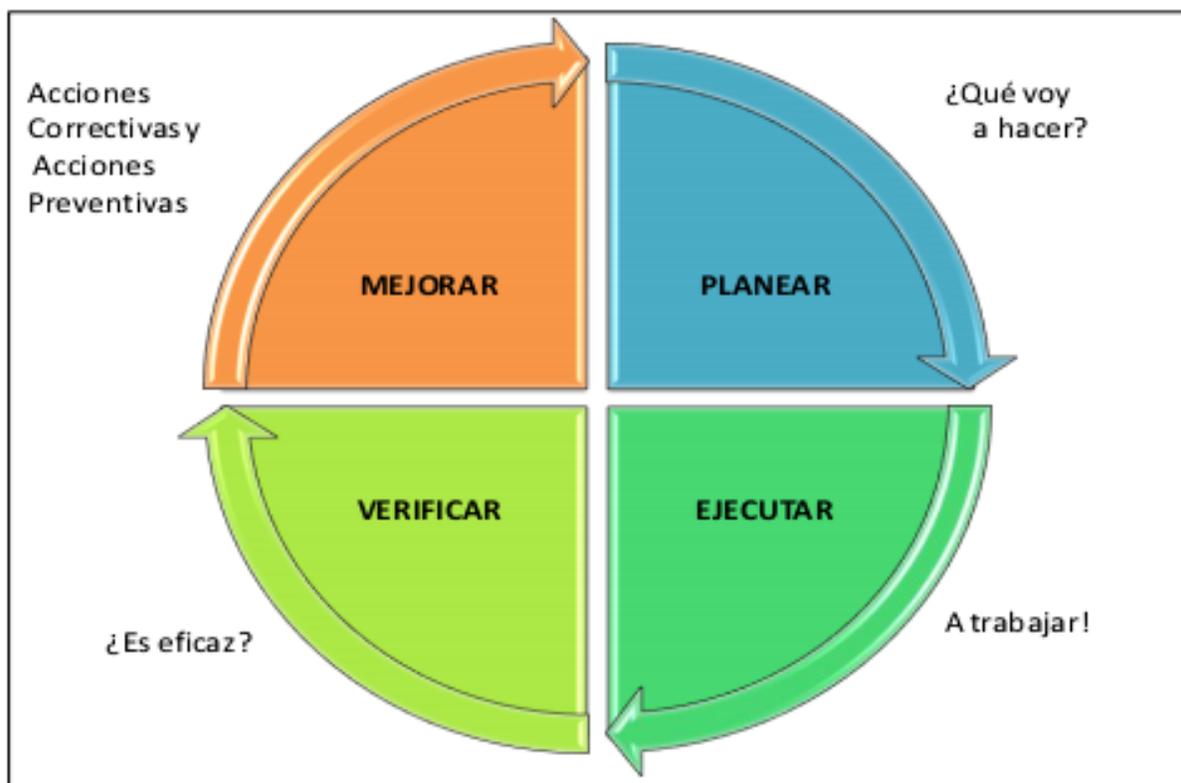


Figura 19. Ciclo de la Mejora continua (Fuente: Adaptado de Fernández, 2010).

Además de las recomendaciones anteriores, a continuación se exponen algunas experiencias obtenidas en empacadoras de mango para exportación en Nayarit del 2004 al 2010.

En 4004 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y la Fundación Produce Nayarit A. C., iniciaron una serie de acciones con la ideología de informar, presentar, actualizar y contribuir a crear sinergias que permitan potenciar la competitividad del sector hortofrutícola en la entidad, impulsando y mejorando su participación en el mercado global. En empacadoras de mango para exportación se detectaron los puntos críticos de control, se establecieron medidas de prevención en los puntos críticos y se realizaron curvas de abatimiento de concentración de cloro en tinas de lavado e hidrogenfriado, lo cual se concretó en la publicación denominada "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" (Osuna et al., 2007).

También en 2008 en coordinación con el IICA-PROCINORTE se realizó un programa de monitoreo mediante métodos rápidos microbiológicos de la calidad del agua de proceso y superficies de contacto en empacadoras de mango para exportación. Se muestrearon dos empacadoras en Nayarit y 12 en Sinaloa. Las muestras de

agua de proceso (fuente, tinas de lavado, tinas de hidrotérmico, tinas de hidrogenfriado) se analizaron con los métodos P/A Broth 8319, 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. Los resultados indicaron la presencia de Coliformes totales, *E. coli* y *Salmonella* en diferentes magnitudes en agua de proceso de todas las empacadoras. La parte más crítica se detectó en superficies de contacto ya que la presencia de bacterias aerófilas se observó en todas las empacadoras. Se demostró que los métodos rápidos de muestreos microbiológicos son una excelente alternativa para establecer controles para el monitoreo frecuente de la higiene durante el empacado de mango para exportación, lo cual se concretó con la publicación en electrónico de la "Guía para el monitoreo de la calidad del agua de proceso y superficies de contacto en empacadoras de mango para exportación" (Osuna et al., 2010).

