



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"COMPOSICION QUIMICA DEL LATEX DE MANGO DE EXPORTACION"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE QUIMICA DE ALIMENTOS

P R E S E N T A :

TAYDE VIVIANA ROJAS JIMENEZ

2000



MEXICO, D.F.

EXAMENES PROFESIONALES FACULTAD DE QUIMICA

2000



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Prof. Iturbe Chiñas Francisca
VOCAL: Prof. León Félix Marco Antonio
SECRETARIO: Prof. Figueroa Torres Sofia Cristina
1er. SUPLENTE: Prof. Martínez Manrique Enrique
2do. SUPLENTE: Prof. Sandoval Guillén Bertha Julieta

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

Universidad Autónoma Metropolitana. Departamento de Biotecnología.
Laboratorio de Fisiología y Tecnología Postcosecha de Frutas y Hortalizas.

ASESOR: M. en C. Figueroa Torres Sofia Cristina



SUSTENTANTE: Rojas Jiménez Tayde Viviana



A Dios, mi creador y Padre; sin El no puedo siquiera explicar mi existencia. A El, este trabajo y mi vida entera.

A mi **Madre**, María de Guadalupe que siempre me ha tenido en su regazo.

A mis **papás**, Ramón y Lupita por su amor, ejemplo y apoyo incondicional.

A Carla mi **hermana**, amiga y compañera de toda la vida.

A **Javier** por compartir día a día el ser y la existencia y porque juntos reafirmamos, que amar, vale la pena.

A los **maestros**, **amigos**, **compañeros QA's 93**, **compañeros de otras carreras y generaciones** y a todas las personas que contribuyeron a que mi paso por la Facultad de Química, haya sido formativo y enriquecedor, pero sobre todo muy feliz. Especialmente a: Liliana, Aris, Ursula, Karla, Marcela, Karina, Juan Carlos Hernández, Martha, Dulce, Fabiola, Rolando, Adrián, Rodrigo, Juan Carlos Samperio y a Don Arturo.

A todos mis **amigos y familiares**.

A **Sofía** Figueroa por ayudarme a llegar a esta etapa final de la Licenciatura.

A todo el equipo de trabajo de los laboratorios Fisiología Postcosecha y Bioquímica Vegetal de la UAM Iztapalapa.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Química. Mis años por sus salones y corredores, laboratorios y bibliotecas, jardines, cines y auditorios, fueron maravillosos.

A todos: ¡Muchas Gracias!

LISTA DE CUADROS.	iii
LISTA DE FIGURAS.	iv
I. RESUMEN.	1
II. INTRODUCCION.	2
III. OBJETIVOS.	4
3.1 Objetivo General.	4
3.2 Objetivos Específicos.	4
IV. ANTECEDENTES.	6
4.1 Aspectos Económicos.	6
4.1.1 El mango en el contexto nacional e internacional.	6
4.2 Aspectos Técnicos y Científicos.	8
4.2.1 Orígenes y características fisiológicas del mango.	8
4.2.2 Laticíferos, látex y daño por látex.	10
4.2.3 Terpenos, 3-careno y terpinoleno.	13
V. MATERIALES Y METODOLOGIA.	18
5.1 Obtención del material biológico.	18
5.2 Cuantificación de los niveles de 3-careno y terpinoleno en el látex de los frutos de mango.	20
5.3 Prueba de sensibilidad al daño por látex.	22

5.4	Análisis Estadístico.	22
VI.	RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.	24
6.1	Descripción del látex.	24
6.2	Contenido de terpenos en el látex completo.	25
6.3	Contenido de terpenos en la fracción aceitosa del látex.	28
6.4	Proporción contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex completo.	30
6.5	Proporción volumen fracción aceitosa/volumen látex completo.	32
6.6	Prueba de Sensibilidad.	34
VII.	CONCLUSIONES.	38
	LITERATURA CITADA.	40
	ANEXO I.	44
	ANEXO II.	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de terpenoides en base al número de unidades de isopreno que contienen.	16
Cuadro 2. Región de muestreo y número de muestras de látex por cultivar estudiado.	18
Cuadro 3. Color y abundancia de las fracciones de látex de los diferentes cultivares.	24
Cuadro 4. Contenido de 3-careno y de terpinoleno en el látex de frutos de mango de los diferentes cultivares	25
Cuadro 5. Contenido de 3-careno y de terpinoleno en la fracción aceitosa del látex de frutos de mango de los diferentes cultivares.	28
Cuadro 6. Relación contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex de frutos de mango de los diferentes cultivares.	31
Cuadro 7. Relación mL fracción aceitosa/mL látex completo en el látex de frutos de mango de los diferentes cultivares.	33
Cuadro 8. Porcentaje de DPL en los frutos de los cultivares Haden y Tommy Atkins por la aplicación de una solución de 3-careno (350 $\mu\text{L}/\text{mL}$) después de 24 y 96 horas.	34
Cuadro 9. Tiempos de retención registrados, para diferentes compuestos, en un cromatograma de la fracción aceitosa del látex de mango del cultivar Haden (Figura 19).	44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. A) Fotografía de panícula y hojas de *Mangifera indica* L.
B) Esquema de flor de *Mangifera indica* L. 9
- Figura 2. A) Fruto del mango mostrando la parte basal del fruto y del tallo. B) Zona de abscisión y laticíferos del fruto y del tallo. Sistemas de ductos paralelos que no se interconectan. 12
- Figura 3. Estructura del isopreno (C_5H_8). La “cabeza” es el extremo más cercano a la ramificación del grupo metilo. 14
- Figura 4. Esquema del mecanismo de síntesis de terpenos. 15
- Figura 5. A) Estructura química del terpinoleno, B) mentona, C) alfa terpineol, D) careno y E) 3-careno. 17
- Figura 6. Metodología para la obtención del látex de mango para la cuantificación de terpenos en el mismo 19
- Figura 7. Metodología para la obtención del material biológico de la prueba de sensibilidad de los frutos de mango. 19
- Figura 8. Metodología para la cuantificación de los niveles de 3-careno y terpinoleno en el látex de los frutos de mango. 21
- Figura 9. Metodología de la prueba de sensibilidad de los frutos de mango al DPL. 23
- Figura 10. Media y desviación estándar del contenido de 3-careno en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares. 26

Figura 11.	Media y desviación estándar del contenido de terpinoleno en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.	27
Figura 12.	Media y desviación estándar del contenido de 3-careno en la fracción aceitosa del látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.	29
Figura 13.	Media y desviación estándar del contenido de terpinoleno en la fracción aceitosa del látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.	30
Figura 14.	Media y desviación estándar de la relación contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.	31
Figura 15.	Media y desviación estándar de la proporción de fracción aceitosa en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.	33
Figura 16.	Media y desviación estándar del porcentaje de área de exocarpo dañado de los cultivares Haden y Tommy Atkins a las 24 y 96 horas después de la aplicación de una solución de 3-careno (350 μ L/mL).	31
Figura 17.	Síntomas de DPL en los cultivares Haden (izquierda) y Tommy Atkins (derecha) por la aplicación de una solución de 3-careno (350 μ L/mL).	35
Figura 18.	Respuesta a la aplicación de una solución de terpinoleno (20 μ L/mL); no ocasionó los síntomas característicos del DPL en los cultivares Haden (izquierda) y Tommy Atkins (derecha).	36

Figura 19. Cromatograma de la fracción aceitosa del látex de mango del cultivar Haden.	45
Figura 20. Registro del análisis estadístico de los datos con el software SSPS. Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.	46

I. RESUMEN

Uno de los principales problemas que afectan la calidad del mango de exportación producido en la región del Pacífico Mexicano es el daño por látex (DPL), el cual ocasiona pérdidas que pueden representar hasta el 9.9 % de las exportaciones anuales. El DPL se caracteriza por el oscurecimiento inicial del exocarpo, alrededor de las lenticelas, a partir de las cuales se pueden generar zonas necróticas, ocasionando el deterioro de la apariencia, sabor y firmeza de los frutos. Se ha reportado que el DPL es causado por terpenos presentes en la fracción aceitosa del látex.

El objetivo del presente trabajo consistió en cuantificar los niveles de dos terpenos, el terpinoleno y el 3-careno en el látex de mango de los cultivares Ataulfo, Haden, Tommy Atkins, Kent y Keitt, cosechados en Michoacán, Nayarit y Sinaloa, y determinar su relación con la sensibilidad de los diferentes cultivares al DPL y con la incidencia del mismo. La fracción aceitosa del látex se extrajo con hexano y se analizó por cromatografía de gases; la sensibilidad se determinó haciendo aplicaciones de soluciones de 3-careno y terpinoleno sintéticos en una área de 25cm² de exocarpo de los frutos, cuantificando el daño a las 24 y 96 horas.

Los resultados muestran que el látex de todos los cultivares contiene mayor proporción de 3-careno que de terpinoleno. Los cultivares Ataulfo y Tommy Atkins son los que presentan el mayor contenido de terpenos y el Kent, el menor contenido, lo que tiene una relación directamente proporcional con la incidencia del daño. Se probó que la sensibilidad de los frutos al DPL depende de la concentración de terpenos en el látex, ya que al aplicar una mayor concentración de terpenos en el exocarpo de los frutos se produce un mayor daño. Así mismo, en el caso de los cultivares estudiados es el 3-careno el principal compuesto responsable del DPL. Se observó que el cultivar Haden es más sensible que el cultivar Tommy Atkins al daño.

II. INTRODUCCION

El mango es uno de los frutos tropicales más apreciados por su sabor, aroma y textura. Anualmente se producen alrededor de 18,450,000 toneladas a nivel mundial (Ponce de León, *et al.*, 1997), siendo la India el principal productor, ya que aporta más del 50% de la producción mundial; le siguen en importancia, México con el 7.2%, que representa 1,362,000 toneladas anuales y posteriormente China, Pakistán, Indonesia y Tailandia con el 6.0%, 4.7%, 4.1% y 3.4% respectivamente (FAO, 1995).

La República Mexicana cuenta con las condiciones agroclimatológicas necesarias para la producción del mango, éste se cultiva sobre todo a lo largo de las costas del Pacífico y del Golfo de México, siendo los principales productores los estados de Veracruz, Guerrero, Chiapas, Michoacán, Oaxaca, Nayarit y Sinaloa (SAGAR, 1996).

Aunque la mayor parte de la producción nacional se destina al mercado interno, México es el principal exportador de mango a nivel mundial y comercializa más del 10% (187,523 toneladas) de la fruta en fresco al año, principalmente a los mercados de Estados Unidos, Canadá y Europa (Guzmán, 1998). Esto representa un importante ingreso de divisas para el país y una importante fuente de empleo, sobre todo en la época de cosecha y empaque. Los cultivares de mango que actualmente se destinan a la exportación son Keitt, Kent, Tommy Atkins, Haden y Ataulfo. Sin embargo, la calidad de exportación de estos frutos se ve afectada por diversos problemas como daños mecánicos, daño por látex, enfermedades y quemaduras de sol principalmente. Durante 1996 y 1997, la principal causa de pérdidas fue el daño por látex, la cual mermó la producción anual un 9.9% durante el primer año y en valores mayores al 5.0% el segundo (EMEX, 1996 y 1997a).

El DPL es ocasionado por el contacto del látex con la piel del fruto al momento de la cosecha. El látex de mango es un líquido viscoso y brillante de apariencia lechosa que es exudado por el fruto al momento de la cosecha y está constituido por dos fracciones: una acuosa, formada por polisacáridos, proteínas y agua; y otra, de consistencia aceitosa, constituida principalmente por terpenos, siendo el 3-careno y el terpinoleno los más abundantes y probablemente los compuestos responsables del daño (Holmes, *et al.*, 1993 y Loveys, *et al.*, 1992). Este daño causa inicialmente, oscurecimiento alrededor de las lenticelas y posteriormente necrosis en áreas mayores de exocarpo. Aunque superficial, este daño puede reducir sustancialmente la aceptación por parte del consumidor y en consecuencia el valor comercial de la fruta; lesiones mayores pueden permitir contaminaciones microbianas que reducen de manera importante la vida de anaquel y la calidad del fruto (Loveys, *et al.*, 1992).

