

35
2ej



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

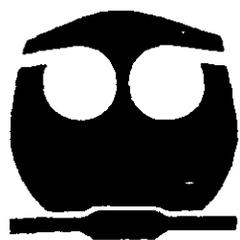


EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

"EFECTO DEL HIDROCALENTAMIENTO E
HIDROENFRIADO EN LA CONSERVACION EN
FRESCO DEL MANGO DE EXPORTACION".

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A
GLORIA / SANCHEZ VARELA



MEXICO, D. F.,

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

270615



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

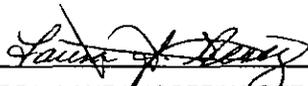
Jurado asignado:

Presidente	Prof. HERMILO LEAL LARA
Vocal	Prof. LUCIA CORNEJO BARRERA
Secretario	Prof. LAURA JOSEFINA PEREZ FLORES
1er. Suplente	Prof. RUT VILLASEÑOR GUTIERREZ
2º. Suplente	Prof. RODOLFO CUERVO COSS

Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorio de Bioquímica y Fisiología Vegetal Depto. Ciencias de la Salud,
División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad Autónoma
Metropolitana-Iztapalapa.

ASESOR:



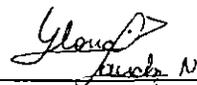
DRA. LAURA JOSEFINA PEREZ FLORES

SUPERVISOR TECNICO:



M. EN C. ELSA BOSQUEZ MOLINA

SUSTENTANTE:



SRITA. GLORIA SANCHEZ VARELA

AGRADECIMIENTOS:

A mis padres Gloria y Felipe por sus consejos apoyo y comprensión. LOS QUIERO MUCHO.

A mis hermanos, especialmente a Monica por estar siempre a mi lado.

A José Antonio, por compartir conmigo momentos alegres y tristes durante el transcurso de este trabajo y por los muchos otros momentos de mi vida en los que se estarás apoyándome siempre. Gracias. TE QUIERO.

Tanto a mis asesoras Laura y Elsa como a Fernando y Carlos por sus consejos paciencia y cariño. Gracias.

Y por supuesto a Dios, por permitirme lograr una de mis mas grandes metas.

INDICE.

1. INTRODUCCION.	1-4
2. ANTECEDENTES.	
2.1 EXPORTACION DE MANGO MEXICANO EN FRESCO.	5
2.2 ASPECTOS BOTANICOS DEL MANGO.	5-7
2.3 INDICES DE COSECHA DEL MANGO.	7-8
2.4 FISIOLOGIA DE LA MADURACION DEL MANGO.	8
2.4.1 Color.	9
2.4.2 Azúcares.	9
2.4.3 Acidos Orgánicos.	9
2.4.4 Firmeza	9-10
2.4.5 Transpiración.	10-11
2.4.6 Respiración.	11-16
2.4.7 Factores Ambientales que Afectan la Maduración del Mango.	16
2.4.7.1 Efecto de la Temperatura.	16-17
2.4.7.2 Etileno.	18
2.4.7.3 Niveles de Oxígeno y Dióxido de Carbono.	18-19
2.4.7.4 Daños Mecánicos y Microorganismos.	19
2.5 CALIDAD DEL MANGO.	19-20
2.6 PLAGAS DE CUARENTENA.	21
2.6.1 Moscas de la Fruta.	21-23
2.6.1.1 Ciclo Biológico de las Moscas de la Fruta.	23-24
2.6.1.2 Moscas que atacan al Mango.	24-25
2.7 TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS.	25-26
2.7.1 Tratamientos Químicos.	26
2.7.2 Tratamientos No-Químicos.	
2.7.2.1 Radiación.	26
2.7.2.2 Refrigeración.	26-27

2.7.2.3 <i>Tratamientos por Calor.</i>	
2.7.2.3.1 <i>Aire Forzado Caliente.</i>	27-28
2.7.2.3.2 <i>Vapor Caliente.</i>	28
2.7.2.3.3 <i>Agua Caliente.</i>	28-29
2.8 JUSTIFICACION.	30
3. OBJETIVOS	
3.1 <i>Objetivo General.</i>	31
3.2 <i>Objetivos Particulares.</i>	31-32
4. MATERIALES Y METODOS.	
4.1 <i>Material Biológico.</i>	33
4.2 <i>Diseño Experimental.</i>	33-35
4.3 <i>Desarrollo Experimental.</i>	35
4.3.1 <i>Toma de Muestra.</i>	35-37
4.4. <i>Determinación de Parámetros.</i>	37
4.4.1 <i>Pérdida Fisiológica de Peso (P.F.P.).</i>	38
4.4.2 <i>Actividad Respiratoria.</i>	38-40
4.5 <i>Análisis Estadístico.</i>	40
5. RESULTADOS.	
5.1 <i>Actividad Respiratoria.</i>	
5.1.1 <i>Fase I. Análisis Inicial de la Actividad Respiratoria después de Aplicados los Tratamientos.</i>	41-44
5.1.2 <i>Fase I. Actividad Respiratoria Postalmacenamiento.</i>	41-46
5.1.3 <i>Fase II. Análisis Inicial de la Actividad Respiratoria después de Aplicados los Tratamientos.</i>	47-48
5.1.4 <i>Fase II. Actividad Respiratoria Postalmacenamiento.</i>	47-48
5.2 <i>Pérdida Fisiológica de Peso.</i>	

5.2.1 Fase I. Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso a Temperatura Ambiente después de Aplicados los Tratamientos.	50-54
5.2.2 Fase I. Pérdida Fisiológica de Peso Postalmacenamiento.	50-55
5.2.3 Fase II. Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso a Temperatura Ambiente después de Aplicados los Tratamientos.	55-59.
5.2.4 Fase II. Pérdida Fisiológica de Peso Postalmacenamiento.	59-63
6. DISCUSION.	64-75
7. CONCLUSIONES.	77
8. BIBLIOGRAFIA.	78-84

EFFECTO DEL HIDROCALENTAMIENTO E HIDROENFRIADO EN LA CONSERVACION EN FRESCO DEL MANGO DE EXPORTACION.

1. INTRODUCCION.

El mango (*Mangifera indica* L.) es una fruta con una alta cotización en el mercado internacional. En estado fresco, se caracteriza por tener un período de vida útil corto, por lo que ha sido objeto de numerosos estudios para aumentar su período de conservación, con el fin de poder exportarlo a mercados lejanos y que llegue a ellos en buenas condiciones.

Las principales zonas productoras de mango en el mundo son las regiones tropicales y subtropicales. México ocupa el segundo lugar entre los principales países productores de mango en el mundo, y es el primer exportador de mango en fresco (EMEX A.C., 1997).

Uno de los principales propósitos en la conservación postcosecha de las frutas es retardar su metabolismo, con el fin de prolongar su vida útil y mantener su calidad.

Dentro de los procesos metabólicos fundamentales que llevan a cabo las frutas y que continúan después de cosechadas se encuentran la transpiración y la respiración. Estos procesos pueden influir de manera importante en la calidad de las frutas y en su potencial de conservación.

La transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor. En las frutas cosechadas, se traduce físicamente como una pérdida real de peso del fruto denominada "Pérdida fisiológica de peso" (Bósquez *et al.*, 1996). Las pérdidas de agua representan una disminución del peso comercial y por lo tanto, un descenso de su valor en el mercado.

A nivel celular, la respiración es el proceso en el que los sustratos respiratorios (azúcares, ácidos grasos, etc.) son oxidados, liberando CO₂ y produciendo NADH y FADH₂. Dichos cofactores reducidos transfieren electrones a los complejos de la cadena respiratoria hasta el aceptor final oxígeno, formándose agua. El arreglo espacial de los componentes de la cadena transportadora de electrones en la membrana interna mitocondrial, ocasiona, de acuerdo a la teoría quimiosmótica, que el flujo de electrones genere un

gradiente de pH transmembranal que puede ser utilizado por la enzima ATP sintetasa para producir ATP (Lehninger *et al.*, 1993; Löubau *et al.*, 1997).

El ritmo o velocidad de la respiración se conoce como actividad respiratoria y puede determinarse midiendo la cantidad de oxígeno consumido, o bien, la cantidad de dióxido de carbono producido por unidad de peso de tejido y unidad de tiempo ($\text{mg CO}_2/\text{Kg-h}$) (Pelayo y Pedraza, 1984).

Biale (1981) clasificó a las frutas en climatéricas y no climatéricas, de acuerdo a la presencia o no, de un repentino aumento en la actividad respiratoria durante la maduración postcosecha de las frutas. Entre las frutas climatéricas se encuentran el mango, la chirimoya, el higo, el jitomate, etc. y entre las no climatéricas se encuentran la piña, la uva, la fresa, los cítricos, etc. (Biale, 1981; Herrero, 1992).

En el área de la fisiología y manejo postcosecha, la actividad respiratoria está estrechamente relacionada con cambios en la calidad, madurez, vida de almacenamiento y rapidez de aparición de ciertas fisiopatías en el producto. La actividad respiratoria es uno de los mejores indicadores de la vida útil de un producto vegetal (Pelayo y Pedraza, 1984).

Los mangos mexicanos que se destinan para exportación a Estados Unidos y Japón, se someten a un tratamiento cuarentenario postcosecha (hidrotérmico) que consiste en someter las frutas a una temperatura de 46°C por 75 minutos para frutas menores de 500 gramos y de 46.1°C por 90 minutos para frutas de 500 a 700 gramos. Este tratamiento se aplica para destruir la larva de las moscas de la fruta (*Anastrepha ludens* y *A. obliqua*), como condición impuesta por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y el Servicio de Inspección de Enfermedades de Animales y Plantas (APHIS) en Estados Unidos (Sharp *et al.*, 1989; USDA-APHIS-SARH-DGSV, 1994).

Al inicio de la implementación de este tratamiento cuarentenario postcosecha, se reportaban efectos adversos externos e internos en los mangos hidrocalentados, tales como: escaldado de la piel, ablandamiento pronunciado de la pulpa, degradación rápida de la clorofila, formación de capas de almidón debajo de la piel, manchas en el mesocarpo, aumento en la actividad respiratoria, etc.. Sin embargo, los reportes de la

literatura indican que además de la temperatura y tiempo de tratamiento, existen otros factores que inciden en la susceptibilidad de los mangos al daño por calor y son: la variedad, la zona de producción y el estado de madurez en la cosecha (Kernot y Campbell, 1992; Alvarez y Demerutis, 1988). De igual modo, se estableció que después del tratamiento hidrotérmico las frutas fueran sometidas a un enfriamiento con agua, para eliminar parte del calor absorbido y así disminuir en lo posible estos daños. La temperatura establecida por el Protocolo de USDA para el enfriamiento con agua es de 21°C por 30 minutos como límite de temperatura inferior (USDA-APHIS-SARH-DGSV, 1994).

El 25 de abril de 1995 fue suscrito un Convenio General de Colaboración entre la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa y la Asociación de Empacadoras de Mango de Exportación (EMEX, A.C.) que tiene por objeto desarrollar un programa conjunto de actividades de investigación, capacitación, cursos, apoyo técnico, etc. en Fisiología y Tecnología Postcosecha de mango. A partir de la firma de este convenio se realizó un proyecto de colaboración con EMEX, en el que se evaluaron los efectos del tratamiento hidrotérmico establecido en el protocolo de USDA en la fisiología y calidad del mango de exportación. Posteriormente los exportadores de mango presentaron la inquietud de estudiar los posibles efectos beneficios en las frutas de otras condiciones de enfriamiento posthidrotérmico distintas a las recomendadas en el protocolo.

El presente trabajo de tesis forma parte de un nuevo proyecto multidisciplinario de investigación en colaboración con EMEX, que tiene como objetivo, comparar el efecto que tiene la aplicación de otras condiciones de hidrogenfriado (21°C por 60 minutos, o bien un doble hidrogenfriado de 21°C por 30 minutos y 15°C por 30 minutos) con respecto a las condiciones de enfriamiento recomendadas en el protocolo de 1994 (USDA-APHIS-SARH-DGSV) (21°C por 30 minutos), en la pérdida fisiológica de peso y actividad respiratoria, en mango hidrocalentado variedad "Haden".

Asimismo, en los laboratorios de los Departamentos de Biotecnología y Biología se llevaron a cabo los estudios para evaluar respectivamente los efectos de los tratamientos aplicados en la conservación de la calidad y en las características anatómicas de la cutícula del mango.

2. ANTECEDENTES.

2.1 EXPORTACION DE MANGO MEXICANO EN FRESCO.

México ocupa el primer lugar entre los países exportadores de mango en fresco en el mundo. El cultivo de esta fruta representa una fuente importante de empleo (principalmente en la temporada de cosecha y empaque en el periodo de abril a agosto y un relevante ingreso de divisas que se incrementa año con año (EMEX A.C., 1997) (Tabla 1).

TABLA 1.
VOLUMENES DE MANGO EXPORTADO EN LOS ULTIMOS CINCO AÑOS
(EMEX A.C., 1997).

VOLUMEN DE EXPORTACION (TON.)	AÑO
67, 500	1992
102, 500	1993
117, 391	1994
145, 048	1995
165, 973	1996

Los datos anteriores indican que en México el mango destaca como uno de los productos vegetales con un alto potencial de comercialización.

2.2 ASPECTOS BOTANICOS DEL MANGO.

El nombre científico del mango es *Mangifera indica* L. La especie pertenece a la familia Anacardiaceae, que comprende 64 géneros. El árbol es perenne y puede alcanzar una talla de 15 a 18 metros. Los mangos varían en forma (redondeada, ovalada, ovalada-oblonga), con una longitud que puede variar desde 5 hasta 30 cm. El peso oscila desde varios gramos hasta más de un kilogramo; el color de las frutas puede ser verde, verde-amarillo, amarillo, rojo, naranja o púrpura, dependiendo de su grado de madurez y de la variedad (Crane y Campbell, 1991; Bósquez *et al.*, 1996).

Desde el punto de vista botánico, el mango es una drupa carnosa, constituida por el exocarpo o cáscara; el mesocarpo, que es la pulpa comestible, jugosa, de sabor

característico y el endocarpo, que es la envoltura dura, coriácea, que contiene a la semilla, a la que comúnmente se le denomina 'hueso' (Figura 1).

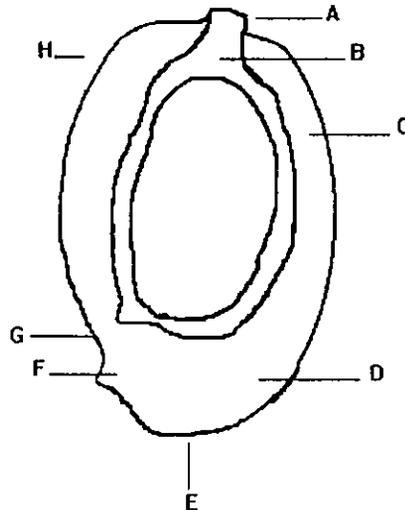


Figura 1. Características físicas del mango. A, seno basal; B, endocarpo (hueso); C, hombro dorsal; D, mesocarpo (pulpa); E, ápice; F, pico; G, exocarpo (epidermis); H, hombro ventral (Hulme, 1971).

El exocarpo o cáscara, está formado por células alargadas que constituyen la epidermis y varias capas de células con paredes engrosadas, que se localizan en el interior formando la hipodermis (Wills, 1984).

Conforme se desarrolla el fruto, se va formando una cubierta protectora, de naturaleza cerosa, que regula el paso del agua y del vapor de agua, denominada cutícula (Wills, 1984).

En las frutas la cutícula funciona como una barrera natural para evitar la pérdida de agua, y tiene en consecuencia un papel esencial en el mantenimiento del elevado contenido de agua en los tejidos, necesario para el desarrollo y metabolismo normales. Además, es una barrera que evita la entrada de microorganismos (Wills, 1984; Bósquez *et al.*, 1996). Bajo la cutícula, se encuentran las células epidérmicas, que se estructuran en forma compacta, dejando espacios mínimos entre células adyacentes (Wills, 1984). La epidermis presenta discontinuidades llamadas lenticelas. Las lenticelas son poros

localizados entre células con paredes suberificadas, que a diferencia de los estomas, están permanentemente abiertas, permitiendo el intercambio de gases entre las células subepidérmicas y la atmósfera (Pantastico, 1975; Wills, 1984).

Así mismo, se sabe que las lenticelas presentes en el exocarpo de las frutas participan activamente en los procesos de transpiración y respiración, por lo que se considera que la pérdida fisiológica de peso que ocurre en las frutas durante su almacenamiento y maduración esta fuertemente influida por la estructura de la cutícula y el número de lenticelas presentes (Dietz *et al.*, 1988).

En el caso particular del mango, se ha reportado que la pérdida fisiológica de peso de cinco cultivares depende del número de lenticelas presentes en el exocarpo y no del grosor de la cutícula. En este sentido, se ha propuesto que en el mango al igual que en la manzana, la composición química de cera cuticular más que su grosor, es la que determina la velocidad de transpiración (Dietz *et al.*, 1988).

2.3 INDICES DE COSECHA DEL MANGO.

Las frutas se cosechan cuando han alcanzado su madurez fisiológica. Se han establecido distintos índices de cosecha, como marcadores del momento más adecuado para el corte, dependiendo de si los productos se destinarán o no a embarque, y del tiempo que se mantendrán en almacenamiento (tiempo corto para consumo o venta inmediata o tiempo prolongado para transporte a mercados lejanos) (Pelayo y Pedraza, 1984).

Es importante establecer índices de cosecha que indiquen con precisión el momento óptimo para el corte, ya que las frutas que se cosechan inmaduras son más sensibles a las bajas temperaturas y además se deshidratan más rápido, mientras que las frutas cosechadas tardamente son más susceptibles al ataque por microorganismos y a los daños mecánicos, lo que reduce su valor en el mercado (Wills, 1984).

Los índices de cosecha en el caso del mango dependen de la variedad cultivada; entre estos se pueden mencionar: la forma de la fruta, los grados Brix, el color de la piel, el color de la pulpa, la firmeza, el peso específico (Peso/Volumen) y el cálculo del número de días a partir de la floración (Hulme, 1971; Wills, 1984; Bósquez *et al.*, 1996).

Los índices de cosecha se mantienen dentro de ciertos rangos, que están sujetos a las variaciones en las condiciones ambientales, las regiones productoras, etc. (Bósquez *et al.*, 1996).

2.4 FISILOGIA DE LA MADURACION DEL MANGO.

Después de cosechar las frutas, éstas sufren una serie de cambios, que las llevarán a obtener las características óptimas para su consumo. Al proceso por el cual se llevan a cabo estos cambios, se le conoce como maduración de consumo y los cambios más evidentes son: el reblandecimiento de la pulpa, la degradación de almidón, el aumento en el contenido de azúcares sencillos, los cambios en pigmentos (degradación de clorofila y aparición de carotenos), cambios en el sabor y en el aroma. A continuación se describen en forma detallada los cambios más relevantes durante la maduración del mango.

2.4.1 Color. Los cambios en el color de la pulpa y en la superficie de la fruta son consecuencia de la degradación de la clorofila, causada por la disminución del pH (principalmente por la fuga de ácidos orgánicos, localizados en el interior de la vacuola), el desarrollo de procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas. La desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis de pigmentos que desarrollan color amarillo-naranja, como los carotenoides y las xantofilas. El "chapeado" se debe a la presencia de antocianinas (Wills, 1984).

2.4.2 Azúcares. El almidón, que se acumula durante el desarrollo de la fruta, es rápidamente utilizado durante la maduración (Medlicott *et al.*, 1986). Como una consecuencia de la hidrólisis del almidón, se incrementan los niveles de glucosa y maltosa; la glucosa a su vez, puede transformarse dando lugar a fructosa y sacarosa. El resultado global es que los azúcares sencillos totales se incrementan (Selvaraj *et al.*, 1989). El principal azúcar no reductor presente en las frutas es la sacarosa y el no reductor más importante es la fructosa (Kumar y Selvaraj, 1990).

2.4.3 Ácidos orgánicos. Durante el proceso de la respiración, los ácidos orgánicos se oxidan, o bien, se convierten en azúcares. Se considera que los ácidos orgánicos son una reserva energética de la fruta; por consiguiente, es de esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima, durante el curso de la

maduración (Wills, 1984). El ácido predominante es el cítrato, asimismo el malato y el succinato se encuentran en cantidades importantes (Parikh *et al.*, 1990).

2.4.4 Firmeza. Las modificaciones en la textura de las frutas, se atribuyen generalmente a cambios en la composición y solubilidad de los polisacáridos de la pared celular (pectina, celulosa y hemicelulosa), que inducen el ablandamiento de los tejidos, provocando una disminución en la firmeza de la fruta (Roth, 1977; Parikh *et al.*, 1990). Durante la maduración, la protopectina va degradándose gradualmente a fracciones de peso molecular más pequeño, que son solubles en agua. La velocidad de degradación de la protopectina está asociada con el ablandamiento de la fruta; ésta última se determina con el uso de un penetrómetro a la altura de los hombros de la fruta (Pantastico, 1975; Wills, 1984).

2.4.5 Transpiración. El proceso de transpiración es la pérdida de agua en forma de vapor. En las frutas cosechadas, dá por resultado una pérdida real de peso de la fruta denominada "Pérdida Fisiológica de Peso" (Bósquez *et al.*, 1996).

Las pérdidas de agua representan una disminución del peso comercial y por lo tanto, un descenso de su valor en el mercado. Es por ello, que deben emplearse medidas que minimicen las pérdidas de agua que puedan tener lugar después de recolectada la fruta; pérdidas de tan sólo un 5% pueden marchitar y arrugar los productos, lo cual reduce su calidad (Wills, 1984). Los niveles de pérdida de peso del fruto dependen principalmente de la superficie expuesta (las pérdidas por evaporación son más elevadas, cuanto mayor sea el cociente superficie/volumen), de la temperatura interna del producto y de otras condiciones del ambiente, tales como la humedad relativa, el movimiento del aire y la temperatura ambiente (Pantastico, 1975).

Como se mencionó anteriormente, la naturaleza de la superficie (número de lenticelas) de los tejidos y las características de la cutícula (composición química, grosor, etc.) tiene un efecto sobre la velocidad de transpiración.

En el caso particular del mango, las lenticelas son muy abundantes por lo que estos tienden a marchitarse y a arrugarse más que otras frutas debido a que se lleva a cabo de manera más rápida la pérdida de agua (Pantastico, 1975; Bósquez *et al.*, 1996).

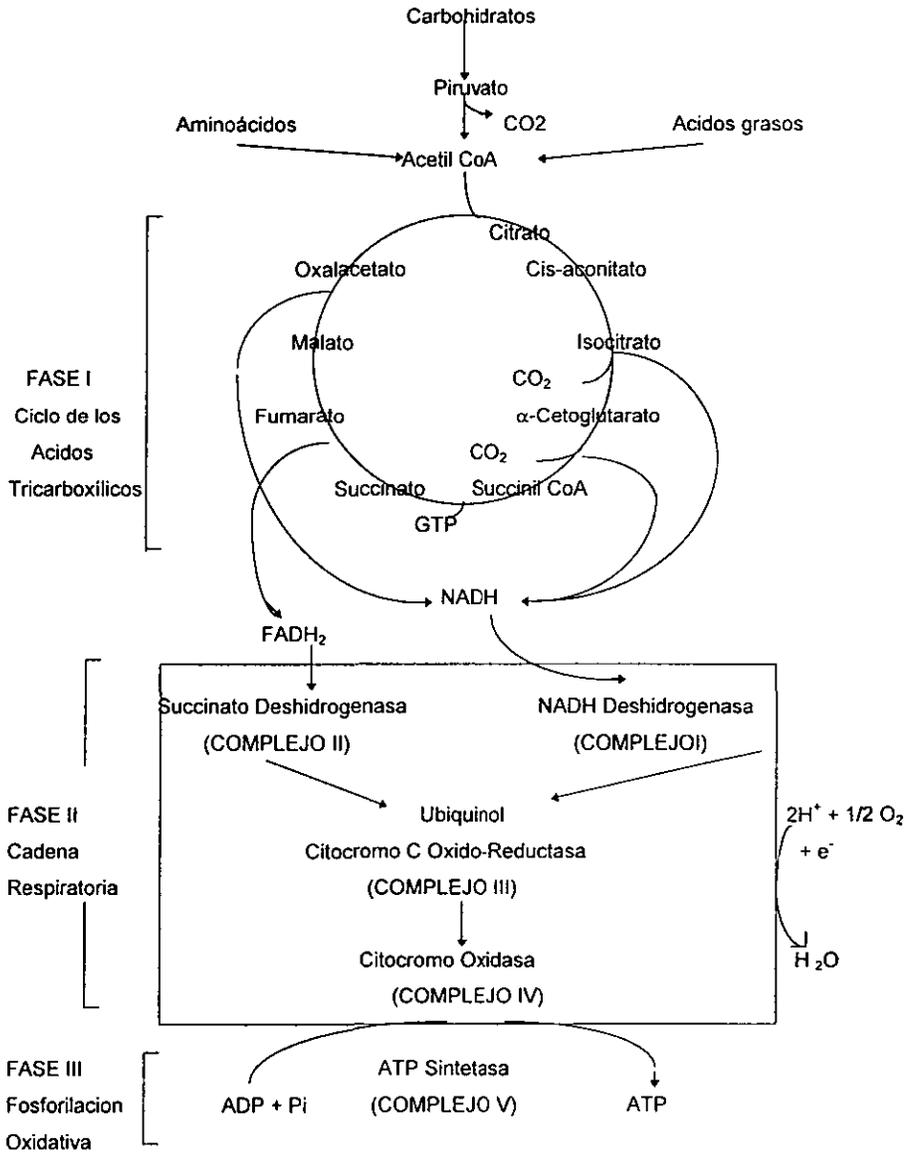
El manejo rudo de las frutas durante la cosecha y en las empacadoras puede dañar la organización superficial de los tejidos y permitir en consecuencia un flujo gaseoso mucho más rápido a través del área dañada. Si la lesión ocurre en las etapas iniciales de crecimiento, suelen cerrarse las áreas afectadas con una capa de células con cubierta de suberina, cutina y lignina. Esta capacidad de cicatrización disminuye a medida que el producto madura, de modo que, si la lesión tiene lugar durante la cosecha, o después, el fruto permanece desprotegido (Wills, 1984).

El movimiento del aire tiende a barrer el aire húmedo en torno del producto (microatmósfera), por lo que al aumentar la velocidad del aire se reduce el espesor de la capa superficial y aumenta la diferencia de presiones de vapor en las proximidades de la superficie de la fruta, por lo que las pérdidas de agua se incrementan (Wills, 1984).

Para reducir la pérdida de agua por transpiración, se recomienda mantener el producto en lugares frescos y con humedades relativas altas (Pelayo y Pedraza, 1984). Por lo tanto, un método para reducir la pérdida de agua de las frutas y hortalizas consiste en aumentar la humedad relativa del aire de su entorno, reduciendo las diferencias de presión de vapor entre el producto y el ambiente, y por tanto, la cantidad de agua que sería necesario evaporar para que el aire estuviera saturado de agua. El inconveniente de este método es que humedades relativas elevadas en el aire favorecen el crecimiento de microorganismos (Bósquez *et al.*, 1996).

2.4.6 Respiración. La respiración es un proceso metabólico fundamental de las frutas que continúa en estos productos una vez cosechados. La respiración implica el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono y energía química en forma de ATP. Este proceso se lleva a cabo en tres fases en las mitocondrias de las plantas (Figura 2) (Adaptado de Lehninger, 1984).

FIGURA 2.
FASES DE LA RESPIRACION
(Adaptado de Lehninger, 1984).

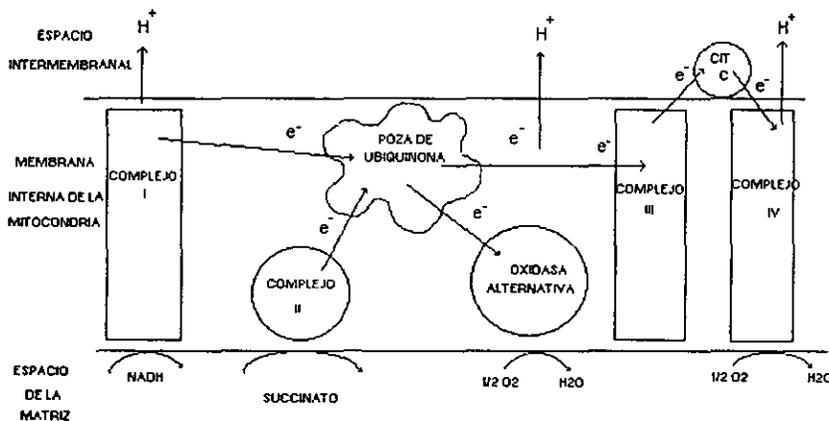


En la fase I los combustibles orgánicos -carbohidratos, ácidos grasos y aminoácidos- son oxidados para producir fragmentos de 2-carbonos (grupo acetilo de la acetil-Coenzima A). Estos grupos acetilo son transferidos al ciclo de los ácidos tricarboxílicos, donde son degradados para dar cofactores reducidos y liberar CO₂, que es el producto final de oxidación de los combustibles orgánicos.

En la fase II, los cofactores reducidos (NADH Y FADH₂) transfieren sus electrones a los complejos que constituyen la cadena respiratoria y de éstos los electrones pasan hasta el aceptor final que es el oxígeno molecular, al que reducen para formar agua. Durante este proceso de transporte electrónico, se genera un gradiente de pH transmembranal (Lehninger, 1984; Trumppower, 1994).

Los componentes de la cadena respiratoria y la ATP sintetasa (complejo V) se localizan en la membrana interna mitocondrial. Las proteínas de la cadena respiratoria se encuentran asociadas en cuatro complejos oligoméricos que efectúan las reacciones redox (Figura 3) (Pérez *et al.*, 1993).

FIGURA 3.
COMPLEJOS MEMBRANALES QUE PARTICIPAN EN LA FOSFORILACION OXIDATIVA (Pérez *et al.*, 1993).



Complejo: I NADH - Deshidrogenasa III Ubiquinona citocromo c oxido-reductasa
 II Succinato - Deshidrogenasa IV Citocromo oxidasa

En la fase III, se utiliza la energía del gradiente electroquímico de protones generados por la cadena respiratoria para sintetizar ATP a partir de ADP y Pi, por la enzima ATP sintetasa (complejo V) en el proceso denominado fosforilación oxidativa.

En las mitocondrias vegetales, existe una oxidasa alternativa que recibe electrones de la ubiquinona (UQ) y los transfiere al O₂ como aceptor final. Esta oxidasa alternativa no contribuye a la formación del gradiente de pH y en consecuencia a la formación de ATP. Algunos autores han propuesto que la oxidasa alternativa contribuye a la formación del pico climatérico en las frutas clasificadas como climatéricas (Kumar y Selvaraj, 1990).

La actividad respiratoria puede medirse entonces a través de la producción de bióxido de carbono o el consumo de oxígeno por unidad de peso y tiempo (mg CO₂/ Kg-h). Esta actividad se asocia con la velocidad con que se llevan a cabo los procesos de maduración y senescencia de las frutas; por lo que se considera un buen índice de la vida potencial del producto vegetal. Una actividad respiratoria alta se asocia con una vida útil corta, y viceversa (Tabla 2) (Pelayo y Pedraza, 1984).

TABLA 2.
 RELACION ENTRE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA Y LA VIDA UTIL DE ALGUNAS FRUTAS Y HORTALIZAS (Pelayo y Pedraza, 1984).

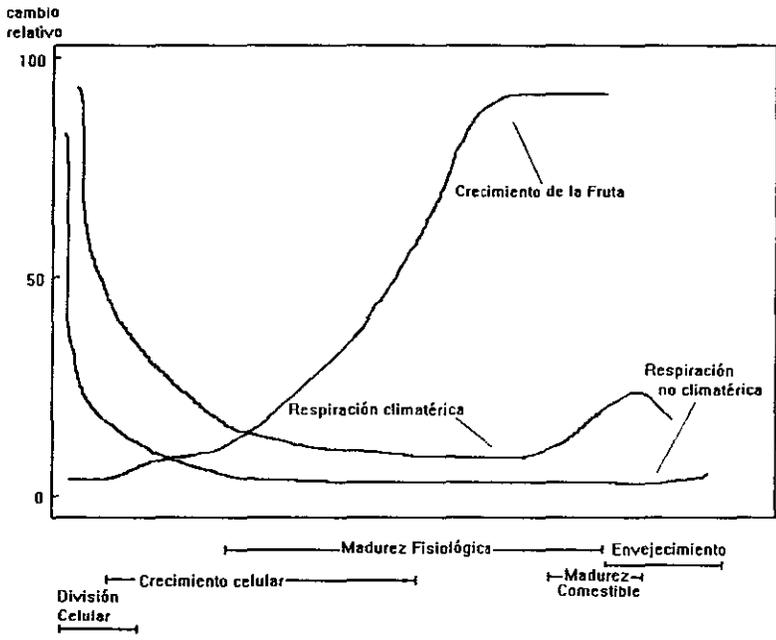
PRODUCTO	ACTIVIDAD RESPIRATORIA MEDIDA A 15°C (mg CO ₂ /Kg-h)	PERIODO DE ALMACENAMIENTO*
Papa	8	16-24 semanas
Limón	20	12-20 semanas
Manzana	25	12-16 semanas
Col	32	4-8 semanas
Mango	170	2-3 semanas
Lechuga	200	1-3 semanas
Plátano	200	1-3 semanas

* Período de almacenamiento a la temperatura recomendada para cada producto

Con base en el patrón respiratorio postcosecha las frutas se han clasificado en climatéricas y no climatéricas. Las primeras son aquellas que presentan una elevación en su actividad respiratoria postcosecha que alcanza un máximo conocido como climaterio o pico climatérico y después declina. El inicio de la elevación climatérica (mínimo climaterio) coincide con el momento en que las frutas han alcanzado su tamaño máximo y es durante este período, cuando se llevan a cabo el resto de las modificaciones de la madurez de consumo. El pico climatérico marca el inicio de la senescencia. Entre las frutas que presentan este comportamiento se pueden mencionar el plátano, el mango, la manzana, el jitomate, etc..

Aquellas frutas que como la piña, la fresa o los cítricos, no exhiben este pico respiratorio, se les denomina no climatéricas y en ellas la mayor parte de las transformaciones características de la maduración de consumo transcurren a un ritmo más lento (Figura 4) (Wills, 1984; Pelayo y Pedraza, 1984).

FIGURA 4.
PATRONES DE CRECIMIENTO Y RESPIRACION DURANTE EL DESARROLLO DE LA FRUTA
(WILLS, 1984).



2.4.7 Factores ambientales que afectan la maduración del mango. Entre los principales factores ambientales que influyen en la maduración del mango se encuentran: la temperatura, el etileno exógeno, los niveles de CO₂/O₂, los daños mecánicos y el ataque de microorganismos (Bósquez *et al.*, 1996).

2.4.7.1 Temperatura. Durante la maduración de las frutas, se llevan a cabo muchas reacciones enzimáticas. La velocidad a la que éstas transcurren, dependen del rango de temperatura a la que se encuentran las frutas.

Una maduración normal, es posible dentro de un determinado intervalo de temperatura (10 a 30°C). La mejor calidad se obtiene a una temperatura de alrededor de 20°C (Wills, 1984).

Refrigeración: La reducción de la temperatura de las frutas se traduce en un retraso en la maduración que se observa como descenso en la velocidad de cambio de parámetros tales como: la respiración, la textura, el color, etc. (Wills, 1984). Sin embargo, las frutas tropicales y subtropicales, como el mango, pueden presentar a temperaturas bajas una fisiopatía que se denomina "daño por frío", por lo que en este caso es necesario controlar la temperatura de refrigeración para evitar este efecto.

Elevación de la temperatura de los frutos Se ha observado que la velocidad de una reacción química aumenta al doble cada vez que se aumenta la temperatura 10°C. Esto se observa determinando el coeficiente de temperatura (Q₁₀) (Wills, 1984).

$$Q_{10} = (R_2/R_1)^{10 \left(\frac{t_2 - t_1}{t_2} \right)} = \text{constante, aproximadamente 2}$$

donde t₁ y t₂ son la temperatura en °C, R₁ y R₂ son la velocidad de la reacción en estas temperaturas.

El coeficiente de temperatura es más elevado entre 1 y 10°C; en este intervalo se alcanzan valores hasta de 7, mientras que por encima de 10°C decae a valores de 2 y 3.

Por encima de los 30°C, la actividad de las enzimas de las frutas declina y la mayoría de éstas pierde su actividad a 40°C por la desnaturalización. La exposición continua de frutas climatéricas a temperaturas de 30°C ocasiona que la pulpa madure, pero la fruta no adquiere su color característico. Cuando la fruta se mantiene a 35°C el metabolismo se altera, la estructura de la membrana se desintegra, se pierde la compartimentalización

celular y hay un rápido deterioro: puede presentarse una pérdida de pigmentos y los tejidos pueden desarrollar un aspecto acuoso o translúcido (Wills, 1984).

2.4.7.2 Etileno. Otro factor que influye en la maduración del mango es el etileno (C_2H_4). El etileno se conoce como la hormona de la maduración, ya que acelera este proceso en algunas frutas (Wills, 1984). Las frutas climatéricas producen etileno en grandes cantidades durante su maduración, mientras que las no climatéricas lo hacen en pequeñas cantidades. El etileno, que es producido en el interior de los tejidos, se libera y aumenta su concentración en el medio circundante al producto; cuando llega a ciertos límites, provoca un incremento en la actividad respiratoria, acelerando los procesos de maduración y los cambios asociados a ésta (Pedraza y Pelayo, 1984).

2.4.7.3 Niveles de oxígeno y dióxido de carbono. Al disminuir la concentración de oxígeno en la atmósfera que rodea a las frutas por debajo del 21% (que es la composición normal del aire), se reduce la velocidad de su metabolismo, en particular la actividad respiratoria, mientras que una concentración de dióxido de carbono en la atmósfera mayor al 0.03% (concentración de CO_2 en el aire) también reduce la actividad respiratoria (Kader, 1985).

La prolongación de la vida postcosecha mediante el empleo de atmósferas de composición distintas a la del aire, es el objetivo de distintas tecnologías de conservación que se conocen como atmósferas controladas (atmósfera de composición constante, en la que se disminuye la concentración de O_2 y se incrementa la de CO_2) o modificadas (aquella en la que la composición de la atmósfera se modifica por la propia actividad metabólica de la fruta). Las atmósferas controladas o modificadas se utilizan en combinación con bajas temperaturas (refrigeración), para reforzar su efecto en la conservación de la calidad de los frutos (Protrade, 1992; Yahia, 1992; Ponce de León *et al.*, 1995).

Sin embargo, un balance inadecuado de los niveles de CO_2/O_2 , en las atmósferas controladas o modificadas puede inducir a daños que modifiquen las características de calidad tales como la presencia de olores y sabores desagradables debidos a fermentación. Por otro lado, un balance adecuado entre estos gases, logra aumentar la

vida útil del producto al disminuir la velocidad respiratoria por lo que es necesario establecer las concentraciones adecuadas para cada producto (Bósquez *et al.*, 1996).

2.4.7.4. Daños mecánicos y microorganismos.

Los daños mecánicos y enfermedades pueden ocasionar un aumento en la actividad respiratoria. Esto se debe a que el daño induce de manera indirecta la producción de etileno. Además, las heridas son una vía de entrada para microorganismos que también afectan la actividad respiratoria de las frutas. Incluso algunos microorganismos producen etileno, incrementando aún más su influencia sobre la respiración de la fruta (Bósquez *et al.*, 1996).

2.5 CALIDAD DEL MANGO.

Entre los factores que influyen en la calidad final de las frutas, se encuentran los relativos a las características biológicas propias del producto (determinadas genéticamente) y los ambientales (edáficos, climáticos, interacciones con otros organismos etc.), así como las prácticas culturales y de manejo postcosecha (Arpaia, 1994).

La calidad de un producto se define en función del uso al que se destine el mismo. La comercialización de frutas frescas exige que éstas mantengan una calidad adecuada durante su manejo, transporte y venta al consumidor.

Muchos países que exportan frutas han establecido normas estrictas que determinan la calidad de un producto. Dentro de los parámetros incluidos en estas normas se encuentran:

Aspecto (tamaño, color y forma), textura, aroma, valor nutritivo, ausencia de daños ocasionados por insectos o microorganismos.

Dentro de las principales normas que se aplican en México caben destacar las siguientes:

Norma Mexicana de Calidad para Mango Fresco. En marzo de 1995, el Comité Técnico Científico de la Asociación de Empacadoras de Mango de Exportación (EMEX A.C.), publicó la Norma Mexicana de Calidad para Mango Fresco, aplicable a la Industria

Mexicana del Mango (EMEX, A.C. 1995). En esta Norma se establece la clasificación en categorías, peso, color, tolerancias, presentación del paquete, marcado o etiquetado, definiciones y clasificación de defectos.

Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-046-FITO-1995. El 10 de enero de 1996 se publicó en el DIARIO OFICIAL, el proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-046-FITO-1995, en el que se establecen los requisitos fitosanitarios y procedimientos para la movilización de mango para exportación y mercado nacional (NOM-046-FITO-1995 DIARIO OFICIAL, 1996).

Esta Norma tiene por objeto establecer los requisitos fitosanitarios para la movilización de frutos de mango en zonas bajo control fitosanitario, de manejo integrado avanzado y en zonas libres o de baja prevalencia de moscas de la fruta, ya sea para consumo nacional o para exportación, así como prevenir la dispersión de la mosca de la ciruela y del mango *Anastrepha obliqua* y la mosca mexicana de la fruta *Anastrepha ludens*, que infesta al fruto de mango (*Mangifera Indica*).

Las huertas de mango deberán contar con una tarjeta de manejo integrado de moscas de la fruta.

Las medidas fitosanitarias que se aplican se indican a continuación:

- Muestreo
- Tratamientos fitosanitarios (a los transportes, en empacadoras para exportación, en puntos de verificación interna).

2.6 PLAGAS DE CUARENTENA.

El concepto de plaga de cuarentena es empleado internacionalmente y fue establecido por la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria de la FAO y la Organización Europea de Protección de Plantas.

Plaga de cuarentena: Es aquella que no existe en un país o que, si existe, no está extendida y se encuentra bajo un control activo. Además debe reunir las condiciones de que cause daños serios en cultivos o productos de importancia, que tenga posibilidades

de dispersión a través del comercio internacional, que pueda ser capaz de establecerse en el país o área regional y que no se disperse corrientemente por medios naturales (Morales, 1989; NOM-EM -023-FITO 1995).

Entre las plagas de cuarentena que afectan la fruticultura destacan las enfermedades provocadas por bacterias y moscas de la fruta. Las enfermedades cuarentenadas causadas por bacterias son el "cáncer de los cítricos" ocasionada por *Xantomonas citri* p.v. *citri*, considerada como una de las más devastadoras (Jiménez y Orozco, 1991). El "fuego bacteriano", causado por *Erwinia amylovora* ataca a varias especies de la familia de las rosáceas, principalmente perales, manzanas y membrillos (Bósquez, 1992).

2.6.1 Moscas de la fruta.

Las moscas de la fruta pertenecen al orden Diptera y a la familia *Tephritidae*. Su capacidad de adaptación al clima, les permite su proliferación ya que se desarrollan en clima tropical, subtropical, frío, templado y desértico (Aluja, 1993).

Las moscas de la fruta son una plaga que afecta prácticamente a todos los cultivos frutales en el mundo, siendo un grave problema para la fruticultura. Los daños directos (larvas en la fruta), ocasionan pérdidas calculadas en un 25% en el caso de México o indirectos (limitaciones en la comercialización, reducción en la calidad y contaminación ambiental generada por los controles aplicados) ocasionan pérdidas millonarias e incluso pueden provocar la desaparición de toda una zona frutícola (Aluja, 1993; Bósquez, 1992). En México las moscas de la fruta constituyen una de las principales plagas, tanto por el daño que causan a las frutas, como por las medidas cuarentenarias que restringen su exportación (SARH, 1994).

La mosca del género *Anastrepha* se encuentra en casi todos los países de América Latina con menor o mayor grado de dispersión. En México existen alrededor de 29 especies de moscas de la fruta del género *Anastrepha* de éstas, cuatro son las de mayor importancia económica, debido a su amplia distribución, incidencia y árboles frutales que logran infestar, estas son:

<i>Anastrepha ludens</i>	Mosca mexicana de la fruta
<i>Anastrepha obliqua</i>	Mosca del mango
<i>Anastrepha serpentina</i>	Mosca de los zapotes
<i>Anastrepha striata</i>	Mosca de la guayaba

El número total de árboles frutales que atacan y su preferencia hacia ellos es muy variable (Tabla 3) (Gutiérrez, *et al.*, 1992).

La mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata*, está considerada como una de las plagas más importantes en la fruticultura debido a que ataca a más de 300 especies de frutas y hortalizas cultivadas, tiene una gran facilidad para adaptarse a diversos climas, por su corto ciclo de vida (17-29 días), su alta fecundidad y fertilidad, así como por su elevada capacidad para reproducirse en frutas con diferente contenido de azúcares y grados de acidez (Bósquez, 1992). En México se ha logrado erradicar o mantener bajo control.

TABLA 3.
FRUTOS INFESTADOS POR LOS DIFERENTES GENEROS DE *Anastrepha*
(GUTIERREZ, *et al.*, 1992).

FRUTAS MAS IMPORTANTES QUE ATACAN			
<i>Anastrepha.</i> <i>ludens</i>	<i>Anastrepha.</i> <i>obliqua</i>	<i>Anastrepha.</i> <i>serpentina</i>	<i>Anastrepha.</i> <i>striata</i>
Mango	Mango	Mamey	Guayaba
Naranja	Níspero	Chicozapote	
Pomelo	Pomarrosa	Zapote amarillo	
Mandarina	Ciruela mexicana	caimito	
Toronja	Jocoque Jobo		
Tangerina			

En el mundo existen otras moscas consideradas como plagas de cuarentena, entre estas se pueden mencionar: la mosca del caribe (*Anastrepha suspensa*), la mosca oriental (*Dacus dorsalis* Hende) y la mosca del melón (*Dacus cucurbitae* Coquillet).

Debido a la apertura comercial, y al incremento en el intercambio internacional de vegetales y sus productos, las plagas de cuarentena representan un riesgo serio y

permanente para la fruticultura. Es debido a ello que es necesario contar con un sistema eficiente de vigilancia, detección y diagnóstico que permita conocer con oportunidad la situación a nivel nacional y regional, para lograr aplicar las medidas correctivas o preventivas correspondientes (Morales, 1989; Bósquez, 1992).

2.6.1.1 Ciclo biológico de las moscas de la fruta.

El ciclo de vida de las moscas de las especies tefritidos es esencialmente el mismo. Las hembras adultas insertan los huevecillos con el ovipositor por debajo de la cáscara de las frutas próximas a madurar o ya maduras. Entre los dos y cuatro días posteriores las larvas recién eclosionadas empiezan a alimentarse de la pulpa de la fruta y conforme van creciendo producen una serie de túneles que a su vez contribuyen a la proliferación de microorganismos que descomponen la fruta, formándose zonas necróticas, fibrosas y endurecidas, de color café oscuro.

La duración del período larval es de quince a dieciocho días y está determinado por la interacción del clima, del tipo de fruta y del tiempo en que se alimenta. Para que la larva se convierta en pupa, ésta sale del fruto y en su mayoría se entierran en el suelo, hecho que generalmente coincide con la caída de la fruta. Cuando el adulto emerge de la pupa, tiene que movilizarse entre la tierra. Para romper el pupario utiliza un órgano llamado ptilinum, localizado en el frente de su cabeza.

Una mosca recién emergida es blanda y húmeda por lo que se refugia entre las hojas y ramas secas caídas, donde permanece inmóvil. Una vez seca vuela a un árbol donde busca alimento, que encuentra entre las frutas maduras con alguna herida, o bien secreciones de troncos y hojas. El apareo de las moscas ocurre de seis a doce días después de la emergencia, la oviposición se lleva a cabo a los tres a seis días posteriores al apareo. Una sola hembra puede ovipositar hasta cuatrocientos huevecillos durante toda su vida. La longevidad de los adultos es de dos a cuatro meses (Gutiérrez *et al.*, 1992). Estos insectos tienen una alta capacidad de dispersión en diferentes formas, por ejemplo en forma de huevecillos a través del movimiento de las frutas con reciente ovipostura, las larvas a través del tráfico clandestino de fruta infestada, las pupas a través de la tierra proveniente de lugares infestados y las moscas adultas por su propio vuelo, vehículo de carga o bien dejándose llevar por los vientos dominantes (Bósquez, 1992; Gutiérrez *et al.*, 1992).

2.6.1.2 Moscas que atacan al mango.

Entre las plagas que atacan al cultivo del mango destacan las moscas de la fruta *Anastrepha ludens* y *Anastrepha obliqua*, lo que ha provocado que los principales países importadores del mango mexicano (E.U.A. y Japón) hayan impuesto un tratamiento hidrotérmico (46.1°C) como medida cuarentenaria, con lo cual se obliga a los exportadores a realizar fuertes inversiones en equipo, instalaciones y personal especializado (inspectores que vigilen la aplicación del tratamiento) ya que implica un estricto control en el tiempo y la temperatura del tratamiento. Lo cual varía de acuerdo a las variedades, su tamaño y estado de madurez principalmente (Fernández. *et al.*, 1992; USDA-APHIS-SARH-DGSV, 1994).

2.7 TRATAMIENTOS CUARENTENARIOS.

La necesidad de protección al patrimonio agrícola, principalmente reduciendo los problemas fitosanitarios, ha propiciado la implementación de un sistema cuarentenario, efectivo y confiable, con el fin de detectar, controlar y establecer acciones erradicativas de plagas de importancia económica y cuarentenaria (Morales, 1989).

Se debe entender por tratamiento cuarentenario postcosecha a aquél aplicado en productos hortofrutícolas cosechados, con el propósito de que queden libres de insectos y enfermedades como una medida preventiva para lograr evitar la diseminación de la plaga a otros estados, regiones o países (Bósquez, 1992).

El nivel de seguridad probit 9 (utilizado inicialmente en E.U. y Japón) se emplea como criterio de mortalidad en los tratamientos cuarentenarios postcosecha que se aplican contra las moscas de la fruta; es decir que el tratamiento debe satisfacer el 99.9968% de insectos muertos con un nivel de confianza del 95% (King y Benschuter, 1991).

Los programas que se han seguido como tratamientos cuarentenarios en el control de la mosca de la fruta, fueron iniciados utilizando dibromuro de etileno (DBE) y bromuro de metilo (BM), pero a partir del 1º de septiembre de 1984, fue prohibido el uso del DBE como fumigante cuarentenario. Es por ello que se han desarrollado métodos alternativos para el control postcosecha que deben ser factibles, tomando en cuenta la seguridad del

trabajador, seguridad y tolerancia del producto, problemas de comercialización, seguridad del ambiente, consideraciones económicas y de ingeniería (Bósquez, 1992; Mitchell y Kader, 1992). Los tratamientos cuarentenarios se clasifican en dos categorías: tratamientos químicos y no químicos (Mitchell y Kader, 1992).

2.7.1 Tratamientos químicos.

Entre los tratamientos químicos utilizados se encuentran los fumigantes que llegan en forma gaseosa al organismo objetivo. Se considera que un tratamiento eficaz es aquel que elimina al insecto sin dañar al producto (Bósquez, 1987). Los fumigantes autorizados para fines cuarentenarios son: Bromuro de metilo (BM), Fluoruro de Sulfurilo (FS), Oxido de Etileno (OE), Fosfina (PH₃) (SARH; 1994).

2.7.2 Tratamientos no químicos.

2.7.2.1 Radiación. Entre los tratamientos no químicos desarrollados se encuentra la radiación. Este tratamiento involucra la exposición del producto a una fuente de radiación gamma que usualmente es Cobalto 60 o Cesio 137 por un periodo de tiempo suficiente para que se absorba el nivel de dosis requerida. El Ultrasonido y las microondas son tratamientos que se encuentran en estudios preliminares.

2.7.2.2 Refrigeración. El manual de cuarentena permite el tratamiento de bajas temperaturas en el control de algunos insectos. Las siguientes condiciones son las permitidas para productos frescos en áreas infestadas con la mosca del mediterráneo (Mitchell y Kader, 1992).

Temperatura	Días
0°C	10
0.6°C	11
1.1°C	12
1.7°C	14
2.2°C	16

Para aplicar estas condiciones de temperaturas existen requisitos estrictos, en el monitoreo de la temperatura en las cámaras de almacenamiento, para dar la certificación de que se cumple con los requisitos. Los productos sensibles al daño por frío no pueden ser sometidos a este tratamiento; sin embargo el preacondicionamiento a temperaturas templadas induce a la tolerancia al daño por frío en el caso de los cítricos. Este tratamiento se aplica a nivel comercial en toronjas que son exportadas a Florida de Japón (Mitchell y Kader, 1992).

2.7.2.3 Tratamientos por calor.

2.7.2.3.1 Aire forzado caliente. Este tratamiento fue desarrollado por Armstrong y col. en 1989, para reducir el daño causado por el tratamiento de doble inmersión en agua caliente para papaya o el tratamiento de fumigación aplicando altas temperaturas. Este tratamiento ofrece la ventaja de causar menos daño a la fruta debido a las menores humedades relativas que se mantienen durante el tratamiento. La fruta tratada se enfría inmediatamente, pero la temperatura del agua no debe estar a menos de 12.5°C (Armstrong *et al.*, 1989).

El tratamiento que se aplica es el siguiente:

	Temperatura del aire	Temperatura de la pulpa
Paso 1	43 ± 1°C	41 ± 1.5°C
Paso 2	45 ± 1°C	44 ± 1°C
Paso 3	46.6 ± 1°C	46 ± 0.76°C
Paso 4	49 ± 0.5°C	47.2°C

La temperatura inicial del aire es de 43°C y se incrementa gradualmente en un periodo de 2 a 3 horas hasta alcanzar 49°C en el aire, tiempo en el cual la temperatura de la pulpa debiera alcanzar 47.2°C (Nishijima, 1995).

2.7.2.3.2 Vapor caliente. Es un tratamiento cuarentenario que inicialmente requería de largos períodos de exposición (más de 8 horas), ya que la temperatura en el centro del producto tratado debería de alcanzar 43.3°C en una atmósfera saturada (Mitchell y Kader, 1992). En años recientes se desarrollo otro tratamiento cuarentenario más rápido 'quick run-up' que consiste en un precalentamiento

con aire caliente y 40-60% de humedad relativa, hasta alcanzar una temperatura de 47.7°C en la pulpa. La aplicación de este tratamiento fue desarrollado inicialmente para papaya en 1986, pero ahora se aplica también a cítricos, pimiento, berenjena y mango (Klein y Lurie, 1991).

2.7.2.3.3 Agua caliente. Este tratamiento cuarentenario se desarrolló principalmente para el caso del mango. La fruta debe ser tratada en el país de origen, en un local certificado y bajo la supervisión de un inspector de USDA y de la DGSV (SARH-USDA, 1994).

- ◆ La temperatura de la pulpa debe ser igual o mayor a 21°C antes de empezar el tratamiento.
- ◆ La fruta debe permanecer sumergida un mínimo de 10 cm por debajo de la superficie del agua.
- ◆ El agua debe mantenerse circulando continuamente y a una temperatura de 46°C durante todo el tratamiento (el tratamiento dependerá del peso de la fruta), con las siguientes tolerancias:

Tiempo de tratamiento (minutos)	Temperatura mínima
65-75	45°C (10 min. como máximo)
90	45°C (15 min. como máximo)

Forma de la fruta	Peso de la fruta	Tiempo de inmersión
Variedades planas elongadas*	Hasta 375 g	65 minutos
	375 a 570 g	75 minutos
Variedades redondas**	Hasta 500g	75 minutos
	500 a 700 g	90 minutos

* Como Francés, Carrot y Zill

** Como Tommy Atkins, Kent, Haden y Keitt

- ◆ Después del tratamiento hidrotérmico, el producto se somete a un enfriado con agua a una temperatura no menor a 21°C por 30 minutos.

Esta última operación ha resultado benéfica para la conservación de la calidad de las frutas (Bósquez *et al.*, 1996).

2.8 JUSTIFICACION.

Inicialmente durante la aplicación del tratamiento cuarentenario postcosecha (hidrocalentamiento), se reportaron efectos externos e internos en los mangos hidrocalentados, como consecuencia de la aplicación de este tratamiento, tales como: escaldado de la piel, ablandamiento pronunciado de la pulpa, degradación rápida de la clorofila, formación de capas de almidón debajo de la piel, manchas en el mesocarpo, aumento en la actividad respiratoria, etc. Para lograr que el tratamiento hidrotérmico cuarentenario cumpla su función de desinfestación con el mínimo de daño a las frutas controlar con el máximo de precisión la temperatura del tratamiento así como la duración del mismo. Sin embargo, los reportes de la literatura indican que además de la temperatura y tiempo de tratamiento, existen otros factores que inciden en la susceptibilidad de los mangos al daño por calor y son: la variedad, la zona de producción y el estado de madurez en la cosecha (Alvarez y Demerutis, 1988; Kernot y Campbell, 1992).

De igual modo se estableció que después del tratamiento hidrotérmico las frutas fueran sometidas a un enfriamiento con agua, para eliminar parte del calor absorbido y así disminuir en lo posible estos daños.

En el caso de México, los exportadores de mango (EMEX) manifestaron la inquietud de estudiar los posibles efectos benéficos en las frutas de otras condiciones de enfriamiento posthidrotérmico distintas a las recomendadas en el protocolo de USDA.

El presente trabajo de tesis, tiene como objetivo, comparar el efecto de la aplicación de otras condiciones de hidrogenfriado (21°C por 60 minutos, o bien un doble hidrogenfriado de 21°C por 30 minutos y 15°C por 30 minutos), con respecto a las condiciones de enfriamiento recomendadas en el protocolo de 1994 (USDA-APHIS-SARH-DGSV) (21°C por 30 minutos), en la pérdida fisiológica de peso y actividad respiratoria de mango hidrocalentado variedad "Haden".

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General.

Determinar los efectos del hidrocalentamiento y de tres distintos tratamientos de hidrogenfriado, sobre el metabolismo respiratorio y la pérdida fisiológica de peso durante el proceso de maduración de mangos almacenados en refrigeración ($13\pm 1^{\circ}\text{C}$) durante distintos periodos.

3.2 Objetivos Particulares.

1. Determinar la actividad respiratoria de los mangos control (sin hidrocalentar ni enfriamiento posthidrotérmico).

2. Determinar la actividad respiratoria de los mangos sometidos a los siguientes tratamientos:

2.1 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos).

2.2 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos) y enfriado posthidrotérmico ($21\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos).

2.3 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos) y enfriado posthidrotérmico ($21\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 60 minutos).

2.4 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos) y enfriado posthidrotérmico ($21\pm 1^{\circ}\text{C}$ por 30 minutos y 14.9°C por 30 minutos).

3. Determinar la pérdida fisiológica de peso de los mangos control (sin hidrocalentar ni enfriamiento posthidrotérmico).

4. Determinar la pérdida fisiológica de peso de los mangos sometidos a los siguientes tratamientos:

4.1 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos).

4.2 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos) y enfriado posthidrotérmico (21±1°C por 30 minutos)

4.3 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos) y enfriado posthidrotérmico (21±1°C por 60 minutos).

4.4 Hidrocalentamiento (46.1°C por 90 minutos) y enfriado posthidrotérmico (21±1°C por 30 minutos y 14.9°C por 30 minutos).

5. Correlacionar los resultados de los parámetros fisiológicos evaluados con los parámetros de calidad (SST, firmeza, acidez titulable, color interno y externo), determinados por el grupo de investigación del laboratorio de Fisiología Postcosecha del Departamento de Biotecnología de la UAM-I.

4. MATERIALES Y METODOS

4.1 Material Biológico.

El material biológico con que se trabajó fue mango variedad "Haden" calidad de exportación, cosechado en las huertas de la empacadora AMEX ubicada en Iguala, Guerrero durante los picos de producción mayo-junio (1995 y 1996).

4.2 Diseño Experimental.

Al día siguiente de haberse cosechado, los mangos se transportaron a la empacadora, donde el personal que labora en ésta realizó la selección de los frutos para detectar y desechar los frutos con daños (golpes, magulladuras, enfermedades, etc.), la clasificación por tamaño (frutos muy pequeños o muy grandes son retirados) y el lavado para eliminar restos de suciedad.

El proyecto se realizó en dos fases.

En la primera fase se utilizaron mangos de la variedad "Haden" producidos en Iguala Guerrero, de tamaño 9-10 (421-535 g) cosechados en mayo de 1995, en estado de madurez sazón (figura 5). Una vez que los mangos fueron seleccionados, clasificados y lavados por el personal de la empacadora se aplicaron los siguientes tratamientos:

Mangos sazón control (sin hidrocaldentar ni enfriamiento posthidrotérmico, T1).

Mangos sazón con hidrocaldentamiento a 46.1°C/90 minutos (T2).

Mangos sazón con hidrocaldentamiento a 46.1°C/90 minutos y enfriado posthidrotérmico a 21°C/30 minutos (T3).

Análisis Inicial:

Una vez aplicados los tratamientos en la empacadora se procedió a registrar el peso de cada uno de las frutas (peso inicial) los mangos se agruparon en muestras de cinco, que se colocaron dentro de contenedores de acrílico (respirómetros, figura 6), para la determinación de la actividad respiratoria inicial.

Posteriormente, los mangos fueron transportados en trailer refrigerado (13°C) a las instalaciones de la UAM-Iztapalapa ubicadas en la Ciudad de México. Los mangos se

almacenaron en refrigeración a $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ y a distintos periodos subsecuentes se extrajo una muestra de cinco mangos, para cada tratamiento, estas se dejaron madurar a temperatura ambiente $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y se les determinaron los parámetros mencionados (PFP y actividad respiratoria).

En la segunda fase se utilizaron mangos de la variedad "Haden" producidos en Iguala Guerrero, de tamaño 9-10 (421-535 g) cosechados en mayo de 1996 en dos estados de madurez sazón (figura 5). Una vez que los mangos fueron seleccionados, clasificados y lavados por el personal de la empacadora se aplicaron los siguientes tratamientos:

Mangos sazón control (sin hidrocalentar ni enfriamiento posthidrotérmico, T1).

Mangos sazón con hidrocalentamiento a $46.1^{\circ}\text{C}/90$ minutos (T2).

Mangos sazón con hidrocalentamiento a $46.1^{\circ}\text{C}/90$ minutos y enfriado posthidrotérmico a $21\pm 1^{\circ}\text{C}/30$ minutos (T3).

Mangos sazón con hidrocalentamiento a $46.1^{\circ}\text{C}/90$ minutos y enfriado posthidrotérmico a $21\pm 1^{\circ}\text{C}/60$ minutos (T4).

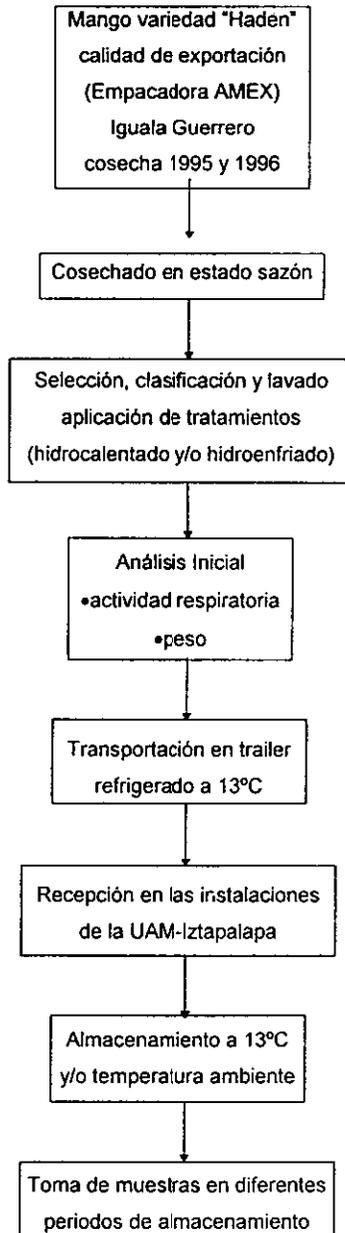
Mangos sazón con hidrocalentamiento a $46.1^{\circ}\text{C}/90$ minutos, enfriado posthidrotérmico a $21\pm 1^{\circ}\text{C}/30$ y $14.9^{\circ}\text{C}/30$ minutos (T5).

Análisis Inicial:

Una vez aplicados los tratamientos en la empacadora se procedió a registrar el peso de cada uno de las frutas (peso inicial) los mangos se agruparon en muestras de siete mangos, que se colocaron dentro de los contenedores de acrílico (respirómetros, figura 6), para la determinación de la actividad respiratoria inicial.

Posteriormente, los mangos fueron transportados en trailer refrigerado (13°C) a las instalaciones de la UAM-Iztapalapa ubicadas en la Ciudad de México. Los mangos se almacenaron en refrigeración a $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ y a distintos periodos subsecuentes se extrajo una muestra de siete mangos para cada tratamiento, se dejaron madurar a temperatura ambiente $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y se les determinaron los parámetros mencionados (PFP y actividad respiratoria).

FIGURA 5. Diseño Experimental.



4.3 Desarrollo Experimental.

En la fase I se formaron 3 lotes de 5 mangos para cada tratamiento.

En la fase II se formaron 5 lotes de 7 mangos para cada tratamiento.

En ambas fases se asignó una numeración aleatoria y se controlaron las condiciones de temperatura y humedad relativa.

4.3.1 Toma de Muestra.

Los días para extracción de muestras se establecieron de acuerdo al tratamiento aplicado como se indica en el cuadro I.

CUADRO I.

Fase	Extracción de muestras (días almacenamiento en refrigeración a $13\pm 1^{\circ}\text{C}$)	Tratamientos
I (sazón)	0, 10, 20	T1, T2, T3
II (sazón)	0, 10, 20	T1, T2, T3, T4, T5

El muestreo consistió en extraer de los diferentes tratamientos, las unidades de muestreo, de acuerdo a los diferentes períodos de almacenamiento en refrigeración a 13°C y a continuación fueron transferidos a una cámara de maduración la cual se mantuvo a una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de 80-90%.

En la fase I los mangos sazón inmediatamente después de aplicados los tratamientos (0 días de almacenamiento en refrigeración) se mantuvieron por 10 días a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ y para el resto de los tratamientos los mangos se mantuvieron en refrigeración por distintos períodos, se extrajeron y se almacenaron a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que alcanzaron la madurez de consumo, lo cual ocurrió dentro de los primeros cinco días de postalmacenamiento.

En la fase II los mango sazón inmediatamente después de aplicados los tratamientos (0 días de almacenamiento en refrigeración) se mantuvieron por 9 días a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, los mangos que se mantuvieron en refrigeración por distintos períodos, se extrajeron y se

almacenaron a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que alcanzaron la madurez de consumo, lo cual ocurrió dentro de los primeros cinco días de postalmacenamiento.

4.4 Determinación de Parámetros.

En cada uno de los tratamientos aplicados para cada fase se estudiaron los siguientes parámetros fisiológicos:

-Pérdida Fisiológica de Peso.

-Actividad Respiratoria.

4.4.1 Pérdida Fisiológica de Peso (P.F.P.).

La pérdida fisiológica de peso se evaluó en base a los cambios diarios de peso de cinco mangos (fase I) o siete mangos (fase II) sometidos a los distintos tratamientos y durante el período de postalmacenamiento anteriormente señalado, utilizando para su cálculo la siguiente ecuación:

$$\% \text{ P.F.P.} = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100$$

donde p_i = peso inicial

p_f = peso final

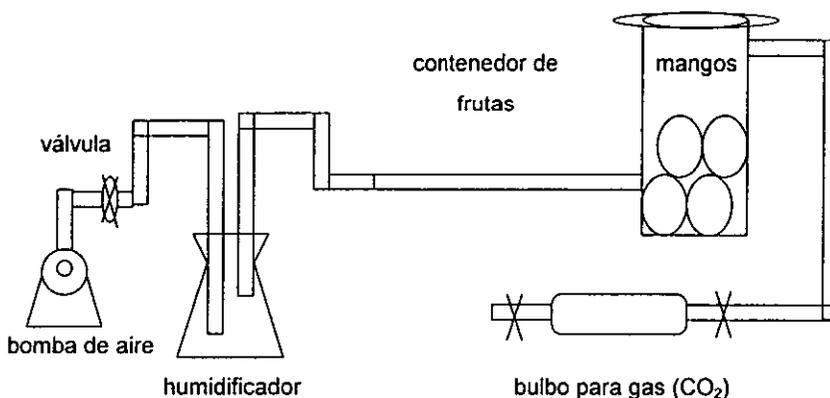
4.4.2 Actividad Respiratoria.

La actividad respiratoria se determinó haciendo uso de un respirómetro (figura 6), en el cual se colocaron los frutos. El respirómetro se cerró herméticamente, conectándole en un extremo una manguera por la cual se hizo pasar una mezcla de aire humidificado con una velocidad de flujo de aproximadamente 22.8 l/h; y en el otro extremo se conectó un bulbo para contener la muestra de gases procedente del respirómetro, después de una hora se cerró la llave de salida del bulbo para coleccionar la muestra de gases correspondiente a cinco minutos de respiración. Una vez transcurrido este tiempo se cerró la llave de alimentación y se ajustó la presión del bulbo y se etiquetó para identificar adecuadamente la procedencia de la muestra.

Lo anterior se llevó a cabo con el fin de arrastrar los gases contenidos en el respirómetro y en el bulbo para gases que se encuentra conectado a éste y que sirve para la toma de muestras.

Se obtuvieron muestras de 1 ml del aire contenido en cada bulbo y se inyectaron en el cromatógrafo de gases, marca Gow Mac serie 550, con detector de conductividad térmica y columna concéntrica All Tech, la temperatura del inyector fue de 31°C, la del detector 70°C y para la columna 25°C. En esta columna se detectaron los niveles de CO₂ y O₂ de las muestras inyectadas.

FIGURA 6.
RESPIROMETRO



Finalmente, la actividad respiratoria se determinó calculando la producción de mg CO₂ / Kg de fruto fresco por hora con la siguiente fórmula:

$$\%CO_2 = (A_{N_2} + A_{O_2} \cdot A_{CO_2} \cdot \%N_2) / (A_{aire} \cdot A_{N_2} \cdot 1.1238)$$

donde, A_{N_2} = área bajo la curva del pico de N₂

A_{O_2} = área bajo la curva del pico de O₂

A_{CO_2} = área bajo la curva del pico de CO₂

A_{aire} = área bajo la curva del pico de aire

$$ml\ CO_2 / Kg-h = \% CO_2 [0.01 \cdot 22500 \cdot (1/peso)]$$

donde, peso = peso de la muestra de mangos (en Kg) antes de colocarla en el respirómetro.

Para convertir los ml CO₂ a mg CO₂ se multiplica por el factor a la temperatura utilizada, el cual es igual a 1.8 (densidad en mg/ml) a 25°C.

Por lo tanto:

$$\text{mg CO}_2 / \text{Kg-h} = \text{ml CO}_2 * 1.8$$

4.5 Análisis Estadístico

Para la interpretación de los resultados se utilizó un análisis de varianza (ANOVA), el cual se basa en la distribución de probabilidad F, con un nivel de significancia de (α) igual a 0.05%.

Se realizó una ANOVA por una vía (en base a un sólo criterio), para analizar las diferencias del parámetro estudiado en las muestras obtenidas a varios períodos de almacenamiento para los distintos tratamientos aplicados.

Paralelamente al ANOVA se realizaron pruebas de comparación múltiple de Tukey a un $\alpha=0.05\%$, para determinar las diferencias significativas entre las medias de las variables de respuesta y poder considerarlas diferentes entre sí.

Si el ANOVA nos indica que no hay diferencia significativa, Tukey no indica diferencia alguna (Montgomery, 1991; Dougherty, 1990).

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico S.A.S. (Statistics Analysis System).

5. RESULTADOS.

5.1 ACTIVIDAD RESPIRATORIA.

Fase I.

5.1.1 Análisis inicial de la Actividad Respiratoria después de aplicados los tratamientos.

En la gráfica 1 se presenta el comportamiento de la actividad respiratoria de los mangos control (T1) durante la maduración a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. Se observa el típico patrón climatérico con un máximo de $225 \text{ mg CO}_2/\text{Kg-h}$ entre los días cinco y ocho después de la cosecha.

Los mangos hidrocalentados (T2), presentaron los niveles más altos de respiración inmediatamente después de ser sometidos al tratamiento hidrotérmico ($380 \text{ mg CO}_2/\text{Kg-h}$) y, aunque al segundo día de almacenamiento a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ la respiración disminuye drásticamente fue el tratamiento que mantuvo en general los valores de respiración más elevados.

Los mangos hidrocalentados y con enfriamiento posthidrotérmico de acuerdo al protocolo (T3), presentan una disminución de la actividad respiratoria en comparación con los mangos hidrocalentados (T2); sin embargo no se alcanzan los valores del tratamiento control (T1).

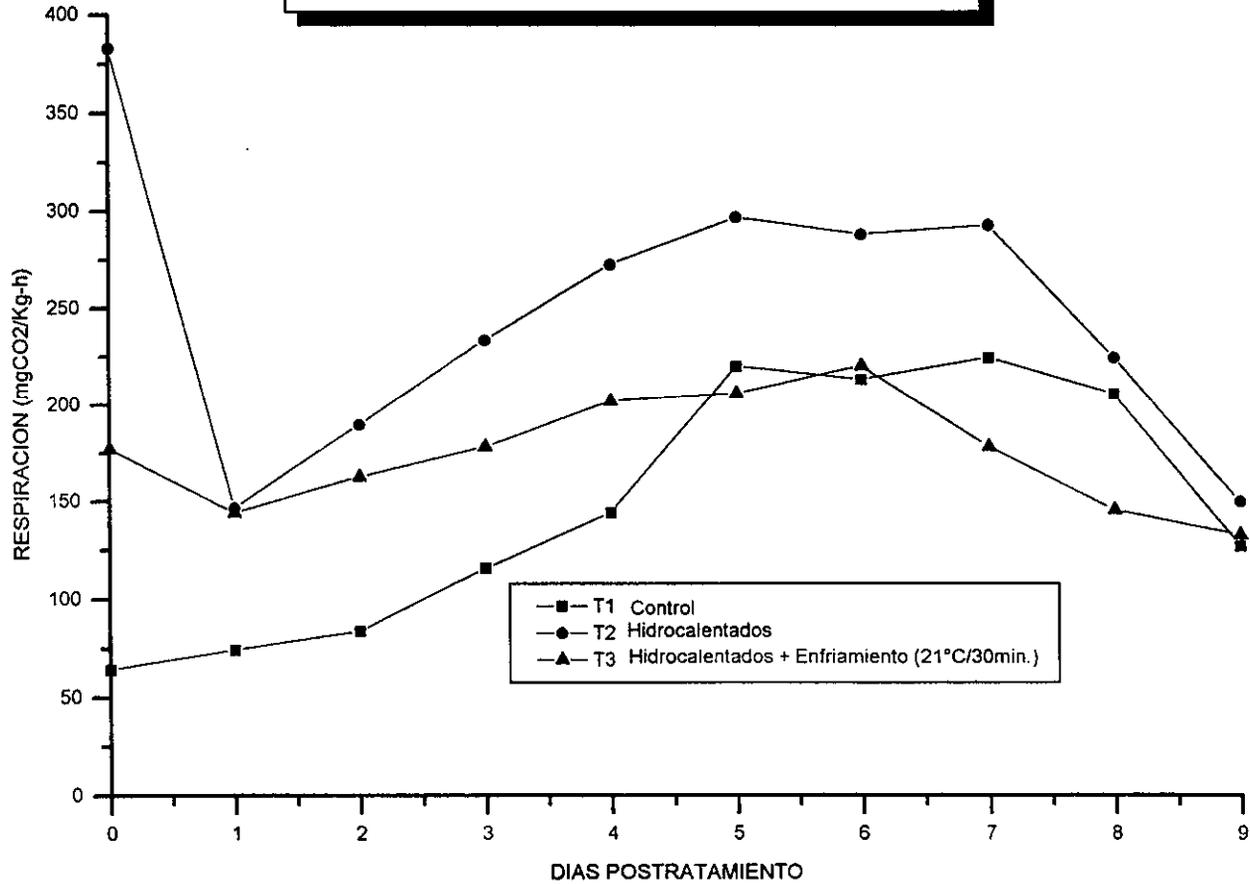
El análisis estadístico indica que los mangos hidrocalentados (T2) presentan la actividad respiratoria más alta seguida de los mangos hidrocalentados con enfriamiento posthidrotérmico, seguida de los mangos control (Tabla 4).

5.1.2 Actividad Respiratoria postalmacenamiento.

En la gráfica 2 se presenta la actividad respiratoria de los mangos sometidos a los diferentes tratamientos, almacenados posteriormente en refrigeración a 13°C durante diez días y transferidos a temperatura ambiente (cámara de maduración a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante cuatro días (postalmacenamiento). Se observa que el tratamiento control (T1) alcanza el pico climatérico al tercer día de la extracción (postalmacenamiento), con valores equivalentes al pico climatérico obtenido de los mangos control mantenidos a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ($225 \text{ mg CO}_2/\text{Kg-h}$, ver gráfica 1).

GRAFICA 1

EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA EN MANGO "HADEN"
ALMACENADO A 25°C DESPUES DEL TRATAMIENTO (FASE I)



GRAFICA 2

EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA EN MANGO "HADEN" DETERMINADA A TEMPERATURA AMBIENTE DESPUES DE ALMACENAMIENTO POR 10 DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE I)

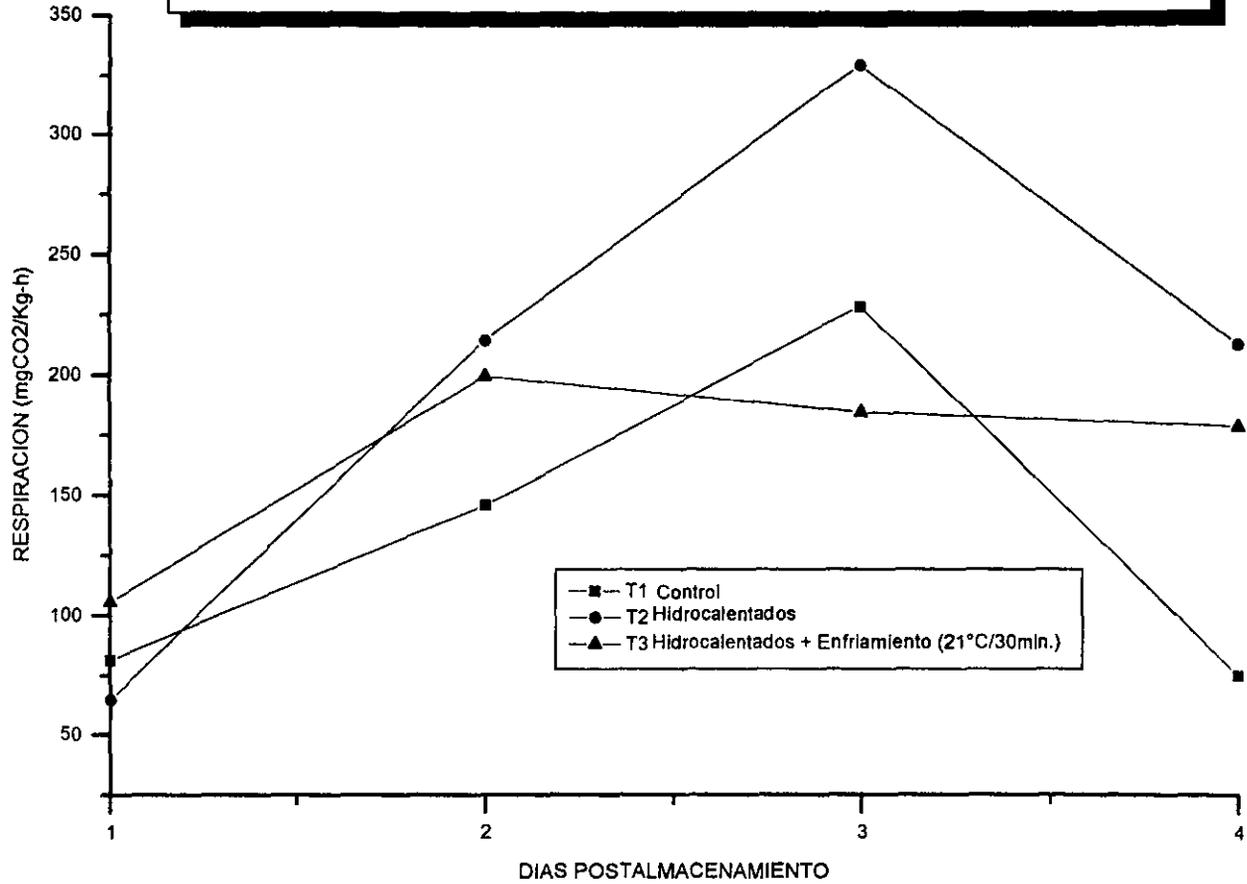


TABLA 4.
ACTIVIDAD RESPIRATORIA DE MANGO "HADEN"
A TEMPERATURA AMBIENTE (FASE I).

DIAS POSTRATAMIENTO	T1		T2		T3	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
0	64.16 ^c	6.58	383.16 ^a	12.61	177.02 ^b	11.08
1	74.35 ^c	5.94	146.77 ^a	10.41	144.23 ^b	5.45
2	83.63 ^c	3.39	189.52 ^a	10.57	162.61 ^b	7.34
3	115.58 ^c	8.06	233.62 ^a	7.10	177.94 ^b	5.96
4	144.17 ^c	13.64	272.59 ^a	8.42	201.92 ^b	9.61
5	219.95 ^c	4.08	297.05 ^a	7.10	205.77 ^b	11.46
6	213.35 ^c	7.21	288.17 ^a	10.39	220.09 ^b	7.23
7	224.20 ^c	9.17	292.90 ^a	2.76	177.98 ^b	7.08
8	205.57 ^c	10.55	224.18 ^a	5.63	145.32 ^b	7.05
9	126.73 ^c	1.03	149.45 ^a	3.69	132.37 ^b	0.37
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

TABLA 5.
ACTIVIDAD RESPIRATORIA DE MANGO "HADEN"
ALMACENADO DIEZ DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE I).

DIAS POSTALMACENA- MIENTO	T1		T2		T3	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
1	81.44 ^c	3.33	65.06 ^a	1.25	105.50 ^b	1.35
2	146.14 ^c	12.50	214.34 ^a	2.31	199.50 ^b	22.70
3	228.34 ^c	0.42	329.24 ^a	14.60	184.50 ^b	5.55
4	75.19 ^c	13.98	212.50 ^a	8.78	178.42 ^b	3.22
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

El análisis estadístico indica que los mangos hidrocalentados (T2), presentan nuevamente los niveles más altos de actividad respiratoria, alcanzando el pico a los tres días de postalmacenamiento (329 mg CO₂/Kg-h). Los mangos hidrocalentados y sometidos al enfriamiento posthidrotérmico (T3), presentan una disminución estadísticamente significativa en la actividad respiratoria con respecto a los mangos hidrocalentados (T2) pero con valores superiores a los de los mangos control (T1), es decir, se mantiene el comportamiento observado en las determinaciones realizadas inmediatamente después de aplicados los distintos tratamientos (Tabla 5).

En la gráfica 3 se presenta el comportamiento respiratorio de los mangos extraídos a los veinte días de almacenamiento en refrigeración y posteriormente madurados durante cinco días a temperatura ambiente (postalmacenamiento). Como se puede apreciar, las diferencias entre los tratamientos no son tan marcadas como en los casos anteriores: análisis inmediatamente después de aplicados los tratamientos (gráfica 1) o en el caso de los mangos almacenados diez días en refrigeración (gráfica 2). El análisis estadístico indica que los mangos hidrocalentados y sometidos al enfriamiento posthidrotérmico (T3), presentan valores ligeramente superiores a los otros tratamientos (mangos control (T1) y mangos hidrocalentados (T2)) (Tabla 6). Así mismo, se observa que los máximos de actividad respiratoria alcanzados en este caso (gráfica 3) son menores a los obtenidos en los casos anteriores.

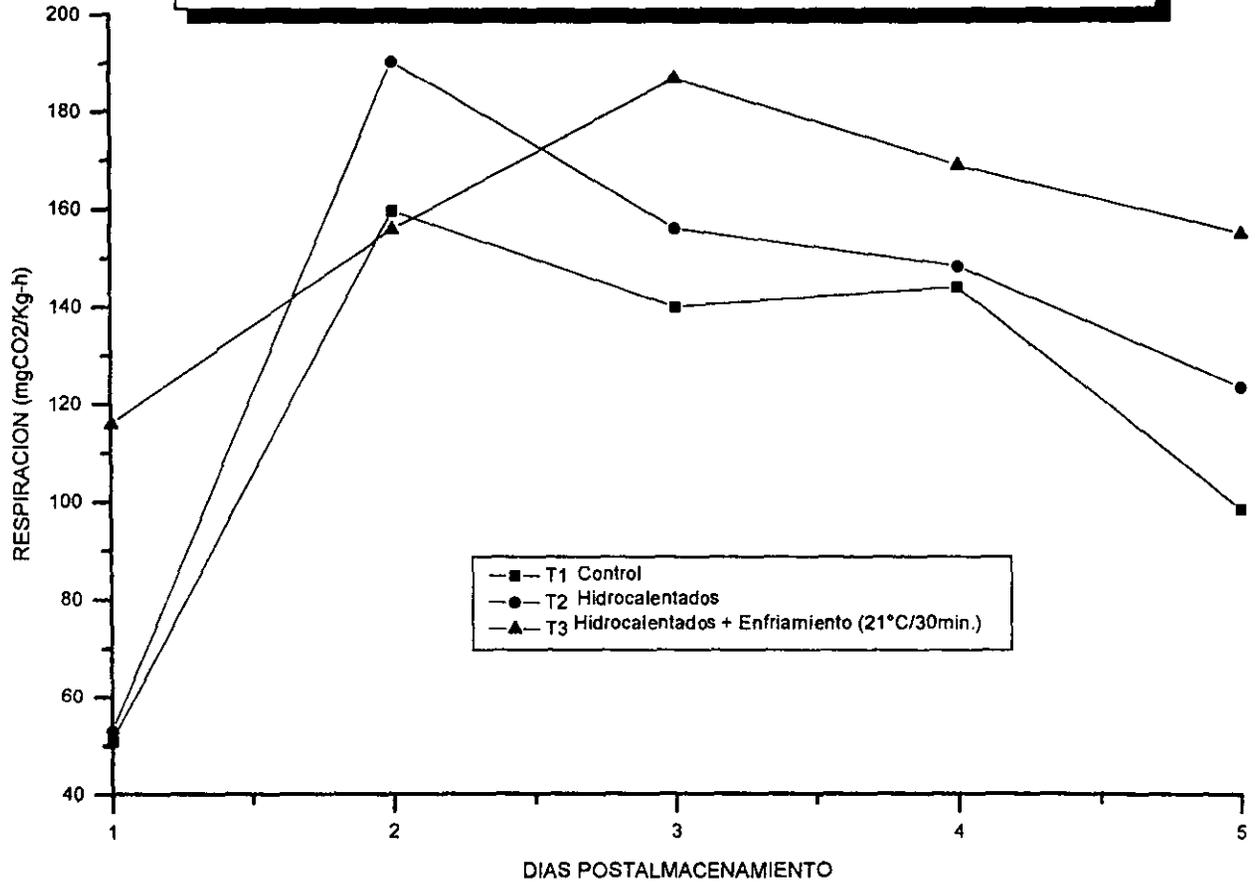
Fase II.

5.1.3 Análisis inicial de la Actividad Respiratoria después de aplicados los tratamientos.

En la gráfica 4 se presenta la actividad respiratoria de mangos en estado sazón determinada inmediatamente después de la aplicación de los diferentes tratamientos, y su evolución a 25±2°C durante los nueve días siguientes. Como se observa los mangos control (T1) presentan un pico climático con valores de 140 mg CO₂/Kg-h, alrededor de los siete días después de la cosecha.

GRAFICA 3

EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA EN MANGO "HADEN" A TEMPERATURA AMBIENTE DESPUES DE ALMACENAMIENTO POR 20 DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE I)



GRAFICA 4

EVOLUCION DE LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA DE MANGO "HADEN"
ALMACENADO A 25°C DESPUES DEL TRATAMIENTO (FASE II)

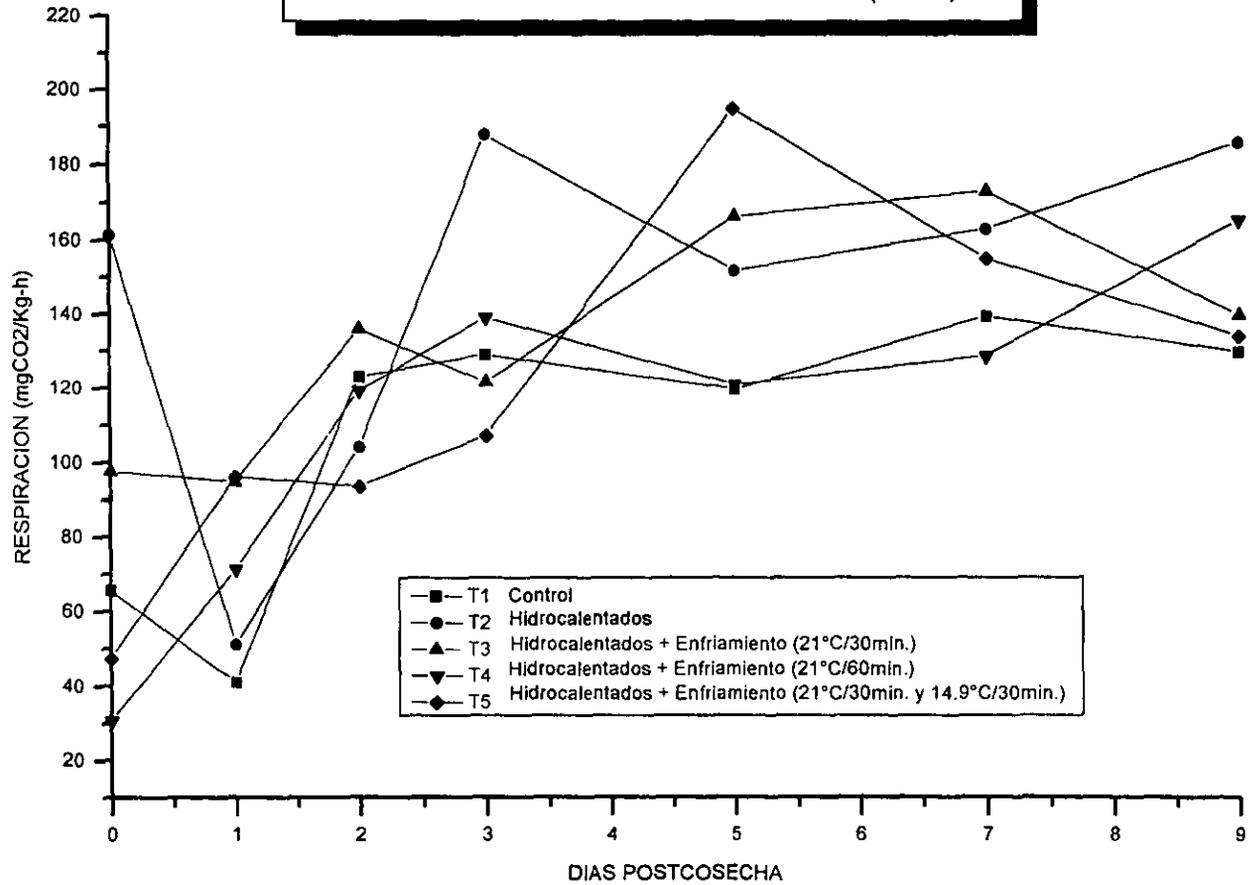


TABLA 6.
ACTIVIDAD RESPIRATORIA DE MANGO "HADEN"
ALMACENADO VEINTE DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE I).

DIAS POSTALMACENA- MIENTO	T1		T2		T3	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
1	50.82 ^b	3.18	52.83 ^b	1.00	115.88 ^a	4.44
2	159.58 ^b	3.45	190.30 ^b	1.87	155.78 ^a	0.99
3	139.95 ^b	0.43	156.09 ^b	0.74	186.83 ^a	0.58
4	144.02 ^b	3.38	148.30 ^b	2.05	168.98 ^a	2.06
5	98.33 ^b	5.03	123.23 ^b	0.48	154.75 ^a	3.47
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

‡ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

TABLA 7.
ACTIVIDAD RESPIRATORIA DE MANGO "HADEN"
A TEMPERATURA AMBIENTE (FASE II).

DIAS POSTRATA- MIENTO	T1		T2		T3		T4		T5	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
0	66.22 ^e	0.27	160.4 ^b	2.11	99.10 ^a	1.27	32.01 ^c	0.05	44.10 ^d	3.07
1	42.26 ^e	1.79	53.55 ^b	0.45	97.07 ^a	2.37	72.73 ^c	0.30	96.87 ^d	0.28
2	119.6 ^e	2.59	104.8 ^b	2.40	139.0 ^a	4.01	116.8 ^c	4.31	93.60 ^d	0.72
3	127.7 ^e	0.79	192.6 ^b	1.75	137.8 ^a	2.77	133.2 ^c	6.61	107.2 ^d	18.10
4	141.0 ^e	7.48	169.3 ^b	3.74	173.5 ^a	0.10	171.4 ^c	0.28	89.35 ^d	1.27
5	123.0 ^e	0.28	151.4 ^b	0.11	167.6 ^a	0.53	132.7 ^c	4.97	192.9 ^d	1.03
6	142.6 ^e	1.27	108.3 ^b	1.49	205.9 ^a	0.28	188.6 ^c	0.31	185.4 ^d	0.94
7	139.3 ^e	1.59	165.9 ^b	1.67	174.1 ^a	0.92	135.8 ^c	2.75	157.3 ^d	0.57
8	171.3 ^e	1.96	144.9 ^b	4.01	164.5 ^a	15.10	160.1 ^c	6.10	155.8 ^d	2.71
9	130.7 ^e	1.73	185.8 ^b	0.78	139.3 ^a	0.37	162.3 ^c	1.14	130.6 ^d	4.08
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

‡ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

Los mangos sometidos al tratamiento hidrotérmico del protocolo (T2), presentaron los niveles más altos de respiración inmediatamente después de aplicado el tratamiento (160 mg CO₂/Kg-h), disminuyendo rápidamente los valores al día siguiente de aplicados los tratamientos y manteniéndose los valores similares a los de los otros tratamientos durante el resto del período analizado. Los mangos hidrocalentados y sometidos a enfriamiento posthidrotérmico (T3) de acuerdo al protocolo, disminuyen su actividad respiratoria, quedando en valores intermedios entre el tratamiento control (T1) y los mangos hidrocalentados (T2), inmediatamente después de aplicados los tratamientos. El análisis estadístico de las curvas en general indica que la aplicación de los tratamientos de enfriamiento alternativos (mayor tiempo (T4) o doble enfriado (T5)) presentan valores de actividad respiratoria ligeramente inferiores a los del tratamiento de enfriamiento posthidrotérmico del protocolo (T3) (Tabla 7).

5.1.4 Actividad Respiratoria postalmacenamiento.

La actividad respiratoria de los mangos sometidos a los diferentes tratamientos, almacenados durante diez días en refrigeración a 13°C en postalmacenamiento a 25±2°C, presenta un comportamiento en la actividad respiratoria similar al observado en la fase I durante el mismo período analizado (Tabla 8).

5.2 PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO.

Fase I.

5.2.1 Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso (P.F.P.) a temperatura ambiente después de aplicados los tratamientos.

Como se observa en la gráfica 5, la pérdida de peso de los mangos, se incrementa durante el almacenamiento a 25±2°C alcanzándose a los ocho días valores de 8.05% para los mangos control (T1), de 8.81% para los mangos hidrocalentados (T2) y de 10.20% para los mangos hidrocalentados y sometidos a enfriamiento posthidrotérmico del protocolo (T3). El análisis estadístico indica que los mangos hidrocalentados no tienen una pérdida de peso significativamente mayor a los mangos control y que los mangos hidrocalentados y sometidos al enfriamiento posthidrotérmico presentan una pérdida de peso ligeramente superior a la de los otros tratamientos (Tabla 9).

GRAFICA 5

EVOLUCION DE LA PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
ALMACENADO A 25°C DESPUES DEL TRATAMIENTO (FASE I)

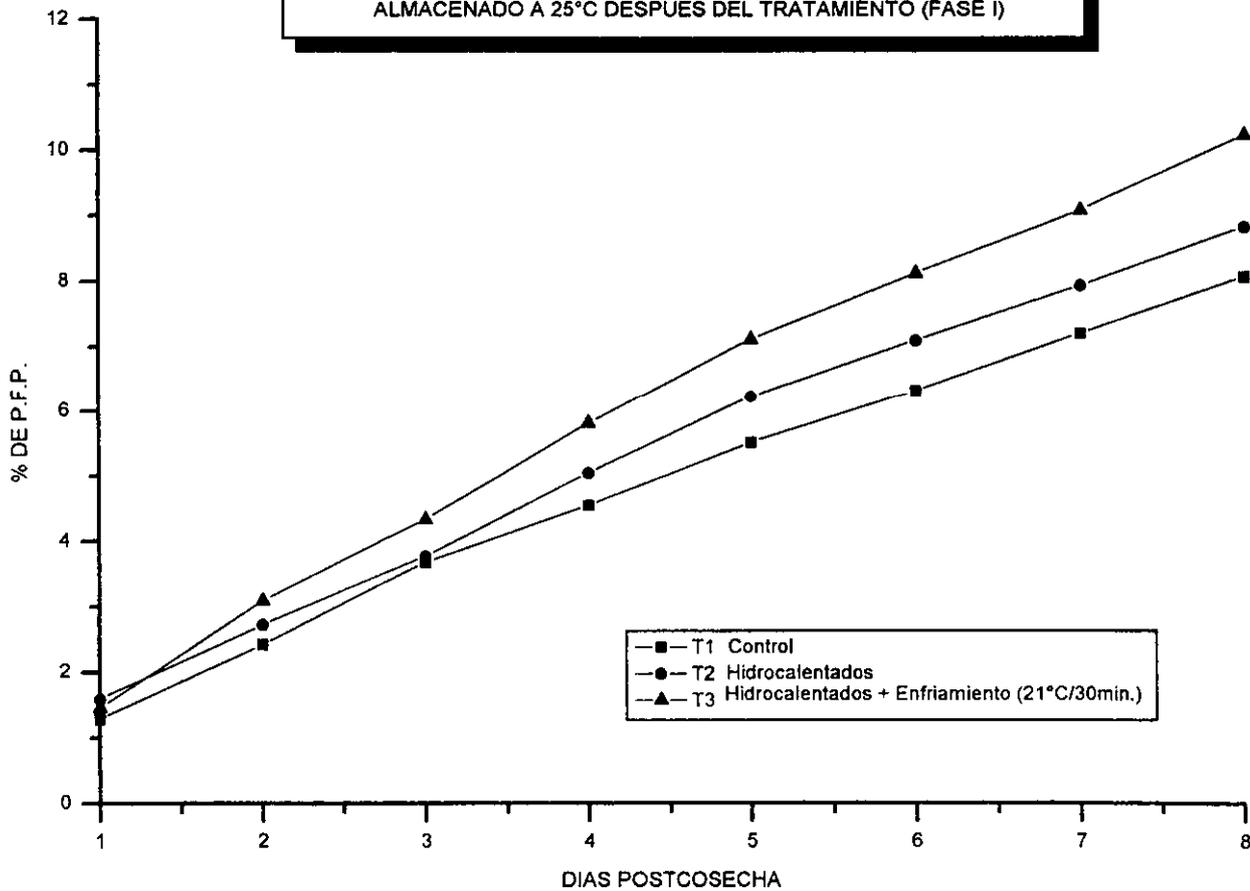


TABLA 8.
ACTIVIDAD RESPIRATORIA DE MANGO "HADEN"
ALMACENADO EN REFRIGERACION A 13°C (FASE II).

TRATAMIENTO	PERIODO DE ALMACENAMIENTO POSTALMACENAMIENTO (DIAS)			
	10-5		20-5	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
T1	180.17 ^b	0.70	150.84 ^a	2.04
T2	146.93 ^d	0.41	82.76 ^b	11.85
T3	157.70 ^e	0.30	91.65 ^c	5.07
T4	165.42 ^c	0.73	82.77 ^b	0.76
T5	175.32 ^a	0.93	189.86 ^a	2.01
Pr > F	0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

TABLA 9.
PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
A TEMPERATURA AMBIENTE (FASE I).

DIAS POSTRATA- MIENTO	T1		T2		T3	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
1	1.28 ^b	0.11	1.59 ^b	0.50	1.45 ^a	0.20
2	2.42 ^b	0.25	2.73 ^b	0.68	3.08 ^a	0.34
3	3.67 ^b	0.35	3.77 ^b	0.82	4.33 ^a	0.52
4	4.54 ^b	0.41	5.04 ^b	1.43	5.81 ^a	0.62
5	5.51 ^b	0.48	6.23 ^b	1.76	7.11 ^a	0.76
6	6.32 ^b	0.59	7.10 ^b	1.93	8.12 ^a	0.83
7	7.21 ^b	0.63	7.94 ^b	2.09	9.07 ^a	0.91
8	8.05 ^b	0.72	8.81 ^b	2.29	10.20 ^a	0.93
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

5.2.2 Pérdida Fisiológica de Peso postalmacenamiento.

Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso en mangos almacenados en refrigeración durante diez días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

En la gráfica 6 se presenta la pérdida fisiológica de peso de los mangos sometidos a los distintos tratamientos almacenados durante diez días en refrigeración a 13°C y transferidos posteriormente durante tres días a la cámara de maduración a temperatura ambiente. Se observa en todos los tratamientos, un incremento en la pérdida de peso durante el almacenamiento a temperatura ambiente, alcanzándose valores a los tres días de postalmacenamiento a 25±2°C de 2.64% para los mangos control (T1), 3.79% para los mangos hidrocalentados (T2) y de 3.34% para los mangos hidrocalentados y sometidos a enfriamiento

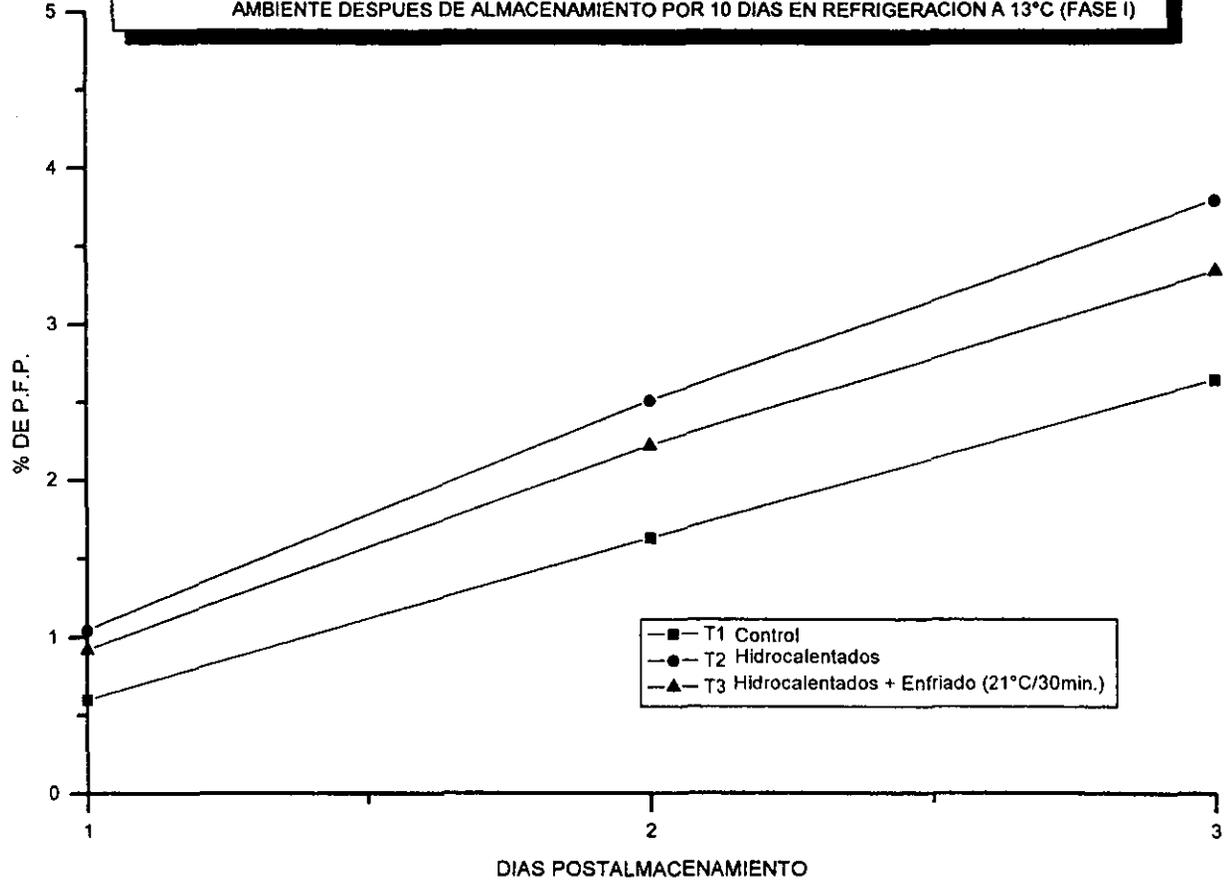
posthidrocalentamiento (T3). El análisis estadístico indica que en general, los mangos hidrocalentados presentan una pérdida de peso mayor a la de los mangos hidrocalentados y sometidos a enfriamiento posthidrotérmico (T3) y éstos a su vez presentan una pérdida de peso superior a la de los mangos control (Tabla 10).

Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso en mangos almacenados en refrigeración durante veinte días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

En la gráfica 7 se presenta la pérdida fisiológica de peso de los mangos sometidos a los distintos tratamientos almacenados durante veinte días en refrigeración a 13°C y transferidos posteriormente durante tres días a la cámara de maduración a temperatura ambiente. En los tres tratamientos se observa un incremento en la pérdida de peso que alcanza valores entre 2.42 y 2.64% a los tres días de almacenamiento a temperatura ambiente. El análisis estadístico global de los tratamientos indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en la evolución de la pérdida fisiológica de peso entre los distintos tratamientos (Tabla 11).

GRAFICA 6

EVOLUCION DE LA PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN" A TEMPERATURA AMBIENTE DESPUES DE ALMACENAMIENTO POR 10 DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE I)



GRAFICA 7

EVOLUCION DE PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO DE MANGO "HADEN" A TEMPERATURA AMBIENTE DESPUES DE ALMACENAMIENTO POR 20 DIAS A 13°C (FASE I)

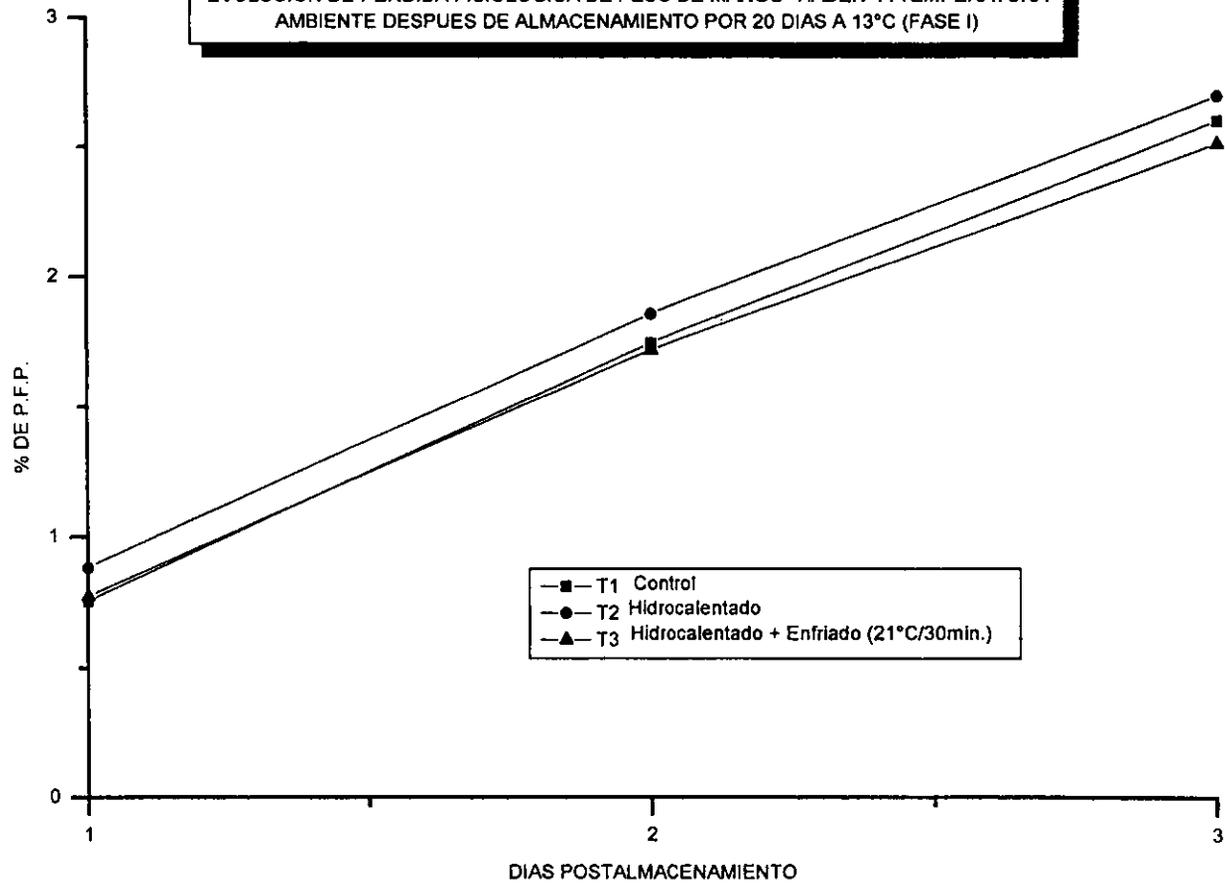


TABLA 10.
PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
ALMACENADO 10 DÍAS EN REFRIGERACIÓN A 13°C (FASE I).

DÍAS POSTALMACENAMIENTO	T1		T2		T3	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
1	0.59 ^c	0.12	1.04 ^a	0.11	0.91 ^b	0.06
2	1.63 ^c	0.29	2.51 ^a	0.29	2.22 ^b	0.15
3	2.64 ^c	0.48	3.78 ^a	0.41	3.33 ^b	0.21
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

TABLA 11.
PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
ALMACENADO 20 DÍAS EN REFRIGERACIÓN A 13°C (FASE I).

DÍAS POSTALMACENAMIENTO	T1		T2		T3	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
1	0.75 ^a	0.10	0.88 ^a	0.21	0.77 ^a	0.11
2	1.74 ^a	0.26	1.85 ^a	0.36	1.72 ^a	0.23
3	2.59 ^a	0.38	2.69 ^a	0.56	2.50 ^a	0.32
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

Fase II .

5.2.3 Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso en mangos almacenados a temperatura ambiente inmediatamente después de aplicados los tratamientos.

Como se observa en la gráfica 8, la pérdida de peso de los mangos sometidos a los distintos tratamientos, se incrementa durante el almacenamiento a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ alcanzándose a los nueve días valores en el rango de 6.63 a 7.77%. El análisis estadístico revela que los mangos hidrocalentados (T2) y los mangos con doble enfriamiento posthidrotérmico (T5) no presentan una pérdida de peso significativamente mayor a la de los mangos control (T1), asimismo los mangos con los tratamientos alternativos de enfriamiento posthidrotérmico (T3 y T4) presentan una pérdida de peso menor a la de los mangos control y a la de los mangos hidrocalentados (Tabla 12).

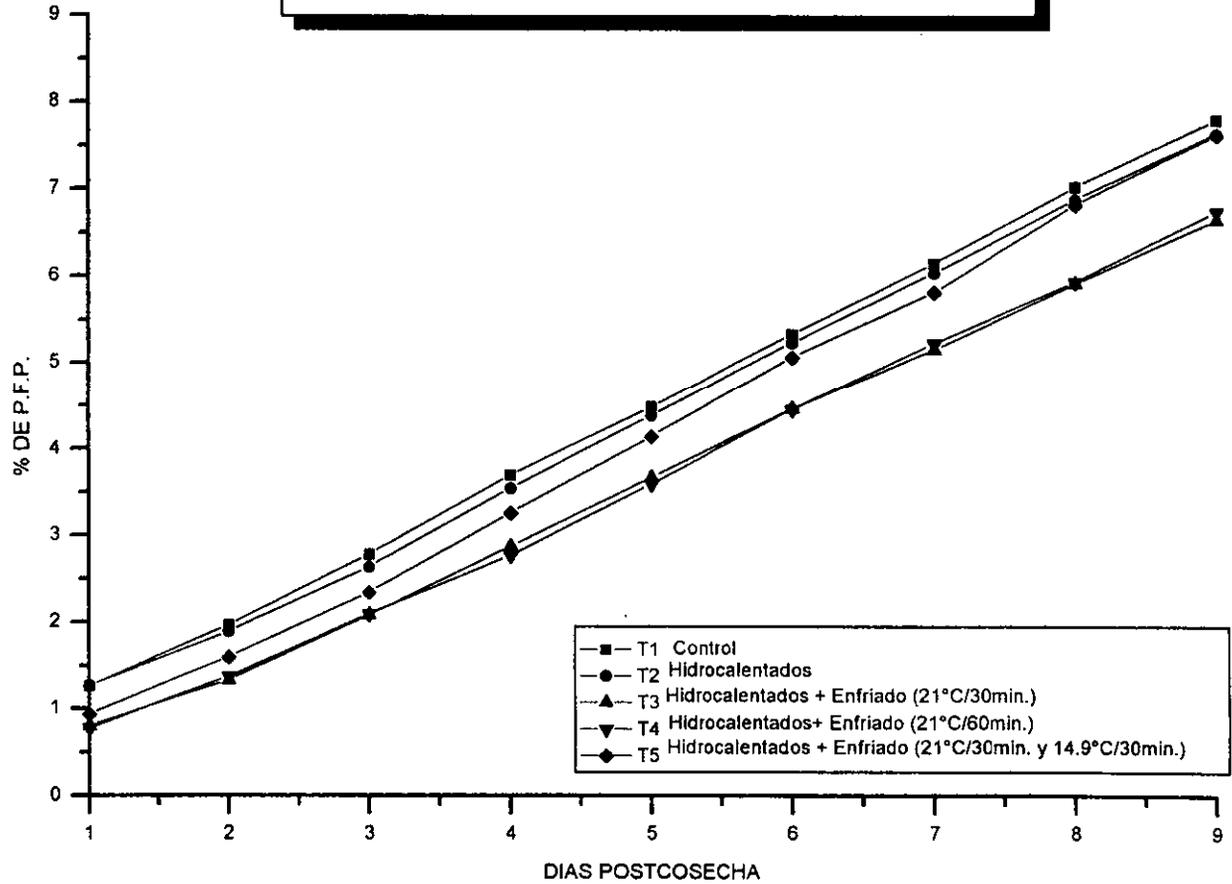
5.2.4 Pérdida Fisiológica de Peso Postalmacenamiento.

Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso en mangos almacenados en refrigeración durante diez días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

En la gráfica 9 se presenta la pérdida fisiológica de peso de los mangos sometidos a los distintos tratamientos, almacenados durante diez días en refrigeración a 13°C y transferidos posteriormente durante cinco días a la cámara de maduración a temperatura ambiente. Se observa en todos los tratamientos un incremento en la pérdida de peso durante el almacenamiento a temperatura ambiente, alcanzándose valores en el rango de 4.77 a 6.61%. El análisis estadístico indica que en general los mangos control (T1) y los mangos hidrocalentados y sometidos a doble enfriamiento posthidrotérmico (T5) presentan una pérdida de peso mayor a la del resto de los tratamientos (T2, T3 y T4). Por otra parte, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los mangos hidrocalentados (T2), los mangos hidrocalentados y sometidos al enfriamiento posthidrotérmico del protocolo (T3) y los mangos hidrocalentados y sometidos al enfriamiento posthidrotérmico del protocolo con mayor tiempo (T4) son los que presentan valores menores de Pérdida Fisiológica de Peso (Tabla 13).

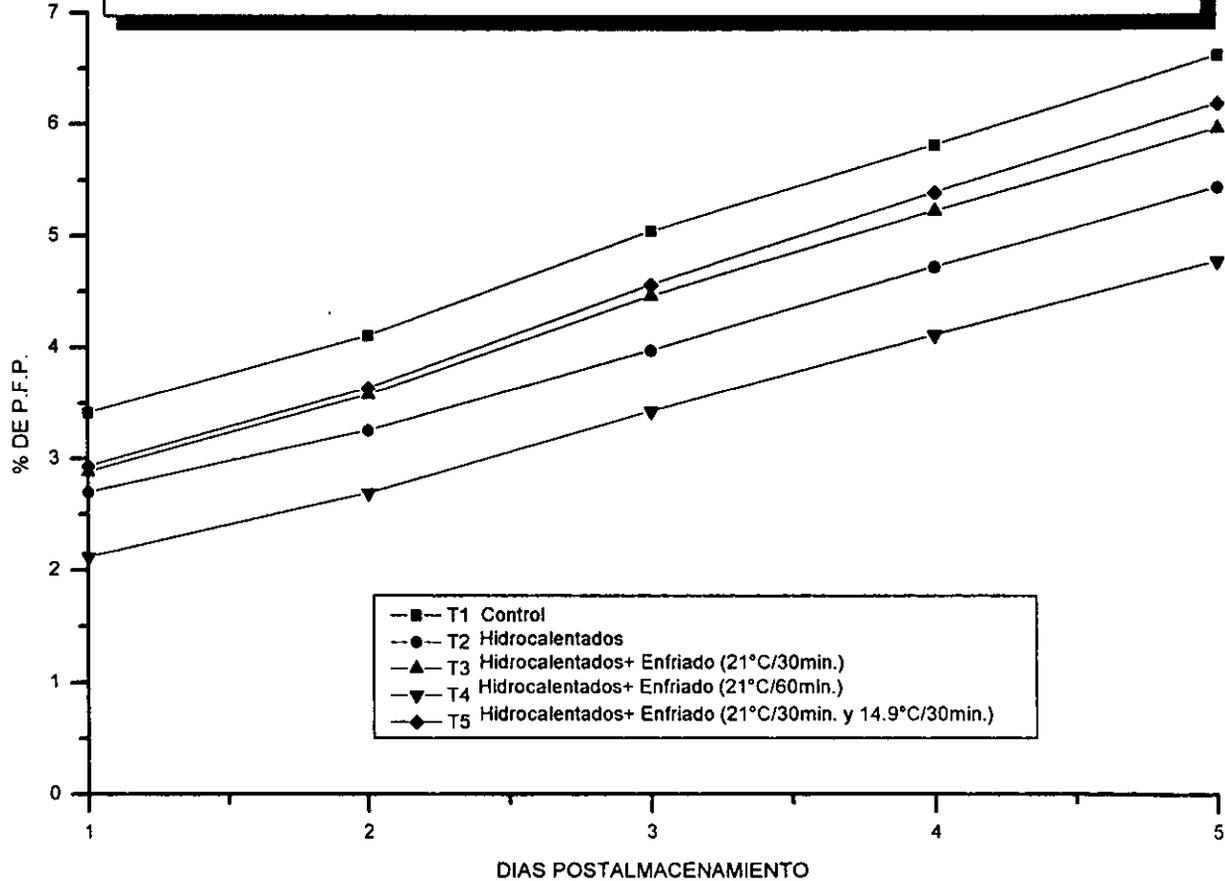
GRAFICA 8

EVOLUCION DE LA PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
ALMACENADO A 25°C DESPUES DEL TRATAMIENTO (FASE II)



GRAFICA 9

EVOLUCION DE LA PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN" DETERMINADA A TEMPERATURA AMBIENTE DESPUES DE ALMACENAMIENTO POR 10 DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE II)



ESTRATEGIAS PARA
LA EVALUACION DE
LA CALIDAD DE
LOS PRODUCTOS
AGRICOLAS

TABLA 12.
 PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
 A TEMPERATURA AMBIENTE (FASE II).

DIAS POSTRATA- MIENTO	T1		T2		T3		T4		T5	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
1	1.25 ^a	0.13	1.25 ^{ab}	0.16	0.80 ^c	0.07	0.77 ^c	0.07	0.93 ^b	0.12
2	1.96 ^a	0.20	1.89 ^{ab}	0.22	1.33 ^c	0.13	1.36 ^c	0.13	1.59 ^b	0.19
3	2.78 ^a	0.29	2.63 ^{ab}	0.31	2.08 ^c	0.21	1.99 ^c	0.33	2.33 ^b	0.28
4	3.69 ^a	0.39	3.54 ^{ab}	0.42	2.87 ^c	0.30	2.77 ^c	0.29	3.25 ^b	0.40
5	4.48 ^a	0.47	4.38 ^{ab}	0.48	3.76 ^c	0.31	3.59 ^c	0.38	4.14 ^b	0.50
6	5.33 ^a	0.54	5.23 ^{ab}	0.54	4.46 ^c	0.46	4.45 ^c	0.46	5.07 ^b	0.59
7	6.15 ^a	0.60	6.03 ^{ab}	0.59	5.15 ^c	0.50	5.23 ^c	0.53	5.81 ^b	0.77
8	7.02 ^a	0.66	6.87 ^{ab}	0.62	5.91 ^c	0.55	5.99 ^c	0.60	6.82 ^b	0.79
9	7.77 ^a	0.72	7.61 ^b	0.65	6.62 ^c	0.59	6.72 ^c	0.68	7.59 ^b	0.87
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

TABLA 13.
 PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
 ALMACENADO 10 DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE II).

DIAS POSTALMA- CENAMIENTO	T1		T2		T3		T4		T5	
	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.	MEDIA	D.E.
1	3.41 ^a	0.88	2.69 ^c	0.18	2.88 ^{bc}	0.46	2.11 ^d	0.25	2.93 ^a	0.59
2	4.10 ^a	1.02	3.25 ^c	0.22	3.57 ^{bc}	0.54	2.69 ^d	0.36	3.63 ^a	0.73
3	5.04 ^a	1.17	3.98 ^c	0.28	4.46 ^{bc}	0.67	3.42 ^d	0.41	4.56 ^a	0.95
4	5.81 ^a	1.28	4.72 ^c	0.28	5.22 ^{bc}	0.79	4.11 ^d	0.51	5.39 ^a	1.15
5	6.61 ^a	1.39	5.43 ^c	0.30	5.95 ^{bc}	0.87	4.77 ^d	0.59	6.17 ^a	1.34
Pr > F	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

Seguimiento de la Pérdida Fisiológica de Peso en mangos almacenados en refrigeración durante veinte días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

En la gráfica 10 se presenta la pérdida fisiológica de peso de los mangos sometidos a los distintos tratamientos almacenados durante veinte días en refrigeración a 13°C y transferidos posteriormente durante cinco días a la cámara de maduración a temperatura ambiente. En los cinco tratamientos se observa un incremento en la pérdida de peso a temperatura ambiente que alcanza valores entre 7.73% y 8.80% a los cinco días de almacenamiento. El análisis estadístico global de los tratamientos indica que en general los mangos control (T1) presentan una pérdida de peso ligeramente superior a la del resto de los tratamientos (T2, T3, T4 y T5). Así mismo, es importante señalar que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre la pérdida de peso de los mangos hidrocalentados (T2) y la pérdida de peso de los mangos sometidos al enfriamiento posthidrotérmico del protocolo (T3) y a los enfriamientos posthidrotérmicos alternativos (T4 y T5) (Tabla 14).

GRAFICA 10

EVOLUCION DE LA PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN" DETERMINADA A TEMPERATURA AMBIENTE DESPUES DE ALMACENAMIENTO POR 20 DIAS EN REFRIGERACION A 13°C (FASE II)

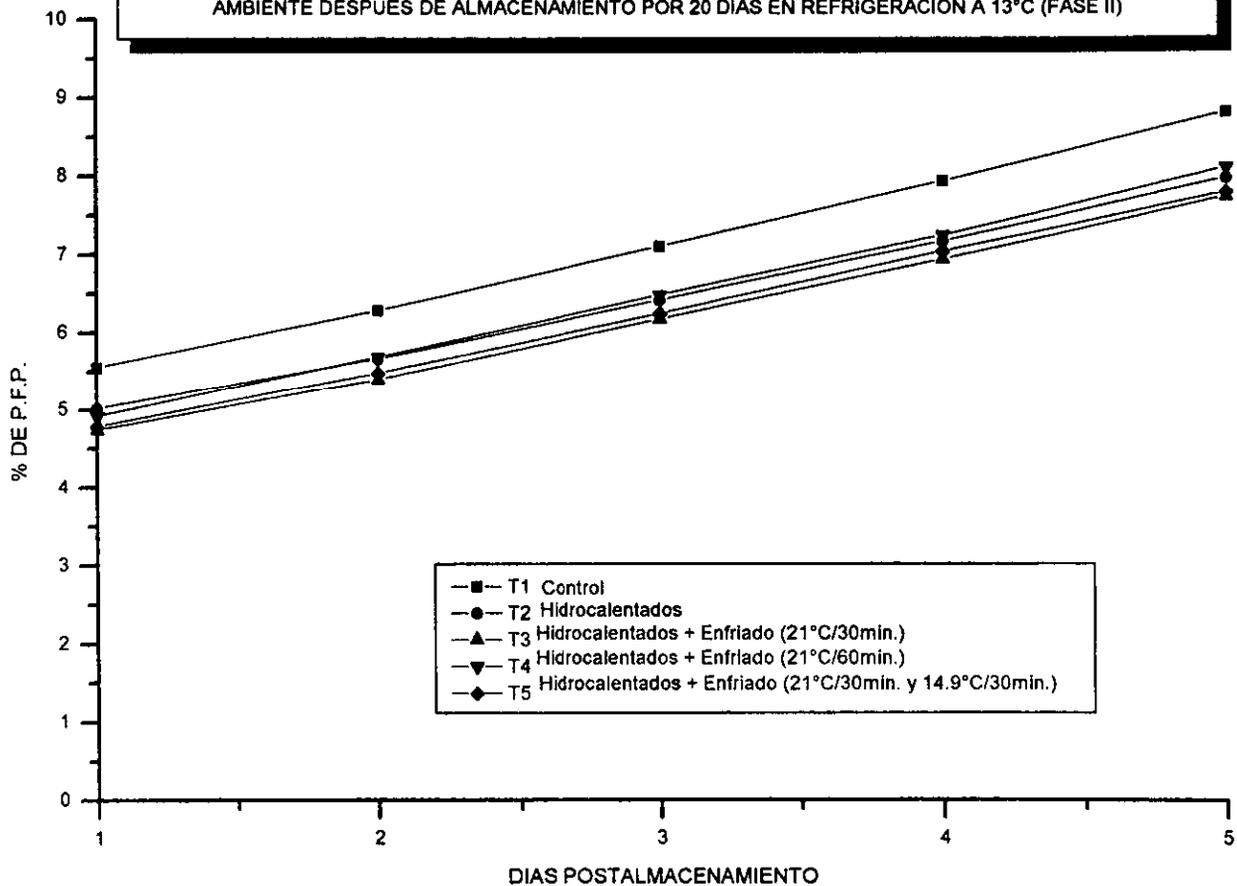


TABLA 14.
PERDIDA FISIOLÓGICA DE PESO EN MANGO "HADEN"
ALMACENADO 20 DÍAS EN REFRIGERACIÓN A 13°C (FASE II).

DÍAS POSTALMA- CENAMIENTO	T1		T2		T3		T4		T5	
	MEDIA	D.E.								
1	4.73 ^a	1.04	5.00 ^b	0.72	4.73 ^b	0.84	4.91 ^b	1.27	4.77 ^b	0.69
2	6.28 ^a	1.20	5.65 ^b	0.77	5.39 ^b	0.91	5.68 ^b	1.42	5.47 ^b	0.77
3	7.10 ^a	1.35	6.41 ^b	0.83	6.17 ^b	1.00	6.47 ^b	1.55	6.24 ^b	0.85
4	7.93 ^a	1.51	7.16 ^b	0.88	6.93 ^b	1.07	7.24 ^b	1.68	7.03 ^b	0.92
5	8.79 ^a	1.67	7.96 ^b	0.93	7.72 ^b	1.17	8.08 ^b	1.83	7.78 ^b	0.97
PR > F	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0001	

Análisis de Barinas y prueba de rango múltiple de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

♦ Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por tratamiento).

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

6. DISCUSION.

A medida que los acuerdos internacionales respecto a las exportaciones de frutas en fresco se incrementaron, se desarrollaron distintos tipos de procedimientos de desinfestación postcosecha de insectos para superar las barreras cuarentenarias. En las décadas pasadas, la fumigación química fue el principal método utilizado y el fumigante más empleado fue el dibromuro de etileno. Sin embargo, en 1984 fue prohibido el uso de este fumigante por los riesgos que ocasionaba a la salud humana. Por otra parte, las crecientes demandas de los consumidores que cada vez exigen productos con un mínimo o sin residuos químicos, ha llevado a la búsqueda de tratamientos físicos alternativos a los tratamientos químicos usados previamente (Chaplin, 1988; Paull, 1994). Los tratamientos con calor, frío, anoxia e irradiación son algunas de las posibilidades de tratamientos físicos estudiados en frutas (Klein y Lurie, 1991).

Entre los objetivos y aplicaciones de los tratamientos de calentamiento prealmacenamiento de frutas pueden mencionarse (Klein y Lurie, 1991):

- 1) La disminución de la velocidad de maduración de las frutas climatéricas para obtener una vida de almacén mayor.
- 2) La reducción en la sensibilidad de las frutas tropicales y subtropicales a las bajas temperaturas, permitiendo así el almacenamiento prolongado de estas frutas a una temperatura que normalmente causaría daño por frío.
- 3) La reducción de las pudriciones postcosecha ya sea por inactivación de los patógenos o por incremento en la resistencia del huésped.
- 4) