



DOCTORADO EN BIOLOGÍA EXPERIMENTAL
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA-
IZTAPALAPA

Efecto del uso del portainjerto Criollo y grado de desarrollo
precosecha en la infestación por mosca de la fruta
(*Anastrepha obliqua*) en mango (*Mangifera indica*) cv
Manila

M. en C. ALMA VÁZQUEZ LUNA

CODIRECTORES:

DRA. LAURA J. PÉREZ FLORES.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA SALUD UAM-IZTAPALAPA

DR. RAFAEL R. DÍAZ SOBAC.

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS/ FACULTAD DE QUÍMICA

FARMACÉUTICA BIOLÓGICA. UNIVERSIDAD VERACRUZANA.

ASESOR:

DR. FERNANDO RIVERA CABRERA.

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA SALUD, UAM-IZTAPALAPA

México, D.F., Octubre 2011

Esta tesis se realizó en el laboratorio de Biología y Química Molecular del Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana, y en el laboratorio de Fisiología, Bioquímica y Biología Molecular en Plantas del Departamento de Ciencias de la Salud, División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa, bajo la codirección del Dr. Rafael R. Díaz Sobac y la Dra. Laura J. Pérez Flores, y la asesoría del Dr. Fernando Rivera Cabrera.

COMITÉ TUTORIAL

CODIRECTORES

Dra. Laura J. Pérez Flores
Departamento de Ciencias de la Salud. UAM-I
laujperez@yahoo.com.mx

Dr. Rafael R. Díaz Sobac
Instituto de Ciencias Básicas/Facultad de Química Farmacéutica Biológica
Universidad Veracruzana
radiaz@uv.mx

ASESOR

Dr. Fernando Rivera Cabrera
Departamento de Ciencias de la Salud. UAM-I
ferivera2323@yahoo.com

Los miembros del jurado de examen, designados por el posgrado en Biología Experimental, abajo firmantes aprobaron la tesis **“Efecto del uso del portainjerto Criollo y grado de desarrollo precosecha en la infestación por mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua*) en mango (*Mangifera indica*) cv Manila”**. Por Alma Vázquez Luna quien realizó la disertación pública el 24 de Octubre del 2011, en las instalaciones de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa.

Presidente



DR. FERNANDO DÍAZ DE LEÓN SÁNCHEZ

Secretario



DRA. HELIA REYNA OSUNA FERNÁNDEZ

Vocal



DR. FERNANDO RIVERA CABRERA

Vocal



DRA. ZAIRA JULIETA DOMÍNGUEZ ESQUIVEL

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por haberme otorgado una beca, la que me permitió realizar esta investigación, para obtener el grado de Doctor en Biología Experimental.
Becario 192870

A la Universidad Autónoma Metropolitana por permitirme realizar mis estudios de Doctorado correspondientes en Biología Experimental.

A la Universidad Veracruzana mi Institución durante 23 años, por darme las facilidades y el apoyo necesarios para haber realizado el posgrado.

A los Doctores Laura J. Pérez Flores y Dr. Fernando Rivera Cabrera por brindarme su apoyo y tiempo incondicionales, para que pudiera desarrollar este Doctorado.

A mis sinodales Dr. Fernando Díaz de León, Dra. Reyna Osuna y Dra. Zaira Domínguez, por sus invaluable aportaciones, disponibilidad y tiempo, para revisar y corregir este trabajo.

Al Dr. Raúl Arias Lobillo por su apoyo incondicional para realizar este proyecto y creer que podía hacer algo diferente por mi Institución.

DEDICATORIAS

A Dios por darme la oportunidad de llegar a este momento y por la vida que me ha dado.

Dedico con mucho amor a mi esposo y tres hijas este trabajo porque sin ellos no habría alcanzado este objetivo, gracias por el tiempo que era para ustedes y que tuve que dedicar a el posgrado. Gracias infinitas por creer en mi.

A mi papá y mi mamá por formarme como una persona con principios e iniciativa, dispuesta a afrontar los retos que se me han presentado.

A mis hermanos, cuñados y sobrinos, por darme el apoyo moral e incentivo emocional para seguir adelante.

A todas aquellas personas que contribuyeron a mi formación académica y personal.

ÍNDICE	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	8
2. ANTECEDENTES	10
2.1 Características generales de la producción de mango.....	10
2.2 Características generales del cultivo de mango.....	11
2.2.1 Floración.....	11
2.2.2 Crecimiento y desarrollo.....	13
2.3 Composición.....	14
2.4 Características de cultivo por injerto.....	16
2.5 Problemática del cultivo de mango.....	18
2.6 Características generales de la mosca de la fruta (<i>Anastrepha obliqua</i>).....	20
2.7 Susceptibilidad de los frutos a la infestación por moscas de la fruta.....	21
2.7.1 Detección y técnicas de control.....	21
2.8 Aspectos químicos y fitoquímicos asociados a la infestación del fruto por moscas de la fruta.....	23
2.9 Actividad funcional de biomoléculas de frutas y hortalizas.....	24
2.9.1 Tipos de acción insecticida desarrollada de manera natural en especies frutales.....	25
2.9.2 Descripción de biomoléculas reportadas con actividad insecticida.....	26
3. JUSTIFICACIÓN	33
4. OBJETIVOS	35
4.1 General.....	35
4.2 Específicos.....	35
5. HIPÓTESIS	36
6. MATERIALES Y MÉTODOS	37
6.1 Material Biológico.....	37
6.1.1 Recolección de muestras en campo.....	37
6.1.2 Diseño experimental.....	38
6.1.3 Análisis de datos.....	38
6.2 Metodología.....	38
6.2.1 Evaluación del crecimiento y desarrollo precosecha...	38
6.2.2 Identificación y cuantificación de volátiles.....	42
6.2.3 Identificación y cuantificación de compuestos fenólicos.....	42
6.2.4 Análisis de infestación por mosca de la fruta <i>Anastrepha obliqua</i>	44
6.2.5 Actividad larvicida de los extractos metanólicos.....	44

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
7.1 Características físicas de crecimiento y desarrollo precosecha	45
7.2 Características químicas precosecha.....	52
7.3 Identificación y cuantificación de volátiles.....	56
7.4 Identificación y cuantificación de compuestos fenólicos.....	63
7.5 Análisis de infestación por mosca de la fruta <i>Anastrepha</i> <i>obliqua</i>	69
7.6 Actividad larvica de los extractos metanólicos.....	72
8. CONCLUSIONES	74
Perspectivas.....	76
9. REFERENCIAS	77

ABREVIATURAS

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

FAO: Food and Agricultural Organization

DGSV: Dirección General de Sanidad Vegetal

USDA: United States Department of Agriculture

MIP: Manejo Integrado de Plagas

MOSCAMED: Campaña Nacional contra Moscas de la Fruta

IES: Instituciones de Educación Superior

COVECA: Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria.

PVI'S: Puntos de Verificación e Inspección Sanitaria

GC/EM: Cromatografía de Gases/ Espectrometría de Masas

SST: Sólidos Solubles Totales

DIE: Detector de Ionización Electrónica

HPLC: Cromatografía de Líquidos de Alta Resolución

SIAP: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

SENASICA: Servicio Nacional de Seguridad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agropecuarias y Pesqueras.

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 1. Representación gráfica de la medición de la longitud del pedúnculo a la punta (a) y del ancho (b), de los frutos de mango (<i>Mangifera indica</i> L.) estudiados.	39
Figura 2. Representación gráfica de la medición longitud del costado (c) de los frutos de mango (<i>Mangifera indica</i> L.) estudiados.	40
Figura 3. Variación en el peso fresco durante el desarrollo precosecha frutos de mango (<i>Mangifera indica</i> L.) estudiados.	45
Figura 4. Variación del peso seco durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	46
Figura 5. Volumen durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	48
Figura 6. Variación de la firmeza durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	49
Figura 7. Variación en h° (ángulo hue) durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	51
Figura 8. Variación en el pH durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	53
Figura 9. Variación en los Sólidos Solubles Totales (SST), durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	54
Figura 10. Variación en el porcentaje de acidez, durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	55
Figura 11. Cromatogramas obtenidos para la identificación de volátiles en fruto entero de mango Manila (a), Criollo (b) e injerto de Manila en Criollo (c) a los 37 días de desarrollo precosecha.	57
Figura 12. Cromatogramas obtenidos para la identificación de volátiles en fruto entero de mango Manila (a), Criollo (b) e injerto de Manila en Criollo (c) a los 79 días de desarrollo precosecha.	58
Figura 13. Cromatogramas obtenidos para la identificación de volátiles en fruto entero de mango Manila (a), Criollo (b) e injerto de Manila en Criollo (c), a los 86 días de desarrollo precosecha.	59

Figura 14. Variaciones en los niveles de α -pineno, β -mirceno, 3-careno y limoneno durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	62
Figura 15. Espectros de absorción obtenidos de extractos metanólicos de cáscara y pulpa de frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	64
Figura 16. Concentración de fenoles totales en cáscara de frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante su desarrollo precosecha.	65
Figura 17. Concentración de fenoles totales en pulpa de frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante su desarrollo precosecha.	66
Figura 18. Cromatogramas obtenidos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) para los estándares de mangiferina (a), quercetina (b) y catequina (c).	68
Figura 19. Concentración de los principales flavonoides en los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante el desarrollo precosecha.	69
Figura 20. Porcentaje de actividad larvicida de los extractos metanólicos (50 y 100 μ L) de la pulpa de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante el desarrollo precosecha.	72

ÍNDICE DE TABLAS	Pág.
Tabla 1. Composición nutrimental de mango por 100g de porción comestible.	15
Tabla 2. Perfil e identificación de volátiles para frutos enteros de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.	62
Tabla 3. Número de larvas encontradas en frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante el desarrollo precosecha.	70

INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es uno de los frutos de mayor importancia comercial a nivel mundial. En México, las variedades cultivadas por su importancia comercial son Haden, Kent, Tommy Atkins, Keitt, Alfonso, Ataulfo y Manila. El estado de Veracruz es el mayor productor de mango Manila en México. En 25,550 ha se obtiene una producción promedio anual de 129,216 toneladas, de las cuales, su destino principal es el mercado nacional, para su consumo en fresco y solo un 20% se industrializa. A pesar de ser apreciado comercialmente por sus características organolépticas, el mango Manila no es considerado para su exportación, debido a la alta susceptibilidad que presenta a la infestación por mosca de la fruta *Anastrepha obliqua* y *A. ludens*. Aun cuando se siguen y atienden campañas de control fitosanitario establecidas por organismos como la Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Dirección General de Sanidad Vegetal (DGSV) el problema persiste. Entre otras causas se puede mencionar la disponibilidad permanente, durante todo el año de distintos frutos hospederos que pueden ser infestados por moscas (SAGARPA, 2010). Además, los métodos de control biológico y por colocación de trampas están fundamentados en el conocimiento de los ciclos de reproducción y vida del insecto, y no consideran las etapas de crecimiento y desarrollo precosecha de los frutos. Este conocimiento es necesario para poder determinar tanto las características físicas y de composición química del fruto, como la pertinencia de los métodos de control fitosanitario. Esto debido a que los frutos sintetizan de manera natural, durante su desarrollo, diversos metabolitos secundarios, tales como volátiles y compuestos fenólicos, que pueden ejercer efectos tanto de atracción como de defensa hacia las moscas. La biosíntesis de estos compuestos, disminuye durante las etapas de maduración previa a la cosecha y durante la etapa poscosecha. Adicionalmente a la problemática antes descrita, el cultivo intensivo del mango en Veracruz ha generado que los productores realicen la propagación asexual de éste, a través de técnicas de injerto, donde el mango Criollo se ha usado como porta injerto de la variedad Manila. Los frutos del cultivar resultante se comercializan de manera no diferenciada bajo la denominación Manila, sin considerar los efectos que el

portainjerto pueda generar en los patrones de crecimiento, desarrollo precosecha y susceptibilidad al ataque de la mosca de la fruta y en la respuesta a tratamientos pre y poscosecha para asegurar la calidad fitosanitaria. Por lo tanto, es importante caracterizar y estudiar las etapas de desarrollo y crecimiento precosecha y su relación con las características físicas, de composición química y de biomoléculas funcionales, en frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, con el propósito de establecer el efecto del portainjerto en las posibles relaciones entre la susceptibilidad a la infestación, la fase de desarrollo y la composición del fruto, lo cual permitiría complementar los esfuerzos realizados a través de las campañas fitosanitarias, que como se mencionó anteriormente, están basadas solo en las características biológicas de los insectos.

2. ANTECEDENTES

2.1 Características generales de producción de mango

A nivel mundial, el mango (*Mangifera indica L.*) se considera dentro del grupo de frutos con mayor preferencia para su consumo en fresco, debido a su atractivo color, sabor y aroma agradables y excelentes propiedades nutrimentales que lo hacen un fruto ampliamente consumido. En los últimos tres años los principales países productores a nivel mundial fueron India, China, Tailandia, Indonesia, México, Pakistán, y Brasil con promedios de volumen producido de 13,649,400 ton; 3,976,716 ton; 2,374,165 ton; 2,013,123 ton; 1,855,359 ton; 1,753,686 ton; 1,154,649 ton; respectivamente. El principal exportador a nivel mundial es India con el 26%, mientras que México ocupa el segundo lugar con el 24% del total (FAOSTAT, 2010). En México, la estacionalidad de la producción es entre febrero y agosto, y las variedades cultivadas por su importancia comercial son Ataulfo, Haden, Kent, Tommy Atkins, Keitt, Criollo, y Manila, siendo Sinaloa (334,292 ton), Guerrero (297,646 ton), Nayarit (243,183 ton), Chiapas (149,394 ton), Michoacán (133,248 ton) y Veracruz (129,216 ton) los estados con mayor producción de las variedades antes mencionadas (SAGARPA, 2010).

En el estado de Veracruz, el 85% de las plantaciones de mango son de la variedad Manila y su destino principal es el mercado nacional, ya que es muy apreciado comercialmente por sus características organolépticas de sabor, aroma, color y firmeza, (Laborem y col., 2002; Pino y col., 2005; Vázquez-Valdivia y col., 2005). Esta especie frutícola actualmente se cultiva en 61 municipios del estado de Veracruz, en sitios que tienen de 10 a 1,500m de altitud, aunque el 93% de la superficie plantada se ubica a menos de 500m sobre el nivel medio del mar (Martínez-Fonseca y col., 2007). En algunos municipios como el de Jalcomulco, se cultivan además del mango Manila, mango Criollo y un injerto de ambos, los cuales se venden indistintamente al consumidor como mango Manila, debido a que poseen características fenológicas parecidas.

2.2 Características generales del cultivo de mango

El mango pertenece a la familia *Anacardiaceae*, al género *Mangifera* y a la especie *indica*, es un fruto climatérico y su tamaño puede oscilar entre 5 y 30cm (Lira y col., 2007). Existen variedades conocidas comercialmente, que se clasifican de manera empírica en rojas, que agrupan a mangos Edward, Haden, Kent, Tommy Atkins, Zill y Keit; variedades verdes, donde se ubican Alfonso, Julia y Amelia; y variedades amarillas, donde se encuentran el mango Ataulfo y el Manila (Mukherjee, 1997).

El mango 'Manila' es de forma elíptica, de cáscara delgada, pulpa color amarillo-naranja, firme, dulce y con bajo contenido de fibra. Por su agradable sabor, esta variedad es ampliamente aceptada en el mercado nacional, destinándose al consumo en fresco y la industria. Es considerada la tercera más redituable después de Haden y Tommy Atkins, debido a que su rendimiento por árbol es de aproximadamente 150-200 Kg de fruto, así como a la gran aceptación en el mercado del consumo en fresco (Mukerjhee 1997; Laborem y col., 2002; Lira y col., 2007).

2.2.1 Floración

La etapa de floración del mango está determinada principalmente por las condiciones climatológicas (temperatura y humedad), así como por el uso de fertilizantes y aceleradores de la maduración. La floración normal de mango se presenta durante los meses de diciembre y febrero en las regiones productoras de características tropicales y subtropicales. En el mango puede haber flores hermafroditas ó hermafroditas y estaminadas. Las flores hermafroditas conocidas también como flores perfectas, son anatómicamente completas, poseen estambres y pistilos adecuadamente desarrollados y las estaminadas, llamadas igualmente flores masculinas, sólo tienen desarrollados en forma adecuada los estambres. Las flores se localizan en panículas que son ramificadas y contienen entre 300 y 7,000 flores cada una. Las inflorescencias nacen normalmente de las yemas terminales en brotes de un año. Cuando estas yemas son destruidas o han producido panículas donde por alguna razón

no se ha formado fruto suelen crecer otras panículas a partir de las yemas laterales más cercanas al ápice y constituyen lo que se llama la segunda floración. Las flores son muy susceptibles al frío. Temperaturas próximas a 0°C causan fuertes daños a los brotes y detienen el crecimiento. Temperaturas inferiores a la antes mencionada afectan a plantas adultas y matan a las jóvenes (Escobedo, 2003). Diversos estudios concuerdan en que el estrés provocado por temperaturas menores o iguales a 19°C son determinantes para la inducción e iniciación floral en mango, y que el periodo mínimo que se requiere en estas temperaturas para que la floración ocurra es entre 21 y 30 días (Pérez y col., 2006; Davenport, 2007). La adecuada floración de mango requiere de aportes importantes de agua principalmente a través de riego, el estrés hídrico generado por deficiencia en la humedad del suelo genera floraciones deficientes, así como una humedad relativa baja en el ambiente provoca floraciones heterogéneas (Mosqueda y col., 1996).

El mango Manila es uno de los árboles de frutas tropicales con mayor manipulación floral. Los productores se han interesado en obtener cosechas tempranas debido a que los precios del fruto son más altos durante los meses de Marzo y Abril. Los estudios de Nuñez y col. (1993), indican que la aplicación de productos químicos y hormonas reguladoras del crecimiento en plantas, favorecen la inducción de la floración. El cultar ó paclobutrazol (PBZ) promueve la floración temprana en mango. La aplicación por aspersión de este compuesto genera que el tiempo requerido para que emerjan los brotes, sea más corto, que se incremente el número de brotes en tallos jóvenes y que se reduzca el follaje. En algunos huertos además del paclobutrazol se aplican sales de nitrato al follaje para estimular la iniciación de los brotes, algunas veces sucede que el periodo de floración puede extenderse por el estrés de agua en el medio en el que se desarrolla la planta o por bajos niveles de nitrógeno en el suelo (Osuna-Enciso y col., 2000; Pérez y col., 2006). También se han utilizado giberelinas para regular la iniciación floral en los árboles de mango. La respuesta de las yemas apicales de mango a la aplicación exógena de las giberelinas depende del estado de desarrollo de la yema, la dosis y la época de aplicación (Pérez-Barrasa y col., 2008).

2.2.2 Crecimiento y Desarrollo

El crecimiento y desarrollo precosecha del mango se lleva a cabo con base en dos procesos fundamentales: la división celular; que promueve el incremento del número original de células; y el alargamiento celular; que genera el incremento en el tamaño de las células. El crecimiento del fruto, está determinado por factores endógenos como la regulación genética y fisiológica propia, y se expresan con intensidad variable de acuerdo a condiciones ambientales tales como la temperatura la disponibilidad de agua, la humedad relativa e intensidad de la luz (Lechaudel y col., 2007).

El crecimiento y desarrollo precosecha de los frutos de mango se caracteriza por presentar tres etapas identificables a través del tiempo mediante un gráfico de tipo sigmoideal (Castro-Neto y Reinhardt, 2003). En las dos primeras etapas de crecimiento, se presenta un periodo corto de tiempo para la división celular y posteriormente la elongación de las células caracterizada por una gran acumulación de agua que resulta del balance entre los flujos del floema y el xilema, además de otros externos como la transpiración (Lechaudel y Joas, 2007).

La tercera etapa, se identifica por una alta actividad metabólica que genera cambios importantes en la composición del fruto y una posterior reducción progresiva del crecimiento hasta la maduración para el corte. El aumento de volumen característico de la tercera etapa de desarrollo precosecha, es el resultado de los procesos de división celular, alargamiento celular y expansión de los espacios intercelulares (Lechaudel y col., 2007). Las dimensiones finales, características de los frutos frecuentemente son alcanzadas antes de que todos los otros procesos de maduración se hayan completado (Escobedo, 2003). El crecimiento del fruto dependerá de la cantidad de carbohidratos disponibles en el sistema integrado de las hojas y ramas (Urban y col., 2006). Spreer y col., en el 2007 observaron que si la concentración de carbohidratos disponibles disminuía, el crecimiento del fruto en términos de masa seca también se veía reducido. Adicionalmente, encontraron que los frutos más grandes provienen de las ramas con una relación más alta de carbono hoja-fruto.

A pesar de que el conocimiento de las etapas y características del crecimiento y desarrollo precosecha del mango, se ha establecido como factor clave, no sólo para estimar los tiempos adecuados de corte y la posterior calidad poscosecha (Kader, 2008), sino también para determinar los efectos de las técnicas de fertilización, poda, aplicación de reguladores de crecimiento, necesidades de suministro de agua y aplicación de métodos de control fitosanitario (Guzmán-Estrada y col., 1997); para el caso de la variedad Manila y cultivares de morfología similar los estudios son muy limitados.

2.3. Composición

La parte comestible del fruto comprende entre el 60 y el 75% del fruto. La composición nutrimental se presenta en la Tabla 1. El componente mayoritario es el agua con un 81.8g/100g de pulpa. El mango es rico en minerales y carotenoides, los cuales aumentan conforme incrementa su madurez por lo que se considera una buena fuente de provitamina A (COVECA, 2010). Los cambios en el color del fruto se presentan como consecuencia de la degradación de la clorofila y la manifestación o la síntesis de los carotenos.

Firmeza, las variaciones en este aspecto se refieren a una pérdida de la rigidez o firmeza, que representan el ablandamiento que experimentan la mayoría de los frutos durante el proceso de maduración, el cual ocurre como resultado de modificaciones en la concentración y composición de polisacáridos, principalmente celulosa, pectina y almidón, que al ser hidrolizados por acción de α y β amilasas, celulasas y pectinesterasas, afectan la matriz químico-estructural y en consecuencia la estructura física y química de los componentes celulares.

Sabor, la percepción del gusto típico en la madurez de los frutos se debe a la combinación de muchas sustancias. De éstas, las más importantes son, azúcares (glucosa, fructosa y/o sacarosa), ácidos orgánicos (cítrico) y compuestos astringentes (taninos o flavonoides) (Escobedo, 2003). Adicionalmente, se han identificado en la composición del mango metabolitos secundarios como terpenos, flavonoides, fenoles entre otros, que contribuyen al

aroma y sabor, y que además desarrollan diversas actividades biológicas, como mecanismos de defensa naturales ó atrayentes.

Tabla 1. Composición nutrimental de mango por 100 g de porción comestible.

Agua	81.8 g
Proteínas	0.5 g
Grasas	0.4 g
Carbohidratos	16.4 g
Fibra	0.1 g
Cenizas	0.4 g
Calcio	10.0 mg
Fósforo	14.0 mg
Hierro	0.4 mg
Vitamina A	1,100 UI
Tiamina	0.04 mg
Riboflavina	0.07 mg
Niacina	0.04 mg
Acido ascórbico	80.0 mg

Fuente: COVECA, 2010.

Se han identificado en frutos de mango alrededor de 300 compuestos volátiles en forma libre y alrededor de 70 glucosilados, su concentración total oscila entre 18 μ g/Kg y 123mg/Kg (Pino y col., 2005). El aroma del mango depende de la variedad, etapa de madurez y parte del fruto analizada. El metabolismo de lípidos es el que contribuye principalmente a estos cambios, algunos ésteres de los ácidos fórmico, acético, caproico y caprílico, así como algunas lactonas son reportados como compuestos importantes en el aroma del mango. Por otra parte, resultados obtenidos por diversos autores indican que los compuestos monoterpénicos y sesquiterpénicos son los compuestos más importantes presentes en el mango (Idstein y Schreier, 1985; Macleod y Pieris, 1985; Koulibaly y col., 1992; Pino y col., 2005). Pino y col. (2005) determinaron en un estudio realizado en 20 variedades de mango que se

cultivan en Cuba, que los terpenos que se presentaron en mayor concentración fueron 3-careno, limoneno, terpinoleno y α -felandreno. Los estudios realizados han sido en la pulpa o en la cáscara del fruto usando diferentes métodos de extracción, en fruto completo no se ha reportado el contenido de volátiles ni las variaciones en el contenido de los mismos durante el desarrollo precosecha del fruto (Macleod y De Troconis, 1982; Engel y Tressi, 1983; Pino y col., 1989; 2005).