Ante esta problemática, resulta importante establecer tecnologías postcosecha para eliminar, o al menos de reducir, el daño por látex en los frutos de mango mexicano de exportación, dada la creciente aceptación de este fruto en el mercado internacional. Este trabajo constituye una primera contribución al respecto y tiene como objetivo principal el cuantificar los niveles de terpinoleno y 3-careno en látex de frutos de mango mexicano de exportación; determinar si existe relación entre esta información y la sensibilidad al daño por látex en los diferentes cultivares e identificar si son el 3-careno y/o el terpinoleno el o los compuestos responsables del DPL.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general.

Conocer los niveles de terpinoleno y 3-careno en el látex de mango de los cultivares más comercializados en el mercado exterior producidos en la región del Pacífico Mexicano y relacionar esta información con la incidencia del daño por látex en los frutos.

3.2 Objetivos específicos.

1. Caracterizar físicamente el látex de mango de cada uno de los cultivares en estudio.
2. Establecer una metodología adecuada para cuantificar terpenoides en látex de mango.
3. Cuantificar por medio de cromatografía de gases los niveles de terpinoleno y 3-careno en látex de frutos de mango de los cultivares Haden, Kent, Keitt, Tommy Atkins y Ataulfo producidos en la región del Pacífico Mexicano.
4. Determinar la relación entre la incidencia del daño por látex y la concentración de terpinoleno y 3-careno en el látex completo de los diferentes cultivares de mango.

5. Determinar la relación entre la incidencia del daño por látex y la concentración de terpinoleno y 3-careno en la fracción aceitosa del látex de los diferentes cultivares de mango.
6. Determinar la relación entre la incidencia del daño por látex y la proporción de fracción aceitosa en el látex de los diferentes cultivares de mango.
7. Determinar la relación entre la incidencia del daño por látex y la relación contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex de los diferentes cultivares de mango.
8. Evaluar, mediante pruebas de sensibilidad cuál de los terpenos en estudio es el responsable, o principal responsable del DPL.

IV. ANTECEDENTES

4.1 Aspectos Económicos.

4.1.1 El mango en el contexto nacional e internacional.

En los últimos años la tendencia mundial a consumir alimentos naturales, sin conservadores, se ha incrementado de manera importante. Dentro de este tipo de productos se encuentran las frutas frescas incluyendo las frutas exóticas, las cuales son cada vez más aceptadas en el mercado internacional (BANCOMEXT, 1998).

El mango es considerado un fruto exótico y dentro de este grupo es la principal fruta consumida mundialmente. El crecimiento promedio de producción mundial de este fruto durante el periodo 1992-1997 fue mayor que el de frutas tradicionalmente consumidas como la naranja, la manzana, el plátano, la pera y la uva. En cuanto al consumo aparente a escala mundial durante el periodo 1992-1996, el mango incrementó un 24%, el cuál fue mayor al de la manzana y al del plátano. Por otra parte, las exportaciones de mango en el mismo periodo aumentaron un 14%. Toda esta información es prueba de la popularidad que ha adquirido el mango recientemente dentro del mercado de productos frescos (BANCOMEXT, 1998).

México, por su parte, representa una potencia mundial en cuanto a producción y exportación de mango se refiere ya que ocupa el segundo lugar en producción de mango y el primer lugar en exportación (Ponce de León, *et al.*, 1997); el producto nacional representa la tercera parte del comercio mundial. La importancia de México en el comercio del mango radica en el hecho de que nuestro país dedica un mayor porcentaje de su producción a la exportación (el 12%), en tanto que en el resto del mundo el promedio de exportación con base en la producción es solo del 2% (BANCOMEXT, 1998).

Esto ha incentivado a los productores mexicanos a aumentar la producción, y sobre todo, la exportación de mango. Durante el periodo 1992-1996, las ventas externas del fruto mexicano han mostrado un crecimiento superior al de la producción, es decir, mientras las exportaciones se incrementaron un 8%, la producción solo creció un 1.3%, lo que muestra también la creciente aceptación del producto mexicano en el mercado internacional (BANCOMEXT, 1998).

Entre los cultivares de mango que se producen en México y se destinan a la exportación están el Haden, el Tommy Atkins, el Kent, el Keitt y el Ataulfo (EMEX, 1997a); éste último por ser un cultivar relativamente nuevo, no ha consolidado su demanda interna y externa. Aproximadamente el 90% del mango mexicano de exportación se comercializa con Estados Unidos y el 10% restante se destina principalmente a Canadá, Francia, Alemania, Holanda y Japón (Guzmán, 1998 y BANCOMEXT, 1998).

El mango destinado a exportación requiere cubrir normas de calidad que exige el país importador. Las principales características mínimas que debe cubrir el fruto de exportación son: estar entero, tener consistencia firme, tener un aspecto fresco, estar limpio y sano, exento de manchas, magulladuras profundas y plagas y estar en un estado de madurez aceptable (BANCOMEXT, 1998).

La calidad de exportación del mango mexicano se ve afectada por diversos problemas como daños mecánicos, daño por látex, enfermedades y quemaduras de sol, principalmente. En los años 1996 y 1997, el principal problema fue el daño por látex, el cual ocasionó pérdidas de 9.9% durante el primer año y mayores al 5.0% en 1997, ambos con respecto a la producción anual de fruta del Pacífico Mexicano destinada al mercado exterior. Los cultivares que presentaron una mayor incidencia de daño durante 1997 fueron Haden, Ataulfo y Tommy Atkins, mientras que Keitt y Kent fueron los menos afectados (EMEX, 1996 y 1997a).

Ante esta problemática, resulta importante establecer tecnologías postcosecha para eliminar, o al menos de reducir, el daño por látex en los frutos de mango mexicano de exportación, dada la creciente aceptación de este fruto en el mercado internacional.

4.2 Aspectos Técnicos y Científicos.

4.2.1 Origen y características fisiológicas del mango.

El mango, cuyo nombre científico es *Mangifera indica* L., es un árbol frutal cultivado desde hace más de cuatro mil años, originario del noreste de la India en las laderas de los Himalaya, sin embargo hoy en día se encuentra distribuido en prácticamente todas las regiones tropicales y subtropicales del planeta (Ochse, 1982 y Janick, 1986).

Este fruto pertenece a la familia *Anacardiaceae*, la cuál cuenta con más de 62 géneros. Al género *Mangifera* corresponden alrededor de 40 especies, de las cuáles algunas son comestibles y dentro de los más de mil cultivares de *Mangifera indica* L., solamente unos cuantos tienen valor comercial (Lataban y Espinoza, 1991).

El árbol es de tamaño mediano, entre 8 y 30 metros de altura con un follaje denso y de forma oval o globular. El tronco es más o menos recto con un diámetro de 75 a 100 centímetros y posee canales longitudinales. Las hojas perennes, están espaciadas irregularmente a lo largo de las ramas, tienen una forma oblonga o lanceolada y miden entre 10 y 40 centímetros de largo por 2 a 10 centímetros de ancho, son lisas por ambos lados, por el anverso el color es verde oscuro brillante y por el reverso, verde amarillento con nervaduras visiblemente reticuladas. Las flores se encuentran en panículas ramificadas y terminales de aspecto piramidal de 6 a 40 centímetros de largo y 3 a 25 de diámetro, son polígamas, y de color verde-amarillento (Figura 1).

Su sistema radicular es de gran penetración en el suelo, requiere de suelos profundos bien drenados, como arenas, limos o arcillas medianopesadas. El árbol de mango se desarrolla en climas tropicales o subtropicales con temperaturas de invierno no menores a los 15°C y con temperaturas húmedas (precipitación pluvial mayor a 1000mm) y secas (precipitación pluvial mayor a 60mm), alternadas cada 4 a 6 meses. (Ochse, 1982).

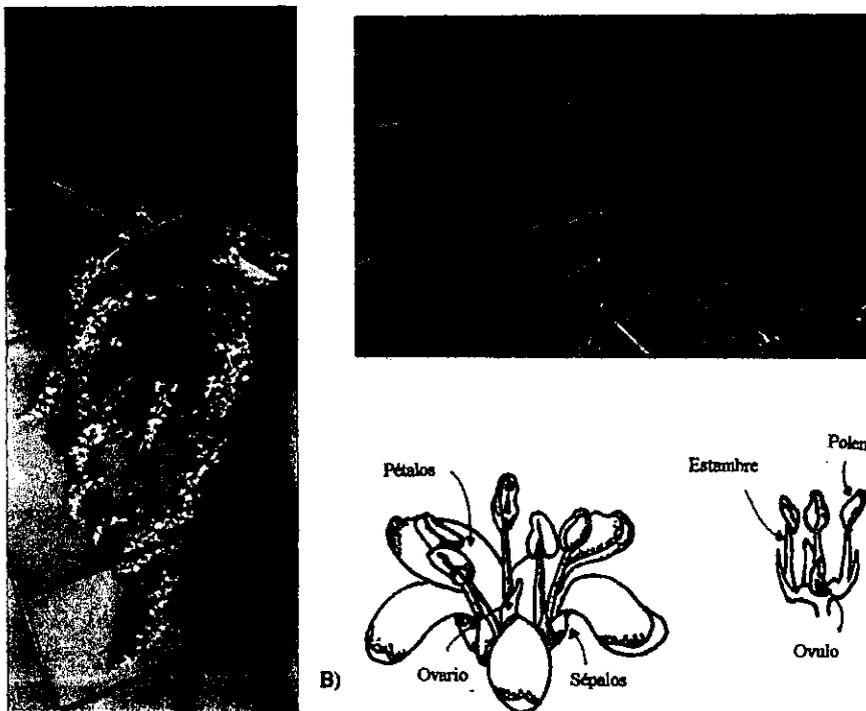


Figura 1. A) Fotografía de panícula y hojas de *Mangifera indica* L. B) Esquema de flor de *Mangifera indica* L.
Fuente: EMEX, A.C., 1997b.

El fruto es una drupa, generalmente ovoide-oblonga notoriamente aplanada, redondeada u obtusa en ambos extremos; puede medir desde 4 hasta 25 centímetros de largo y de 1.5 a más de 10 centímetros de ancho, dependiendo del cultivar; puede pesar unos cuantos gramos o hasta más de dos kilos. La cáscara es gruesa de superficie lisa y uniforme, en algunos cultivares se observan pequeñas protuberancias con una abertura de forma lenticular, llamadas lenticelas, a través de las cuales se lleva a cabo el intercambio gaseoso (Mauseth, 1995; Jones y Luchsinge, 1986). El color del exocarpo va del verde al rojo, pasando por amarillo y naranja, algunos tienen chapeos rojos o morados. En la parte interna del exocarpo existen abundantes canales de resina que contienen látex (laticíferos). El mesocarpo es la pulpa del fruto, que presenta un color amarillo-anaranjado, es jugosa de sabor dulce y ácido. El endocarpo es grueso y leñoso, envuelto por una capa de fibras que se extienden a lo largo del mesocarpo; la cantidad y grosor de las fibras varía dependiendo del cultivar (Lataban y Espinoza, 1991).

Entre los cultivares que se producen en México destinados al mercado de exportación se encuentran el Haden, Kent, Keitt, Tommy Atkins y Ataulfo (EMEX, 1997a). Los cuatro primeros se conocen comúnmente con el nombre popular de "mangos petacones"; son frutos de forma oval o redonda, de color amarillo con chapeos anaranjados o rojos, de 12 a 14 centímetros de longitud y un peso promedio superior a 600 gramos. El cultivar Ataulfo, es un fruto más pequeño y alargado, ancho en la base del fruto, de una longitud promedio de 12 centímetros y peso de 280 gramos, la cáscara tiene un color amarillo uniforme cuando está maduro.