LITERATURA CONSULTADA

Almonte, J. 2000. Estrategia sobre inocuidad y calidad alimentaria. Taller interno de capacitación y establecimiento de líneas prioritarias sobre Inocuidad Alimentaria. SAGAR-INIFAP. México, D. F. 31 p.

Alves R.E., Filgueiras H.A.C., Almeida A.S., Pereira M.E.C., Coccozza F.M. and Jorge J.T. 2004. Postharvest ripening of 'Tommy Atkins' mangoes on two maturation stages treated with 1-MCP. *Acta Horticulturae* 645:627-632.

Ariza, F. R., Barrios, A. A., Crusaley, S. R., Vázquez, G.E., Osuna, G.J.A., Navarro, G.S., Michel, A.A. y Otero, G. M.A. 2005 *Tecnologías de Postcosecha en mango, Papaya y Sapote Mamey*. Libro Técnico No. 2. Campo Experimental Chilpancingo, CIRPAS, INIFAP. 219 p.

Avena Bustillos, J.R. 1997. Tratamiento Hidrotérmico. En: Báez-Sañudo (Comp.) *Manejo Postcosecha del Mango*. Empacadoras de Mango de Exportación, A.C. ISBN 970-91939-0-2. pp 30-33.

Báez-Sañudo, R., Bringas-Taddei, E. 1995. Elaboración de la Norma Mexicana de Calidad para el Mango Fresco y su Aplicación. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture*. 39:128-129.

Baez-Sañudo, R., Bringas-Taddei, E. y Ojeda-Contreras, J. 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. 1997 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.

Báez-Sañudo, R. y González-Aguilar, G. 1997. Transporte. En: Báez-Sañudo (Comp.) *Manejo Postcosecha del Mango*. Empacadoras de Mango de Exportación, A.C. ISBN 970 91939-0-2. p. 60-67.

Báez-Sañudo, R.; Rodríguez, F. A., y Bringas-Taddei E. 1997. Normalización. En: Báez-Sañudo (Comp.) *Manejo Postcosecha del Mango*. Empacadoras de Mango de Exportación, A.C. ISBN 970-91939-0-2. p. 68-70.

Báez-Sañudo, R.; González-Aguilar G. y Bringas-Taddei E. 1997. Empacado y Embalaje. En: Báez-Sañudo (Comp.) *Manejo Postcosecha del Mango*. Empacadoras de Mango de Exportación, A.C. ISBN 970-91939-0-2. p. 41-46.

Baez-Sañudo, R. 1998. Manejo y conservación del mango en postcosecha. *Memorias del Foro Internacional de Mango y otras frutas tropicales*. Mazatlán, Sinaloa, México. Febrero 16 y 17, 1998.

Blankenship, S. 2001. Ethylene effects and benefits of 1-MCP. *Perishables Handling Quarterly* (University of California) 108:2-4.

Blankenship, S, and Dole, J. 2003. 1-Methylcyclopropene: a review. *Postharvest Biol. Technol.* 28:1-25.

Bompard, J.M. 1993. The Genus *Mangifera* rediscovered: The potential contribution of wild species to mango cultivation. *Acta Horticulturae* 341:69-77.

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

Chaiprasart P. and Hansawasdi C. 2009. Effect of 1-Methylcyclopropene on the shelf life of mango (*Mangifera indica* Linn.) Cv. Nahm-dawg-mai-sri-tong. *Acta Horticulturae* 820:725-730.

Chávez, C.X., Vega, P. A., Tapia, V. L.M. y Miranda, S. M. 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 Dani, P.G. 1934. Report of the export of mangoes to Europe in 1932 and 1933. Department of Agriculture. Bombay. Bulletin No. 170:1-31.

Codex Alimentarius, CA/RCP 1-1969. 1997. Principios Generales de Higiene de los Alimentos. 2da. Ed., Rev. 3. Suplemento al Volumen 1 B.

Coêlho de Lima M.A., Luciana da Silva A., Nunes Azevedo S.S.; De Sá Santos P. 2006. Postharvest treatments with 1-methylcyclopropene in 'Tommy Atkins' mango fruit: effect of doses and number of applications. *Rev. Bras. Frutic.* 28(1):64-68.

Conway W.S. y Sams C.E. 1985. Influence fruit maturity on the effect of postharvest calcium treatment on decay of Golden Delicious Apples. *Plant Diseases* 44:62-69.

Deming, W. E. 1989. Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis. Ed. Díaz de Santos. España. 412 p.

EMEX. 1998. Norma de calidad para mango fresco de exportación. CIAD, A.C. Zapopan, Jalisco. Desplegable 6p.