El mango también contiene flavonoides, los cuales en años recientes se han reconocido como metabolitos secundarios de importancia en la dieta humana por poseer actividad antioxidante que da beneficios a la salud, sin embargo, debido a su gran diversidad se sugiere que pueden tener otro tipo de actividad biológica en las plantas (Merken y Beecher, 2000; Merken y col., 2001). El contenido de compuestos antioxidantes de naturaleza fenólica en cáscara ha sido reportado recientemente para la variedad Tommy Atkins (Schieber y col., 2000; Schieber y col., 2003). En el 2005, Berardini y col., reportaron el contenido de compuestos fenólicos para 14 variedades de mango provenientes de Tailandia, Perú y Brasil, entre las que se encontraba Manila. El contenido de mangiferina (1263.2 ± 197.2 mg/Kg) fue mayor para la variedad Tommy Atkins, el valor más alto de quercetina (1309.1 ± 26.0 mg/Kg) se encontró en Haden, los de caempferol (171.7 ± 8.8 mg/Kg) y ramnetina (374.4 ± 11.1 mg/Kg) en José. Las concentraciones encontradas en mango Manila para los mismos compuestos fueron: mangiferina 43.5 ± 9.8 , quercetina 145.96 ± 0.4 , caempferol 16.8 ± 1.1 y ramnetina 14.6 ± 1.7 mg/Kg.

El mango representa una importante fuente nutritiva por su contenido de vitaminas y minerales. La composición y valor nutritivo de la pulpa de mango, así como la posible utilización de la semilla del fruto como fuente de compuestos grasos han sido ampliamente estudiados (Lakshnminarayana y col., 1983; Koulibaly y col., 1992).

2.4 Características de cultivo por injerto

Los árboles de mango Manila son vigorosos y pueden alcanzar hasta 20m de altura. Las copas de los árboles tienden a desarrollar mucho follaje y

extender sus ramas, lo que origina baja población de árboles por unidad de superficie; y en pocos años las copas de los árboles se juntan, generando un sombreado excesivo y deficiente aireación que incrementa los problemas fitosanitarios, además de dificultar el manejo de la plantación y la cosecha, lo que incrementa los costos de producción, aunado a la disminución del rendimiento. Algunas de las técnicas empleadas para limitar el crecimiento de los árboles de mango Manila se basan en el uso de retardantes del crecimiento, la poda de la copa y la utilización de portainjertos de porte bajo. De estas técnicas, el uso de los portainjertos de porte bajo permite solucionar este problema de manera definitiva, aún cuando pudiera presentar la desventaja de que los resultados no fueran inmediatos (Agusti, 2004).

En árboles frutales se considera generalmente como una unidad individual, la combinación de dos partes provenientes de plantas distintas; el patrón, pie o portainjerto y el injerto, copa o cultivar. Cada una de estas partes, está conformada por material genético diferente, por lo que muchas veces se encuentran bioquímica y genéticamente habilitadas de distinta manera para el cumplimiento de determinada función. En consecuencia, las características intrínsecas de un frutal injertado serán las características de la combinación patrón-injerto, que a su vez es la sumatoria o resultante de mutuas influencias. Tanto el patrón como la copa mantienen individualmente, a través de toda su vida, su carga genética original, de manera que el fruto producido por una planta injertada tendrá las características propias de la especie y cultivar correspondiente a la planta madre de la cual se extrajeron las yemas, al margen del patrón sobre el cual se haya realizado el injerto. Sin embargo, existen influencias recíprocas entre el patrón y el injerto que pueden alterar algunos caracteres originales de una u otra parte de la planta, como por ejemplo entre las influencias más evidentes y fáciles de cuantificar del portainjerto sobre la copa, se pueden mencionar las siguientes:

a) Vigor y tamaño de la planta; reducen el tamaño de copa de las especies y/o cultivares injertados sobre ellos o también puede tener efecto enanizante en el árbol.

b) Precocidad en la fructificación; el tiempo que transcurre entre el injerto y el inicio de la producción, en algunos casos está influenciado por el patrón.

c) Calidad de la fruta; algunos aspectos de calidad, tanto interna como externa pueden ser alterados por influencia del patrón, dentro de la interna tenemos el porcentaje de pulpa, el de acidez o el de azúcares, con respecto a la externa tenemos el tamaño del fruto, el color y grosor de la cáscara (Escobedo, 2003).

El mango propagado por injerto es la mejor opción para su producción comercial, debido a que se mantienen las características genéticas de la variedad propagada y en consecuencia una producción homogénea del fruto (Rocha y col., 2006). Mosqueda y col. (1996) reportaron que el uso de porta injerto esmeralda en Manila redujo el tamaño del árbol. Vázquez-Valdivia y col. (2005) reportaron que el uso de este portainjerto en Ataulfo incrementó la producción de fruto por árbol.

2.5 Problemática del cultivo de mango Manila

Las principales debilidades que presenta la producción de mango Manila en Veracruz y algunos estados con menor producción, fueron reportadas por Zarazúa y Ponce (2006), quienes identificaron las siguientes:

1) Calidad heterogénea del fruto debido a la inadecuada atención en los procesos precosecha, que generan deficiencias fitosanitarias y daños físicos que impactan la adecuada comercialización.

2) Falta de una estrategia adecuada para mejorar la productividad, rentabilidad y calidad de los cultivos.

3) Escasa vinculación de los centros de investigación, las IES (Instituciones de Educación Superior) y productores, para la generación de innovaciones tecnológicas (mejoramiento genético y tecnología agrícola).

La calidad heterogénea del fruto de mango señalada en primer lugar, se ve incrementada debido a los daños físicos causados por plagas como las moscas de la fruta del género *Anastrepha*, y por el desarrollo de antracnosis, causado por el hongo *Colletotrichum gloeosporides*. Para el caso de la infestación por mosca de la fruta, su control debe considerarse desde dos campos diferentes. Por una parte, como un complicado proceso multifactorial que determina la presencia,

crecimiento y desarrollo de los insectos, que depende de condiciones climatológicas como humedad y temperatura y de las diferentes fuentes frutales de alimentación, disponibles casi todo el año, lo que permite a los insectos estar presentes y activos para una invasión constante. Por lo que los métodos de control, aunque sean flexibles, no funcionan de igual manera en todos los lugares de producción frutícola (Mata y Mosqueda, 1998; Manrhakan y Price, 1999).

En todos los estados productores de mango de México se han aplicado diversas estrategias y campañas para erradicar a la mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua*) siendo en la actualidad el Programa Regional Moscamed aplicado al Manejo Integral de la Plaga (MIP), el más importante programa de control fitosanitario que tiene como objetivo principal garantizar la protección y producción de mangos con calidad fitosanitaria competitiva en los mercados nacional y/o internacional, con lo que cumpliría con la Norma Oficial Mexicana NOM-023-FITO-1995 (SENASICA, 2010). En este programa se integran racionalmente actividades de trampeo, muestreo de frutos, aspersiones de cebos orgánicos selectivos, control mecánico, liberación de insectos estériles, control biológico, control legal y divulgación. Por sus características climatológicas y por la incidencia en el desarrollo de la mosca de la fruta, se considera a los estados de Chiapas, Tabasco y Veracruz como los sitios de mayor control y se han colocado aproximadamente 20,000 trampas. Sin embargo, el problema persiste, ya que en este programa no se considera el efecto de la madurez fisiológica del fruto, el cual determina las características físicas y de composición química del mismo, que pueden ser determinantes en el éxito de la infestación y desarrollo de las larvas del insecto.

En estudios previos realizados por el grupo de investigación se ha reportado que los frutos de mango de la variedad Manila son susceptibles a la infestación por mosca de la fruta a partir de los 80 días de desarrollo precosecha. En esta variedad se ha establecido de manera empírica como criterio de madurez de corte, el color de la cáscara del fruto cuando ésta pasa de verde oscuro a verde claro en el pedúnculo del fruto, ó en algunos lugares utilizan un sistema de densidad simplificado que consiste en sumergir los frutos en agua, si éstos flotan significa que están verdes y sí se sumergen están

maduros. El mango Manila alcanza la madurez de corte aproximadamente entre los 90 y 100 días de desarrollo precosecha (COVECA, 2010).

2.6 Características generales de la mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua*)

El género *Anastrepha* (Díptera: Tephritidae) es endémico de América y se encuentra distribuido en todo el continente principalmente en ambientes tropicales y subtropicales (Ovruski y col., 2000). De las 200 especies descritas a la fecha, las de mayor importancia son: *A. ludens*, *A. serpentina*, *A. striata* y *A. obliqua*, las cuales afectan unas 30 especies de frutas dentro de las que se encuentra el mango (Peña y col., 1998; Thomas 2001; Thomas, 2004; Malo y col., 2005). *Anastrepha obliqua* utiliza diversas especies de *Spondias* spp (*Anacardiaceae*) y al mango como fruto hospedero (Hernández-Ortiz, 1992). En el caso específico de mango variedad Manila se ha reportado que las moscas *A. ludens* y *A. obliqua*, son las especies que principalmente afectan la calidad precosecha en nuestro país (Aluja y col., 1996). Las moscas de las frutas al dañar frutos tropicales siguen un patrón que consiste en atacar los frutos, poco antes de alcanzar la madurez fisiológica. En este patrón de ataque, estas plagas no dañan los frutos cuando éstos están inmaduros (Greany y col., 1985; Hennessey y Schnell, 2001).

La mosca (*Anastrepha obliqua*) presenta una metamorfosis que implica cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. En general, una hembra cargada del género *Anastrepha* puede depositar de 15 a 19 huevecillos agrupados ó aislados según la especie. La oviposición puede ser en el epicarpio ó el mesocarpio de los frutos. En el caso de *A. obliqua* los huevos son puestos individualmente en el interior del fruto y el paso de huevo al primer estadio de larva puede durar de 2 a 20 días (Peña y col., 1998). Las larvas llegan a medir 7mm aproximadamente y el periodo para pasar por el segundo estadio y alcanzar el tercero dura de 2 a 3 semanas. Cuando el fruto cae al suelo las larvas lo horadan para enterrarse en la tierra y pasar a pupas. Finalmente, las pupas alcanzan el estadio adulto en un periodo de 2 semanas. El factor que más influye en el desarrollo de las larvas es la temperatura la cual debe ser de $27\pm 2^{\circ}\text{C}$ (Robacker y Fraser 2001; 2002).

2.7 Susceptibilidad de los frutos a la infestación por moscas de la fruta

La susceptibilidad a la infestación por moscas de la fruta, así como el comportamiento y la dinámica de población han sido ampliamente estudiadas en diversos frutos como: mango, guayaba, toronja y recientemente en algunas variedades de chile (Robacker y Fraser, 2002; Thomas, 2004; Robacker y Thomas, 2007). Se ha encontrado una gran variabilidad entre ellos, sin establecer alguna o algunas sustancias específicas que pudieran favorecer la oviposición (Thomas, 2004; Robacker y Thomas, 2007).

Se ha reportado que los frutos de mango son muy susceptibles a la infestación por mosca de la fruta durante el proceso de desarrollo precosecha. Sin embargo, en etapas inmaduras los frutos no son infestados (Hennesey y Schnell, 2001). En estudios realizados en zapote y guayaba se encontró que la ausencia de oviposición de las moscas de la fruta en frutos inmaduros, puede atribuirse a que las hembras son atraídas no solamente por el color de los frutos sino por la presencia de ciertos volátiles (Thomas, 2004; Malo y col., 2005). En el caso particular de guayaba, Malo y col. (2005) mezclaron ocho compuestos químicos (identificados previamente en el fruto): butirato de etilo, (E)3-hexenol, (Z)3-hexenol, hexanol, hexanoato de etilo, acetato de hexilo, butirato de 3-hexenilo y octanoato de etilo, observando que machos y hembras de *A. ludens* fueron más atraídos a septos de hule cargados con la mezcla de los 8 compuestos químicos, que cuando éstos se utilizaban individualmente. También observaron que a mayor concentración de volátiles, las moscas eran más atraídas.

2.7.1. Detección y Técnicas de control

Los mecanismos de detección de las moscas de la fruta son el muestreo de frutos y el trapeo. El muestreo consiste en la recolección de frutos para monitorear las poblaciones de estados inmaduros de la plaga en los mismos. En contraste, el trapeo es una actividad que permite detectar en un área determinada la presencia de una plaga, monitorear su población y proporciona la información necesaria para su control integrado. Las trampas McPhail con azúcares fermentados, levadura e hidrolizados de proteína han sido utilizadas durante muchos años para monitorear *Anastrepha*. Sin embargo, han

presentado diferentes problemas tales como; baja eficiencia en la captura de las moscas, dificultad en el manejo del contenido de la trampa y en algunos casos representan un costo elevado para los productores (Aluja, 1999; Malo y col., 2005).

Las principales técnicas de control son:

Control químico. Un componente importante dentro del manejo integrado de plagas es el control químico, comúnmente se ocupa malatión asperjado en bandas alternas. Sin embargo, ha resultado el más dañino para los seres humanos y para algunas especies de moscas es poco efectivo, debido a que se han vuelto resistentes al uso de este plaguicida (Peña y col., 1998; Aluja y Piñero, 2004).

Control mecánico. Se refiere a la captura directa con la mano o aparatos especiales de insectos dañinos. También se refiere a la eliminación de los órganos atacados en el frutal y al uso de trampas de diversos tipos para los insectos.

Control biológico. Surgió como una alternativa para reducir el uso de insecticidas sintéticos con el propósito de mantener las poblaciones de moscas de la fruta en niveles bajos. Consiste en la utilización de enemigos naturales como patógenos, depredadores y parasitoides. Comúnmente para la precosecha se utilizan parasitoides del género *Heminoptera* y para poscosecha un producto denominado Mangogreen cuyo principal agente es el microorganismo *Bacillus licheniformis* (Ovruski y col., 2000; Govender y col., 2005).

Control autocida. En México la técnica de utilizar moscas de la fruta estériles se usa para erradicar a la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata*) en la región del Soconusco en Chiapas y más recientemente se ha aplicado con la mosca mexicana de la fruta (*A. ludens*) en diferentes regiones del país. Este método es eficiente a bajas densidades de la plaga y se requiere previamente reducir el nivel de población mediante la liberación masiva de parasitoides ó de aplicaciones de insecticida-cebo.

Control legal. Un elemento esencial en todo programa de control fitosanitario son las medidas de tipo legal y se ejecutan a través de cuarentenas, permisos para movilización de frutas (guías fitosanitarias) certificados de origen, certificados de huertos, tratamientos poscosecha y casetas de control y vigilancia fitosanitaria (PVI'S).

Generalmente, los métodos de control se aplican combinados debido a que uno sólo no reduce el ataque de las moscas a las frutas. Comúnmente el control biológico va acompañado del autocida. Manrhakan y Price (1999) alternaron dos métodos uno mecánico (trampas impregnadas con metileugenol) y otro químico (malatión) en la isla Mauricius para tratar de controlar la mosca de la fruta que ataca a los mangos, observando que el número de moscas estuvo relacionado con la disponibilidad del hospedero.

2.8 Aspectos químicos y fitoquímicos asociados a la infestación del fruto por moscas de la fruta

En toronja se ha observado que el grado de infestación por mosca de la fruta puede ser generada por un estímulo asociado a la posible presencia de volátiles que pueden ser atrayentes para las moscas en estado adulto, o bien a que la cantidad emitida no es suficiente para rebasar el umbral mínimo de estímulo para que las hembras inicien la oviposición (Robacker y col., 1990).

A su vez, se ha sugerido que la capacidad de los huevos y larvas de *A. obliqua* de sobrevivir dentro del fruto podría estar correlacionada con las características químicas-bioquímicas del fruto que son las que determinan el éxito de la infestación, de acuerdo a lo observado con otras especies de mosca. La susceptibilidad a la infestación de mangos por *A. obliqua* puede ser causada por diferencias en las concentraciones de compuestos tóxicos, nutrientes o productos de resina en los frutos (Peña y Mohyuddin, 1997).

Los sistemas de manejo integrado de plagas contemplan la generación de genotipos de mango más resistentes al ataque por la mosca del caribe

mediante el mejoramiento genético usando germoplasma altamente resistente (Hennessey y Schnell, 2001).

En naranjas se ha demostrado que la infestación por la mosca de la fruta del caribe depende de la textura de la cáscara del fruto, entre más suave, se vuelve más susceptible (Levinson y col., 2003). En limón se ha correlacionado la susceptibilidad a la infestación con el color de la cáscara, la resistencia a la penetración, el contenido de aceites esenciales y el contenido de limonina, así como con la presencia de flavonoides específicos como la flavanona eriodictiol y sus glucósidos eriodictina y neoeriocitrina (Greany y Shapiro, 1993).

Se ha considerado que la susceptibilidad de la toronja al ataque de *Ceratitis capitata* puede estar parcialmente asociada con el ablandamiento de la piel y con la disminución de la elasticidad y la resistencia mecánica del albedo. Sin embargo, en relación a la composición de los frutos, se determinó que a pesar de haber correlación entre el contenido de linalol de la cáscara y los azúcares, éstos no parecen tener una correlación significativa con la susceptibilidad a la infestación (Greany y col., 1985; Greany y Shapiro, 1993).

Se conoce poco acerca de las rutas metabólicas que usan las larvas para degradar muchos compuestos tóxicos que se encuentran en las plantas (Aluja, 1994). Hennessey y Schnell (2001) observaron al infestar una rebanada de mango inmaduro con huevos de la mosca de la fruta *Caribe* una muy baja o nula emergencia de larvas comparada con la encontrada al infestar rebanadas de mango maduro.

2.9 Actividad funcional de biomoléculas de frutas y hortalizas

La actividad biológica de algunos compuestos presentes en las plantas, se considera como una oportunidad para descubrir insecticidas nuevos y eficientes para el control de plagas (Peterson y col., 2000; Oliva y col., 2003), los cuales podrían ser tolerados por los cultivos e inocuos para el consumidor (Branaman, 2003). Algunos de estos compuestos bioactivos como los taninos, fenoles y terpenos, tienen un papel importante en los mecanismos naturales de defensa de frutas y hortalizas, y podrían ser considerados como potenciales

promotores de la inocuidad de frutas frescas al ser aplicados de manera exógena, o bien al promover su producción y actividad a través de la aplicación de estrés abiótico controlado, ya que se ha reportado que el estrés induce la acumulación de estas biomoléculas (Cowan, 1999; Howard y col., 2000; Lombardi-Boccia y col., 2004).

2.9.1 Tipos de acción insecticida desarrollada de manera natural en especies frutales

El metabolismo primario de las plantas sintetiza compuestos esenciales y de presencia universal en todas las especies vegetales, sin embargo, los productos finales del metabolismo secundario como los alcaloides, aminoácidos no proteicos, esteroides, fenoles ó taninos, pueden tener diferentes funciones biológicas, entre las que destacan por su importancia la actividad contra el ataque y proliferación de insectos; así como también la protección para no ser consumidas por herbívoros. No hay identificado un patrón de máxima producción, ni órganos especiales para el almacenamiento de metabolitos secundarios. Sin embargo, lo común es que la mayor concentración de este tipo de compuestos se encuentre en flores, frutos y semillas (Coats, 1994; Silva y col., 2002).

Se ha propuesto que los metabolitos secundarios, que utilizan las plantas para su protección, pueden inhibir el desarrollo normal de los insectos actuando como:

Reguladores del crecimiento. Al ser consumidas, las biomoléculas alteran el desarrollo normal del insecto, evitando que éste alcance su crecimiento pleno y en consecuencia se evite su actividad nociva en la planta.

Inhibidores de la alimentación. Estos compuestos bloquean la absorción de los nutrimentos básicos para el crecimiento del insecto, por lo que después de que el insecto ingiere el fitometabolito muere por inanición.

Repelentes. Estos compuestos ejercen efectos irritantes en los organismos que intentan atacar a la planta. Entre las plantas que tienen este efecto se encuentran el hinojo (*Foniculum vulgare*), la ruda (*Ruta graveolens*) y el eucalipto (*Eucaliptus globolus*), entre otras plantas aromáticas (Silva y col., 2002).

La información sobre las características químico-estructurales y los mecanismos de acción de los metabolitos de las plantas, no solo se puede utilizar para aplicaciones naturales de acción insecticida, sino que también pueden ser utilizados como fuente de información para el diseño molecular de insecticidas sintéticos, de modo tal que tengan una mayor persistencia y toxicidad contra plagas específicas, y que favorezcan la fitosanidad, inocuidad y seguridad alimentaria requerida por los consumidores de frutas (Park y col., 2002). Un claro ejemplo de esto lo constituyen dos familias de insecticidas de uso masivo en el ámbito agrícola, como son los piretroides y los carbamatos que son derivados sintéticos de moléculas aisladas de plantas como el piretro (*T. cinerariaefolium*) y la haba de calabar (*Physostigma venenosum*), respectivamente (Addor, 1995).

2.9.2 Descripción de biomoléculas reportadas con actividad insecticida

Aldehídos

Son compuestos de cadena lineal saturados o insaturados cuyo grupo funcional carbonilo es el responsable de la actividad insecticida. Algunos de los aldehídos que se encuentran comúnmente en las plantas han sido evaluados por su actividad insecticida y fitotóxica contra insectos que atacan frutas, hortalizas y granos. Compuestos como el propanal, 2-pentenal y 2-metil-2-butenal de manera individual, han mostrado un potencial excelente como agentes de control insecticida postcosecha, eliminando 100% de los áfidos que atacan a los granos (Hammond y col., 2000).

Terpenoides

Diversos autores encontraron que los compuestos monoterpénicos y sesquiterpénicos son los más importantes presentes en el mango y de acuerdo a la variedad pueden representar de un 60 a 90% del total de compuestos aislados (Macleod y Pieris, 1985; Koulibaly y col., 1992; Pino y col., 2005). Los compuestos volátiles están presentes en el fruto del mango en concentraciones que van de 18µg/Kg a 123mg/Kg. Los monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de plantas (Vardar-Unlu y col., 2003). Están formados por una estructura base de isopreno; y cuando tienen elementos adicionales, comúnmente oxígeno, son llamados terpenoides. La

actividad insecticida y acaricida de monoterpenos polihalogenados obtenidos de la alga roja *Plocamium cartilagineum* ha sido demostrada contra insectos como *Spodoptera frugiperda*, larva que puede dañar al maíz, caña de azúcar ó cebolla; *Heliothis virescens*, larva que puede afectar al tabaco, algodón ó tomate y *Aphis fabae*, áfido ó pulgón de la haba que también puede afectar a la remolacha, entre otros.

Argandoña y col., en el 2000 aislaron dos monoterpenos halogenados; mertenseno y violaceno de la alga roja, obteniendo también dos derivados del primero; dibromomertenseno y dihidromertenseno, para probar su actividad insecticida contra la larva del tomate *Tuta absoluta* y el áfido de los cereales *Schizaphis graminum*. Cuando estos compuestos fueron probados contra las larvas de tomate se observó un 100% de mortalidad al aplicar mertenseno y, 80% para violaceno y dibromertenseno (obtenido por la adición de 2 bromuros en la doble ligadura del mertenseno). Para el caso de los áfidos, el violaceno presentó un 92% de mortalidad y los otros compuestos, no tuvieron efectividad a ninguna de las concentraciones utilizadas.

Miyazawa y col., (2000), probaron la actividad insecticida del extracto metanólico de *Alpinia oxyphylla*, fruta originaria de Japón, contra *Drosophila melanogaster* Beige. El análisis del extracto reveló que el constituyente activo fue el sesquiterpeno nootcatona y por reducción de éste obtuvieron el epinootcatol. Los resultados mostraron que el primer compuesto tuvo una efectividad del 100% contra larvas de *D. melanogaster* cuando se utilizaron concentraciones de 11.5µmol/mL de dieta líquida; y en adultos la concentración más efectiva fue de aproximadamente 96µg por individuo adulto, aplicado mediante aspersión. En el caso del epinootcatol, se observó que aún cuando el compuesto presentó actividad insecticida contra larvas y adultos, ésta fue menor en un 50% con respecto a la nootcatona, por lo que la presencia del grupo carbonilo resultó determinante en la acción insecticida de este compuesto. También se han reportado los efectos tóxicos y anti-alimentarios de sesquiterpenos encontrados en una planta del género *Compositae*, *Maytenus canariensis* contra *Senecio palmensis*, plaga que ataca las patatas, observando

100% de efectividad en todas las concentraciones probadas (González y col., 1993; González-Coloma y col., 1995; González y col., 2006).