4.2.2 Laticíferos, látex y daño por látex.

Más de 12,500 especies de plantas, muchas de la familia *Anacardiaceae*, incluyendo al mango, se caracterizan por tener a través de sus hojas, flores, tallos y frutos, un vasto sistema de ductos llamados laticíferos que contienen resina o látex (Joel, 1981

y Mauseth, 1988). Existen dos tipos de laticíferos: los no-articulados que se desarrollan de una célula que se elonga grandemente con el crecimiento de la planta, y los laticíferos articulados, los cuales consisten en series lineales o ramificadas de células que se van uniendo una tras otra; la pared celular en la parte de unión de las células puede permanecer entera, formársele poros, o desaparecer completamente (Fahn, 1990 y Mauseth, 1988).

El látex que contienen los laticíferos es una suspensión coloidal de pequeñas partículas en un líquido que puede ser de color blanco-lechoso, amarillo-café, amarillo-anaranjado o incoloro. Puede estar formado por diferentes compuestos dependiendo de la especie y del cultivar, como son: ceras, resinas, proteínas, enzimas, mucílagos, aceites esenciales, terpenoides, ácidos orgánicos, alcaloides, esteroides, grasas, taninos, sales, gránulos de almidón y azúcares. Existen diversas opiniones acerca de la función de los laticíferos, sin embargo la más acertada es que los laticíferos son un sistema de protección de la planta contra el ataque de herbívoros y de microorganismos (Fahn, 1990).

En *Mangifera indica* los laticíferos se encuentran distribuidos heterogéneamente a través de toda la planta, y el látex que contienen no presenta la misma composición química en todas las especies e incluso cultivares. En la base de la fruta, los laticíferos presentan muchas ramificaciones y pueden ser estrechos (entre 20 y 30 μm) o muy anchos (1mm). La parte basal del tallo contiene laticíferos estrechos que se ensanchan hacia la zona de abscisión. En la zona de abscisión (región del tallo donde el fruto maduro se desprende naturalmente del árbol), se encuentran tanto el sistema de ductos del fruto como el del tallo, sistemas que son paralelos entre sí pero que no se interconectan: los ductos estrechos de la fruta ocupan la zona periférica de la base del fruto y terminan antes de la zona de abscisión; y los más anchos, terminan cerrados a una corta distancia después de la zona de abscisión; los ductos del tallo también atraviesan la zona de abscisión (Joel, 1981), (Figura 2).

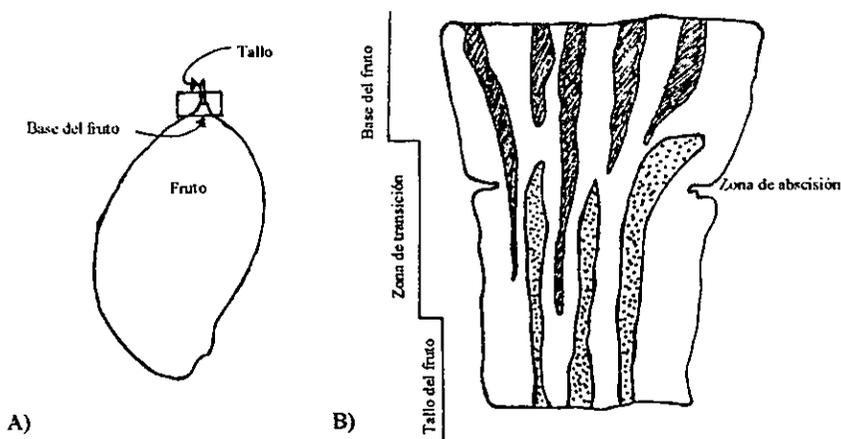


Figura 2. A) Fruto del mango mostrando la parte basal del fruto y del tallo. B) Zona de abscisión y laticíferos del fruto y del tallo. Sistemas de ductos paralelos que no se interconectan. Fuente: Joel, 1981.

El látex de mango se puede separar en dos fracciones: una acuosa, constituida principalmente por agua, polisacáridos y proteínas y otra de consistencia aceitosa, compuesta en su mayoría por terpenoides (Holmes, *et al.*, 1993). Cuando un fruto es cortado antes de alcanzar la madurez de consumo, el látex, que se encuentra en los ductos de la base de la fruta bajo considerable presión, es liberado escurriendo por el exocarpo causando el daño por látex, el cual consiste inicialmente en un oscurecimiento alrededor de las lenticelas y posteriormente necrosis en áreas mayores de exocarpo. Aunque superficial, esta lesión puede reducir sustancialmente la aceptación por parte del consumidor y en consecuencia el valor comercial de la fruta. Daños mayores ocasionan el adelgazamiento y ruptura de las paredes celulares del tejido subcuticular del fruto y hasta la ruptura de la cutícula, esto puede permitir contaminaciones microbianas, reduciendo así de manera importante, su vida de anaquel y su calidad (Loveys, *et al.*, 1992 y Figueroa, *et al.*, 1998).

Investigaciones realizadas por Loveys, *et al.*, en 1992, con mango de los cultivares Kensington e Irwin, revelaron que las sustancias responsables del DPL eran

compuestos volátiles del grupo de los terpenoides, presentes en la fracción de consistencia aceitosa del látex. En el cultivar Irwin el compuesto más abundante fue el 3-careno mientras que en el Kensington fue el terpinoleno; al aplicar los terpenos por separado en estos frutos, observaron que el terpinoleno produce mayor daño que el 3-careno en estos frutos.

Si el látex de mango llegara a hacer contacto con la piel del horticultor puede causarle dermatitis, esto se debe, según estudios realizados por Bandyopadhyay, *et al.* (1985) y Cojocarú, *et al.* (1986), a la presencia en el látex de compuestos clasificados como alquil y alquenil derivados de catecol, resorcinol y fenol. La naturaleza irritante del látex y su liberación sólo antes de la maduración del fruto, indican que los laticíferos tienen una función de defensa de la semilla para no ser dispersada antes que se complete el desarrollo, adicionalmente puede ser efectiva como mecanismo contra el ataque de microorganismos y plagas (Joel, 1980 y Joel, 1981).

4.2.3 Terpenos, 3-careno y terpinoleno.

Desde hace varios siglos, los aceites esenciales de las plantas han sido extraídos y utilizados sobre todo en la elaboración de perfumes. Son mezclas de sustancias líquidas, volátiles y muy aromáticas, que se forman en glándulas especializadas, ductos o células en varias partes de las plantas (flores, hojas, frutos, etc.). Aunque se llamen aceites esenciales, estos componentes no son lípidos y tampoco son necesariamente esenciales para la planta, el término más bien se refiere a “esencia”, pues se creía que estas sustancias poseían las “virtudes” de la planta en forma concentrada (Janick, 1986).

Los constituyentes principales de los aceites esenciales son compuestos llamados terpenos (el nombre proviene de “turpentina”, aceite esencial extraído de la resina

del pino y que es rico en este tipo de compuestos) que se caracterizan por tener un esqueleto hidrocarbonado que presenta uniones repetidas cabeza-cola de isopreno (Figura 3). Actualmente se utiliza preferentemente el término terpenoides para designar un grupo más amplio de compuestos, sintéticos o naturales, con estructura de terpeno que contienen otros elementos aparte de carbono e hidrógeno, y que forman parte de grupos funcionales tales como alcoholes, cetonas, aldehidos, ácidos carboxílicos, óxidos, ésteres o glicósidos. (Fessenden y Joan, 1983).

Aunque la unidad estructural de los terpenoides es el isopreno, no se originan por polimerización de éste, de hecho, el isopreno no se encuentra como tal en la naturaleza. El proceso de síntesis es el siguiente: una condensación estérica enzimática del grupo acetilo de la acetil-coenzima A hasta llegar a la formación de pirofosfato de ácido mevalónico, posteriormente una descarboxilación y deshidratación para formar isopentenil pirofosfato; por último, en presencia de enzimas y coenzimas apropiadas, la condensación de dos o más moléculas de isopentenil pirofosfato para generar los diferentes tipos de terpenoides como se esquematiza en la Figura 4 (Fessenden y Joan, 1983 y Templeton, 1969).

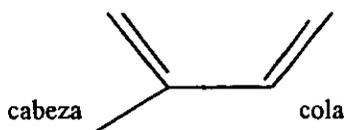


Figura 3. Estructura del isopreno (C₅H₈). La "cabeza" es el extremo más cercano a la ramificación del grupo metilo.
Fuente: Fessenden y Joan, 1983.

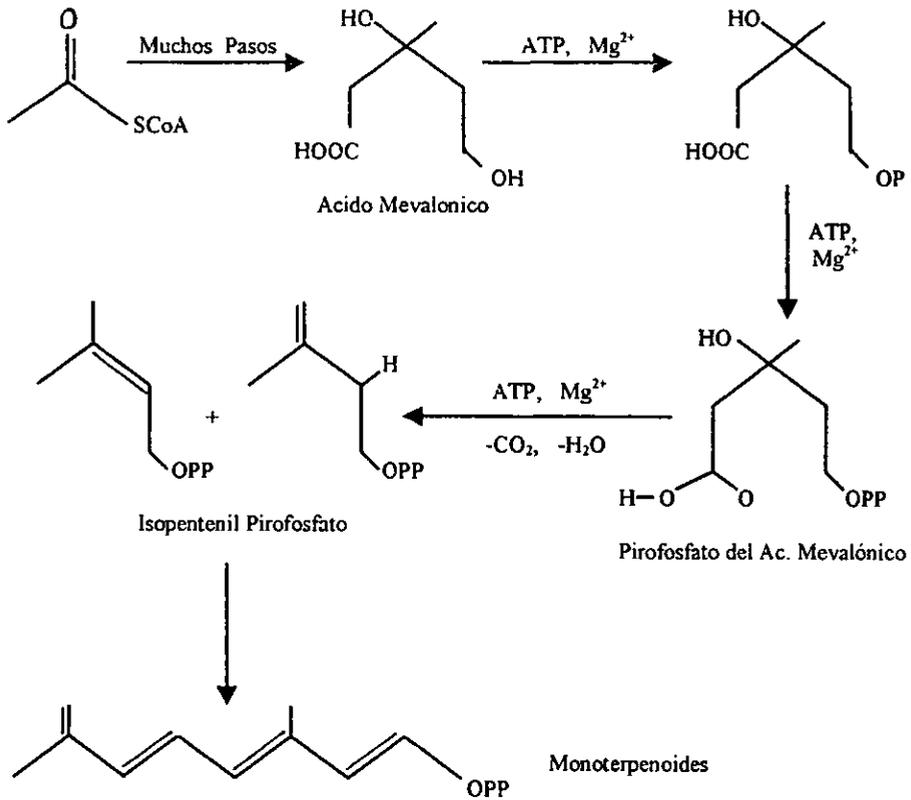


Figura 4. Esquema del mecanismo de síntesis de terpenos.
Fuente: Fessenden y Joan, 1983 y Templeton, 1969.

Los terpenoides se clasifican primariamente por el número de unidades de isopreno que contienen (Cuadro 1); una segunda clasificación depende del número y tamaño de anillos y grupos funcionales presentes (Templeton, 1969).

Cuadro 1. Clasificación de terpenoides en base al número de unidades de isopreno que contienen.
Fuente: Templeton, 1969.

NUMERO DE ATOMOS DE CARBONO	NUMERO DE UNIDADES DE ISOPRENO	CLASIFICACION
10	2	Monoterpenoides
15	3	Sesquiterpenoides
20	4	Diterpenoides
25	5	Sesterpenoides
30	6	Triterpenoides
40	8	Tetraterpenoides
>40	>8	Politerpenoides

El 3-careno y el terpinoleno pertenecen al grupo de los monoterpenos (únicamente poseen átomos de carbono y de hidrógeno), de aquí que su fórmula condensada sea $C_{10}H_{16}$. El terpinoleno es un monocíclico que pertenece al grupo de los mentanos por tener un esqueleto de mentona. Es un líquido volátil, incoloro, de aroma floral con un punto de ebullición de 184°C, se encuentra en los aceites esenciales del ciprés de Monterrey, de *Citrus spp.*, *Menta spp.*, *Juniperus spp.* y *Pinus spp.*; es una feromona de alarma para las termitas; se utiliza como ingrediente en perfumería y saborizantes; es producto de la deshidratación del alfa-terpineol. El 3-careno es un biciclo, es decir, un sistema en que dos anillos condensados comparten dos o más átomos de carbono; en la naturaleza se encuentran siete esqueletos principales de terpenos bicíclicos, uno de ellos es el careno (Figura 5). El 3-careno, en realidad es una mezcla racémica de enantiómeros *d* y *l* y se encuentra distribuido en los aceites esenciales del *Pinus spp.*, *Citrus spp.*, *Juniperus spp.* y de *Abis spp.*; es un líquido volátil, de aroma pungente característico del fruto de mango no maduro y su punto de ebullición es de 170-172°C (Templeton, 1969; Fessenden y Joan, 1983; Handbook of Chemistry and Physics, 1992; Connolly y Hill, 1991; Devon y Scott, 1972; Pinder, 1960).

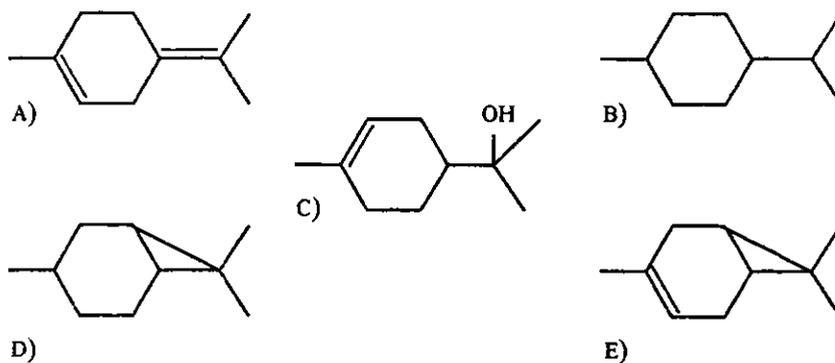


Figura 5. A) Estructura química del terpinoleno, B) mentona, C) alfa-terpineol, D) careno y E) 3-careno. Fuente: Connolly y Hil, 1991 y Templeton, 1969.

En 1992, Loveys, *et al.*, encontraron que la fracción de consistencia aceitosa del látex de mango de los cultivares Irwin y Kensington estaba constituida en su mayoría por terpenoides. En el caso del cultivar Irwin, el terpeno mayoritario fue 3-careno y en el cultivar Kensington, el terpinoleno.

V. MATERIALES Y METODOLOGIA

5.1 Obtención del material biológico.

a) Recuperación del látex.

En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo para la obtención del látex. Para la cuantificación de terpenos en el látex de mango, se colectó látex exudado de frutos en madurez fisiológica de los cultivares Ataulfo, Haden, Tommy Atkins, Kent y Keitt, en diferentes regiones de los estados de Michoacán, Nayarit y Sinaloa (Cuadro 2). Los frutos se cosecharon sujetando el mango con la mano y flexionando el pedúnculo hasta quebrarlo (en la zona de abscisión o un poco más abajo de ésta), el látex exudado del fruto se colectó en viales, los cuales se sellaron, etiquetaron y transportaron en hielo (4°C) al laboratorio de investigación en donde se almacenaron a -20°C hasta su análisis. Las muestras se obtuvieron de diferentes árboles tratando de muestrear toda la huerta. Cada vial (unidad de muestra) contenía látex de entre 21 y 45 mangos provenientes de 7 a 15 árboles.

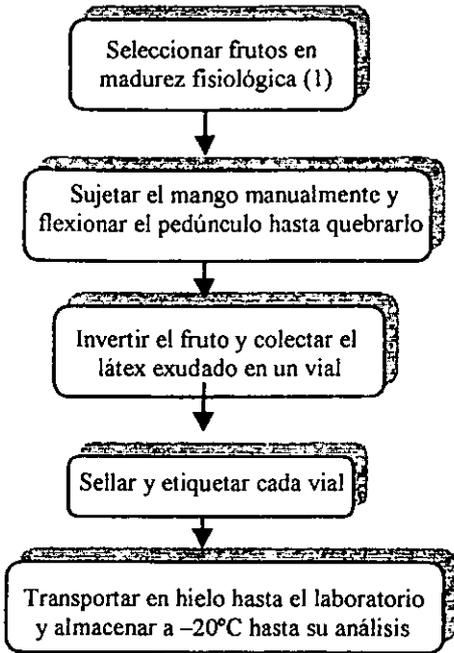
Cuadro 2. Región de muestreo y número de muestras de látex por cultivar estudiado.

REGIÓN	CULTIVARES	NO. DE MUESTRAS
La Mira, Mich.	Haden	1
Las Varas, Nay.	Ataulfo	3
	Tommy Atkins	3
	Kent	2
Escuinapa, Sin.	Keitt	4

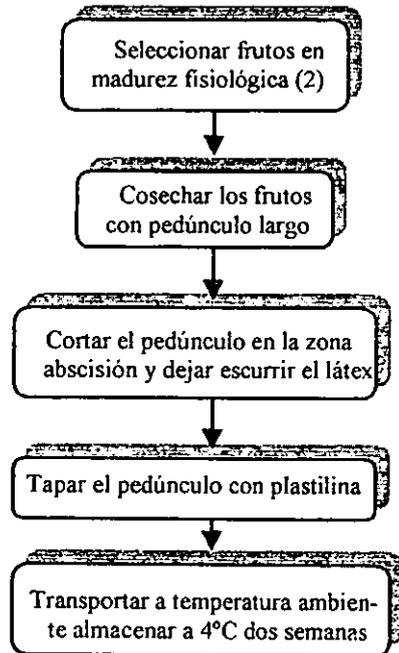
b) Frutos completos.

Para la prueba de sensibilidad, se ocuparon 3 frutos de mango del cultivar Haden y 3 del cultivar Tommy Atkins producidos en la región de Guacamayas, Mich. Se cosecharon con el pedúnculo largo, posteriormente éste fue cortado en la zona de

abscisión, se dejó escurrir el látex y se tapó el pedúnculo con plastilina para evitar escurrimiento de látex. El fruto se transportó a temperatura ambiente y se almacenó dos semanas a 4°C (Figura 7). Los frutos se encontraban en madurez fisiológica avanzada cuando se hizo la prueba de sensibilidad.



(1) Cultivares Haden, Kent, Keitt, Ataulfo y Tommy Atkins de los estados de Michoacán, Nayarit y Sinaloa.



(2) Cultivares Tommy Atkins y Haden de la región de Guacamayas, Mich.

Figura 6. Metodología para la obtención del látex de mango para la cuantificación de terpenos en el mismo.

Figura 7. Metodología para la obtención del material biológico de la prueba de sensibilidad de los frutos de mango.

5.2 Cuantificación de los niveles de 3-careno y terpinoleno en el látex de los frutos de mango.

a) Preparación de la muestra (Figura 8).

Se homogeneizó el látex, se cuantificó su volumen, se añadió benzoato de etilo (200 μL) como estándar interno y se extrajo la fracción aceitosa con cuatro lavados con hexano. Se midió el volumen de la fracción acuosa y por diferencia de volúmenes se determinó el correspondiente de la fracción aceitosa.

b) Análisis Cromatográfico.

La fracción aceitosa extraída, en dilución conocida, se analizó por cromatografía de gases, utilizando un equipo marca Varian modelo 3700 con una columna de sílica fundida (30m de largo y 0.32mm de diámetro interno) y nitrógeno como gas acarreador. Se utilizó una temperatura inicial en la columna de 60°C durante un minuto, luego se aumentó gradualmente a razón de 3°C/min hasta una temperatura final de 250°C. La temperatura del inyector y del detector de ionización de flama fue de 250°C. Se elaboraron curvas patrón para terpinoleno y 3-careno sintéticos marca Fluka Chemika y benzoato de etilo como estándar interno marca Baker Analyzed.

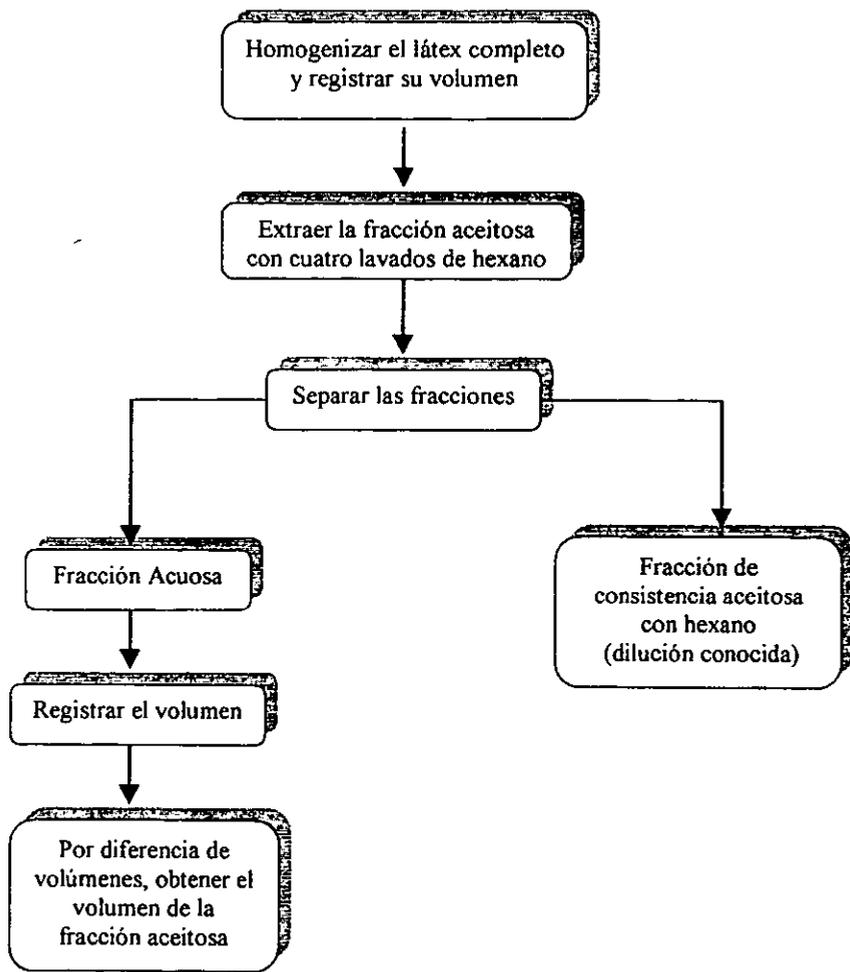


Figura 8. Metodología para cuantificación de los niveles de 3-careno y terpinoleno en el látex de los frutos de mango.

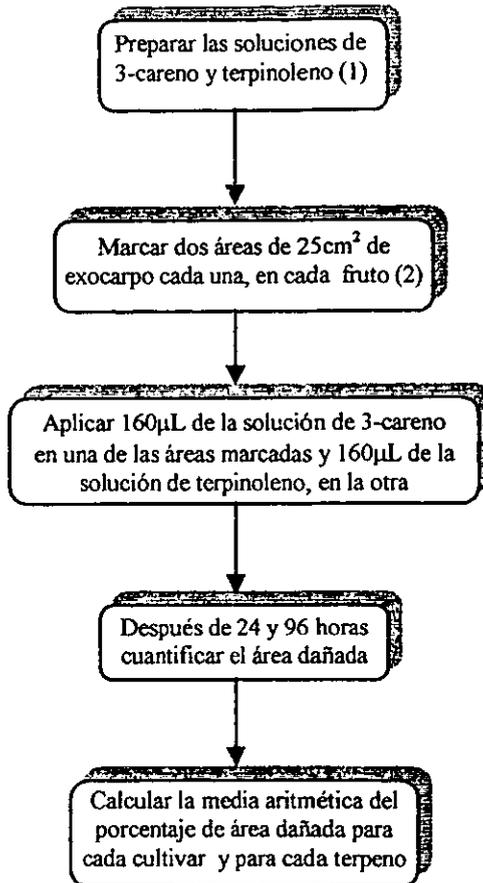
5.3 Prueba de sensibilidad al DPL.

Se prepararon soluciones de 3-careno y de terpinoleno sintéticos marca Fluka-Chemika a las siguientes concentraciones: 350 $\mu\text{L}/\text{mL}$ para el 3-careno y 20 $\mu\text{L}/\text{mL}$ para el terpinoleno. Dichas concentraciones son el promedio de la concentración de cada uno de los terpenos en la fracción aceitosa del látex de los diferentes cultivares en estudio. Se utilizó hexano como disolvente.

Se aplicaron 160 μL de cada solución en un área de 25 cm^2 de exocarpo de frutos sanos de los cultivares Haden y Tommy Atkins. Después de 24 y 96 horas de la aplicación de las soluciones se cuantificó el área dañada con ayuda de papel milimétrico y se calculó posteriormente el porcentaje de área dañada con respecto al área de aplicación. Las pruebas de sensibilidad se hicieron por triplicado para cada cultivar. La Figura 9 muestra el diagrama de flujo de la metodología de la prueba de sensibilidad al DPL.

5.4 Análisis Estadístico.

Debido a la variabilidad en la composición química de las muestras de látex, el análisis estadístico de los resultados se hizo con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con $\alpha= 0.1$ con ayuda del software Statistical Package for Social Science (SPSS). Esta prueba realiza comparaciones entre rangos de medias y no entre medias aritméticas y a través de ella se determinó si existía o no diferencia significativa entre las muestras (ver Anexo II).



(1) 350µL 3-careno/mL
20µL terpinoleno/mL

(2) Tres frutos del cultivar Haden
y tres frutos del cultivar Tommy Atkins

Figura 9. Metodología de la prueba de sensibilidad de los frutos de mango al DPL.

VI. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 Descripción del látex.

El látex completo exudado del fruto de mango de los diferentes cultivares estudiados, consistía al momento de la cosecha, en una emulsión líquida aceite en agua de color blanquecina y poco viscosa. El látex colectado y contenido en un vial después de unas horas de reposo, se separaba en tres fracciones: una superior, de consistencia aceitosa y de color amarillo a café claro que representaba, dependiendo del cultivar, entre el 4 y el 13% del volumen del látex total; otra fracción intermedia, minoritaria, de apariencia cerosa y de color blanco la cual no es reportada por Loveys, *et al.*, 1992; y por último, la fracción acuosa, mayoritaria, translúcida, incolora o de un color amarillo o azul pálido y de consistencia viscosa. El color de las fracciones aceitosa y acuosa de los diferentes cultivares es variable, lo que pudiera estar relacionado con su composición química.

Cuadro 3. Color y abundancia de las fracciones de látex de los diferentes cultivares.

CULTIVAR	FRACCION ACEITOSA		FRACCION ACUOSA		CERA
	ABUNDANCIA	COLOR	CRISTALINIDAD	COLOR	ABUNDANCIA
Haden	9.00%	naranja-amarillo	+	amarillo	**
Tommy Atkins	12.59%	naranja-amarillo	++	azul-verde	*****
Ataulfo	10.95%	naranja-amarillo	+++	blanco	****
Kent	4.04%	naranja-amarillo	++++	blanco	*
Keitt	12.88%	naranja-café	+	azul-verde	***

A mayor cantidad de asteriscos mayor abundancia.

A mayor cantidad de "+" mayor cristalinidad.

El Cuadro 3 resume las características del látex de los diferentes cultivares en estudio. Cabe aclarar que la evaluación de la cristalinidad de la fracción aceitosa del látex corresponde a una comparación visual de la cristalinidad de esta fracción entre los diferentes cultivares; así mismo, es el caso de la evaluación de la abundancia de la cera.

6.2 Contenido de terpenos en el látex completo.

El contenido de 3-careno y terpinoleno en el látex completo de frutos de mango de los diferentes cultivares se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Contenido de 3-careno y de terpinoleno en el látex de frutos de mango de los diferentes cultivares.

CULTIVAR	N	μl 3-careno/mL látex			μl terpinoleno/mL látex		
		MEDIA	D.E.	D.E. %	MEDIA	D.E.	D.E. %
Keitt	4	33.29	10.66	32.0	1.54	0.53	34.4
Tommy Atkins	3	41.63	4.48	10.7	2.72	0.11	4.0
Ataulfo	3	47.17	2.91	6.16	2.81	0.009	0.3
Kent	2	11.87	2.84	23.9	0.62	0.15	24.0

D.E. = desviación estándar.

La desviación estándar de la medición de estos terpenos en el látex de los frutos del cultivar Keitt es muy elevada (superior al 30%) aun cuando se trata del cultivar con el mayor número de muestras analizadas, esto indica que la concentración de terpinoleno y de 3-careno en el látex de dicho cultivar presenta una gran variabilidad. La desviación que presentan las mediciones del cultivar Kent supera, tanto en el contenido de 3-careno como en el de terpinoleno, el 20%, esto se puede atribuir a que solo se dispuso de dos muestras para el análisis.

El análisis de los datos permitió identificar que en cuanto al contenido de 3-careno en el látex de los frutos de mango, existen dos grupos estadísticamente diferentes, uno, constituido por el cultivar Kent que presenta un bajo contenido de este terpeno y otro, por los cultivares Ataulfo, Tommy Atkins y Keitt que contienen altos niveles de 3-careno. Dentro de este segundo grupo, los niveles de dicho terpeno entre los cultivares Ataulfo y Keitt son también estadísticamente diferentes (Figura 10).

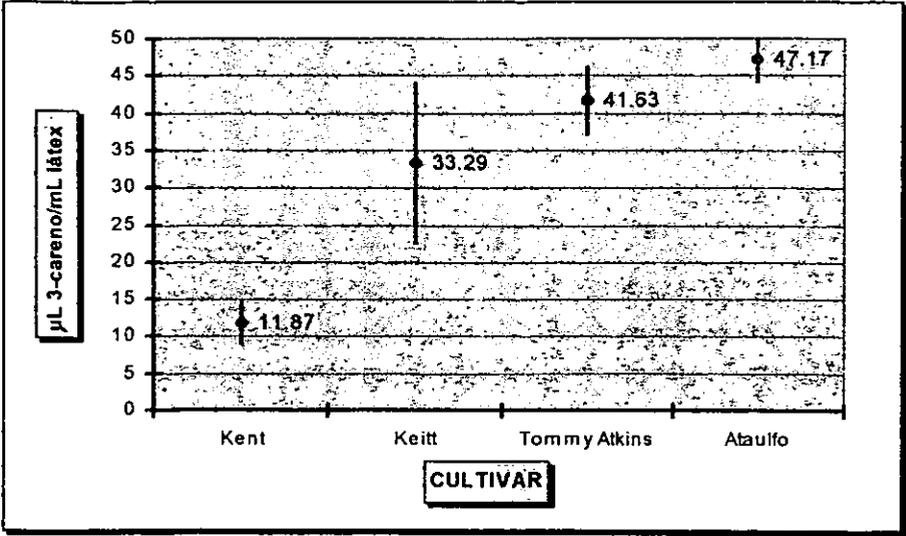


Figura 10. Media y desviación estándar del contenido de 3-careno en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.

En el caso del contenido de terpinoleno en el látex de los frutos de mango se encontraron tres grupos estadísticamente diferentes, el cultivar Kent con la concentración mínima, Keitt con una concentración intermedia y por último los cultivares Ataulfo y Tommy Atkins que presentaron mayor concentración de este terpeno (Figura 11). Aunque el cultivar Haden no se pudo analizar estadísticamente por ser muestra única, el contenido de 3-careno y terpinoleno en dicha muestra es semejante al del cultivar Keitt (33.43 μL/mL y 2.06 μL/mL respectivamente), es decir

aparentemente presenta una concentración intermedia de terpenos en relación a los otros cultivares.

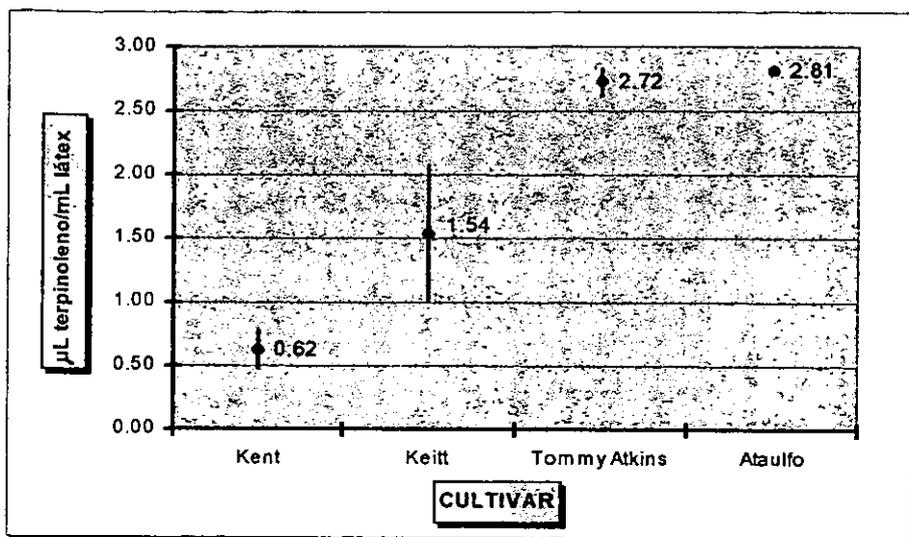


Figura 11. Media y desviación estándar del contenido de terpinoleno en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.

Según datos de EMEX 1997a, los cultivares de mango de la región del Pacífico Mexicano destinados a la exportación que presentaron mayor incidencia de DPL durante 1997 fueron Haden, Ataulfo y Tommy Atkins, mientras que Keitt y Kent fueron los menos afectados. Comparando estos datos con los resultados obtenidos en el presente trabajo se observa que exceptuando al cultivar Haden, el cual por ser muestra única no se analizó estadísticamente, existe relación entre la incidencia del DPL y el contenido de 3-careno y terpinoleno en el látex de los frutos de mango, puesto que a medida que la concentración de dichos terpenos aumenta en el látex, la incidencia del daño por látex es mayor.

6.3 Contenido de terpenos en la fracción aceitosa del látex.

El contenido de 3-careno y terpinoleno en la fracción aceitosa del látex de frutos de mango de los diferentes cultivares se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Contenido de 3-careno y de terpinoleno en la fracción aceitosa del látex de frutos de mango de los diferentes cultivares.

CULTIVAR	N	µl 3-careno/mL fracción aceitosa			µl terpinoleno/mL fracción aceitosa		
		MEDIA	D.E.	D.E. %	MEDIA	D.E.	D.E. %
Keitt	4	279.16	119.37	42.7	12.79	5.36	41.9
Tommy Atkins	3	341.09	88.62	25.9	22.03	3.63	16.4
Ataulfo	3	460.38	126.62	27.5	26.34	5.21	19.7
Kent	2	372.11	278.85	74.9	19.54	14.78	75.6

D.E. = desviación estándar

El análisis estadístico de los datos indicó que el contenido de 3-careno en la fracción aceitosa del látex es estadísticamente igual en todos los cultivares estudiados como se muestra en la Figura 12. En el caso del contenido de terpinoleno en la fracción aceitosa del látex, se identificaron dos grupos estadísticamente diferentes, uno constituido por los cultivares Ataulfo, Tommy Atkins y Kent, que presentan los niveles más altos del terpeno, y otro representado por el cultivar Keitt, que es estadísticamente diferente a Ataulfo y a Tommy Atkins pero no a Kent, que presenta niveles de terpinoleno menores como se indica en la Figura 13. Es importante recalcar que la alta variabilidad del cultivar Kent (más del 70%) impide, sin embargo, separar determinadamente estos grupos estadísticos, puesto que su desviación estándar es tal, que incluye, sin excepción, la media y desviación estándar del resto de los cultivares. El cultivar Haden presenta valores de 3-careno y terpinoleno en la fracción aceitosa semejantes a los del cultivar Tommy Atkins (371.50 µL 3-careno/mL fracción aceitosa y 22.93 µL terpinoleno/mL fracción aceitosa).

Estos resultados sugieren, al menos para el caso del contenido de 3-careno en la fracción aceitosa, que las diferencias entre las concentraciones de 3-careno en el látex completo de cada cultivar, están dadas por la proporción de fracción aceitosa en el látex completo y no por la concentración de 3-careno en la fracción aceitosa del mismo.

En este caso no existe una relación clara entre el contenido de los terpenos en la fracción aceitosa del látex y la incidencia del DPL en los diferentes cultivares, ya que se encontró igualdad estadística en la concentración de 3-careno en la fracción aceitosa del látex de los diferentes cultivares y sin embargo EMEX 1997^a, reportó que Ataulfo, Tommy Atkins y Haden presentaron en 1997 mayor incidencia al daño. En el caso del alto contenido de terpinoleno en la fracción aceitosa del látex de los cultivares Ataulfo y Tommy Atkins coincide con la mayor incidencia al DPL, sin embargo en el cultivar Kent no se cumple dicha correspondencia.

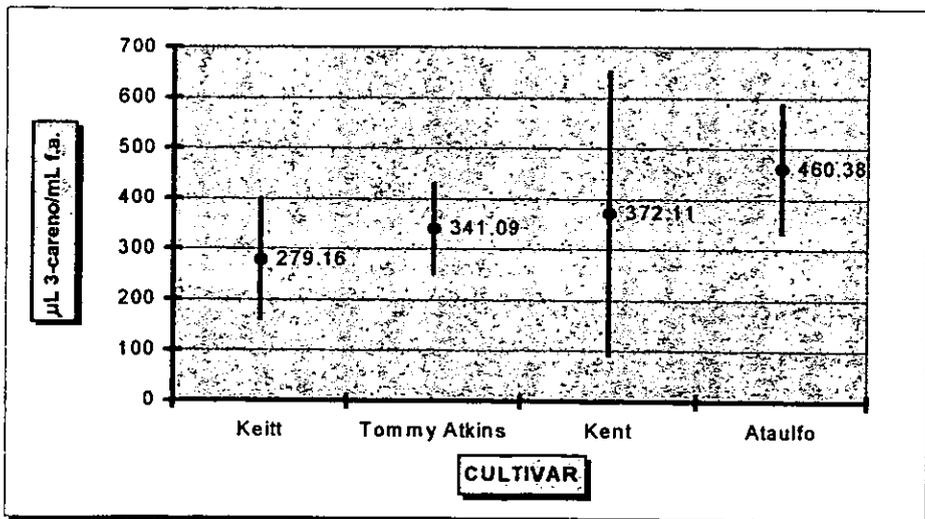


Figura 12. Media y desviación estándar del contenido de 3-careno en la fracción aceitosa del látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.

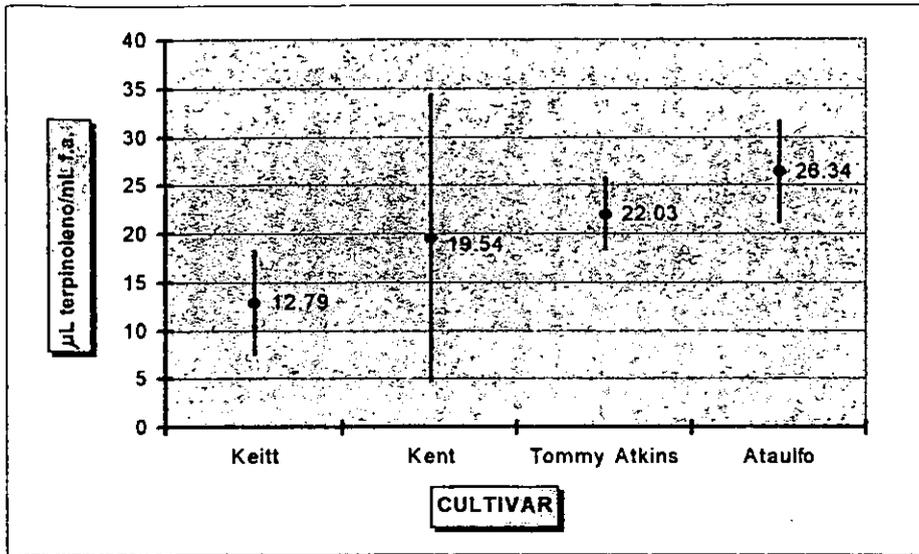


Figura 13. Media y desviación estándar del contenido de terpinoleno en la fracción aceitosa del látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.

6.4 Proporción contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex completo.

En el látex de todos los cultivares de mango, el contenido de 3-careno es mayor que el de terpinoleno. La proporción contenido 3-careno/contenido terpinoleno encontrada en mangos de los cultivares Kent, Keitt, Tommy Atkins y Haden producidos en México, coincide con la reportada por Loveys, *et al.*, (1992) para el cultivar Irwin el cual es sensible al DPL.

La relación entre ambos no es la misma en todos los casos. En la Figura 14 y el Cuadro 6 se observan tres grupos estadísticamente diferentes, el primero formado por los cultivares Tommy Atkins y Ataulfo en los cuales se presenta menor concentración de 3-careno por cada μL de terpinoleno; el segundo grupo constituido

por el cultivar Kent en el que se encontró una proporción intermedia y finalmente el tercer grupo formado por Keitt el cual contiene mayor cantidad de 3-careno por μL de terpinoleno. El cultivar Haden aunque no se analizó estadísticamente, aparentemente formaría parte del primer grupo puesto que la relación de terpenos que presenta ($16.2085 \mu\text{L}$ 3-careno/ μL terpinoleno) es similar a la de Tommy Atkins y Ataulfo.

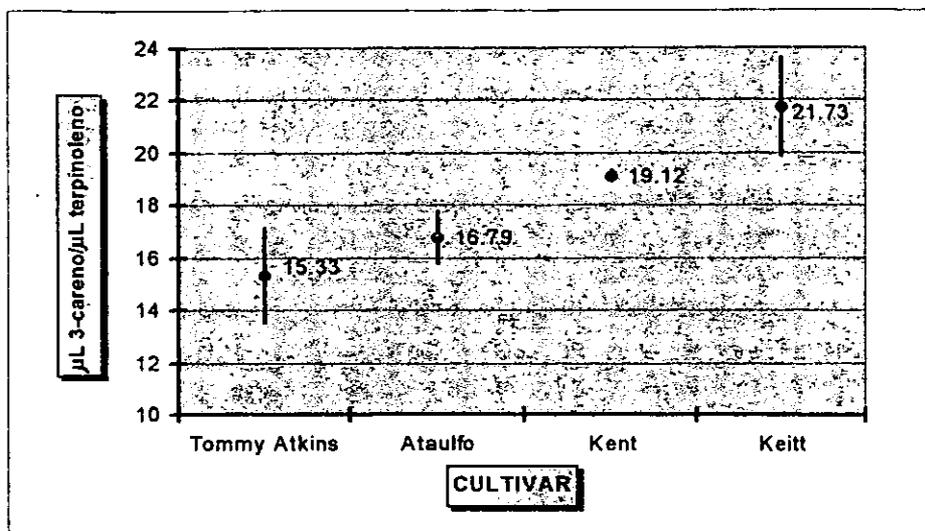


Figura 14. Media y desviación estándar de la relación contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.

Cuadro 6. Relación contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex de frutos de mango de los diferentes cultivares.

CULTIVAR	N	μL 3-careno / μL terpinoleno		
		MEDIA	D.E.	D.E. %
Keitt	4	21.7324	1.8590	8.55
Tommy Atkins	3	15.3338	1.7747	11.57
Ataulfo	3	16.7881	0.9913	5.90
Kent	2	19.1229	0.1877	0.98

D.E. = desviación estándar.

Se observa relación entre los resultados obtenidos y la incidencia del DPL en los diferentes cultivares. Aaulfo y Tommy Atkins fueron de los cultivares más afectados por el DPL durante 1997 y según los resultados obtenidos, son también los cultivares que contienen no solo mayor cantidad de terpinoleno (Figura 11), sino que la relación contenido 3-careno/contenido terpinoleno que presentan es menor a la del resto de los cultivares, es decir que por cada μl de 3-careno en el látex, contienen mayor volumen de terpinoleno que el resto de los cultivares. Esto puede sugerir hasta el momento, que el terpinoleno, aunque se encuentre en proporciones mucho menores que el 3-careno en el látex de mango, puede ser el responsable o el principal responsable del DPL o que el daño se debe a la concentración de terpenos (terpinoleno más 3-careno).

6.5 Proporción volumen fracción aceitosa/volumen látex completo.

El porcentaje de fracción aceitosa en el látex completo de los cultivares en estudio resultó ser estadísticamente diferente para el cultivar Kent el cual presentó menor porcentaje de esta fracción, alrededor del 50% del volumen del resto de los cultivares cuyas proporciones son estadísticamente iguales como se indica en la Figura 15 y el Cuadro 7.

Coincide que los cultivares Aaulfo y Tommy Atkins, cuyas proporciones de fracción aceitosa en el látex son elevadas, son también los cultivares con mayor incidencia al DPL (EMEX, A.C., 1997). También existe relación entre la menor proporción de fracción aceitosa en el látex completo del cultivar Kent, con una menor incidencia al daño. Sin embargo, en el caso de Keitt, la cantidad de fracción aceitosa en el látex no coincide con su menor incidencia al DPL, esto sugiere que el daño depende de la concentración de terpenos en el látex completo mas que de la cantidad de fracción aceitosa, o de la concentración de terpenos en dicha fracción.

Cuadro 7. Relación mL fracción aceitosa/mL látex completo en el látex de frutos de mango de los diferentes cultivares.

CULTIVAR	N	mL F. Aceitosa/mL látex comp.		
		MEDIA	D.E.	D.E. %
Keitt	4	0.1288	0.0348	27.01
Tommy Atkins	3	0.1259	0.0221	17.55
Ataulfo	3	0.1095	0.0210	19.17
Kent	2	0.0404	0.0226	55.94

D.E. = desviación estándar.

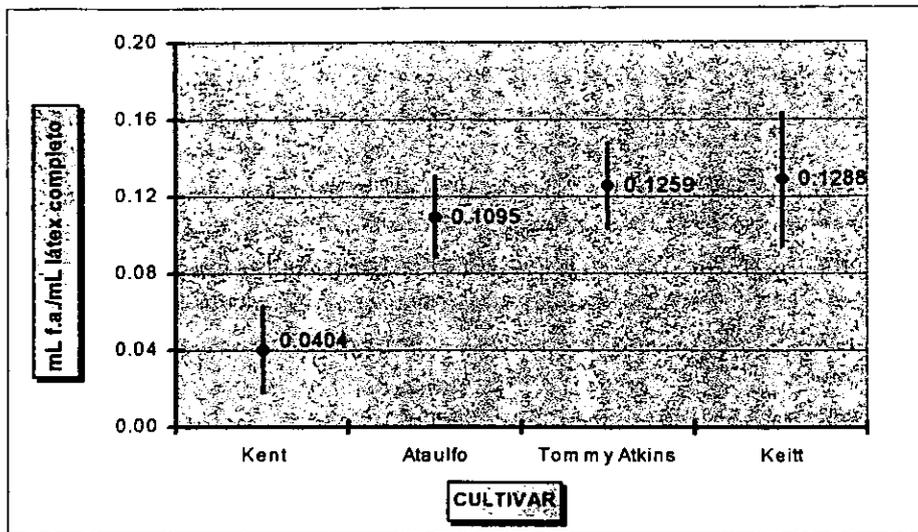


Figura 15. Media y desviación estándar de la proporción de fracción aceitosa en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares.

6.6 Prueba de Sensibilidad.

La aplicación de la solución de 3-careno (350 $\mu\text{L}/\text{mL}$) en la superficie de los frutos de mango causó los síntomas característicos del daño por látex tanto en el cultivar Haden como en el Tommy Atkins (Figura 17). Se observó claramente que el porcentaje de área dañada en los frutos, aumentaba con el paso del tiempo y que existe diferencia significativa en la sensibilidad de los cultivares al daño por látex siendo el cultivar Haden más sensible que el Tommy Atkins (Figura 16 y Cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentaje de DPL en frutos de los cultivares Haden y Tommy Atkins por la aplicación de una solución de 3-careno (350 $\mu\text{L}/\text{mL}$) después de 24 y 96 horas.

CULTIVAR	N	% DE AREA DAÑADA A LAS 24 HORAS			% DE AREA DAÑADA A LAS 96 HORAS		
		MEDIA	D.E.	D.E.%	MEDIA	D.E.	D.E.%
Haden	3	36.33	7.09	19.53	53.33	9.07	17.01
Tommy Atkins	3	5.67	3.79	66.81	18.33	11.37	62.03

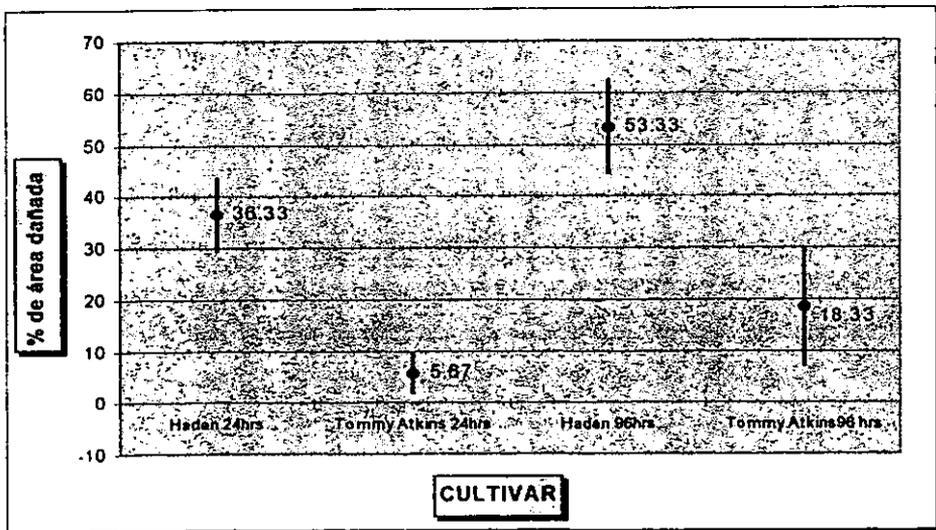


Figura 16. Media y desviación estándar del porcentaje de área de exocarpo dañado de los cultivares Haden y Tommy Atkins a las 24 y 96 horas después de la aplicación de una solución de 3-careno (350 $\mu\text{L}/\text{mL}$).

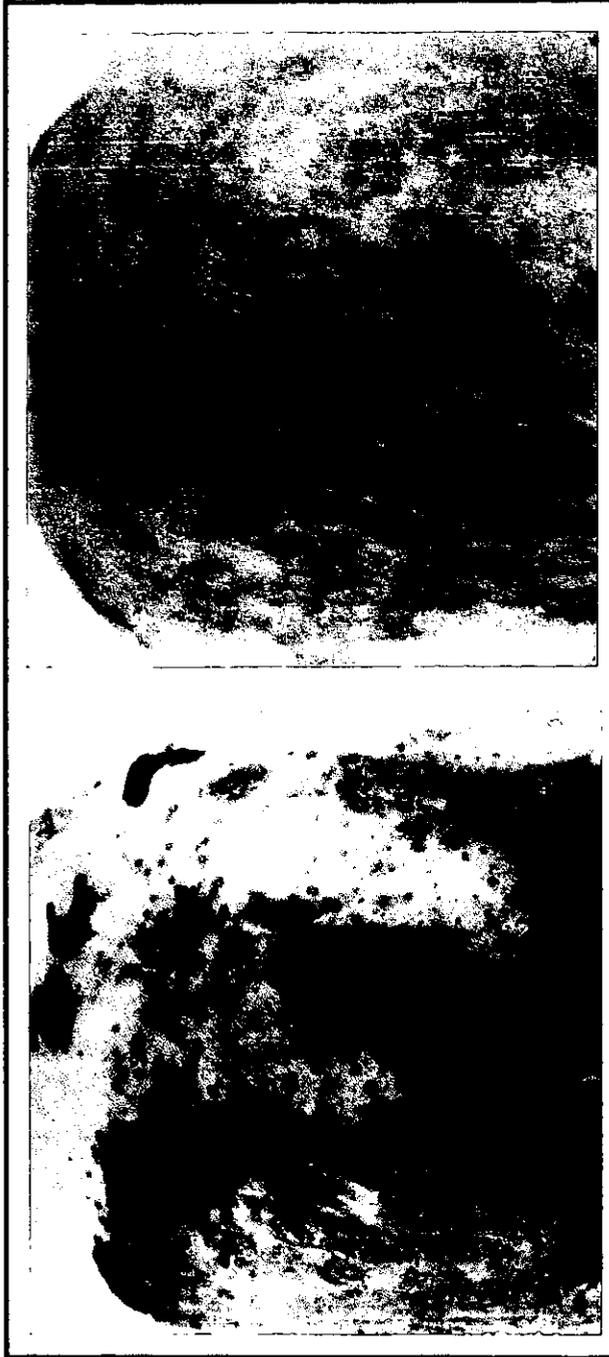


Figura 17. Síntomas de DPL en los cultivares Haden (izquierda) y Tommy Atkins (derecha) por la aplicación de una solución de 3-careno (350 μ L/mL).

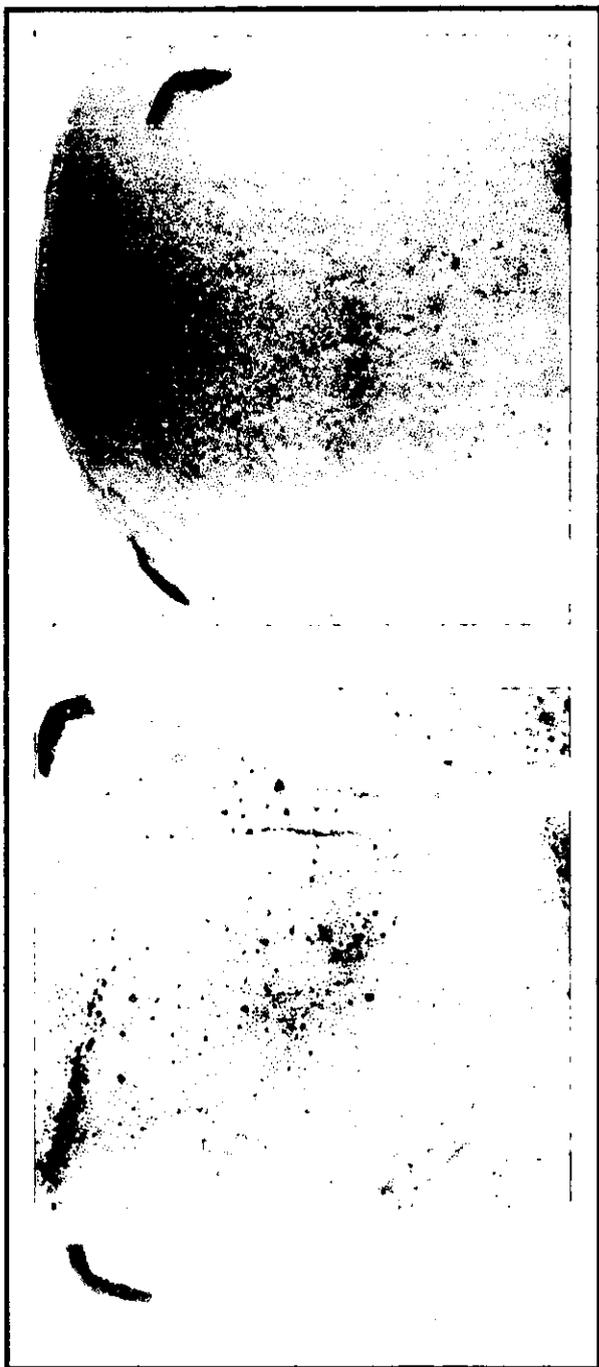


Figura 18. Respuesta a la aplicación de una solución de terpinoleno (20 μ L/mL); no ocasionó los síntomas característicos del DPL en los cultivares Haden (izquierda) y Tommy Atkins (derecha).

Por el contrario, la solución de terpinoleno (20 $\mu\text{L}/\text{mL}$) aplicada en la superficie de los frutos de mango, no causó daño alguno en ninguno de los cultivares, ni a las 24 horas, ni a las 96 horas de su aplicación (Figura 18).

De acuerdo a estos resultados y según estudios realizados por Romero *et al.* en 1998 con los mismos cultivares, en donde se encontró que al aplicar soluciones concentradas de terpinoleno y 3-careno en la superficie de los frutos se producía los síntomas del DPL y si se aplicaban soluciones diluidas de los mismos compuestos no se producía ningún daño, se puede afirmar que es la concentración del terpeno en cuestión y no su naturaleza química la responsable del daño.

Los resultados indican también, al menos en los cultivares Haden y Tommy Atkins, que es el 3-careno el compuesto responsable del DPL aunque pueden existir otros factores que determinen la sensibilidad de los frutos al daño por látex.

VII. CONCLUSIONES

1. El látex de todos los cultivares estudiados consistía en una emulsión líquida que después de unas horas de reposo se separaba en tres fracciones: una superior de consistencia aceitosa, una intermedia de apariencia cerosa y por último la fracción acuosa, la más abundante. La abundancia de cada fracción y su color varía dependiendo del cultivar.
2. La metodología que se utilizó para cuantificar terpenos en el látex de mango resultó adecuada y práctica para tal efecto.
3. Los cultivares Ataulfo y Tommy Atkins son los que presentan mayor contenido de 3-careno y terpinoleno en el látex de sus frutos, y Kent es el cultivar con el menor contenido de estos compuestos.
4. El contenido de 3-careno en la fracción aceitosa del látex es estadísticamente igual en todos los cultivares estudiados.
5. Los cultivares Ataulfo, Tommy Atkins y Kent presentaron mayor contenido de terpinoleno en la fracción aceitosa del látex en tanto que Keitt fue el cultivar con el menor contenido de terpinoleno en dicha fracción.
6. En todos los cultivares estudiados, el contenido de 3-careno en el látex de los frutos de mango es siempre mayor que el de terpinoleno aproximadamente unas 17.5 veces.
7. El látex de los cultivares Ataulfo y Tommy Atkins contienen la menor cantidad de 3-careno por cada μL de terpinoleno en relación a los demás cultivares, mientras que en el látex del cultivar Keitt este contenido es el mayor.

8. El cultivar Kent presenta menor proporción de fracción aceitosa en el látex que el resto de los cultivares.
9. Existe una relación directamente proporcional entre la concentración de 3-careno y terpinoleno en el látex completo de los frutos de mango de los diferentes cultivares y la incidencia del DPL en los mismos.
10. No existe una relación clara entre la concentración de 3-careno y terpinoleno en la fracción aceitosa del látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares y la incidencia de DPL en los mismos.
11. No existe una relación clara entre cantidad de fracción aceitosa en el látex completo de los frutos de mango de los diferentes cultivares y la incidencia del DPL en los mismos.
12. Existe una relación inversamente proporcional entre el contenido 3-careno/contenido terpinoleno en el látex de los frutos de mango de los diferentes cultivares y la incidencia al DPL.
13. El 3-careno es el compuesto responsable del DPL en los cultivares de mango estudiados ya que es el que se encuentra en la mayor concentración.
14. El cultivar Haden es más sensible que el cultivar Tommy Atkins al DPL por aplicación de 3-careno.
15. Se recomienda continuar con los estudios en esta línea ya que es posible que el DPL no dependa únicamente de la concentración de los terpenos presentes en el látex.

LITERATURA CITADA

Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT). 1998. El mango en el mercado internacional. *Negocios Internacionales*. 74:8-11.

BANDYOPADHYAY, C., GHOLAP, A.S. y MAMDAPUR, V.R. 1985. Characterization of alkenylresorcinol in mango (*Mangifera indica* L.) latex. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 33:377-379.

COJOCARU, M., DROBY, S., GLOTTER, E., GOLDMAN, A., GOTLIEB, H., JACOBY, B. y PRUSKY, D. 1986. 5-(12-Heptadecenyl)-resorcinol, the major component of the antifungal activity in the peel of mango fruit. *Phytochemistry*. 5:1093-1095.

CONNOLLY J.D. y HILL, R.A. 1991. *Dictionary of Terpenoids*. Chapman & Hall. Gran Bretaña. Vol. I. pp. 653.

DEVON, T.K. y SCOTT, A.I. 1972. *Handbook of Natural Occurring Compounds*. Academic Press. E.U.A. Vol. II. pp. 1900.

EMEX, A.C. (Empacadores de Mango de Exportación A.C.) 1996. II Seminario Nacional Sobre Calidad en Mango. Guadalajara, Jal.

EMEX, A.C. (Empacadores de Mango de Exportación A.C.) 1997a. Reporte de calidad en frontera, temporada 1997. Guadalajara, Jal.

EMEX, A.C. (Empacadores de Mango de Exportación A.C.) 1997b. Manejo Postcosecha del Mango. México. pp. 92.

FAHN, A. 1990. *Plant anatomy*. 4ª ed. Pergam Press. Oxford, Gran Bretaña. pp.588.

FESSENDEN R.J. y JOAN, S. 1983. *Química Orgánica*. 2ª ed. Grupo Editorial Iberoamérica. México. pp. 1040.

FIGUEROA, S.C., SANCHEZ-DIAZ, D.M., BOSQUEZ, E., PEREZ, L.J. 1998. Histología y sensibilidad al daño por látex del exocarpo de los frutos de mango de exportación. Congreso de EMEX. Sonora.

GALÁN-SAÚCO, V. 1998. Situación mundial de la cadena productiva mango. Foro Internacional de mango y otras frutas tropicales. Mazatlán, Sin. 16 y 17 de Febrero.

GUZMÁN E., C. 1998. Situación actual de la cadena productiva mango en México. Foro Internacional de mango y otras frutas tropicales. Mazatlán, Sin. 16 y 17 de Febrero.

Handbook of Chemistry and Physics. 1992-1993. 73ª ed. CRC Press. E.U.A.

HOLMES, R.J., LEDGER, S.N. y MACLEOD, W.N.B. 1993. Handling Systems to Reduce Mango Sapburn. *Acta Horticulturae*. 341:528-532.

JANICK, J. 1986. *Horticultural Science*. 4ª ed. Freeman. E.U.A. pp.638.

JOEL, D.M. 1980. Resin Ducts in the Mango Fruit: a Defense System. *Journal of Experimental Botany*. 31:1707-1718.

JOEL, D.M. 1981. The duct system of the base and stalk of the mango fruit. *Botanical Gazette*. 142:329-333.

JONES, S.B. y LUCHSINGER, A.E. 1986. *Plant Systematics*. 2ª ed. McGraw-Hill, Inc. E.U.A. pp. 512.

LATABAN, P.B. y ESPINOZA, P.J. 1991. *Anteproyecto para la instalación de una planta procesadora de pulpa de mango en Sinaloa*. México D.F., Facultad de Química, UNAM. Tesis. pp. 107.

LOVEYS, B.R., ROBINSON, S.P., BROPHY, J.J., y CHACKO, E.K. 1992. Mango sapburn: Components of Fruit Sap and their Role in Causing Skin Damage. *Australian Journal of Plant Physiology*. 19:449-457.

MAUSETH, J.D. 1995. *Botany. An Introduction to Plant Biology*. 2ª ed. Saunders College Publishing. E.U.A. pp. 794.

MAUSETH, J.D. 1988. *Plant Anatomy*. The Benjamin / Cummins Publishing Company, Inc. California, E.U.A. pp. 560.

McNAIR, H.M. 1981. *Cromatografía de Gases*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos; Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C., E.U.A. pp. 89.

OCHSE, J.J. 1982. *Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales*. Limusa. México.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1995. *Anuario de Producción 1995*. 49:164-165.

PONCE DE LEÓN, G.L., AVENA, B.R.J., BOSQUEZ, E., WONG-URREA, J.M. y BÁEZ, S.R. 1997. Desarrollo del programa de apoyo científico y tecnológico para la exportación de mango. *Hort. Mex.* 5:318-327.

PINDER, A.R. 1960. *The Chemistry of the Terpenoids*. Chapman & Hall. Gran Bretaña.

ROMERO, L.J., FIGUEROA, S.C., SANCHEZ-DIAZ, D.M., BOSQUEZ, E., SANDOVAL, M.O., DIAZ DE LEON, F., PEREZ, L.J. Y KERBEL, C. 1998. Sensibilidad de los frutos de mango a los componentes de la fracción aceitosa del látex. XXIX Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Aguascalientes, Ags.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR). 1996. *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos 1996*. p.p.662-665.

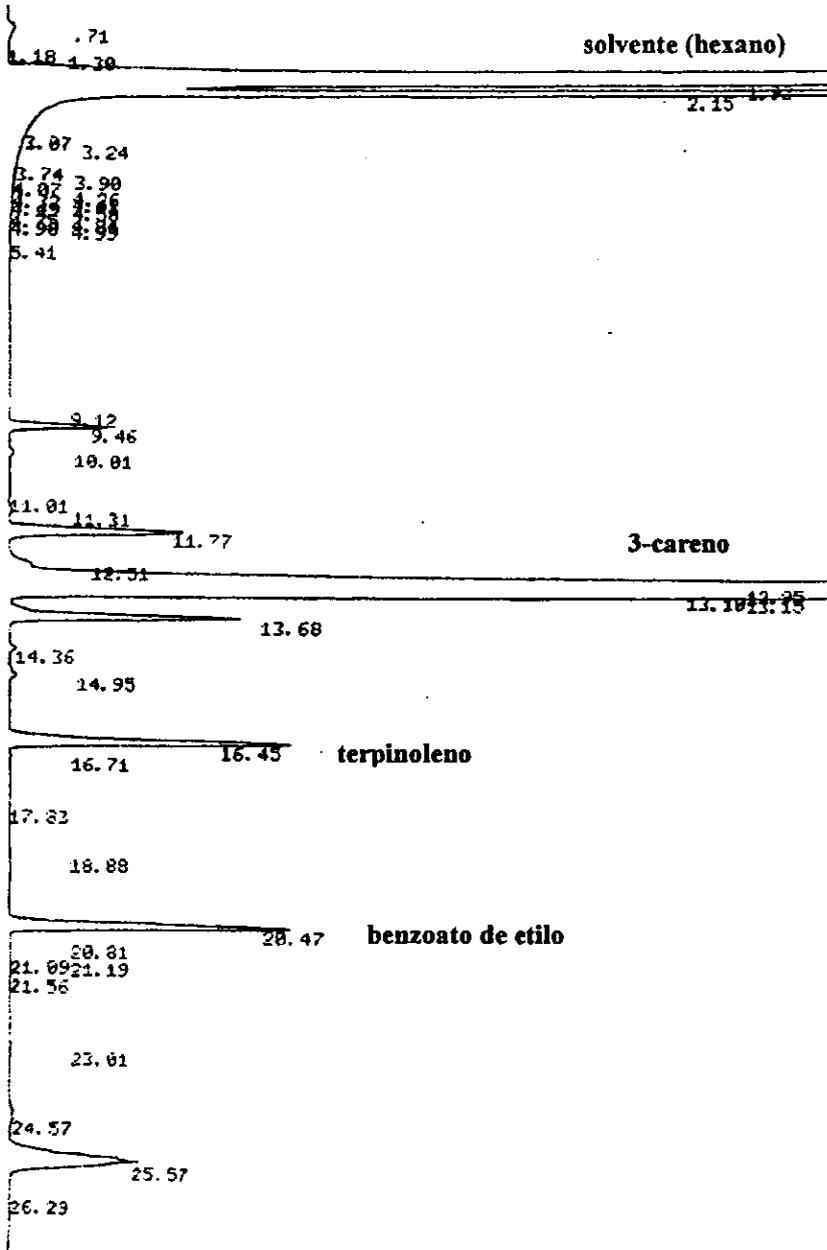
TEMPLETON, W. 1969. *An Introduction to the Chemistry of the Terpenoids and Steroids*. Butterworth. Londres, Gran Bretaña. pp. 277.

Cromatogramas de terpenoides en látex de mango.

Los registros gráficos del análisis de cromatografía de gases de la fracción aceitosa del látex de los diferentes cultivares de mango, resultaron muy similares entre si. La Figura 19 es un cromatograma que corresponde al cultivar Haden en el cual, por medio de los tiempos de retención (números que aparecen a lo largo del registro) se puede identificar los compuestos de interés (Cuadro 9).

Cuadro 9. Tiempos de retención registrados para diferentes compuestos, en un cromatograma de la fracción aceitosa del látex de mango del cultivar Haden (Figura 19).

TIEMPO DE RETENCION (T_R)	COMPUESTO
1.92 y 2.15	Hexano (solvente)
9.46	Terpeno no identificado
11.77	Terpeno no identificado
13.10	3-Careno
13.68	Terpeno no identificado
16.45	Terpinoleno
20.47	Benzoato de etilo (estándar interno)
25.57	Compuesto de alto peso molecular



045

Figura 19. Cromatograma de la fracción aceitosa del látex de mango del cultivar Haden.

Kruskal-Wallis.

Para hacer el análisis estadístico de los resultados se utilizó el software Statistical Package for Social Science (SPSS) empleando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis debido a que la gran variabilidad de las muestras no permitió utilizar una prueba normal. La Figura 20 es un ejemplo del registro que se obtenía una vez procesada la información.

```

-----Kruskal-Wallis 1-Way Anova

      C.T.3CAR
by CULTIVAR  Cultivar bajo estudio

Mean Rank  Cases

      1.5      2      CULTIVAR = 1      Kent
      7.67     3      CULTIVAR = 2      Tommy
     10.67     3      CULTIVAR = 3      Ataulfo
      5.00     4      CULTIVAR = 5      Keitt
      ---
                12      Total

Chi-Square      D:F Significance
      8.8590      3      .0312
  
```

Figura 20. Registro del análisis estadístico de los datos con el software SPSS. Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

El operador del software puede incluir algunos datos para designar la prueba estadística que se está realizando, en este caso, las siglas C.T.3CAR identifican el análisis estadístico de los resultados de concentración de 3-careno en el látex total de los frutos de mango. De igual manera, existe un número para identificar cada cultivar, así, a Kent le corresponde el número 1 mientras que a Keitt le corresponde el 5. El término “Mean Rank” significa el valor de rango de media para cada cultivar, y “Cases”, el número de muestras por cada cultivar. El valor “significance” nos indica si existe o no diferencia estadística entre los cultivares; en este caso el valor de significancia calculado es 0.0312 y puesto que es menor al que se estableció ($\alpha=0.05$), entonces existe diferencia estadística por lo menos entre un par de cultivares. Para identificar cuáles son los cultivares estadísticamente diferentes, se debe realizar el análisis estadístico por pares entre todos los cultivares.