FAOSTAT. 2012. FAO Statistical Databases, Actualizado al 25 Noviembre, 2012. <http://faostat.fao.org/>.

Fernández Cachú A. M. 2010. Impartición de Curso para agentes técnicos en Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación formatos SENASICA y MCS. Módulo 4: Planeación del SRRC. Nayarit, 14-16 Abril 2010.

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. 1999. El cultivo del mango. Mundi-Prensa. Madrid. Barcelona. España. 298 p.

Higuera-Ciapara, L. y L.O. Noriega-Orozco. 2000. Mandatory aspects of the seafood HACCP system for the USA, Mexico and Europe. Food Control 11:225-229.

Galán, S. V. 2000. The mango in Latin America. Acta Horticulturae 509(1):123-131.

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.

Hofman P.J., Jobin-Décor M., Meiburg G.F., Macnish A.J. and Joyce D.C. 2001. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. Australian Journal of Experimental Agriculture 41:567-572.

Jiang Y. and Joyce D. 2000. Effects of 1-methylcyclopropene alone and in combination with polyethylene bags on the postharvest life of mango fruits. Ann. Appl. Biol. 137(3):321-327.

Kader A.A. 1985 Quality Factors: Definition and Evaluation for Fresh Horticultural Crops. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California-Davis. 13-7.

Kader, A. A. 1992. Postharvest Biology and Technology: An overview p. 15-20. In A.A. Kader (Ed). Postharvest Technology of Horticultural Crops Publication 3311. University of California Oakland, CA.

Kane O.M., Boulet M., y Castaigne F. 1982. Effect of chilling injury on texture and fungal rot of mangoes (*Mangifera indica* L.). Journal of Food Science 47:992-995.

Kaur, A., Ha, C.O., Jong, K., Sands, V. E., Chan, H.T. Soepadmo, E. and Ashton, P.S. 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., Bhogal M. y Reynolds S.B. 1986. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit (*Mangifera indica* var. Tommy Atkins). Ann. Appl. Biol. 109:651-656.

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

Mora, M. J., Gamboa, P. J. y Elizondo, P. R. 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.; De los Santos, R. de la F.; Becerra, L.E.N.; Cabrera, M.H.; Ortega, Z.D.A. y Angel del, P.A.L. 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.

National Mango Board. 2012. www.mango.org

Nieto A., D., Téliz O., D., y Noriega C., D. 1997. Enfermedades del mango en postcosecha. En: Báez-Sañudo (Comp.) Manejo Postcosecha del Mango. Empacadoras de Mango de Exportación, A.C. ISBN 970-91939-0-2. p. 87-92.

Ontiveros-Nuño, S.M. 1997. Procedimientos necesarios para la exportación. En: Báez-Sañudo (Comp.) Manejo Postcosecha del Mango. Empacadoras de Mango de Exportación, A.C. ISBN 970-91939-0-2. Pp 85.

Ontiveros N., S. 2004. Manual de buenas prácticas agrícolas y de manejo para el cultivo y empaquetado de mango fresco de exportación en la región de Tomatlán, Jalisco. 143 p.

Ornelas S., T.; Romo L., J.C. y Samayoa A., I. 2000. Manual HACCP para mango de exportación con tratamiento hidrotérmico. Memorias del II Simposium Latinoamericano del mango. Junio 5-8, 2000. Mazatlán, Sinaloa, México.

Osuna García J.A. y Beltrán T. 2002. SmartFresh™ (1-MCP) for extending the postharvest quality of mangoes, under semicommercial conditions in Mexico. Proceeding of the VII International Mango Symposium. Septiembre 22-27. Recife, Brasil. p. 328.

Osuna García J.A. y Beltrán J.A. 2004. El SmartFresh™ (1-MCP): Una nueva tecnología para exportar mango 'Kent' a Europa o Japón. Desplegable técnica No. 1. Centro de Investigaciones del Pacífico Centro. C.E. Santiago Ixc. 2 p.

Osuna-García J.A. y Muñoz-Ramírez A. 2004. Estrategia de Transferencia de Tecnología del SmartFresh™ (1-Metilciclopropeno) en mango Kent para exportación. Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología. Tepic, Nayarit, México. 11 p.

Osuna García J.A., Beltrán J.A. y Urías-López M.A 2005. Influencia del 1-Metilciclopropeno (1-MCP) sobre la vida de anaquel y calidad de mango para exportación. Revista Fitotecnia Mexicana 28(3):271-278.

Osuna García J.A. 2006. Validación semicomercial del SmartFresh™ (1-MCP) en mango 'Kent' y 'Keitt' para exportación. Congreso de Ciencia y Tecnología Nayarit. 256-264.

Osuna-García J.A., Ortega Z., D.A., Cabrera M., H. y Vázquez V., V. 2007. El uso de Unidades Calor como una tecnología viable para determinar momento óptimo de cosecha en el mango Ataulfo. Revista Ecotech Agosto/Septiembre p. 12-13.

Osuna-García J.A., Pérez-Barraza M.H., Vázquez-Valdivia V., Beltrán J.A. 2009. Methylcyclopropene (1-MCP), a new approach for exporting 'Kent' mangos to Europe and Japan. Acta Horticulturae 820:721-724.

Osuna García, J. A., Y. Nolasco González, L. Ortega Navarrete, R. Sánchez Lucio y M. L. Guzmán Robles. 2011. Aplicación de sistemas de reducción de riesgos de contaminación en frutales y hortalizas en Nayarit. INIFAP, CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico No. 17, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 136 p.

Paulin, Nava, T. 2000. Situación y perspectivas del mango en México. Memorias del II Simposium Latinoamericano del mango. Junio 5-8, 2000. Mazatlán, Sinaloa, México.

Pelayo, Z. C. 1992. Pérdidas de postcosecha: Significancia, estimación y control p. 27-36. In: E.M. Yahía e I. H. Ciapara (Eds) Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas. Ed. Limusa, México, D.F.

Penchaiya P., Jansasithorn R. and Kanlavanarat S. 2006. Effect of 1-MCP on physiological changes in mango 'Nam Dokmai'. Acta Horticulturae 712:717-722.

Pereira-Bomfim M., Pereira-Lima G.P., Rebouças-São José A., Vianello F., Manoel de Oliveira L. 2011. Post-harvest conservation of 'Tommy Atkins' mangoes treated with 1-metilciclopropeno. Rev. Bras. Frutic. 33(1):290-297.

Salunkhe, D.K. y Desai, B.B. 1984. Postharvest Biotechnology of Fruits. Vol. I. CRC Press, Inc. Boca Ratón, FL.

SENASICA/DGIAAP. 2010. Lineamientos Generales para la operación y certificación de sistemas de reducción de riesgos de contaminación en la producción primaria de alimentos de origen agrícola. Anexo Técnico1 Requisitos Generales para el Reconocimientos y certificación de Sistemas de Reducción de Riesgos de contaminación en la Producción Primaria de alimentos de origen agrícola. 51 p.

Silva S M.; Santos, E C.; Santos, A F.; Silveira, I R.; Mendonca, R M, and Alves, R. E. 2004. Influence of 1-Methylcyclopropene on postharvest conservation of exotic mango cultivars. *Acta Hort.* 645:565-572.

Siller, C.J.H 1995. Irradiación de alimentos. *Horticultura Mexicana.* 3(1):67-75.

Singer D.D. 1980. Postharvest food losses. World overview. *Prog. Food nutr Sci.* p. 43-49.

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

Sisler E.C. and Serek M. 1997. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptor level: Recent developments. *Physiologia Plantarum.* 100(3):577-582.

Statistics Canada, 2011. A Snapshot of the Canadian Industry 2009. www.agr.gc.ca/fruit-industry.

Tongumpai, P. 1998. Flower induction on mangoes. *Memorias del Foro Internacional de mango y otras frutas tropicales.* Mazatlán, México. 16-17 de febrero de 1998.

USDA Foreign Agricultural Service. Three years trends for U.S. mango imports. 2012. <http://www.fas.usda.gov>.

Vázquez-Valdivia, V., Salazar-García, S. and Pérez Barraza, M. H.. 2000. 'Esmeralda' interstocks reduce 'Ataulfo' mango tree size with no reduction in yield: Results of de first five years. *Acta Hort.* 509:291-296.

Wong- U.J.M., Ontiveros-N.S., Avena-B. R., Ponce de León- G.L., Bósquez- M.E., Cruz-G.L.A. y Baez-Sáñudo R. 1997. La industria mexicana del mango: compromiso de calidad. *Horticultura Mexicana* 5(2): 234-238.

Whitmore, T. C. 1975. *Tropical Rainforest of the Far East,* Clarendon, Oxford.

Young, T.W. 1957. "Soft nose", a physiological disorder in mango fruit. *Proc. Fla. St. Hortic. Soc.* 70:280-283.

Yahia, E.M. e Higuera, C.I. 1992. *Fisiología y Tecnología Postcosecha de Productos Hortícolas.* Ed. LIMUSA. 303 p.

Yahia, E.M. 1998. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Horticultural Reviews* 22:123-183.

Young, T.W., Koo, R. C. J. and Miner, J.T. 1962. Effect of nitrogen, potassium and calcium fertilization on Kent mangoes in deep, acid and sandy soil. *Proc. Fla. St. Hortic. Soc.* 75:364-371.

Yuniarti and Santoso, P. 2000. Mango production and industry in Indonesia. *Acta Horticulturae* 509(1): 51-57.