Araujo y col. (2003), reportaron que el aceite esencial extraído de las hojas e inflorescencias de *Hyptis martiusii* Benth, arbusto pequeño que crece en abundancia en el noreste de Brasil, ampliamente conocido por su uso medicinal, presentó actividad insecticida; determinando que los componentes mayoritarios en el aceite esencial asociados a la actividad biofuncional fueron los monoterpenos; 3-careno y 1,8-cineol. Esta actividad se determinó realizando dos ensayos; uno en el que probaron diferentes concentraciones del extracto obtenido contra la mosca blanca *Bemisia argentifolii*, plaga común de frutos comestibles de valor comercial como el melón y la sandía, obteniendo 93% de efectividad a concentraciones de 2000mg/L. El otro ensayo fue contra la larva del mosquito *Aedes aegypti*, vector de transmisión del dengue y la fiebre amarilla, cuando usaron concentraciones de 250 y 500mg/L la efectividad fue de 99 y 100%, respectivamente.

La actividad anti-alimentaria del aceite extraído de la fruta *Melia azedarach* L, ampliamente cultivada y cosechada en Argentina, fue probada por Carpinella y col. (2003), contra larvas de *Epilachna paenulata* y *Diabrotica speciosa* que atacan cultivos de calabaza y maíz, observándose una efectividad del extracto del 95% cuando se aplicaron 0.80 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. La actividad fue atribuida a la presencia de dos compuestos limonoides; 12-hidroxiamoorastatina y meliartenina, de estructura parecida a la azadiractina.

Albuquerque y col. (2004), determinaron la actividad larvicida del aceite esencial de las hojas y raíces del arbusto, *Eupatorium betonicaeforme* (D.C.) Baker (Asteraceae) contra el mosquito *Aedes aegypti*, probaron diferentes concentraciones del extracto, obteniendo 100% de efectividad con soluciones acuosas de concentraciones de 0.25 $\mu\text{g}/\text{mL}$. Al determinar la composición, se identificaron 12 compuestos mayoritarios, de los cuales el 2,2-dimetil-6-vinilcroma-4-ona fue considerado como el responsable de la actividad larvicida.

Clemente y col. (2003), probaron extractos de las plantas aromáticas *Ocimum basilicum* L (albahaca), *Mentha rotundifolia* L (menta), *Origanum vulgare* L (orégano), *Rosmarinus officinalis* L (romero) y *Thymus vulgaris* (tomillo) contra la larva de *Tribolium castaneum* Herbst que ataca los cultivos de arroz, usando como referencia el extracto de *Lavandula spica* (lavanda) ya que en estudios previos probaron su actividad insecticida contra larvas, pupas y adultos de *T. castaneum*. Cuando probaron los extractos en larvas del primer estadio observaron que sólo la albahaca y la menta tuvieron actividad insecticida comparable con la de lavanda. Para pupas el extracto de orégano fue similar al de lavanda y en adultos la actividad insecticida fue la misma para todos los extractos.

Alvarenga y col. (2001), reportaron la actividad insecticida de nortriterpeno metilénquinona, pristimerina, tingenona y 20- α -hidroxitingenona; aislados de corteza de raíz de *Maytenus vitis-idaea* (Celastraceae) sobre larvas de la polilla de la manzana *Cydia pomonella*, observando que los tres compuestos producen el mismo efecto que la azadiractina sólo que a mayores concentraciones. La 20- α -hidroxitingenona fue el compuesto más activo, demostrando poseer actividad insecticida, inhibidora de la alimentación y reguladora del crecimiento de los insectos. La pristimerina mostró también una elevada actividad antialimentaria, además de un efecto supresor de la metamorfosis de larva a pupa. La tingenona mostró poseer la actividad más baja. Las diferencias en las actividades de los tres compuestos estuvieron relacionadas con la estructura.

Cianhidrinas

Estos compuestos están formados por aldehídos o cetonas con un grupo ciano en el carbonilo, sirven de manera natural como mecanismo químico de defensa en las plantas para protegerlas contra insectos y herbívoros. Estas moléculas pueden estar presentes en linaza, yuca, bambú, semillas de haya y almendras. La actividad insecticida de cianohidrinas, ésteres de cianohidrina y ésteres de monoterpenoides, fue probada mediante aplicaciones por aspersión sobre moscas adultas (*Musca domestica* L.); y como inhibidores de alimentación de larvas del mosquito *Aedes aegypti* L. Se determinó que en *M.*

domestica las cianohidrinas y tres de sus ésteres monoterpénicos, fueron efectivos en los diferentes experimentos realizados, obteniendo en todos los casos 100% de efectividad larvicida a concentraciones de 100ppm. Para larvas del mosquito *Aedes aegypti* L., los compuestos más tóxicos fueron el cloropropionato y el pivalato de cianohidrina con los cuales se obtuvieron valores de 100 y 95% de efectividad larvicida, respectivamente (Peterson y col., 2000).

Furanos

Son compuestos heterocíclicos de estructura parecida al benceno, industrialmente se ocupan para la producción de lacas, como disolventes para resinas, en la síntesis de productos químicos para la agricultura (insecticidas), como estabilizantes y en productos farmacéuticos. La actividad insecticida de 2-pentadecilfurano y 2-heptadecilfurano, dos furanos comúnmente presentes en el aguacate (*Persea Americana* Mill), fue probada *in vitro* contra la larva de *Spodoptera exigua* en la primera etapa de desarrollo, plaga común en árboles frutales de aguacate, mostrando un 100% de efectividad al suministrar, en su dieta, concentraciones mínimas de hasta 2 μ mol/g, mientras que para larvas del último estadio de desarrollo, se observó el 100% de efectividad cuando se usaron 3 μ mol/g (Rodríguez-Saona y Trumble, 1999; Rodríguez-Saona y col., 1999; 2000). Además, en este estudio se demostró que la presencia de insaturaciones en el anillo furano, aumentó significativamente los efectos en la mortalidad y crecimiento de las larvas de *Spodoptera exigua* en los diferentes estadios (Rodríguez-Saona y col., 2000).

Alcaloides

Este grupo de biomoléculas se caracteriza por contener nitrógeno en su estructura, el cual en el metabolismo normal de las plantas no se transforma totalmente en proteína vegetal, sino que continúa su circulación en la savia o se fija en algunas partes de la planta, por lo que puede combinarse con moléculas de azufre formando heterósidos sulfurados, ó con cianuro dando heterósidos cianogénicos (Murphy, 1999; Oliva y col., 2003). Los alcaloides derivados del tropano contienen en su estructura moléculas con átomos de nitrógeno secundario, terciario y cuaternario que le confieren alta toxicidad,

actuando como fitoalexinas o evitando la interacción planta-insecto. Los alcaloides aporfinas y las acetogeninas anonáceas, han mostrado fuerte toxicidad contra larvas de crustáceos de mar como *Artemia salina* y del mosquito *Aedes aegypti* (Chang y col., 2000).

Se han aislado alcaloides de isobutilamida de las frutas de *Piper nigrum*, los cuales fueron probados contra el tercer estadio de la larva de los insectos *Culex pipiens pallens*, *Aedes aegypti* y *A. togoi*, observando que el compuesto más tóxico para la primer larva fue la pipericida. En el caso de las larvas *A. aegypti* y *A. togoi*, la actividad larvicida fue más pronunciada para retrofractamida A (Park y col., 2002). También se ha reportado el uso efectivo de alcaloides de quinolina y quinolona para evitar el crecimiento de larvas de *Colletotrichum species* (Oliva y col., 2003).

Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos constituyen uno de los grupos más abundantes de biomoléculas presentes en frutas y hortalizas, son sustancias químicas que poseen un anillo aromático, con uno o más grupos hidroxilos incluyendo derivados funcionales como ésteres, metil ésteres, glucósidos, etc., (Cartaza y Reynaldo, 2001). La naturaleza de los fenoles varía desde moléculas simples como los ácidos fenólicos hasta compuestos altamente polimerizados, como los taninos. Se presentan en las plantas en forma conjugada con residuos de azúcar unidos a sus hidroxilos, aunque en algunos casos se pueden producir uniones directas entre una molécula de azúcar y un carbono aromático. Por ello, la forma más común de encontrarlos en la naturaleza es en forma de glucósidos, siendo solubles en agua y solventes orgánicos (Shang y col., 2002; Robbins, 2003; Proestos y col., 2005).

Flavonoides

Los polifenoles flavonoides constituyen el grupo más distribuido en las plantas, con más de 5,000 compuestos (Hertog y col., 1992). Poseen bajo peso molecular debido a que comparten un esqueleto común de difenilpirano, comúnmente se encuentran como pigmentos en los vegetales, frutas y flores. Se biosintetizan a partir de fenilalanina, cuyo primer anillo es condensado por

tres moléculas de malonil-CoA tienen las mismas propiedades que los fenoles (Merken y col., 2001). Hay 5 subclases de flavonoides monoméricos; antocianinas, catequinas, flavanonas, flavonas y flavonoles. Las catequinas generalmente se encuentran glicosiladas en las posiciones C3, C7 y C4. Los carbohidratos comúnmente encontrados son glucosa, ramnosa, xilosa, neohesperidosa y rutinosa. Las flavanonas generalmente están presentes en cítricos y las catequinas en uvas, té y vino rojo (Merken y Beecher, 2000; Cartaza y Reynaldo, 2001).

Morimoto y col. (2000), reportaron la actividad de cuatro flavonoides; tres metoxiflavonas y una charcona, presentes en los extractos de *Gnaphalium affine* D. Don, planta medicinal conocida ampliamente en la región de Asia, los cuales mostraron actividad anti-alimentaria contra *Spodoptera litura* F, oruga común e insecto fitófago, que ataca cultivos que están en contacto con la tierra, como el melón, los compuestos con mayor actividad insecticida fueron las metoxiflavonas; 5,6-dihidroxi-3,7-dimetoxiflavona y 5-hidroxi-3,6,7-tetrametoxi flavona. La comparación de sus estructuras químicas indicó que la inclusión de un metil-éter en el anillo B de estos flavonoides incrementó la actividad anti-alimentaria. En el 2003 Morimoto y col., aislaron 7 flavonas de extractos de raíz de *Sculletaria baicarenensis* (Rutaceae); crisina, apigenina, luteolina, vogonina, isovogonina y norvogonina, para probar su actividad anti-alimentaria nuevamente contra *Spodoptera litura* F. En función de los resultados del experimento anterior decidieron metilar los compuestos obtenidos para determinar estadísticamente si este cambio en los mismos incrementaba la actividad anti-alimentaria. Los resultados mostraron que las flavonas con mejor actividad insecticida fueron la crisina y la vogonina, y que al ser metiladas sólo la nobiletina (originada a partir de vogonina) incrementó en más de un 100% su actividad, la reducción en la actividad de los compuestos por metilación fue atribuida al cambio en su solubilidad, que originó un decremento en la interacción de éstos con los insectos.

3. JUSTIFICACION

El estado de Veracruz es el mayor productor de mango Manila en México, donde en 25,550ha se obtiene una producción promedio anual de 129,216 toneladas, de las cuales su destino principal es el mercado nacional, para su consumo en fresco y solo un 20% se industrializa. A pesar de ser apreciado comercialmente por sus características organolépticas, no es considerado para su exportación, debido a su alta susceptibilidad a la infestación por mosca de la fruta. La infestación por moscas de la fruta como *Anastrepha obliqua* y *A. ludens* es el problema más importante, en términos fitosanitarios y en consecuencia económicos, para mango Manila. Aún cuando se han realizado numerosos estudios para el control de moscas de la fruta del género *Anastrepha*, que han generado propuestas de sistemas para el Manejo Integrado de Plagas (MIP) en precosecha, el problema persiste ya que sólo se han logrado disminuir las poblaciones de las moscas de la fruta y no se ha logrado detener totalmente la infestación. Entre las técnicas usadas está el trapeo con atrayentes químicos donde quedan retenidos los insectos potencialmente vectores para la oviposición; y el control biológico para reducir y controlar la infestación en campo. El que no se haya logrado detener completamente la infestación podría deberse entre otros factores, a que estas técnicas consideran solo las características y etapas de reproducción del insecto y no los estadios de crecimiento y desarrollo precosecha de los frutos, que pueden influir en la susceptibilidad a la infestación, ya que el éxito de la oviposición y el desarrollo de larvas de *A. obliqua* dentro del fruto podría estar correlacionada con sus características físicas y su composición química, por ejemplo, la concentración de metabolitos secundarios de tipo fenólico y la presencia de volátiles de tipo aldehídico y monoterpénico que actúen como atrayentes o repelentes naturales durante etapas del desarrollo precosecha. Adicionalmente a la problemática antes descrita, el cultivo intensivo del mango en Veracruz ha generado que los productores realicen la propagación asexual de éste, a través de técnicas de injerto, donde el mango Criollo se ha usado como portainjerto de la variedad Manila, y el cultivar resultante se comercializa de manera no diferenciada bajo la denominación Manila, sin considerar el efecto que el portainjerto pueda generar en los patrones de crecimiento y desarrollo

precosecha y en consecuencia en la susceptibilidad al ataque de plagas como la mosca de la fruta, y en la respuesta a tratamientos pre y poscosecha para asegurar la calidad fitosanitaria. Por lo tanto, es importante estudiar las características que presentan los cultivares de mango antes mencionados, en distintas etapas de desarrollo precosecha, así como determinar la influencia del portainjerto Criollo, con el objetivo de establecer las posibles relaciones entre la susceptibilidad a la infestación y las características físicas, de composición química y de biomoléculas funcionales, lo cual permitiría complementar los esfuerzos realizados a través de las campañas fitosanitarias, que están basadas solo en las características biológicas de los insectos.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar el efecto del uso del portainjerto Criollo en la susceptibilidad de los frutos de mango Manila a la infestación por *Anastrepha obliqua* y correlacionarla con la presencia de biomoléculas en los frutos y algunas características de composición de la pulpa durante el desarrollo precosecha.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las características físicas (peso, volumen y color) y de composición química (SST, pH y acidez titulable) de frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, durante el desarrollo precosecha.
2. Analizar el perfil de compuestos volátiles en frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, durante el desarrollo precosecha para identificar biomoléculas con potencial actividad atrayente ó insecticida contra la mosca de la fruta *Anastrepha obliqua*.
3. Determinar los niveles de compuestos fenólicos en cáscara y pulpa de frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, durante el desarrollo precosecha para identificar biomoléculas con potencial actividad larvicida contra la mosca de la fruta *Anastrepha obliqua*.
4. Evaluar la susceptibilidad a la infestación por mosca de la fruta *Anastrepha obliqua* en mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, para establecer las relaciones entre el efecto del portainjerto, etapas de desarrollo precosecha, presencia de biomoléculas con actividad biológica y desarrollo de larvas de mosca de la fruta.
5. Evaluar la actividad larvicida de los extractos metanólicos de cáscara y pulpa de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, para establecer las relaciones entre el efecto del portainjerto, etapas de desarrollo precosecha y la concentración de flavonoides totales de los diferentes extractos.

5. HIPÓTESIS

El éxito en la infestación por mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua*) en frutos de mango (*Mangifera indica*) Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, depende de las características físicas y de composición química de las diferentes etapas de desarrollo precosecha, las cuales pueden ser afectadas por el uso del portainjerto.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 MATERIAL BIOLÓGICO

6.1.1 *Recolección de muestras en campo*

El estudio se realizó en huertos de mango del municipio de Jalcomulco, Veracruz, ubicado a 313 m/snm en 19°31'40.6" latitud norte y 96°55'43.4" longitud oeste, con una temperatura promedio anual de 24°C y precipitación pluvial promedio anual de 1,100mm. Con temperaturas media máxima y mínima de 31.1 y 17.7°C, respectivamente (INIFAP, 2010), por lo que es considerada una región agroclimática adecuada para el cultivo y producción de mango (Martínez-Fonseca y col., 2007)

Se seleccionaron árboles de aproximadamente 8 años, de los cultivares de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo (porta injerto Criollo-injerto Manila), mediante el criterio de números aleatorios, para garantizar que no hubiera sesgo en el criterio de selección, además de que los árboles muestreados no estuvieron sujetos a control de mosca de la fruta por el sistema de trampeo químico o por aplicación de insecticidas. Los huertos utilizados para este estudio cuentan con sistema de riego, que garantizó el adecuado suministro de agua, se procuró la poda homogénea de los árboles durante la etapa de acondicionamiento y preparación previa a la floración, para mantener una adecuada circulación de aire y penetración de la luz solar.

El estudio se inició a fines del mes de marzo, durante la primera floración estacional del mango. A partir de los diez días de que se registró el brote de los frutos, cuando estos alcanzaron en promedio 30g y un tamaño aproximado entre 10 y 12mm, se marcaron 200 puntos de muestreo colocando cintas de color rojo en ramas separadas entre sí por aproximadamente 1.8m, con el propósito de ubicar los frutos cada vez que se realizara el muestreo, ya que puede haber floración tardía en algunos árboles y para garantizar que las muestras de los frutos a cosechar tuvieran el mismo tiempo de desarrollo y fueran suficientes durante el periodo de estudio. El número de puntos de muestreo fue alto ya que las condiciones climatológicas de viento fuerte, conocidas como "nortes" característicos de la temporada de estudio, pueden

generar la caída de los brotes o de frutos en desarrollo. Adicionalmente, no se logra el desarrollo de todos los brotes del fruto por el ataque de aves que se alimentan de los frutos, o bien por cambios en la temperatura ambiente algunos frutos se pueden desprender y caer al suelo.

El muestreo se realizó cada 7 días a partir de los 37 y hasta los 100 días después de la floración. En cada tiempo de muestreo se cortaron manualmente 16 frutos de los cultivares de mango; Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, se etiquetaron y se transportaron en cajas de plástico rígido con orificios para ventilación, al laboratorio de Química y Biología Molecular del Instituto de Ciencias Básicas de la Universidad Veracruzana.

6.1.2 *Diseño experimental*

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres tratamientos (tipos de mango). La unidad experimental fue un fruto con tres repeticiones. Las variables de respuesta fueron las características físicas; peso, volumen, color, y las características químicas; SST, pH, acidez, composición de volátiles y fenólicos durante el desarrollo precosecha del fruto. Los tratamientos fueron los tipos de mango estudiado: Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.

6.1.3 *Análisis de datos*

Los resultados de las características físicas y químicas, así como el número de larvas por kilogramo de fruta y la actividad larvicida, durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, fueron estudiados mediante un ANOVA de una vía y la comparación de medias se llevo a cabo con la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 5% ($\alpha=0.05$).

Los diferentes análisis realizados se llevaron a cabo con ayuda de los programas estadísticos Minitab release 12.21, Minitab Inc. 1221.04285. Las gráficas se hicieron con el Software Sigma Plot 10.0.

6.2 METODOLOGÍA

6.2.1 *Evaluación del crecimiento y desarrollo precosecha*

Peso del fruto

El peso de los frutos se determinó utilizando una balanza granataria digital marca OHAUS Mod. CS200 (0 -110g) Ohaus Corporation 19^a Chapin Road, Pine Brook, NJ 07058-2033.

El valor de *peso seco* se obtuvo después de colocar los frutos cortados en segmentos en una estufa de ventilación forzada a $65\pm 3^{\circ}\text{C}$ hasta alcanzar peso constante.

Tamaño y Volumen

La longitud del pedúnculo a la punta del fruto (l: diámetro longitudinal), así como la longitud del ancho (d: diámetro dorsal) y costado del fruto (v: diámetro ventral) (figura 1 y figura 2), se midieron utilizando un vernier (Adarsh Scientific Industries, modelo Calliper). Con los parámetros antes mencionados se calculó el volumen de los frutos mediante la siguiente ecuación reportada por Castro-Neto y Reinhardt, (2003).

$$V = (l) (d) (v)$$

Donde:

l = Longitud del pedúnculo a la punta del fruto

d = longitud del ancho del fruto

v = longitud del costado del fruto

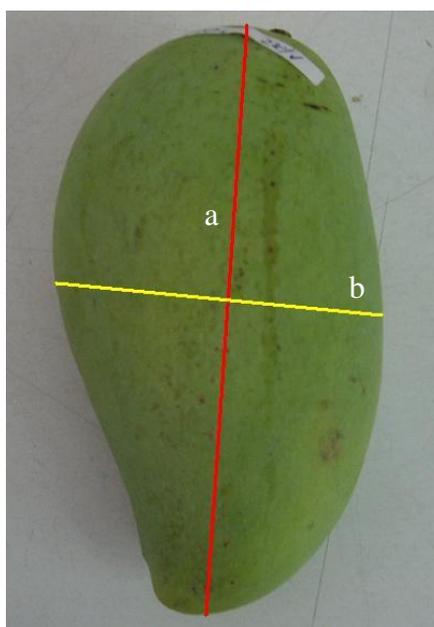
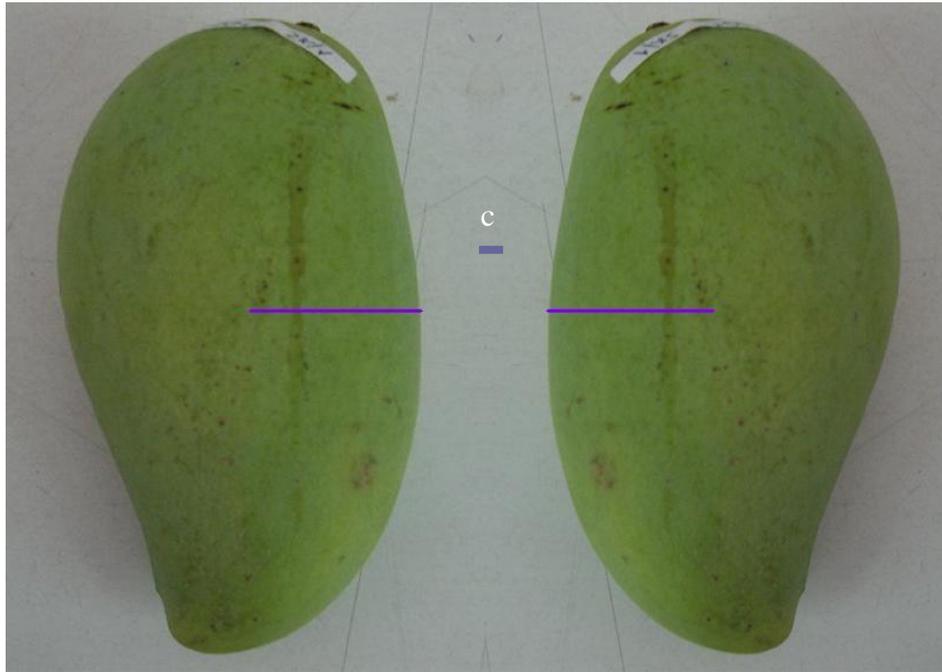


Figura 1. Representación gráfica de la medición de la longitud del pedúnculo a la punta (**a**) y del ancho (**b**), de los frutos de mango (*Mangifera indica* L) estudiados.



| Figura 2. Representación gráfica de la medición de la longitud del costado (c), de los frutos de mango (*Mangifera indica* L.) estudiados.

Firmeza

Se determinó mediante un texturómetro universal (modelo 18-2321 Sommer & Runge KG™ modelo Sur Berlín, Berlin-Friedenau, Alemania) midiendo la fuerza necesaria para penetrar al fruto. Los resultados obtenidos se expresaron en Newtons mediante la siguiente fórmula: 1 Newton (N) = Kg-fuerza x 9.807. La firmeza en frutos de mango se midió en ambos lados del diámetro ecuatorial, debido a que es la parte con mayor cantidad de pulpa que refleja adecuadamente la firmeza del fruto (Sugiyama y col., 2005).

Color

Los cambios en el color durante el desarrollo precosecha fueron medidos en la superficie de la cáscara de los costados de los frutos utilizando un colorímetro Colorflex Hunter-Lab CX115, ColorFlex 45/0 (Hunter-Lab, 114 Sunset Hills, Reston, V.A. 20190), obteniendo los parámetros CIELAB L* a* y b* que integran el parámetro h°, definido como ángulo hue ó matiz el cual

expresa el color de los frutos (Spreer y col., 2007; Joas y col., 2009). El ángulo de tonalidad (h°) se calculó a través de la siguiente relación matemática:

$$h^\circ = \tan^{-1} (b^* / a^*)$$

Donde:

b^* es el amarillo/azul

a^* es el rojo/verde

h° varía entre 0° (rojo), 90° (amarillo) y 180° (verde)

Sólidos Solubles Totales (SST)

Se extrajo el jugo de 5g de pulpa por macerado manual y a éste se le determinó el contenido de SST, utilizando un refractómetro manual digital marca ATAGO, Mod. Pal-1 (ATAGO U.S.A. Inc., 12011 NE First Street Bldg. C. Suite 110 Bellevue, WA 98005).

pH

El pH se midió a partir de 2g de pulpa de mango dispersados en 20mL de agua destilada, utilizando un potenciómetro digital marca Orion Mod. 420-A (Orion Research Inc., Boston MA.).

Contenido de ácido cítrico (%)

Se homogeneizaron 2g de pulpa con 20mL de agua destilada los cuales se filtraron utilizando papel Whatman No 4, y el filtrado obtenido se tituló con NaOH 0.1N usando fenolftaleína como indicador. El porcentaje de acidez titulable se reportó como % de ácido cítrico, ácido predominante en estos frutos, a partir de la siguiente relación:

$$\text{Porcentaje de ácido cítrico} = (0.064 \times V \times N) / M$$

Donde:

0.064 = meq del ácido cítrico

V = volumen (mL) de NaOH utilizado en la titulación

N = Normalidad del NaOH

M = peso (g) de la muestra de pulpa de mango

6.2.2 Identificación y cuantificación de volátiles

Para analizar el perfil de volátiles, los frutos de mango se colocaron en recipientes de vidrio con tapa hermética durante dos horas a temperatura ambiente (un fruto por recipiente), a la tapa se le acondicionó un septum de goma para el muestreo de gases. Transcurrido el tiempo establecido para saturar el espacio de cabeza del recipiente, se extrajeron con una jeringa 5 mL de la mezcla de aire-volátiles que posteriormente se inyectaron a un Cromatógrafo de Gases Hewlett Packard HP6890 (Hewlett Packard Co 2850 Centerville Road Wilmington DE 19808-1610) acoplado a un detector de masas cuadrupolo Agilent Technologies 5973 Network (Agilent Technologies, Inc., 5301 Stevens Creek Boulevard Santa Clara, CA 95051-7201, USA).

Para la separación, detección y cuantificación de los volátiles se utilizó una columna empacada HP5MS (Hewlett Packard Co 2850 Centerville Road Wilmington DE 19808-1610); 5%-fenil-95%metilpolisiloxano, de 30m de largo por 0,25mm de diámetro y 25 μ m de espesor de fase estacionaria. Como gas acarreador se utilizó helio con una velocidad de flujo de 1 mL/min. La temperatura inicial del horno fue de 50°C la cual se mantuvo constante por 4 min, posteriormente, se fueron aumentando 25°C/min hasta llegar a 250°C. La temperatura final se mantuvo constante durante 4 min y el tiempo total de corrida fue de 16 minutos. La temperatura del inyector y del detector de ionización electrónica (DIE) fue de 250°C (Andrade y col., 2000; Pino y col., 2005). La información estructural generada a partir del espectro de masas fue identificada mediante la biblioteca del programa ChemStation (Agilent Technologies, Inc., 5301) con un 90% de confiabilidad. Se llevaron a cabo determinaciones cuantitativas de α -pineno, β -mirceno, 3-careno y limoneno utilizando estándares puros (Sigma-Aldrich).

6.2.3 Identificación y cuantificación de compuestos fenólicos en los extractos metanólicos.

La extracción de compuestos fenólicos se realizó utilizando 10g de cáscara y 10 g de pulpa, de los mangos estudiados. Cada una de las muestras se colocó durante 48h en 100mL de hexano a temperatura ambiente (grado HPLC, JT Baker) para extraer la clorofila. El hexano se separó por decantación,

se eliminó el exceso de disolvente por evaporación a 45°C utilizando una parrilla de calentamiento (Scorpion Scientific Mod: A50020, USA) dentro de la campana de extracción. A continuación, se realizó una segunda extracción de la muestra con 100mL de metanol (grado HPLC, JT Baker) durante 96h a temperatura ambiente. Después de este tiempo, se separó el extracto metanólico por centrifugación a 4500 g, durante 5 min a 30°C y posteriormente se filtró usando papel filtro Whatman Num. 4, finalmente cada extracto se guardó en frasco ámbar en la oscuridad a 10°C para las pruebas posteriores.

Para cuantificar los fenoles totales se utilizó el método de Folin-Ciocalteu (Kim y col. 2003 a y b; Proestos y col. 2005). Este método se basa en la cuantificación de ácido gálico. Para preparar la curva estándar, se disolvieron 100mg de ácido gálico (Sigma-Aldrich) en mezcla metanol/agua (50:50 v/v). Se tomaron 20, 40, 60, 80 y 100µL de esta solución, a los cuales se les adicionaron 1.50mL de agua y 100µL de reactivo de Folin Ciocalteu (Marca Fluka), se mezclaron en una parrilla de agitación Scorpion Scientific Mod: A50020 con un magneto durante 5 minutos. Posteriormente, se le agregaron 300 µL de Na₂CO₃ al 10% p/v, y se dejaron reposar durante 2h a 20°C. Al término de este tiempo se midieron las absorbancias de las muestras a 765nm en un espectrofotómetro UV-Visible de arreglo de diodos Agilent Mod. 8253 (Agilent Technologies, Inc., 5301 Stevens Creek Boulevard Santa Clara, CA 95051-7201, USA). Para la cuantificación de fenoles totales en los extractos metanólicos, se utilizaron 20µL de dichos extractos, los cuales se mezclaron con 1.50mL de agua y 100µL de reactivo de Folin Ciocalteu (Marca Fluka), siguiendo la metodología descrita anteriormente. La concentración de fenoles de los diferentes extractos metanólicos se reportó como mg de ácido gálico/100g de cáscara.

La cuantificación de mangiferina, quercetina y catequina en los extractos metanólicos fue de acuerdo al método descrito por Merken and Beecher (2000) mediante un equipo Varian model ProStar 210, de cromatografía de líquidos (HPLC), equipado con una columna C18 de fase reversa 4.6x250mm, 5µm (Agilent, Wilmington, DE, USA) y un detector UV. La fase móvil A consistió ácido acético en agua al 2% (v/v) y ácido acético en metanol al 2% (v/v) (fase B). El gradiente utilizado fue el siguiente: 40-60% B (5 min), 60-70% B (20 min),

70-85% B (35 min). El volumen de inyección para todas las muestras fue de 20µL. Se usaron estándares químicos (Sigma Aldrich) para confirmar y cuantificar estos flavonoides. La suma de mangiferina, quercetina y catequina fue mayor al 60% de los flavonoides extraídos de los mangos estudiados. Los resultados fueron expresados como mg de flavonoides principales (suma de mangiferina, quercetina y catequina)/100 g de pulpa fresca.

6.2.4 Análisis de infestación por mosca de la fruta (*Anastrepha obliqua*).

La infestación por mosca de la fruta durante el desarrollo precosecha de los mangos en campo se determinó evaluando la presencia de larvas en los frutos por el método de inspección visual descrito por Pelz-Stelinski y col. (2006). Se utilizaron 8 frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, para la inspección y evaluación visual. A cada uno de los frutos se le realizaron dos cortes transversales a partir del pedúnculo (figura 1), en ambos lados del fruto para observar si tenían larvas. Se cuantificó el número de larvas en cada uno de los frutos. La infestación se reportó como el número de larvas/Kg de fruta (Manrhakan y Price, 1999; Pelz-Stelinski y col., 2006).

6.2.5 Actividad larvicida de los extractos metanólicos

Se usaron los extractos metanólicos de la pulpa de los tres tipos de mango estudiados de las distintas etapas de desarrollo precosecha para determinar la actividad larvicida de acuerdo al método descrito por Albuquerque y col. (2004). Se tomaron diferentes volúmenes de extractos metanólicos (50 y 100 µL) y se ajustaron a un volumen final de 20 mL con una mezcla de agua (98.5 mL): dimetilsulfóxido (1.5 mL). Se aislaron veinticinco larvas de *A. obliqua* del primer estadio de mangos infestados presentes en los huertos estudiados, 24 h antes del experimento y se colocaron en agua estéril. Para el experimento se colocaron las larvas en cajas Petri conteniendo 20 mL de las soluciones de los extractos metanólicos a cada una de las concentraciones mencionadas anteriormente. Después de 24 horas a temperatura ambiente se cuantificó el número de larvas muertas y se reportó como el porcentaje de mortalidad para cada una de las concentraciones probadas. Como control se colocaron larvas en solución de metanol-agua:DMSO en la misma proporción que las soluciones de los extractos metanólicos y se analizaron al mismo tiempo.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Características físicas de crecimiento y desarrollo precosecha

Variación de peso fresco

En la figura 3, se presenta el comportamiento registrado para el incremento de peso durante el desarrollo precosecha. Se distingue un comportamiento sigmoideal durante el desarrollo precosecha de los tres mangos estudiados, durante las primeras muestras (37-51 días) se observó un incremento lento de peso para los tres mangos, en este tiempo se encuentra la etapa máxima de división celular, donde la biosíntesis de materiales estructurales es lenta y existe una limitada acumulación de agua dentro del fruto. A partir del día 58 se registró un aumento significativo de peso ($\alpha=0.05$) en Manila y el injerto con respecto al Criollo. Del día 79 y hasta el día 100 se observa que el mango Criollo ya no tuvo un incremento tan pronunciado de peso a diferencia de los otros tipos de mango.

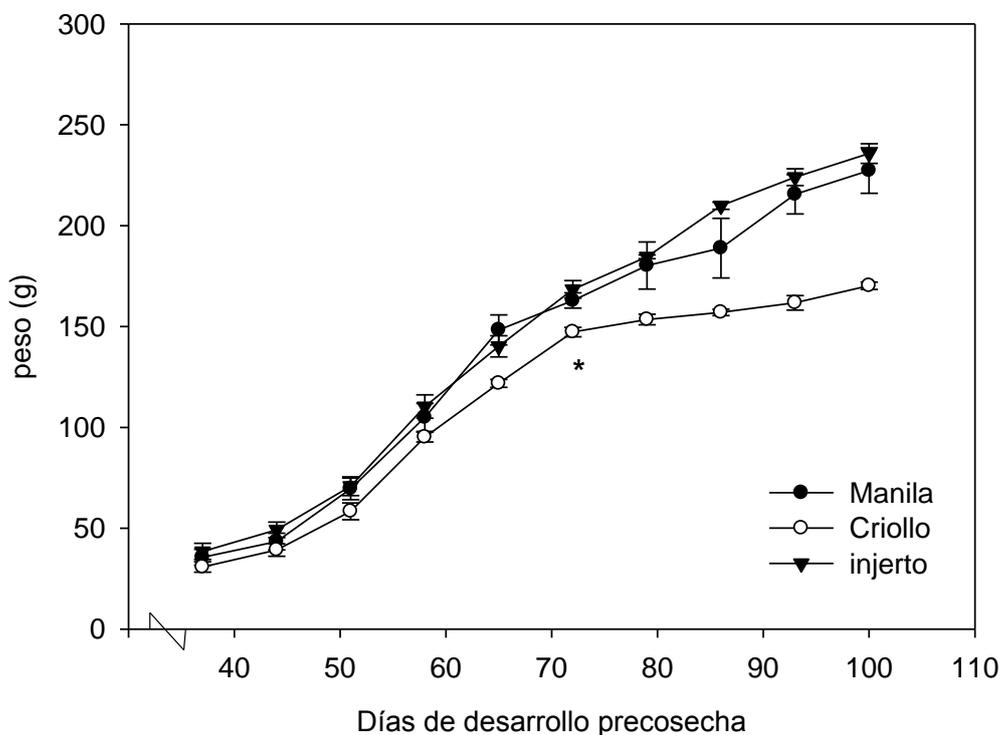


Figura 3. Variación en el peso fresco durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

La dinámica de crecimiento de los tres mangos estudiados presentó un comportamiento sigmoideal que coincide con el reportado para mango Manila, Tommy Atkins y Haden (Guzmán-Estrada y col., 1997; Castro-Neto y Reinhardt, 2003; Marlonio y col., 2007).

El incremento de peso ocurre por los cambios metabólicos y fisiológicos tales como la división y el alargamiento celular que favorecen la acumulación de agua intersticial y de peso seco, la acumulación de biomasa está constituida principalmente por proteínas, carbohidratos y metabolitos secundarios, precursores de productos finales, que tendrá el fruto al concluir su desarrollo precosecha (Ho y col., 1987). En la figura 4, se muestra el incremento de peso seco mostrado por mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.

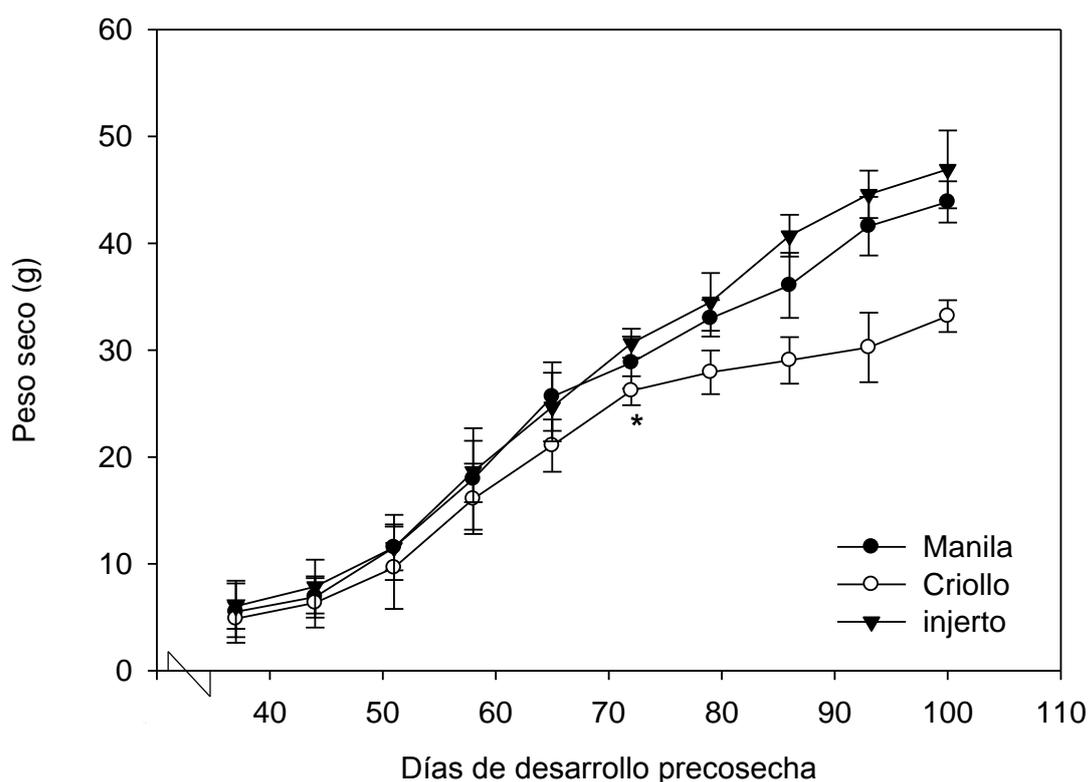


Figura 4. Variación en el peso seco durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Como se puede observar, la tasa de acumulación de peso seco en los tres mangos fue mayor en el período comprendido entre el día 44 y el 79. Además, para mango Criollo el peso seco fue siempre menor que para Manila e injerto de Manila en Criollo, a los diferentes días de desarrollo precosecha. El incremento en peso seco está relacionado con el aumento en la biosíntesis principalmente de polisacáridos como almidón, celulosa y pectinas que forman el material estructural de los frutos.

El comportamiento para mango Manila encontrado en el presente estudio fue similar al reportado para la misma variedad por Guzmán-Estrada y col. (1997), quienes en un estudio llevado a cabo para caracterizar el contenido de nutrimentos como fósforo, calcio y hierro durante el desarrollo de mango, determinaron que el contenido de peso seco se incrementó de manera gradual durante el desarrollo precosecha y representa entre el 15 y el 20% del peso del fruto durante todo el desarrollo, manteniendo el contenido de humedad en un rango promedio del 80 a 85%. Comportamientos similares fueron reportados por Castro-Neto y Reinhardt (2003) para mango Haden, y por Marlonio y col. (2007) para mango Tommy Atkins.

Variación de volumen

En la figura 5 se muestra la dinámica de variación en el volumen de los frutos de mango durante el desarrollo precosecha. Se encontró, que el aumento de volumen durante el desarrollo precosecha para los tres tipos de mango generó un gráfico de tipo sigmoideal, en el que se observa un punto de inflexión a los 72 días posteriores a la floración. No se observaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en la velocidad de crecimiento en este periodo de desarrollo, entre los distintos mangos estudiados.

Entre los 72 y 100 días las velocidades de crecimiento disminuyeron significativamente con respecto a la etapa anterior. Estos resultados son similares a los reportados por Guzmán-Estrada y col. (1997), quienes observaron que el punto de inflexión en la curva de aumento de volumen para mangos Manila cultivados en Cotaxtla Veracruz, México, se encontró a los 70 días.

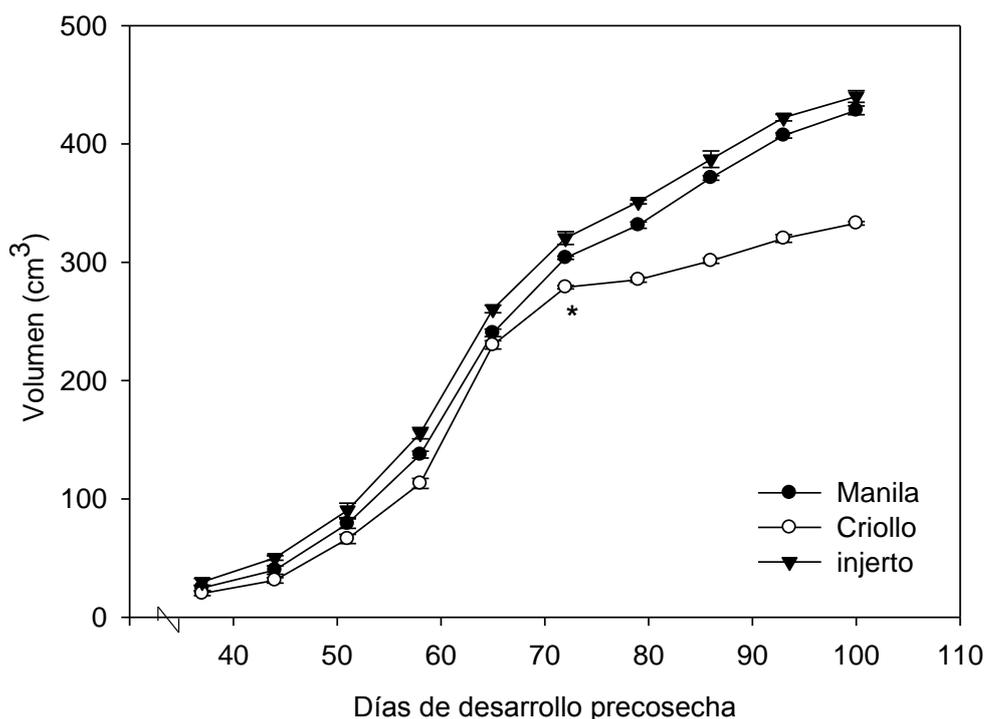


Figura 5. Variación en el volumen durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

En este sentido, Pereira de Lucena y col. (2007) también mencionan que los cambios más importantes en el volumen de frutos de mango Tommy Atkins se observaron a los 70 días. Por su parte, Castro-Neto y Reinhardt (2003) reportaron que el punto de inflexión para la variedad Haden se presenta a los 55 días. Estos reportes apoyan la idea de que la dinámica de crecimiento de los frutos de mango depende tanto de la variedad como de las condiciones de cultivo.

Por otra parte, los resultados obtenidos en este trabajo indican que el uso del mango Criollo como portainjerto para mango Manila, no afecta significativamente el crecimiento de los frutos, ya que éstos alcanzan volúmenes similares a los obtenidos en mango Manila.

Firmeza

La firmeza se determinó como la fuerza requerida para penetrar el fruto expresada en Newtons (Figura 6). Se observó una disminución gradual en la firmeza de los frutos durante el desarrollo precosecha, aunque el ablandamiento fue mayor a partir de los 72 días.

En general, el mango Manila presentó un ablandamiento significativamente superior ($\alpha=0.05$) al observado en mango Criollo, que presentó la firmeza más elevada, mientras que el injerto de Manila en Criollo presentó valores intermedios. El uso del portainjerto afectó la firmeza de los frutos ya que se encontraron valores más altos a los de mango Manila. Kader (2008) reportó que la firmeza en mangos Haden y Kent disminuye durante el desarrollo fisiológico de los frutos en el árbol y que los frutos grandes son menos firmes y maduran más rápido, que los frutos pequeños cosechados del mismo árbol con igual tiempo de desarrollo.

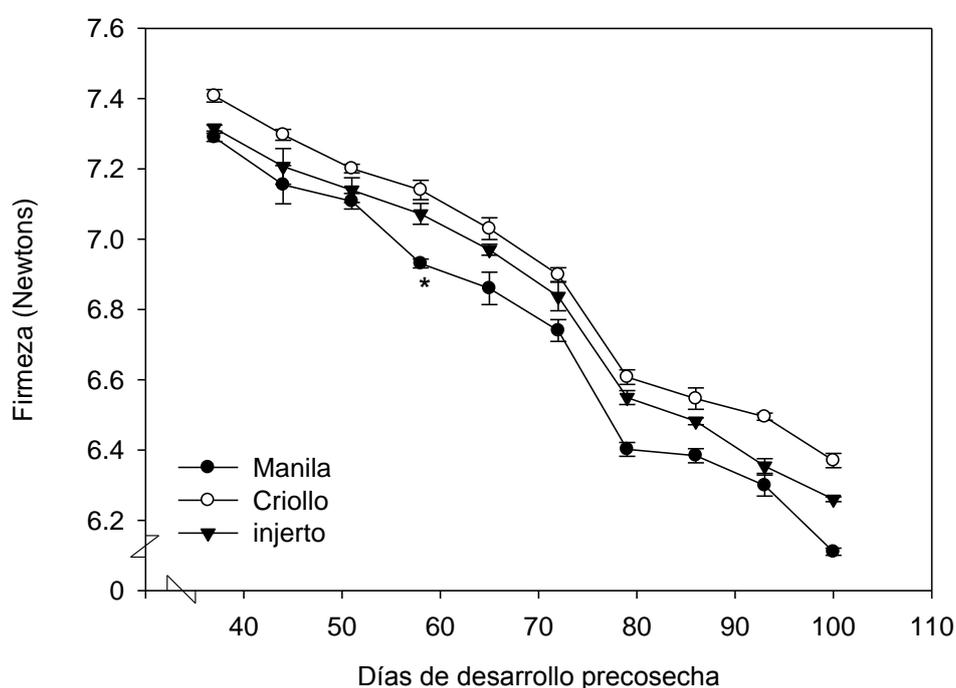


Figura 6. Variación en la firmeza durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

En el presente trabajo los frutos de mango Criollo fueron significativamente más pequeños y más firmes que los otros mangos estudiados, corroborando la propuesta de Kader. Sin embargo, los frutos del injerto de Manila en Criollo a pesar de tener volúmenes similares a los de Manila presentaron valores de firmeza superiores.

Petit-Jiménez y col., (2007), proponen que la reducción de la firmeza se debe a cambios en la microestructura, composición química y grosor de la cáscara durante el desarrollo precosecha. En estos cambios participan diversas enzimas relacionadas con la degradación de pectinas y hemicelulosas como las pectinmetilesterasas, poligalacturonasas, β -galactosidasas, xiloglucanasas y xilanasas (Sañudo y col., 2008). Para comprender las causas de la mayor firmeza de los frutos de injerto de Manila en Criollo, es necesario profundizar en el estudio de la estructura, composición química, grosor de la cáscara y actividad de las enzimas que participan en el ablandamiento.

Respecto a las variaciones en la firmeza y su relación con el desarrollo precosecha, Lechaudel y col., en el 2006 propusieron un modelo matemático que está basado en una representación del crecimiento del fruto con base a la cantidad de agua y los componentes involucrados en la firmeza de la cáscara, concluyendo que la velocidad de crecimiento del fruto es altamente sensible a los parámetros relacionados a los cambios en la elasticidad y extensibilidad de la cáscara y a la presión interna dentro del fruto, generada por la composición de la pulpa en términos de contenido de azúcares, ácidos y minerales que determinan las variaciones de masa fresca y agua intersticial después de la división celular.

Color

Las variaciones en el color, expresado como ángulo h^0 , durante el crecimiento y desarrollo precosecha de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo se presentan en la figura 7. Para los tres mangos, el color cambió de *verde intenso* a *verde-amarillo*, siendo este cambio significativamente más notorio para Manila e injerto de Manila en Criollo, con respecto a Criollo ($\alpha=0.05$). Sin embargo, la variación del color mostró un comportamiento prácticamente lineal con respecto al tiempo de desarrollo

precosecha para los diferentes mangos, sin ajustarse al patrón sigmoidal de las etapas identificadas en la dinámica de crecimiento y desarrollo a través de los parámetros de peso y volumen, alcanzando el cambio más notable después de los 86 días de desarrollo.

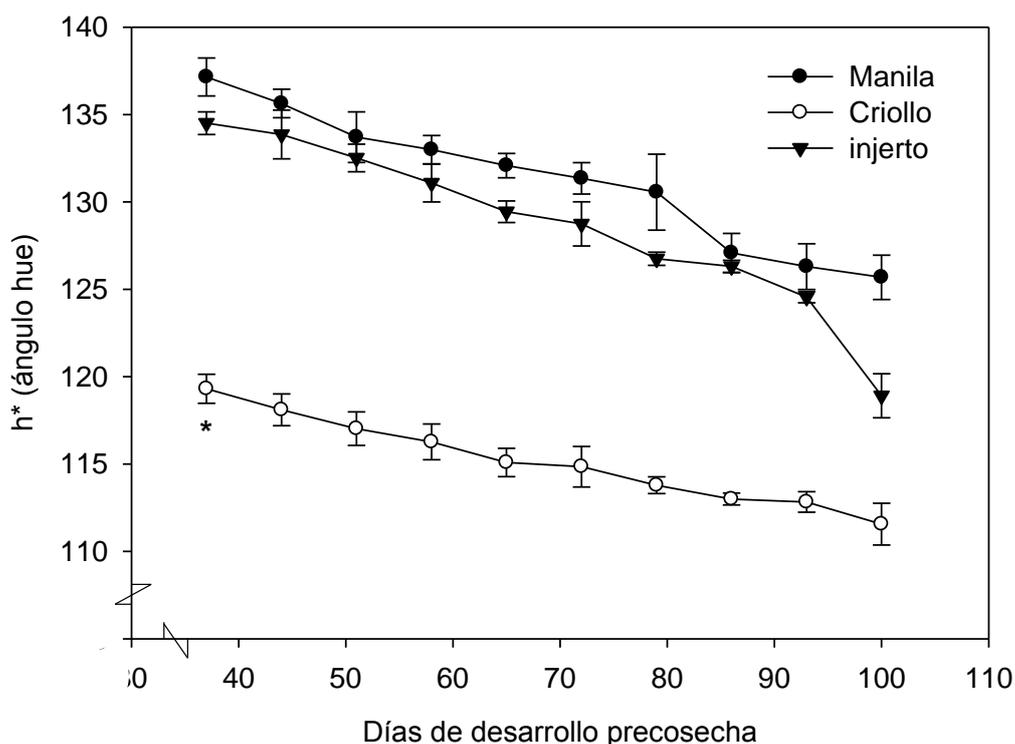


Figura 7. Variación en h° (ángulo hue) durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Comportamientos similares han sido observados en estudios llevados a cabo para determinar los índices de madurez de mangos variedades Haden (Malevzky y col., 1997); Chok Anan (Spreer y col., 2007); Cogshall (Joas y col., 2009); Kent (Dick y col., 2009), en los cuales la variación del color de verde a amarillo también ocurre gradualmente y alcanza su máximo valor después de los 80 días de floración y desarrollo precosecha.

Robacker y col., 1990 observaron que el color amarillo en frutos de naranja y guayaba, puede ejercer un efecto atrayente en las moscas de la fruta

Ceratitis capitata facilitando así la infestación por picadura. Malo y col. (2005) reportaron que hembras de las moscas de la fruta *A. ludens*, que infestan a guayaba, mostraron ser atraídas por el color amarillo que utilizaron en trampas esféricas para capturarlas. García-Ramírez y col. (2004) también identificaron que moscas de la fruta *A. ludens*, son más atraídas por mangos amarillos. Desde la perspectiva de la presente investigación, el comportamiento observado para el parámetro de color en los diferentes mangos estudiados, no podría contribuir de manera importante en la susceptibilidad a la infestación por mosca de la fruta, ya que los frutos no presentaron color amarillo durante el desarrollo precosecha de los frutos.

7.2 Características químicas precosecha

pH

Se encontró que en los tres mangos estudiados el pH se incrementó durante el desarrollo precosecha sin presentarse diferencias significativas ($\alpha=0.05$) entre los diferentes tipos de mango (figura 8). La variación en el pH ha sido uno de los parámetros más comunes para identificar el desarrollo pre y poscosecha del mango, ya que conforme el fruto crece y se desarrolla hasta alcanzar el punto de madurez para corte (100 días promedio posteriores a la floración) el pH aumenta (Dick y col., 2009, Joas y col., 2009, Urban y col., 2006), como consecuencia de dos factores: el incremento en la cantidad de agua intersticial en el fruto, que genera un efecto de dilución y la consecuente reducción de las concentraciones de ácidos orgánicos mayoritarios como el ácido cítrico; y por consumo de estos en los procesos metabólicos que el fruto lleva a cabo para generar los metabolitos que le van a conferir características propias de aroma, sabor y color, asociados al grado de maduración.

La variación en el pH no mostró el comportamiento sigmoideal característico del desarrollo precosecha, ni diferencias significativas entre cultivares, sin embargo, si se encontró que a partir del día 86, tiempo considerado como el inicio de la etapa de maduración precosecha, el pH se incrementó de forma significativa, como indicador de una mayor actividad metabólica, en esta etapa donde se llevan a cabo la mayor parte de los

cambios asociados al sabor y aroma característico de los frutos de mango (Spreer y col., 2007).

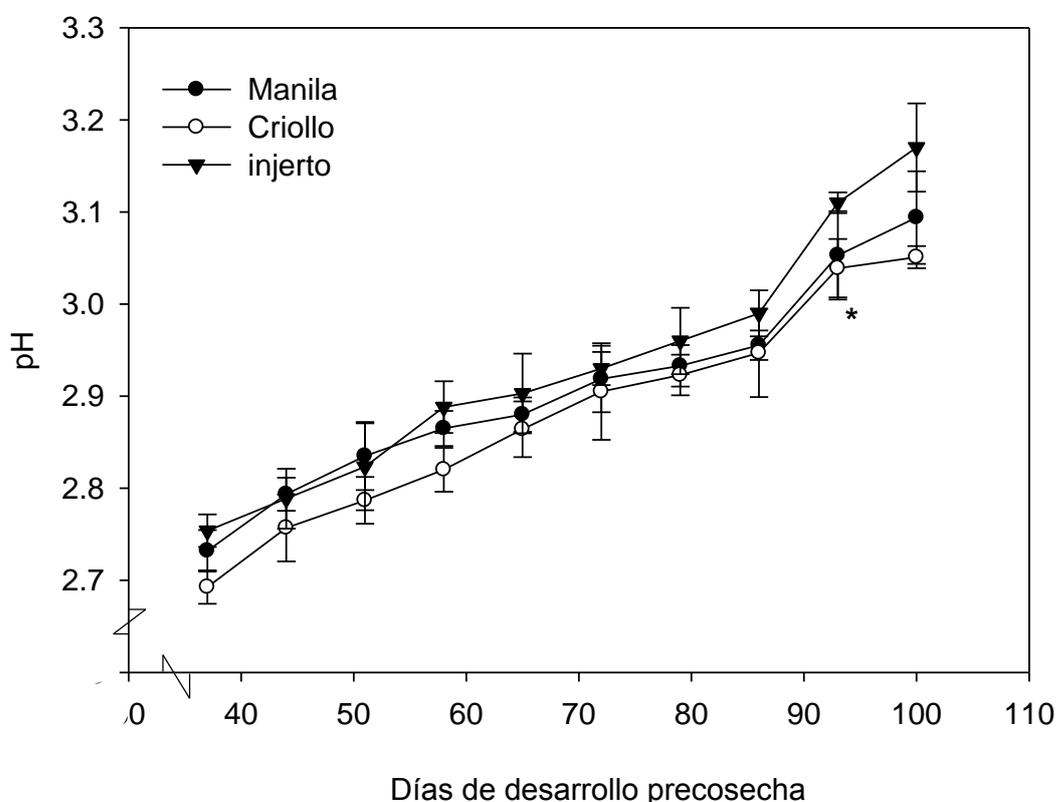


Figura 8. Variación en el pH durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Sólidos solubles totales

En la figura 9 se presenta el porcentaje de sólidos solubles totales (SST), el cual aumentó gradualmente durante el desarrollo de los frutos de mango. En general, los niveles de SST observados en mango Criollo fueron significativamente menores ($\alpha=0.05$) a los de los otros tipos de mango durante los primeros 79 días de desarrollo precosecha. No se encontraron diferencias significativas en los niveles de SST entre mango Manila e injerto de Manila en Criollo en este periodo. A tiempos posteriores, los niveles de SST fueron semejantes entre los distintos tipos de mango estudiados.

A los 79 días de desarrollo los niveles de SST fueron de 7.08 ± 0.13 para Manila, 6.25 ± 0.24 para Criollo y 6.87 ± 0.08 para el injerto de Manila en Criollo, estos valores son similares a los reportados por Báez-Sanudo y col., (1999), para mangos Tommy Atkins, Haden y Kent (7.3-7.4%) después de 80 días de desarrollo fisiológico. A los 100 días de desarrollo precosecha, considerada madurez de corte para mango Manila, los frutos alcanzaron un valor máximo de 9.57 ± 0.11 para Manila, 9.05 ± 0.15 para Criollo, y $10.03 \pm 0.07\%$ para injerto de Manila en Criollo.

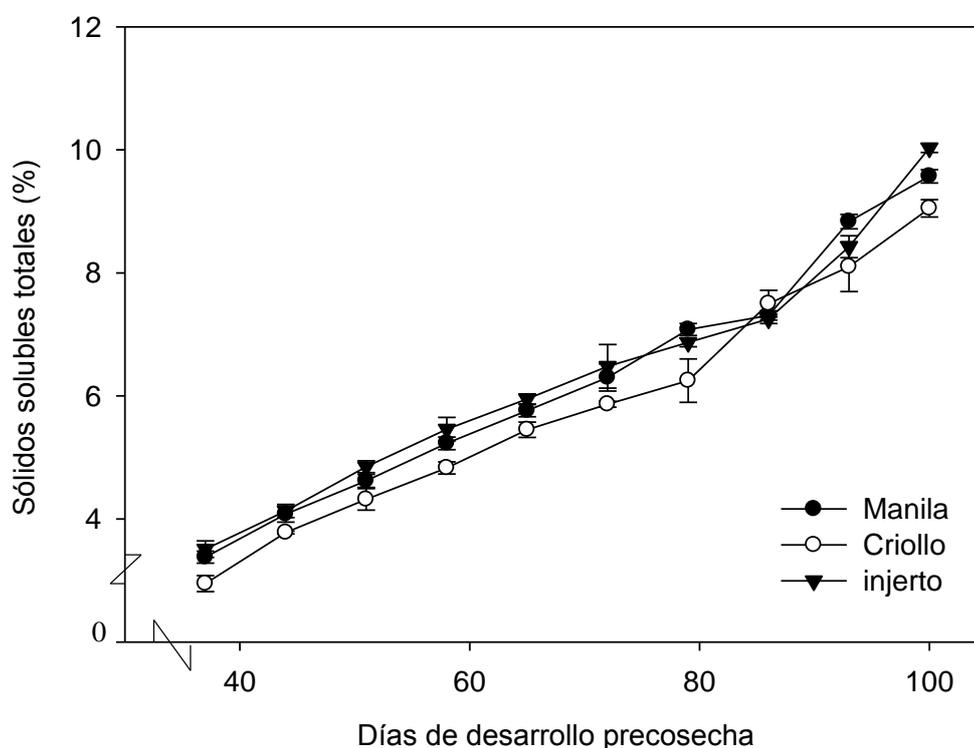


Figura 9. Variación en el porcentaje de los SST durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Estos resultados son similares a los reportados por Kader (2008), para mangos Haden, Keitt y Kent que alcanzaron la madurez fisiológica en el árbol, y cuyo contenido de SST osciló entre 7-10% a los 102 días; también son similares a los reportados por Dick y col., (2009), para mango Kent con valores de SST de 8-10% para frutos con 95 días de desarrollo fisiológico. Los

resultados obtenidos en este trabajo indican que el uso del portainjerto no afectó significativamente los niveles de SST de los frutos.

Acidez (Porcentaje de ácido cítrico)

La disminución en la acidez se ha atribuido a la reducción en la concentración de ácidos que participan en procesos metabólicos asociados a la maduración precosecha (Wills y col., 1989). En la figura 10 se presenta el porcentaje de acidez durante el desarrollo precosecha de los mangos analizados, se observa una disminución gradual en la acidez en los tres tipos de mangos.

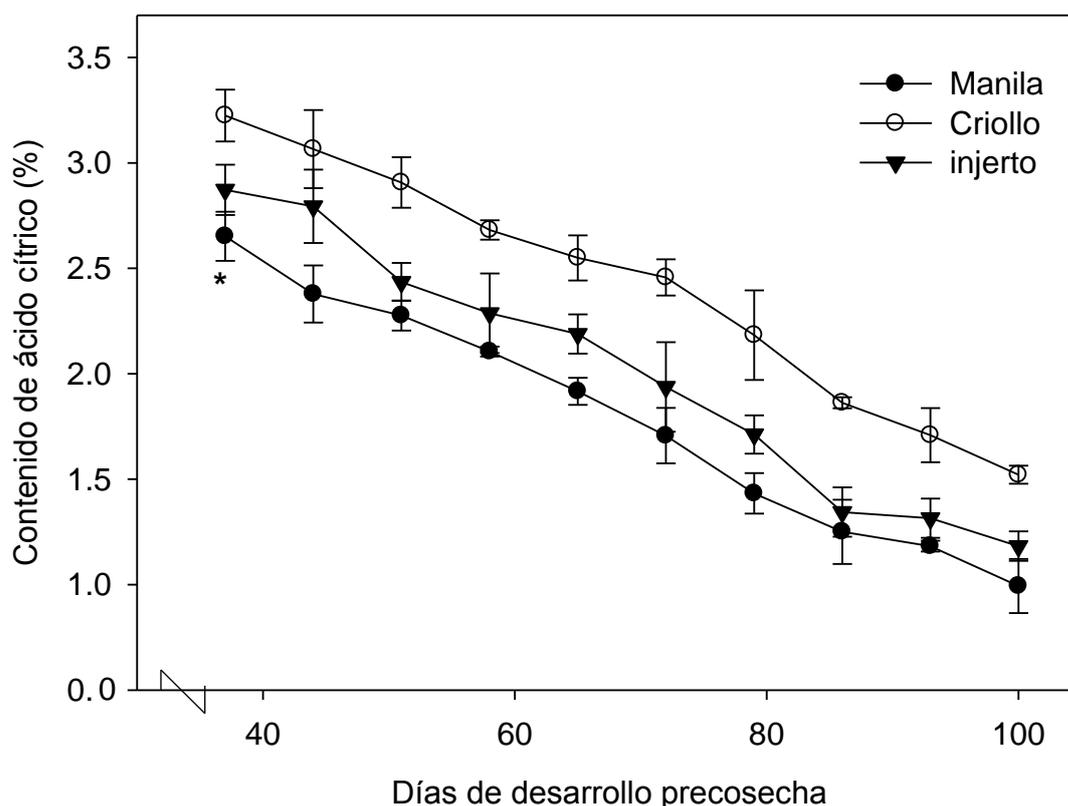


Figura 10. Variación en el porcentaje de acidez titulable, durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

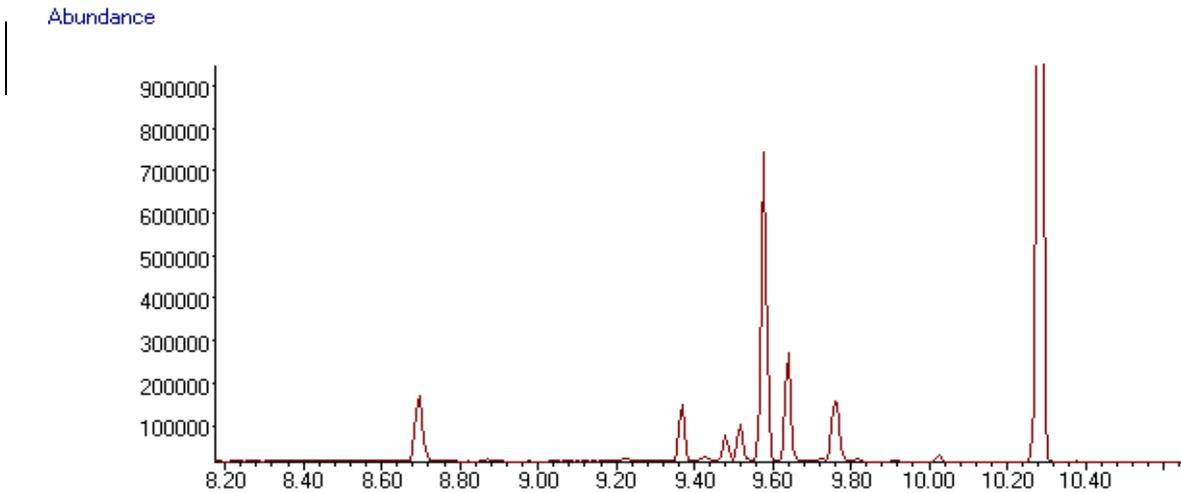
Los valores de acidez más altos ($\alpha=0.05$) se encontraron en el mango Criollo y la menor acidez se observó en mango Manila e injerto de Manila en Criollo sin encontrarse diferencias significativas entre estos tipos de mango. Por otra parte, como se mencionó previamente el uso del portainjerto tampoco afectó los niveles de SST, por lo que se esperaría que la calidad sensorial de los frutos se conserve.

El porcentaje de acidez en la madurez fisiológica o de corte (100 días) para mangos Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo fue de: 0.99 ± 0.04 , 1.52 ± 0.13 y $1.18\pm 0.07\%$, respectivamente. Los resultados obtenidos en los mangos estudiados en este trabajo son similares a los reportados por Baéz-Sanudo y col., (1999) para mangos Tommy Atkins. Dantas de Morais y col., (2002) determinaron en mangos Tommy Atkins que a mayor valor de acidez los frutos presentaron una mayor firmeza.

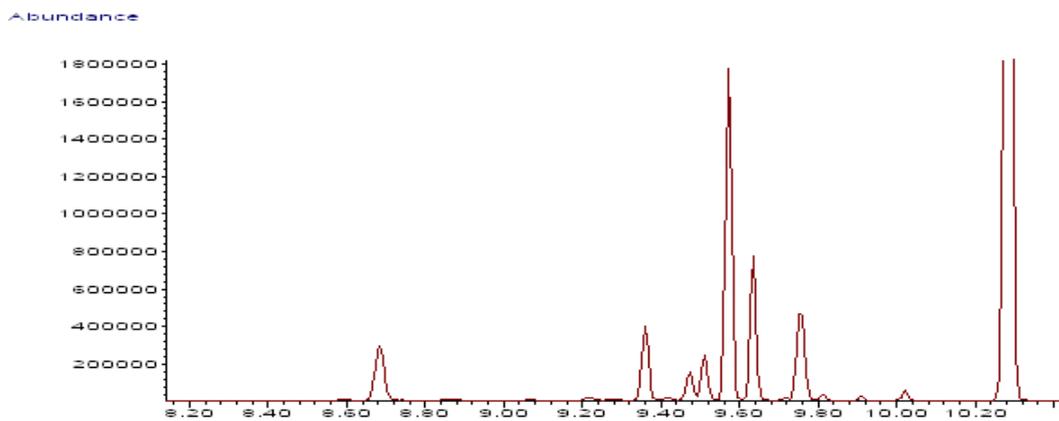
7.3 Identificación y cuantificación de volátiles

En la figura 11 se presentan los cromatogramas correspondientes al perfil de volátiles obtenido del fruto entero de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo a los 37 días de desarrollo precosecha, tiempo identificado como el inicio del crecimiento de los frutos, de acuerdo a la tasa de variación de peso y volumen presentada en la sección 7.1. Los volátiles identificados fueron de tipo monoterpénico y entre los más abundantes se encontraron al 2-careno, 3-careno y limoneno. En menor proporción, se identificaron señales que corresponden a α -pineno, β -mirceno, 1,3 ciclohexadieno, α -felandreno y 2 etil-1,3 dimetil benceno.

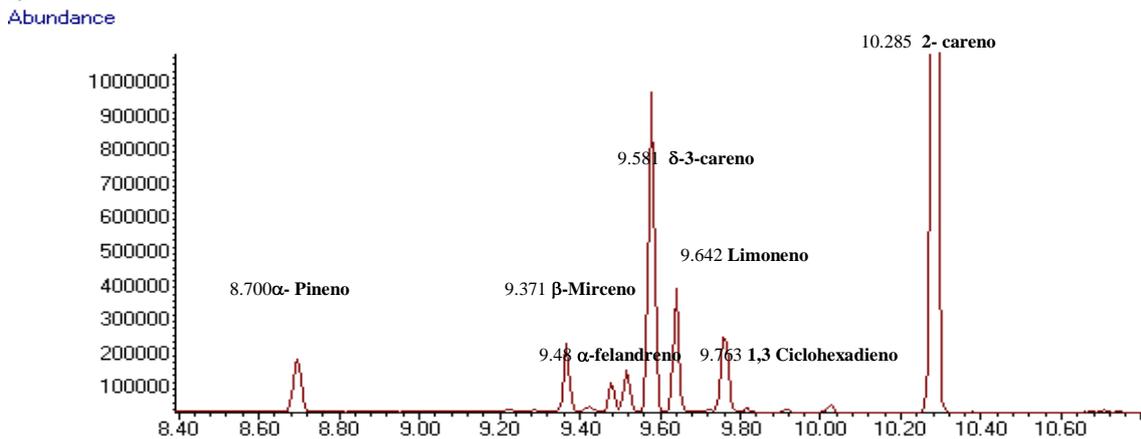
El dióxido de carbono y el etileno también se encontraron como componentes mayoritarios. Sin embargo, no se incluyen en el cromatograma debido a que no son motivo de estudio en este trabajo, además de que por su abundancia, reducían dentro del gráfico la intensidad de las señales de los compuestos volátiles de interés funcional, presentes en los tipos de mango estudiados.



a



b

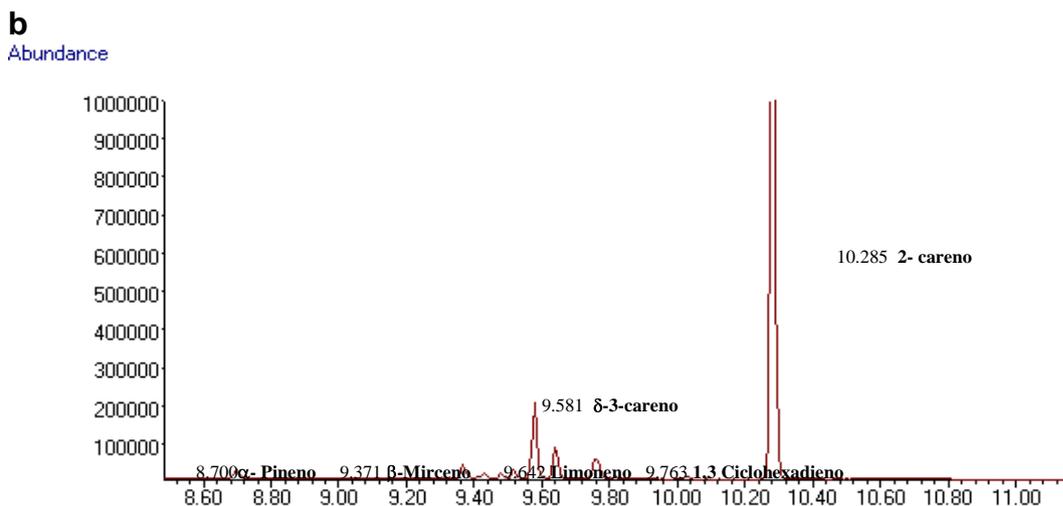
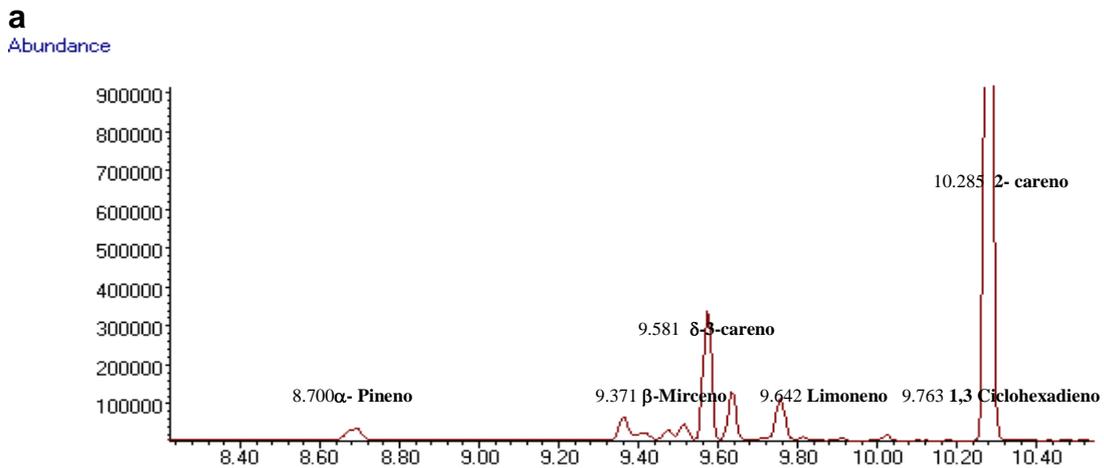
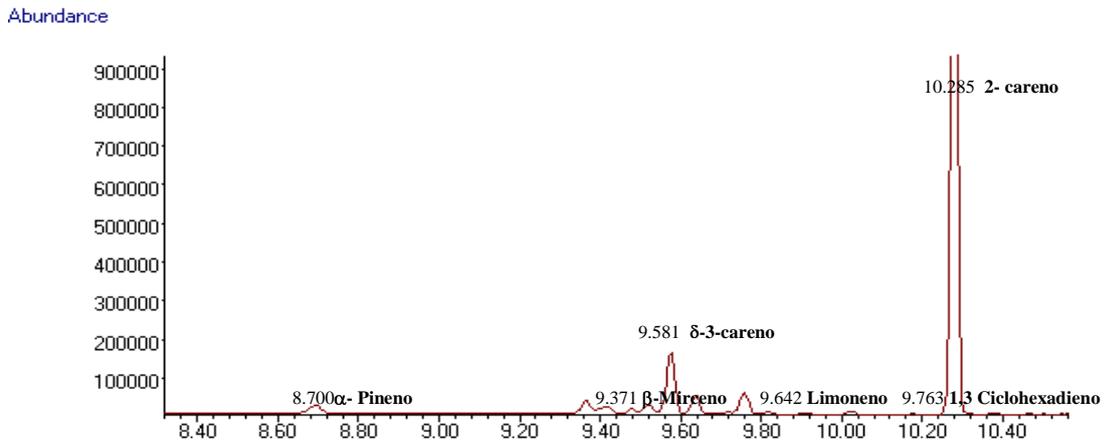


c

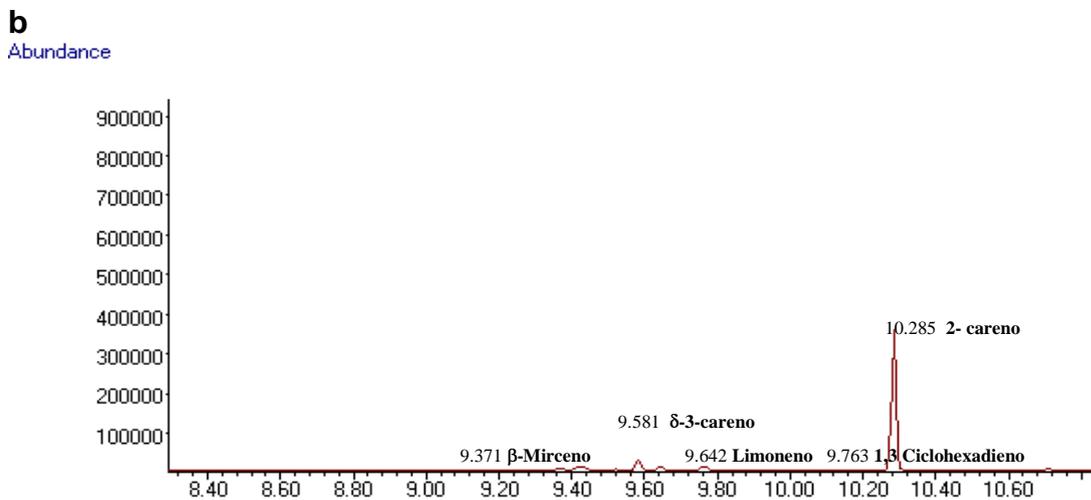
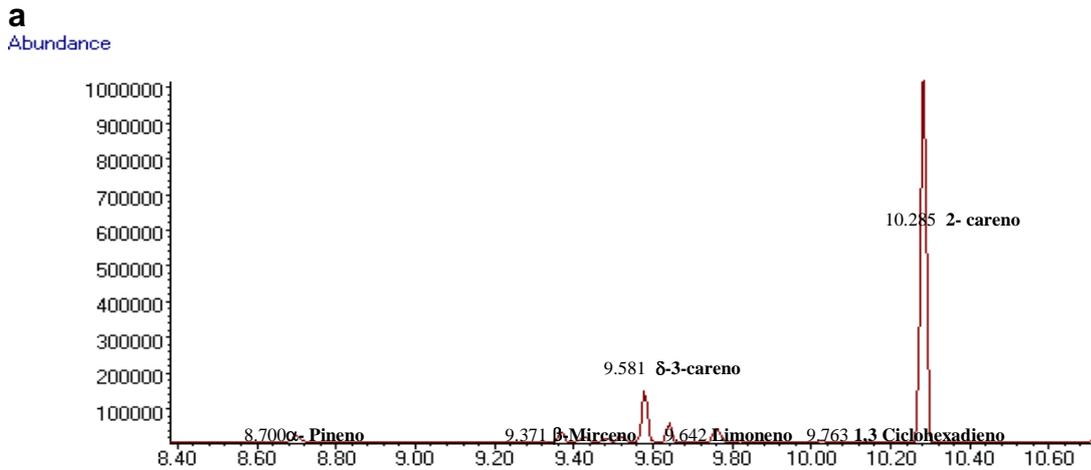
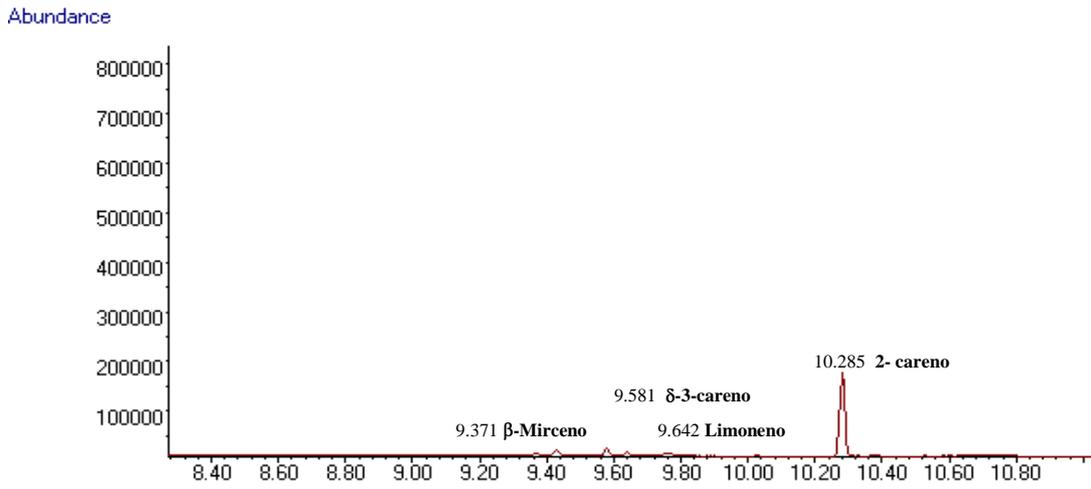
Figura 11. Cromatogramas obtenidos para la identificación de volátiles en fruto entero de mango Manila (a), Criollo (b) e injerto de Manila en Criollo (c), a los 37 días de desarrollo precosecha.

En las figuras 12 y 13 se muestra el perfil de volátiles durante los días 79 y 86, que de acuerdo a los resultados obtenidos en la sección 7.1, son

considerados puntos críticos del desarrollo de los diferentes tipos de frutos de mango, en la presente investigación.



c Figura 12. Cromatogramas de volátiles obtenidos de fruto entero de mango Manila (a), Criollo (b) e injerto de Manila en Criollo (c), a los 79 días de desarrollo precosecha.



c Figura 13. Cromatogramas de volátiles obtenidos en fruto entero de mango Manila (a), Criollo (b) e injerto de Manila en Criollo (c), a los 86 días de desarrollo precosecha.

En la tabla 2, se presenta de manera comparativa, la abundancia de los volátiles identificados durante el desarrollo de mango Manila, Criollo e injerto de

Manila en Criollo, así como la variación mostrada en las etapas críticas precosecha. Los monoterpenos descritos en esta tabla también han sido identificados como los de mayor abundancia en cultivares de mango Tommy Atkins (Bender y col, 2000); Ataulfo (Salazar-Sandoval y col., 2007); Haden, Mango amarillo, Macho, Mango blanco, San Diego, Manzano, Smith, Florida, Keitt, Kent, Delicioso, Super Haden, Ordoñez, Filipino, La Paz y Minin (Shang y col., 2002; Zhu y col., 2003; Franco y col., 2004; Pino y col., 2005).

Tabla 2. Perfil e identificación de volátiles para frutos enteros de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante el desarrollo precosecha.

Nombre del compuesto	TR Min	Abundancia relativa (%)								
		Manila			Criollo			injerto		
		37 DDP	72 DDP	86 DDP	37 DDP	72 DDP	86 DDP	37 DDP	72 DDP	86 DDP
Bióxido de carbono	1.42	20.6 ^a	25.3 ^b	27.8 ^b	15.8 ^a	19.7 ^b	25.4 ^c	21.1 ^a	24.1 ^b	28.3 ^c
Etileno	1.57	52.2 ^a	67.5 ^b	68.4 ^b	46.1 ^a	44.6 ^a	65.1 ^b	51.5 ^a	66.3 ^b	67.1 ^b
α -pineno	8.70	0.98 ^a	0.21 ^b	0.04 ^b	2.33 ^a	1.69 ^b	0.32 ^c	1.03 ^a	0.23 ^b	0.03 ^b
β -mirceno	9.37	0.85 ^a	0.16 ^b	0.03 ^b	1.02 ^a	0.31 ^b	0.25 ^b	0.81 ^a	0.18 ^b	0.05 ^b
α -felandreno	9.48	0.67 ^a	0.10 ^b	-	1.08 ^a	0.79 ^b	0.21 ^c	0.74 ^a	0.14 ^b	0.01 ^b
2 etil-1,3 dimetil benceno	9.52	0.49 ^a	0.07 ^b	-	0.95 ^a	0.58 ^b	0.09 ^c	0.62 ^a	0.11 ^b	0.02 ^b
3-careno	9.58	5.81 ^a	2.13 ^b	1.03 ^c	10.8 ^a	8.83 ^b	1.49 ^c	6.07 ^a	2.72 ^b	1.12 ^c
Limoneno	9.64	2.09 ^a	0.17 ^b	0.06 ^b	5.09 ^a	3.27 ^b	0.11 ^c	2.3 ^a	0.19 ^b	0.08 ^b
1,3 ciclo hexadieno	9.76	1.02 ^a	0.01 ^b	-	1.17 ^a	0.83 ^b	0.09 ^c	0.95 ^a	0.05 ^b	-
2-careno	10.28	13.8 ^a	3.37 ^b	1.48 ^c	13.7 ^a	10.9 ^b	5.44 ^c	12.3 ^a	3.51 ^b	1.53 ^c
2,6 octadienal	20.22	0.76 ^a	0.31 ^b	-	1.56 ^a	1.05 ^b	0.21 ^c	0.83 ^a	0.35 ^b	0.05 ^c

- Los resultados presentados son el promedio de tres mediciones
- Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0.05$)
- TR, tiempo de retención
- DDP, días de desarrollo precosecha

Durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango, la abundancia relativa (en porcentaje) de estos compuestos disminuyó gradualmente durante la etapa de máximo crecimiento comprendida entre los días 44 y 79, para posteriormente disminuir drásticamente después de los 79 días posteriores a la floración. Este comportamiento no puede ser comparado con otras variedades de mango debido, a que los reportes en la literatura han evaluado el perfil de volátiles en pulpa, jugo y cáscara de frutos de mango maduro, cortados en madurez comercial, y no en frutos enteros con diferentes etapas de desarrollo como en el presente estudio. En la figura 14, se presenta la dinámica de reducción de los volátiles de mayor abundancia e importancia biológica funcional identificados en los mangos Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.

Entre los volátiles más abundantes durante el desarrollo precosecha de los tres tipos de mango estudiados, se encontraron los monoterpenos: 3-careno, limoneno, α -pineno y β -mirceno. Estos monoterpenos también se han identificado entre los más abundantes en otros cultivares de mango como Tommy Atkins, Ataulfo, Haden, Manga amarilla, Macho, Manga blanca, San Diego, Manzano, Smith, Florida, Keitt, Kent, Delicioso, Super Haden, Ordoñez, Filipino, La Paz y Minin (Bender y col., 2000; Salazar-Sandoval y col., 2007).

En el presente trabajo se analizaron los niveles de estos volátiles, debido a que se ha reportado que tienen actividad atrayente o insecticida contra distintas especies de moscas como *Ceratitis capitata*, *Musca domestica*, *Bemisia argentifolii* y las larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* y del mosquito *Aedes aegypti* (Hernández-Sánchez, 2001; Ibrahim y col., 2001; Araujo y col., 2003). El monoterpeno más abundante encontrado en los mangos estudiados fue el 3-careno, seguido de limoneno, α -pineno y β -mirceno (Figura 14). En general, se observó una disminución gradual de los cuatro volátiles durante los primeros 72 días de desarrollo en los mangos analizados. Posteriormente, se observó una disminución más drástica en los niveles de estos volátiles, hasta alcanzar valores no detectables a los 100 días de desarrollo con la técnica utilizada.

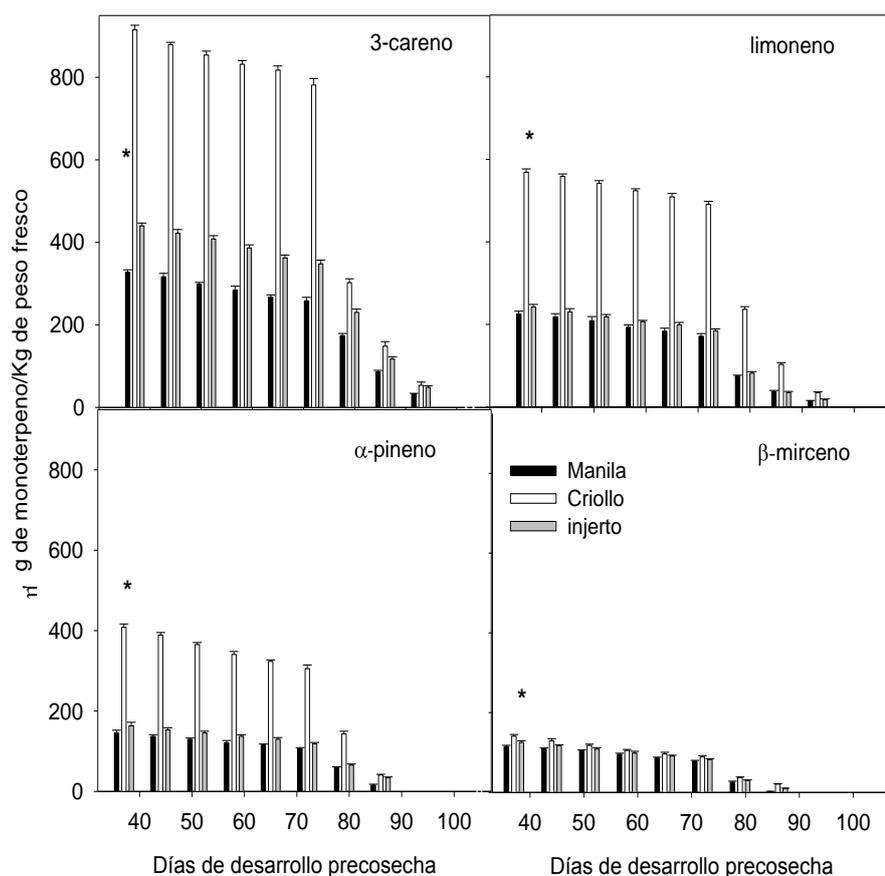


Figura 14. Variaciones en la concentración de: 3-careno, limoneno, α -pineno y β -mirceno, durante el desarrollo precosecha de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

En el caso del 3-careno, los niveles significativamente mayores fueron detectados en mango Criollo y los menores en mango Manila, mientras que el injerto de Manila en Criollo mostró valores intermedios aunque significativamente superiores a los de mango Manila ($\alpha=0.05$). En relación a los niveles de limoneno y α -pineno se observaron valores mayores en mango Criollo, sin encontrarse diferencias significativas entre los mangos Manila y los de injerto de Manila en Criollo. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas en los niveles de β -mirceno entre los mangos analizados durante todo el periodo de desarrollo precosecha.

Salazar-Sandoval y col., (2007) también observaron en mango Ataulfo que el componente mayoritario en los volátiles fue el 3-careno y que su concentración fue mayor en frutos inmaduros que en frutos maduros. En otros reportes, también se ha identificado al limoneno como uno de los principales componentes de la pulpa y cáscara de mango de las variedades Tommy Atkins, Ataulfo, Haden, Keitt y Kent (Bender y col., 2000; Franco y col., 2004; Pino y col., 2005; Salazar-Sandoval y col., 2007). Franco y col., (2004) reportaron al α -pineno y al β -mirceno entre los monoterpenos más abundantes en mango Tommy Atkins. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el uso del portainjerto incrementó significativamente los niveles de 3-careno en los frutos.

7.4 Identificación y cuantificación de compuestos fenólicos

Los espectros de absorción obtenidos en el rango de 200 a 680 nm, para los extractos metanólicos de cáscara de mango Manila las señales más altas fueron entre 300-335 nm y para pulpa de 295 a 315 (Figura 15). En el caso de mango Criollo los picos más altos para los extractos metanólicos de cáscara fueron 295-375 nm y para pulpa de 230-250, 270-290 nm. Finalmente para injerto de Manila en Criollo los picos en cáscara fueron 300-380, con un pico separado a 398. Para pulpa también se observan dos bandas una entre 290-330 y un pico separado a 345 nm.

De acuerdo a lo propuesto por Merken y Becher (2000) y Sakakibara y col. (2003), corresponden a la presencia de flavonas, flavonoles e isoflavonas. Los cuales exhiben bandas de absorción máxima: a 285nm correspondiente a la absorción del anillo A y 320-385nm correspondiente al anillo B (Deineka y col., 2004).

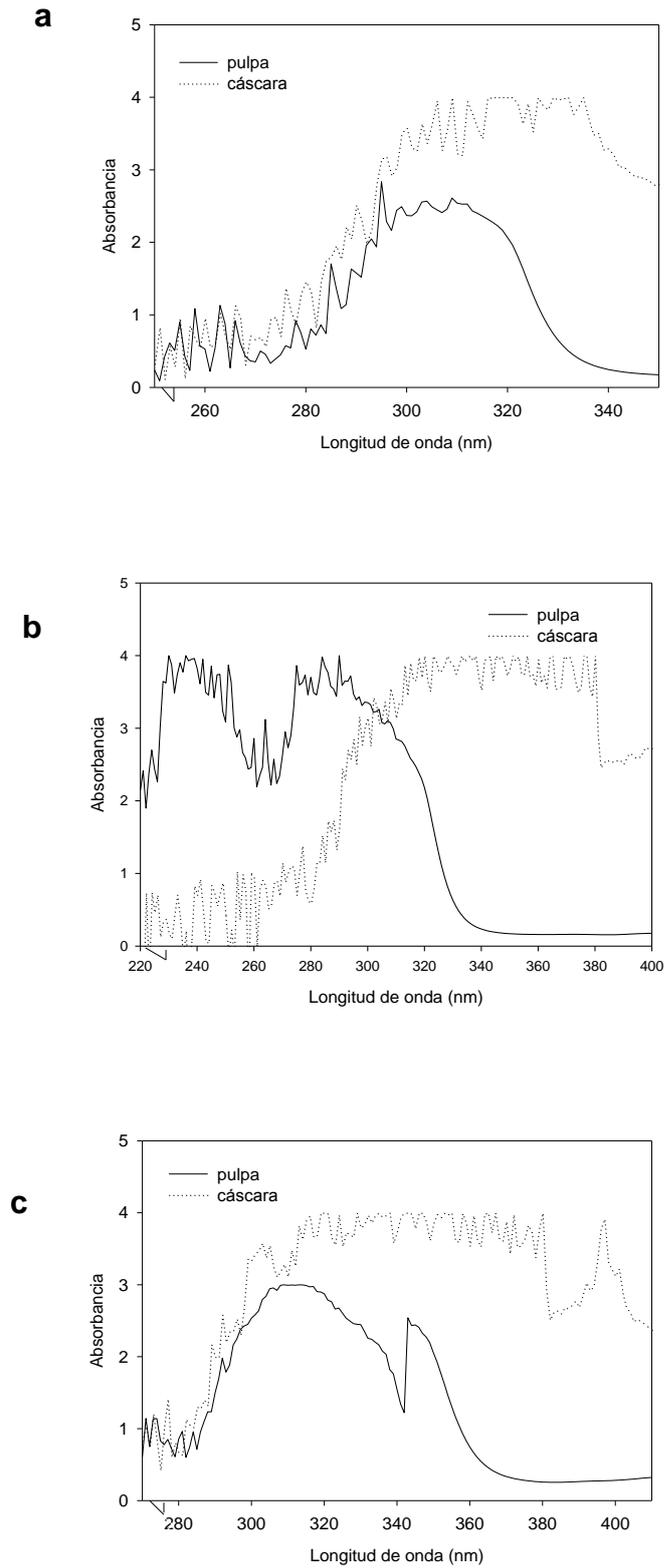


Figura 15. Espectros de absorción obtenidos de los extractos metanólicos de cáscara y pulpa de frutos de mango Manila (a), Criollo (b) e injerto de Manila en Criollo (c) a los 37 días de desarrollo precosecha.

Al cuantificar los fenoles totales tanto en cáscara como en pulpa (figuras 16 y 17), se observó que durante la etapa de desarrollo precosecha ubicada entre el día 37 y el 72 para los diferentes tipos de mango, la concentración fue significativamente mayor ($\alpha=0.05$) para Criollo e injerto de Manila en Criollo, en comparación con Manila. Los niveles de fenoles totales fueron disminuyendo gradualmente tanto en cáscara como en pulpa, alcanzando en promedio un 30% de reducción a los 72 días, y después de 14 días más la concentración se redujo aproximadamente un 67% en los tres mangos estudiados, aún cuando la pendiente en cada una de las gráficas pareciera ser más pronunciada para los fenoles totales presentes en la cáscara. Se puede observar que a los 100 días de desarrollo precosecha se obtuvo un valor pequeño. Los estudios que se han reportado hasta el momento se basan en muestras de mango liofilizadas, a diferencia del presente estudio que se hizo en base húmeda.

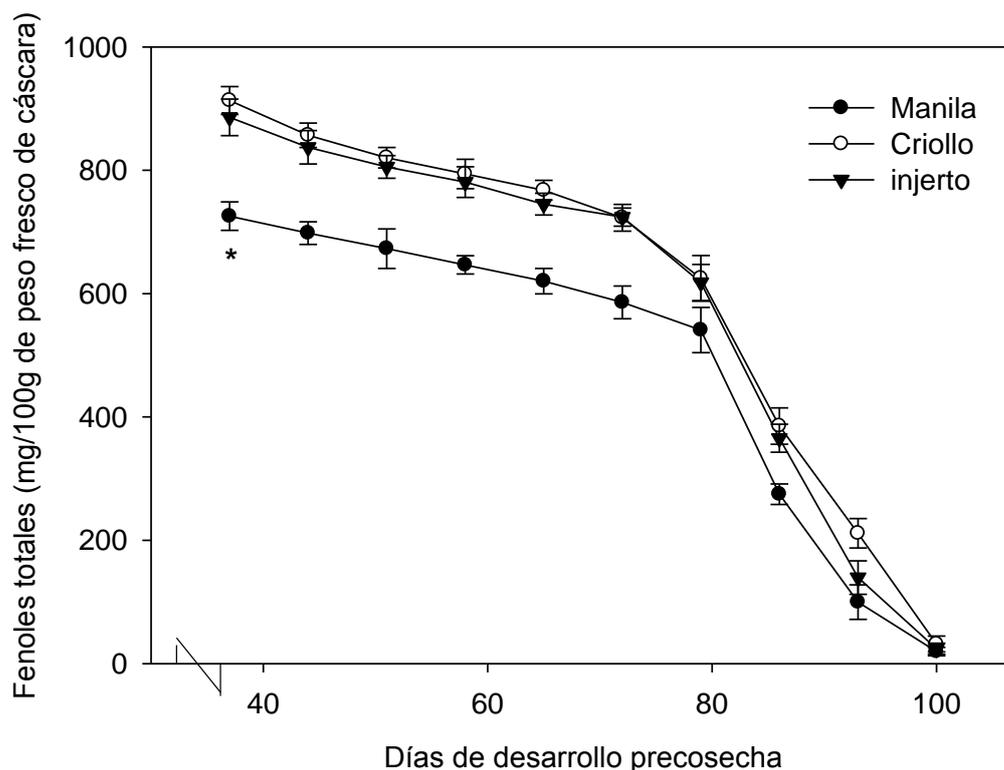


Figura 16. Concentración de fenoles totales en cáscara de frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante su desarrollo precosecha. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. *indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

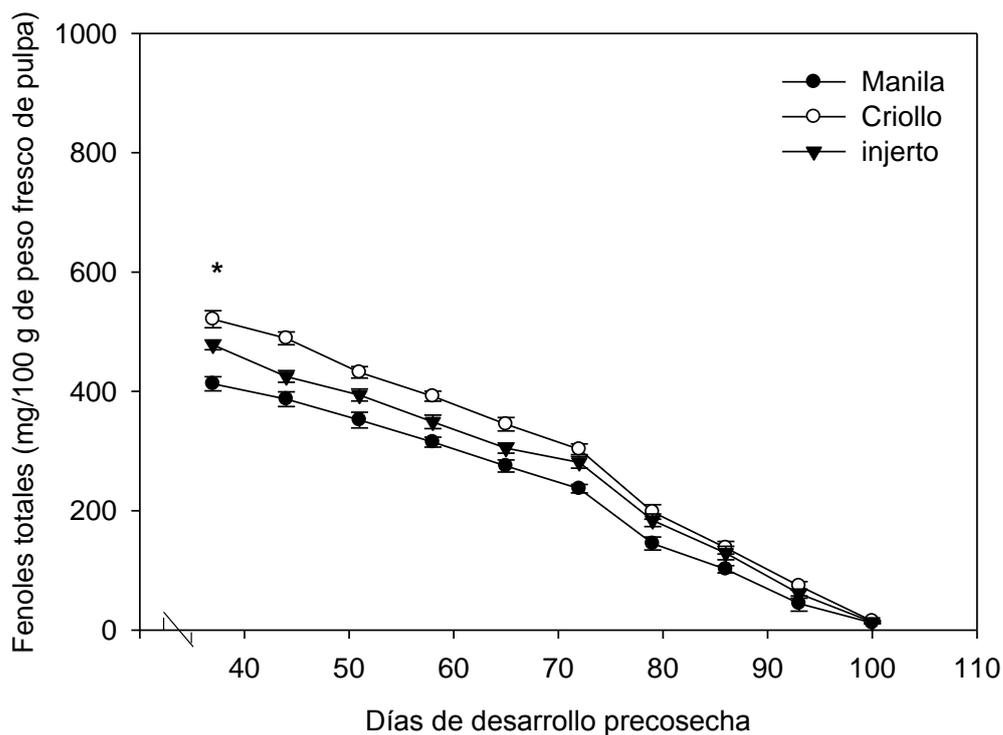
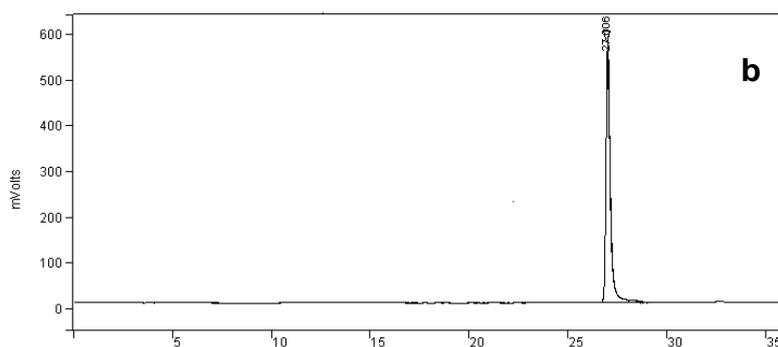
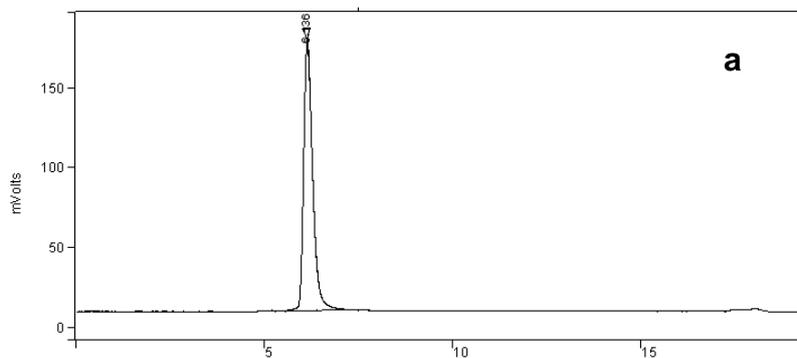


Figura 17. Concentración de fenoles totales en pulpa de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante el desarrollo precosecha. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. * indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

Berardini y col. (2005) analizaron el contenido de flavonoles y xantonas en muestras liofilizadas de catorce variedades de mango maduro, entre ellas Manila, Tommy Atkins, Haden y Kent, observando que las concentraciones más altas las obtuvieron en la cáscara de los frutos y no en la pulpa, además de que la concentración estuvo directamente relacionada con la madurez fisiológica y la variedad de mango.

En la composición química del mango, los metabolitos secundarios como los flavonoides y fenoles, además de contribuir al aroma y sabor del fruto, presentan una actividad biológica importante en los mecanismos naturales de defensa contra el ataque de insectos (Crozier y col., 2004; Berardini y col., 2005).

Los cromatogramas correspondientes a los estándares de mangiferina y quercetina se presentan en la figura 18. Para mangiferina se tuvo un tiempo de retención de 6.138, para quercetina de 27.006 y para catequina de 3.992, estos tiempos también se observaron en las diferentes muestras estudiadas, en algunos casos tuvieron un desplazamiento de décimas de segundo lo cual no afectó debido a que se trabajo con la técnica de enriquecimiento de pico, la intensidad en el pico para mangiferina no fue muy alta a diferencia de quercetina y catequina. Sin embargo, para ambos compuestos la intensidad de los picos fue disminuyendo durante el desarrollo precosecha para cada uno de los tipos de mango estudiados.



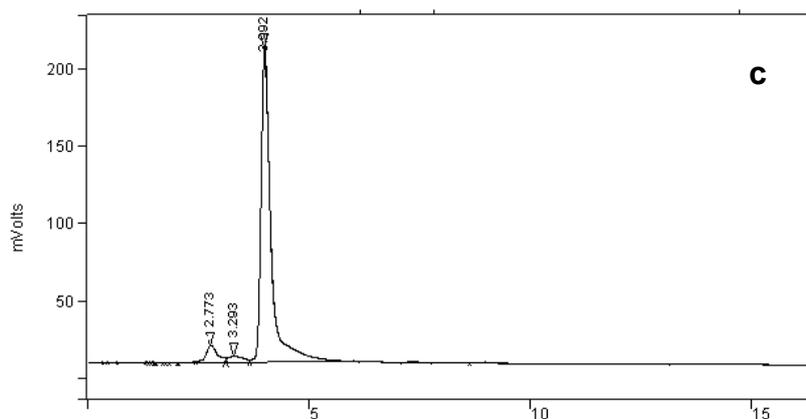


Figura 18. Cromatogramas obtenidos por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) para los estándares de mangiferina (a) y quercetina (b) y catequina (c).

Un comportamiento similar al de los volátiles fue observado para las diferentes concentraciones de los flavonoides cuantificados (Fig. 19), esto es que el contenido de los principales flavonoides disminuyó durante el desarrollo precosecha. Entre los 37 y 72 días de desarrollo precosecha hubo una reducción gradual en el contenido de los flavonoides para los tres tipos de mango estudiados, a los 100 días de desarrollo precosecha alcanzó valores de 5.3 mg/100 g de pulpa fresca. El contenido de los flavonoides cuantificados fue significativamente menor en mango Manila ($\alpha=0.05$) durante el tiempo de desarrollo precosecha estudiado, mientras que Criollo tuvo valores significativamente más altos y el injerto de Manila en Criollo presentó valores intermedios.

Los resultados de este trabajo indican que el uso del portainjerto Criollo incrementó el contenido de flavonoides en los frutos. Berardini y col. (2005) analizaron el contenido de flavonoides y xantonas en variedades de mango maduro de Manila, Tommy Atkins, Haden and Kent, observando que las concentraciones más altas se encontraron en la cáscara del fruto y no en la pulpa. Esto también fue observado en el presente trabajo ya que la concentración de flavonoides fue más alta en cáscara que en pulpa (datos no presentados).

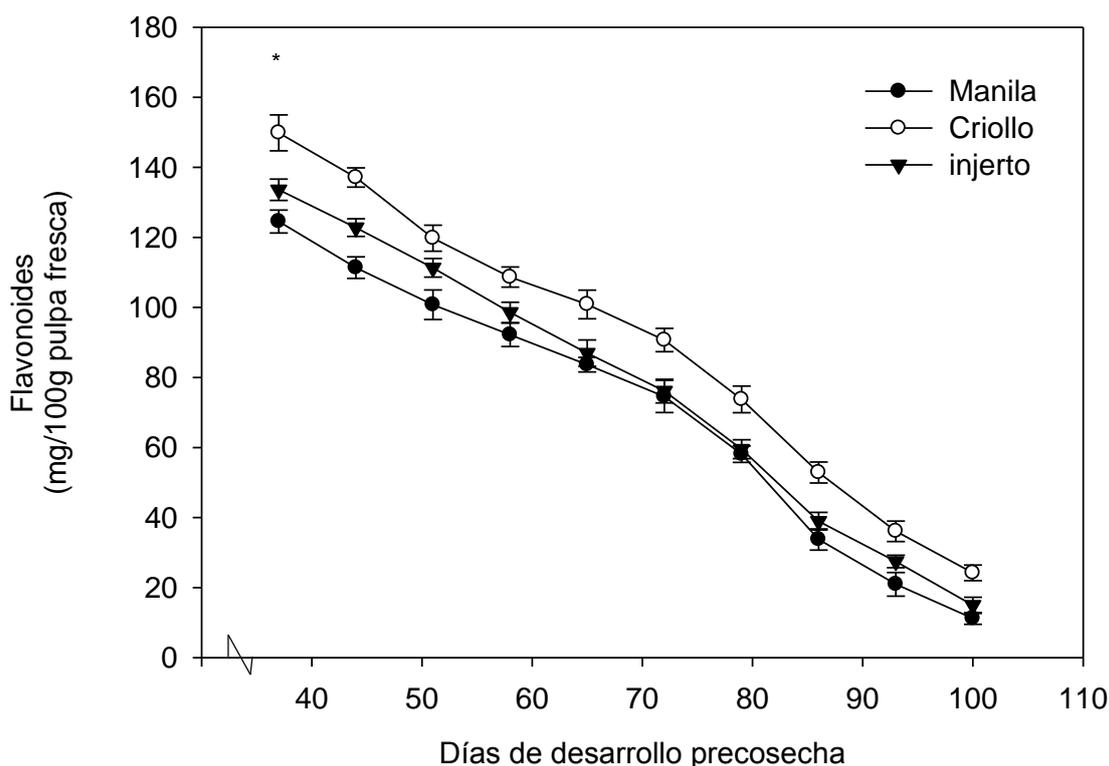


Figura 19. Concentración de los principales flavonoides en la pulpa de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante su desarrollo precosecha. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. *indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

7.5 Análisis de la infestación de mosca de la fruta *Anastrepha obliqua*

La evaluación del grado de infestación se midió a través de la cuantificación del número de larvas presentes en la pulpa de los frutos de mango muestreados. Los resultados se presentan en la Tabla 3. No se encontraron larvas en ninguno de los frutos analizados entre los 37 y 65 días de desarrollo. El número de larvas presentes fue significativamente diferente ($\alpha=0.05$) para los tres tipos de mango estudiados a partir de los 72 días de desarrollo.

Tabla 3. Número de larvas encontradas en frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante el desarrollo precosecha.

Día de desarrollo precosecha	Manila	Criollo	injerto de Manila en Criollo
37	0	0	0
44	0	0	0
51	0	0	0
58	0	0	0
65	0	0	0
72	2 ± 0.08	0	0
79	6 ± 0.79	0	1 ± 0.04
86	21 ± 1.59	3 ± 0.09	7 ± 0.75
93	40 ± 2.26	8 ± 0.87	13 ± 1.18
100	26 ± 1.94	5 ± 0.28	9 ± 0.92

*Los resultados son el promedio de tres repeticiones de tres frutos.

En general, las larvas se detectaron en etapas de desarrollo más tempranas (72 días) y en mayor número en mango Manila. En el injerto de Manila en Criollo se observaron larvas a partir de los 79 días de desarrollo mientras que el mango Criollo fue el que mostró mayor resistencia a la infestación ya que las larvas se detectaron hasta los 86 días de desarrollo y su número fue siempre significativamente menor al observado en los otros dos tipos de mango ($\alpha=0.05$).

La ausencia de larvas en las primeras etapas de desarrollo (37 a 65 días) en los mangos estudiados coincide con lo reportado por Hennessey y Schnell (2001), quienes observaron que los frutos inmaduros de dieciocho

cultivares de mango, fueron más resistentes al desarrollo de las larvas de la mosca del Caribe (*Anastrepha suspensa* (Loew)) que los frutos maduros. Estos autores atribuyen estas diferencias a que los mangos maduros contienen mayor disponibilidad de nutrientes para el desarrollo de las larvas. Por otra parte, a partir de los 72 días de desarrollo se observó una disminución drástica en los niveles de volátiles, fenoles y flavonoides más abundantes (Figuras 14, 17 y 19), que se ha reportado presentan actividad insecticida, larvicida y anti-alimentaria, lo que permitiría explicar la presencia de larvas en los tres tipos de mango a partir de esta etapa de desarrollo.

La mayor resistencia a la infestación observada en este estudio en mango 'Criollo' (Tabla 3) puede explicarse por diversos factores, por una parte, estos frutos presentaron los valores de firmeza más altos (Figura 6), los niveles de SST más bajos (Figura 9) y el porcentaje más alto de ácido cítrico (Figura 10), lo que estaría generando condiciones poco propicias para la oviposición y el desarrollo de los huevos. Asimismo, en estos frutos se encontraron los niveles más elevados de los volátiles monoterpénicos 3-careno, limoneno y α -pineno (Figura 14) que se ha reportado que poseen actividad insecticida y los niveles más altos de fenoles y flavonoides totales (Figuras 17 y 19), que se ha reportado que presentan actividad larvicida y anti-alimentaria.

Las diferencias observadas en la infestación entre mango Manila e injerto de Manila en Criollo no pueden explicarse por diferencias en los parámetros de calidad analizados; ya que como se mencionó anteriormente, no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de SST y el porcentaje de acidez ($\alpha=0.05$). Sin embargo, los niveles de 3-careno (Figura 14), así como los de fenoles y flavonoides más abundantes (Figuras 17 y 19) en frutos del injerto de Manila en Criollo, fueron significativamente superiores a los observados en mango Manila en el periodo de 37 a 72 días de desarrollo, por lo que podrían contribuir a explicar la mayor resistencia a la infestación de los frutos provenientes del portainjerto (Tabla 3).

7.6 Actividad larvicida de los extractos metanólicos.

Los resultados del porcentaje de actividad larvica de los extractos metanólicos obtenidos de la pulpa de mango Manila, Criollo en injerto de Manila en Criollo a los diferentes días de desarrollo precosecha se presentan en la Figura 20.

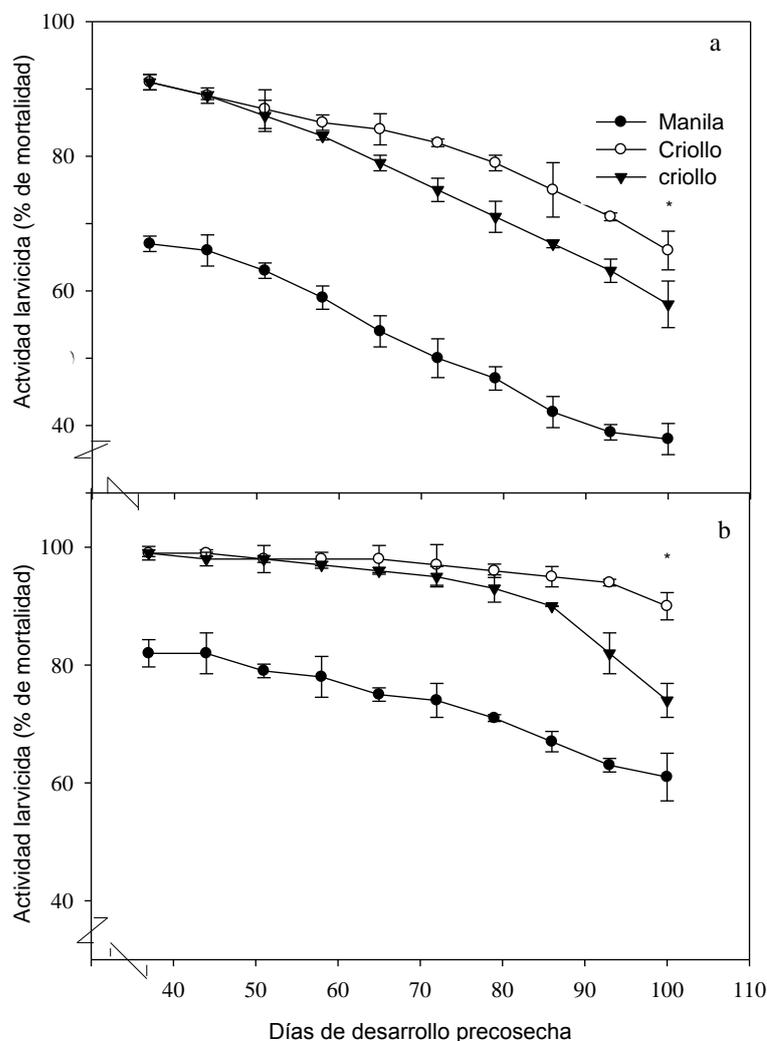


Figura 20. Porcentaje de actividad larvica de los extractos metanólicos (50 y 100 µL) de la pulpa de los frutos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo durante el desarrollo precosecha. Cada valor es el promedio de tres repeticiones \pm desviación estándar. *indica diferencias significativas ($\alpha=0.05$).

En general se observó que la actividad larvica fue más alta durante los primeros días de desarrollo precosecha independientemente del volumen utilizado de extracto metanólico, y que la actividad siempre fue mayor para los

extractos de mango Criollo (Figura 20a). También se observó que a mayor contenido de extracto metanólico mayor actividad larvicida (Figura 20b). Resulta interesante enfatizar que los extractos metanólicos obtenidos de los injertos presentaron una actividad más alta que los observados para mango Manila tanto para 50 como para 100 μ L.

Aún cuando nuestros resultados no pueden compararse del todo con los obtenidos por Albuquerque y col. (2004) y Araujo y col. (2003), debido a que ellos partieron de un aceite esencial que extrajeron de plantas medicinales, si podemos coincidir en que la actividad larvicida estuvo directamente relacionada con la concentración de los flavonoides presentes en sus extractos metanólicos. La disminución en la concentración de los flavonoides presentes en los extractos metanólicos, conforme transcurrieron los días de desarrollo precosecha, podría explicar el éxito en la infestación por mosca de la fruta *Anastrepha obliqua* en etapas posteriores de desarrollo de los frutos.

8. CONCLUSIONES

- La dinámica de crecimiento de los tipos de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo, puede ser estimada a través de los cambios en el peso y volumen del fruto permitiendo identificar etapas de desarrollo precosecha, donde la velocidad e intensidad de los cambios fisiológicos asociados a los procesos metabólicos de maduración son diferentes.
- Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el uso del mango Criollo como portainjerto para mango Manila, no afectó significativamente el crecimiento de los frutos, ya que éstos alcanzaron volúmenes y pesos similares a los obtenidos en mango Manila.
- Se identificó una etapa máxima de crecimiento comprendida entre los días 37 y 79, en la cual se presentaron los mayores cambios en las características físicas de firmeza y color. Así como, en el perfil de composición de sólidos solubles totales, acidez y pH.
- El uso del mango Criollo como portainjerto para mango Manila, no afectó los niveles de SST ni el contenido de ácido cítrico, ya que no se encontraron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en estos parámetros. En general, el uso del portainjerto aumentó la firmeza de los frutos ya que se encontraron valores superiores a los observados en mango Manila.
- La presencia de compuestos fenólicos y flavonoides podría actuar como mecanismo de defensa natural contra el desarrollo larvario una vez que la mosca de la fruta oviposita, ya que la reducción en la concentración de estos compuestos durante el crecimiento y desarrollo precosecha estuvo correlacionado con el incremento en el número de larvas determinado durante el estudio.

- Asimismo, el uso del mango Criollo como portainjerto para mango Manila incrementó significativamente los niveles de 3-careno, de fenoles y de flavonoides totales en los frutos, dando por resultado una mayor resistencia a la infestación por *Anastrepha obliqua*.
- Los resultados obtenidos en este trabajo apoyan el uso del portainjerto Criollo para mango Manila, por los efectos benéficos observados en la resistencia a la infestación por la mosca de la fruta *Anastrepha obliqua* y porque no afecta el crecimiento de los frutos.

Perspectivas

- Caracterizar los compuestos fenólicos y flavonoides para identificar el o los compuestos responsable(s) de la actividad inhibitoria del crecimiento de larvas de mosca de la fruta.
- Utilizar el monitoreo de los cambios de volumen como parámetro no destructivo para identificar la etapa del desarrollo de mango Manila, y en consecuencia la susceptibilidad a la infestación por mosca de la fruta.
- Evaluar el efecto del portainjerto en la calidad sensorial de los frutos.
- Mejorar los sistemas de manejo integral de plagas (MIP) establecidos para la reducción de la proliferación de mosca de la fruta a través de la incorporación del conocimiento del comportamiento químico y biológico natural del fruto de mango Manila, Criollo e injerto de Manila en Criollo.

REFERENCIAS

- Addor, R.W. 1995. Insecticides. *Agrochemicals from natural products*. Godfrey C.R.A. Editores, Marcel Dekker, Inc. pp. 1-62.
- Agusti M. 2004. Fruticultura. Desarrollo del fruto. Propagación y mejora del material vegetal. Departamento de Producción Vegetal, Universidad Politécnica, Valencia, España. Mundi-Prensa, Madrid, España. pp. 127-159; 179-205.
- Albuquerque M.R.J.R., Silveira E.R., Esdras De A.U.D., Leda G.L.T., Souza E. B., Santiago G.M.P. y Pessoa O.D.L. 2004. Chemical composition and larvicidal activity of the essential oils from *Eupatorium betonicaeforme* (D.C.) Baker (Asteraceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**, 6708-6711.
- Aluja, M. 1994. Bionomics and management of *Anastrepha*. *Annual Review Entomology*. **39**:155-78.
- Aluja, M., Celedonio-Hurtado H., Liedo P., Cabrera M., Castillo F., Guillén J. y Ríos E. 1996. Seasonal population fluctuations and ecological implications for management of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) in comercial mango orchards in Southern Mexico. *Journal of Economical Entomology*, **89**, 654-667.
- Aluja, M. 1999. Fruit fly (Diptera: Tephritidae) research in Latin America: myths realities and dreams. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, **28**, 565-594.
- Aluja M. y Piñero J. 2004. Testing human urine as a low-tech bait for *Anastrepha* spp (Diptera: Tephritidae) in small guava, mango, sapodilla and grapefruit orchards. *Florida Entomologist*, **87**, 41-50.
- Alvarenga N., Velázquez C.A., y Canela de A.N. 2001. Actividad biológica de compuestos aislados de corteza de raíz de *Maytenus vitis-idaea* (Celastraceae). *Revista de Ciencia y Tecnología, Dirección de Investigaciones UNA*, **1**, 51-55.

- Andrade E.H.A., Mala J.G.S. y Zoghbi M.B. 2000. Aroma volatile constituents of brazilian varieties of mango fruit. *Journal of Food Composition Analysis*, **13**, 27-33.
- Araujo E., Silveira E., Lima M.A., Andrade M. y Lima M.A.A. 2003. Insecticidal activity and chemical composition of volatile oils from *Hyptis martiusii* Benth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 3760-3762.
- Argandoña V.I., Del Pozol T., San-Martín A. y Rovirosa J. 2000. Insecticidal activity of *Plocamium cartilagineum* monoterpenes. *Boletín de la Sociedad Chilena de Química*, **45**, 1-7.
- Baéz-Sanudo R., Bringas-Taddei E. y Rodríguez-Félix A. 1999. Mexican fresh quality standard grades for Mexican mangoes and application methodology. *Journal of Applied Horticultural*, **1**, 5-10.
- Bender R.J, Brecht, J.K., Baldwin E.A y Malundo, T.M.M. 2000. Aroma volatiles of mature-green and tree-ripe 'Tommy Atkins' mangoes after controlled atmosphere vs. air storage. *HortScience*, **35**, 684–686.
- Berardini N., Fezer R., Conrad J., Beifuss U., Carle R. y Schieber A. 2005. Screening of mango (*Mangifera indica* L.) cultivars for their contents of flavonol O- and xanthone C-glycosides, anthocyanins, and pectin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 1563-1570.
- Branaman B. 2003. Fruits and Vegetables; Issues for Congress. National Council for Science and the Environment. Congressional Research Service, Report, January 27.
- Carpinella M.C., Defago M.T., Valladares G., y Palacios S.M. 2003. Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 369-374.
- Cartaza O., y Reynaldo I. 2001. Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos Tropicales*. **22**, 5-14.
- Castro-Neto M.T. y Reinhardt D.H. 2003. Relacoes entre parametros de crescimento do fruto da manga cv Haden. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal-SP, **25**, 36-38.

- Chang Fang-Rong, Chen Chung-Yi, Wu Po-Hsun, Kuo Reen-Yen, Chang Yuh-Chwen y Wu Yang-Chang. 2000. New alkaloids from *Annona purpurea*. *Journal of Natural Products*, **63**, 746-748.
- Clemente S., Mareggiani G., Broussalis A., Martino V. y Ferraro G. 2003. Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas*, **29**, 1-8.
- Coats J. R. 1994. Risks from natural versus synthetic insecticides. *Annual Review of Entomology*, **39**, 489-515.
- COVECA 2010. Monografía del Mango. Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria. Gobierno del Estado de Veracruz.
- Cowan M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, **12**, 564-582.
- Crozier A., Burns J., Aziz A., Stewart A.J., Rabiasz H.S., Jenkins G., Edwards C.A. y Lean E.J. 2000. Antioxidant flavonols from fruits, vegetables and beverages: measurements and bioavailability. *Biological Research*, **33**, 1-15.
- Dantas de Moraes P.L., Filgueiras H.A., Nunes de Pinho J.L. y Alves R.E. 2002. Correlacao entre variaveis de crescimento do fruto mangueira 'Tommy Atkins'. *Ciencia e Agrotecnologia*, **28**, 743-747.
- Davenport L.T. 2007. Reproductive physiology of mango. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, **19**, 363-376.
- Deineka, V.I. Grigor'ev, A.M y Staroverov, V.M. 2004. HPLC analysis of flavonoids: determining rutin in plant extracts. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, **38**, 487-489.
- Dick E., N'DaAdopo A., Camara B. y Moudioh E. 2009. Influence of maturity stage of mango at Harvest on its ripening quality. *Fruits*, **64**, 13-18
- Engel K.H. y Tressi R. 1983. Studies on the volatile components of two mango vareties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **31**:796-801.
- Escobedo A. J. 2003. Conceptos Básicos de Fruticultura. Programa de Extensión en Riego y Asistencia Técnica-PERAT, Coordinación Zonal Sur del Proyecto Subsectorial de Irrigación PSI.

- FAOSTAT 2010. Sumario de Estadísticas Agrícolas y Alimentarias Mundiales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 2005.
- Franco M.R.B., Rodriguez-Amaya, D y Lanças, F.M. 2004. Compostos voláteis de três cultivares de manga (*Mangifera indica* L.). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, **24**, 165-169.
- Garcia-Ramírez, M.J., Cibrian-Tovar, J., Arzufo-Barrera, R., López-Collado, J. y Soto-Hernández, M. 2004. Preferencias de *Anastrepha ludens* (loew) (Diptera: Tephritidae) por volátiles de frutos verdes o amarillos de mango y naranja. Agrociencia, **38**, 423-430.
- González A. G., Jiménez I. A., Ravelo A. G. y Bazzocchi I. L. 1993. Minor sesquiterpenes from *Maytenus canariensis* with insecticidal and antifeedant activity. Tetrahedron, **49**, 6637-6644.
- González-Coloma A., Reina M., Cabrera R., Castañera P. y Gutiérrez C. 1995. Antifeedant and toxic effects of sesquiterpenes from *Senecio palmensis* to colorado potato beetle. Journal of Chemical Ecology, **21**, 1255-1270.
- González J., Reyes F., Salas C., Santiago M.; Codriansky Y., Coliheuque N. y Silva H. 2006. *Arabidopsisthaliana*: A model host plant to study plant-pathogen interaction using Chilean field isolates of *Botrytys cinerea*, Biological Research, **39**, 221-228.
- Govender V., Korsten L. y Sivakumar D. 2005. Semi-commercial evaluation of *Bacillus licheniformis* to control mango postharvest diseases in South Africa. Postharvest Biology and Technology, **38**, 57-65.
- Greany, P.D., P.E. Shaw, P.L. Davis y T.T. Hatton. 1985. Senescence-susceptibility of marsh grapefruit to laboratory infestation by *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist, **68**, 144-150.
- Greany, P.D. y J.P. Shapiro. 1993. Manipulating and enhancing citrus fruit resistance to the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist, **76**, 258-263.
- Guzmán-Estrada C., Alcalde B.S., Mosqueda V.R. y Martínez G.A. 1997. Ecuación para estimar el volumen y dinámica del crecimiento de fruto de mango cv. Manila. Agronomía Tropical, **46**, 395-412.

- Hammond D. G., Rangel S. y Kubo I. 2000. Volatile aldehydes are promising broad-spectrum postharvest insecticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 4410-4417.
- Hennessey, M. K y Schnell, R. J. 2001. Resistance of immature mango fruits to Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, **84**, 318-319.
- Hernández-Ortiz, V. 1992. El género *Anastrepha* Schiner en México. Instituto Nacional de Ecología, AC. Soc. Mex. de Entomol. Xalapa, Ver. México. Publicación 33.
- Hernández-Sánchez, Sanz-Berzosa Casaña-Giner y Primo-Yúfera. 2001. Attractiveness for *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (Dipt., Tephritidae) of mango (*Mangifera indica*, cv. Tommy Atkins) airborne terpenes. *Journal of Applied Entomology*, **125**, 189–192.
- Hertog M. G. L., Hollman P. C. H. y Venema D. P. 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. **40**, 1591-1598.
- Ho L.C., Grange R.I., y Picken A.J. 1987. An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant Cell Environment*, **10**:157-162.
- Howard L. R., Talcott S. T., Brenes C. H. y Villalon B. 2000. Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (capsicum species) as influenced by maturity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 1713-1720.
- Ibrahim M.A., Kainulainen P., Aflatuni A., Tiilikkala K. y Halopainen J.K. 2001. Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insects pests. *Agriculture Food Science Finlande*, **10**, 243-259.
- Idstein H. y Schreier P. 1985. Volatile Constituents of Alphonso Mango (*Mangifera Indica*). *Phytochemistry*, **24**, 2313-2316.
- INIFAP. 2010. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Veracruz. Libro Técnico No. 13, p.128.
- Joas J., Caro Y. y Lechaudel M. 2009. Comparison of postharvest changes in mango (cv Cogshall) using a ripening class index (Rci) for different

carbon supplies and harvest dates. *Postharvest Biology and Technology*, **54**, 25-31.

- Kader, A.A. 2008. Parámetros de calidad y estándares de clasificación en mango: revisión de información disponible y futuras necesidades de investigación. Consultor Manejo Postcosecha de Frutas y Vegetales, Kader Consulting Services, P.O.Box 600, Davis, CA 95617-0600, USA. Reporte Técnico. 2008.
- Kim S.I., Park C., Ohh M.H., Cho H.C. y Ahn Y.J. 2003a. Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oil against *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae). *Journal of Stored Products Research*, **39**, 11-19.
- Kim S.I., Roh J.Y., Kim D.H., Lee H.S. y Ahn Y. J. 2003b. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *Journal of Stored Products Research*, **39**, 293-303.
- Koulibaly A., Sakho M. y Crouzet J. 1992. Variability of free and bound Volatile terpenic compounds in Mango. *Lebensmittel Wissenschaft u Technology*, **25**, 374-379.
- Laborem G., Marín C., Rangel L. y Espinoza M. 2002. Influencia del preenfriamiento sobre la maduración de 27 cultivares de mango (*Mangifera indica* L.). *Bioagro*, **14**, 13-118.
- Lakshminarayana G., Rao T.C. y Ramalingaswamy P.A. 1983. Varietal variations in content, characteristics and composition of mango seeds and fat. *Journal of American Oil Chemistry Society*, **60**, 88-89.
- Léchaudel M. y Joas J. 2007. An overview of preharvest factors influencing mango fruit growth, quality and postharvest behaviour. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, **19**, 287-298.
- Lechaudel M., Vercambre G., Lescourret F., Normand F. y Genard M. 2007. An analysis of elastic and plastic fruit growth of mango in response to various assimilate supplies. *Tree physiology* **27**, 219-230.
- Levinson H., Levinson A. y Osterried E. 2003. Orange-derived stimuli regulating ovoposition in the Mediterranean fruit fly. *Journal of Applied Entomology*, **127**, 269-275.

- Lira V.A.A., Camacho de la Rosa N.A., Wachter R.C. y Trejo M.M.A. 2007. Estudio comparativo de enzimas que degradan la pared celular en diferentes variedades de mango durante su maduración. www.respyn.uanl.mx/especiales/2008/ee-08-2008/documentos/A070.pdf
- Lombardi-Boccia G., Lucarini M., Lanzi S., Aguzzi A. y Capelloni M. 2004. Nutrients and antioxidant molecules in yellow plums (*Prunus domestica* L.) from conventional and organic productions: a comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **52**, 90-94.
- Macleod A.J. y De Troconis N.G. 1982. Volatile flavour components of mango fruit. *Phytochemistry*, **21**, 2523-2526.
- Macleod A.J. y Pieris N.M. 1985. Comparison of the volatile components of some mango cultivars. *Phytochemistry*, **23**, 361-366.
- Malevski Y., Gómez-Brito, L., Peleg, M. y Silberg, M. 1977. External color as maturity index of mango. *Journal of Food Science*, **42**, 1316-1318.
- Malo A.E., Cruz-López L., Toledo J., Del Mazo A., Virgen A. y Rojas J.C. 2005. Behavioral and electrophysiological responses of the Mexican fruit fly (*Diptera: Tephritidae*) to guava volatiles. *Florida Entomologist*, **88**, 364-371.
- Manrhakhan A. y Price N.S. 1999. Seasonal profiles in production, fruit fly populations and fruit fly damage on mangoes in Mauritius. *Food and Agricultural Research Council, Réduit, Mauritius*, pp.107-115.
- Marlonio Pereira de Lucena E., Simao de Assis J., Elesbao A. R., Macedo da Silva V.C., y Eneas F.J. 2007. Physical and Chemicals changes Turing Tommy Atkins mangoes development in Sao Francisco valley, Petrolina, PE, Brazil. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal*. **29**, 96-101.
- Martínez-Fonseca J.L., Tijerina-Chávez L., Arteaga-Ramírez R., Vázquez-Peña M.A. y Román-Becerril A.E. 2007. Zonas agroclimáticas productoras de mango (*Mangifera indica* L. "Manila") en Veracruz, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. **63**, 17-35.
- Mata, B.I. y Mosqueda, V.R. 1998. La producción del mango en México. Editorial Limusa. México, D.F., p 159.
- Merken H.M. y Beecher G.R. 2000. Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 577-599.

- Merken H.M., Merken C.D. y Beecher G.R. 2001. Kinetics method for the quantitation of anthocyanidins, flavonols and flavones in foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**, 2727-2732.
- Miyazawa M., Nakamura Y. y Ishikawa Y. 2000. Insecticidal sesquiterpene from *Alpinia oxyphylla* against *Drosophila melanogaster*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 3639-3641.
- Morimoto M., Kumeda S. y Komai K. 2000. Insect antifeedant flavonoids from *Gnaphlium affine* D. Don. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 1888-1891.
- Morimoto M., Tanimoto K., Nakano S., Ozaki T., Nakano A. y Komai K. 2003. Insect antifeedant activity of flavones and chromones against *Spodoptera litura*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 389-393.
- Mosqueda V.R., Avila R., García P., De los Santos R e Ireta O., 1996. Esmeralda un clon para utilizarse como interinjerto y reducir el tamaño del árbol de mango cultivar Manila. INIFAP-Colegio de Posgraduados. Folleto Técnico Num. 12, p. 21.
- Mukherjee S.K. 1997. The mango botany production and uses. Introduction botany an importants in Litz R.E. Cab International pag. 11.
- Murphy C.M., 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*, **12**, 564-582.
- Oliva A., Kimudini M.M., Wedge D.E., Harries D., Hale A.L., Aliotta G. y Duke S.O. 2003. Natural fungicides from *Ruta graveolens* L. leaves, including a new quinolone alkaloid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 890-896.
- Osuna-Enciso T., Engleman E.M., Becerril-Román A.E., Mosqueda-Vázquez R., Soto-Hernández M. y Castillo-Morales A. 2000. Iniciación y Diferenciación Floral en mango "Manila". *Agrociencia* **34**, 573-581.
- Ovruski S., Aluja M., Sivinski J. y Wharton R. 2000. Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and the southern United States: Diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly biological control. *Integrated Pest Management Reviews*, **5**, 81-107.
- Park Il-Kwon, Lee Sang-Gil, Shin Sang-Chul, Park Ji-Doo y Ahn Young-Joon. 2002. Larvicidal activity of isobutylamides identified in *Piper nigrum* fruits

- against three mosquito species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**,1866-1870.
- Pelz-Stelinski K.S., L.J. Gut y R. Isaacs. 2006. Vertical Position of Traps Influences Captures of Eastern Cherry Fruit Fly (*Diptera: Tephritidae*). *Florida Entomologist*, **89**, 80-81.
- Peña J.E. y A.I. Mohyuddin. 1997. Insect pests. Introduction botany an importants in Litz R. E. CAB International, Wallingford, UK, p.21-28
- Peña J.E., Mohyuddin A.I., y Wysoki M. 1998. A Review of the Pest Management Situation in Mango Agroecosystems. *Phytoparasitica*, **26**, 1-20.
- Pereira de Lucena E.M., Simao de Assis, J., Elesbao Alves, R., Macedo da Silva, V.C. y Eneas Filho J. 2007. Alterações físicas e químicas durante o desenvolvimento de mangas 'tommy atkins' no vale do são francisco, petrolina-pe. *Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal*, **29**, 96-101.
- Pérez B.M.H., Vázquez V.V. y Salazar G.S. 2006. Defoliación de brotes apicales y su efecto en la diferenciación floral del mango "Tommy Atkins". *Revista Fitotecnia Mexicana*, **29**, 313-319.
- Pérez-Barrasa M.H., Vázquez-Valdivia V. y Osuna-García J.A. 2008. Uso de giberelinas para modificar crecimiento vegetativo y floración en mango Tommy Atkins y Ataulfo. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, **14**,169-175.
- Peterson Ch., Tsao R., Egger L.A. y Coats J.R. 2000. Insecticidal activity of cyanohydrin and monoterpenoid compounds. *Molecules*, **5**, 648-654.
- Petit-Jiménez, D., González-León, A., González-Aguilar, G., Sotelo-Mundo, R. y Baez-Sañudo, R. 2007. Cambios en la cutícula durante la ontogenia del fruto de *Mangifera indica* L. *Revista Fitotecnia México*, **30**, 51-60.
- Pino J.A., Mesa J., Muñoz J., Martí M.P. y Marbot R. 2005. Volatile Components from Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 2213-2223.
- Pino J., Rosado A. y Sánchez R. 1989. Volatile components of three cultivars of mango from Cuba. *Nahrung*, **33**, 709-715.
- Proestos C., Chorianopoulos N., Nychas G-J E. y Komaitis M. 2005. RP-HPLC Analysis of the phenolic compounds of plant extracts. Investigation of

- their antioxidant capacity and antimicrobial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **53**, 1190-1195.
- Robacker, C.D. y Fraser Z. 2001. Effects of food deprivation on attraction of mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) to grapefruit in a win tunnel. *Annals of the Entomological Society of America*, **94**, 954-958.
- Robacker D.C. y Fraser I. 2002. Do mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) prefer grape fruit to yellow chapote a native host. *Florida Entomologist*, **85**, 481-487.
- Robacker, D.C., Garcia J.A., y W.G. Hart. 1990. Attraction of a laboratory strain of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) to the odor of fermented chapote fruit and to pheromones in laboratory experiments. *Environment Entomology*, **19**, 403-408.
- Robacker D.C. y Thomas D.E. 2007. Comparison of two shynthetic food-lures for capture of feral Mexican fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Mexico and implications regarding use of irradiated flies to asses lure efficacy. *Journal of Economic Entomology*, **100**, 1147-1152.
- Robbins R. J., 2003. Phenolic acids in foods: An overview of analytical methodology. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**, 2866-2887.
- Rocha C.M.C., Queiroz P. A.C., Vargas R.V.H., Gelape F.F., y Santos F.L.M. 2006. Identificacao da origen genetica de plantulas em sementes poliembrónicas de mangueira (*Mangifera indica* L.) cv Rosinha por meio de marcadores RAPD. *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal*, **28**, 454-457.
- Rodríguez-Saona C.R., Maynard D.F., Phillips S. y Trumbel J.T. 1999. Alkyfurans: effects of alkyl side-chain length on insecticidal activity. *Journal of Natural Products*, **62**, 191-193.
- Rodríguez-Saona C.R. y Trumbel J.T. 1999. Effects of avocadofurans on larval survival, growth and food preference of the generalist herbivore, *Spodoptera exigua*. *Entomology Experimental Application*, **90**, 131-140.
- Rodríguez-Saona C.R., Maynard D.F., Phillips S. y Trumbel J.T. 2000. Avocadofurans and their tetrahydrofuran analogues: comparison of

- growth inhibitory and insecticidal activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 3642-3645.
- SAGARPA 2010. Información oportuna del comercio exterior del producto. SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Sakakibara, H., Honda Y., Nakagawa, S., Ashida, H. y Kanazawa, K. 2003. Simultaneous determination of all polyphenols in vegetables fruits, and teas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 571-581.
- Salazar-Sandoval, I., Santiesteban-Hernández, A., Velásquez-Valdés, G. y Cruz-López, L. 2007. Volatiles of mango var Ataulfo characterized by SPME and capillary GC/MS spectroscopy. *Journal of Mexican Chemical Society*, **51**, 145-147.
- Sañudo Barajas, J.A., Siller Cepeda, J., Osuna Enciso, T., Muy Rangel, D., López Álvarez, G., Osuna Castro, J.A., Greve, C. y Labavitch, J. 2008. Solubilización y despolimerización de pectinas durante el ablandamiento de frutos de papaya. *Revista Fitotecnia Mexicana*, **31**, 149-155.
- SENASICA 2010. Información del Sector. Servicio Nacional de Seguridad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria.
- Schieber A., Berardini N. y Carle R., 2003. Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango (*Mangifera indica* L. cv "Tommy Atkins") peels by high performance liquid chromatography-electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 5006-5011
- Schieber A., Ulrich W. y Carle R. 2000. Characterization of polyphenols in mango puree concentrate by HPLC with Diode array and mass spectrometric detection. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **1**, 161-166.
- Shang S., Lapsley K., Jeong W., Lachance P.A., Ho C., y Rosen R.T. 2002. Antioxidative phenolic compounds isolated from almond (*Prunus amygdalus Batsch*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **50**, 2459-2463.

- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez J.C. y Rodríguez D. 2002. Insecticidas vegetales; una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE).
- Spreer W., Nagle M., Neidhart S., Carle R., Ongsprasert S., y Muller J. 2007. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica* L. "Chok Anan"). *Agricultural Water Management*, **88**, 173-180.
- Sugiyama, J., Al-Haq, M. I., y Tsuta, M. 2005. Application of portable acoustic firmness tester for fruits. *Frutic*, **5**, 439-443.
- Thomas D.B. 2004. Hot peppers as a host for the Mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, **87**, 603-608.
- Thomas D.B. 2001. Trap lure combinations for surveillance of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, **84**, 344-351.
- Urban L., Montpied P. y Normand F. 2006. Season effect on leaf nitrogen partitioning and photosynthetic water use efficiency in mango. *Journal of Plant Physiology*, **163**, 48-57.
- Vardar-Unlu G., Candan F., Sökmen A., Daferera D., Polissiou M., Sökmen M., Dönmez E., y Tepe B. 2003. Antimicrobial and antioxidant activity of the essential oil and metanol extracts of *Thymus pectinatus* Fisch. et. Mey. Var. *pectinatus* (Lamiaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 63-67.
- Vázquez-Valdivia V., Pérez-Barraza M.H., Salazar-García S. y Becerra-Bernal E. 2005. Crecimiento, nutrición, y rendimiento del mango "Ataulfo" con interinjerto de porte bajo "esmeralda". *Revista Chapingo, serie horticultura*, **2**, 209-213.
- Wills R.B.H., McGlasson W.B., Graham D., Lee T.H. y Hall E.G. 1989. Postharvest; an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. AVI Book published by Van Nostrand Reinhold, New York, USA. Cap. 3. Physiology and Biochemistry of fruit and vegetables. Pag. 36.
- Zarazúa A. y Ponce P. 2006. Situación y perspectivas del mango en México; el caso de los productos convenientes.

Zhu, J., Park, K., y Baker, T.C. 2003. Identification of odors from overripe mango that attract vinegar flies, *Drosophila melanogaster*. Journal of Chemical Ecology, **29**, 899-909.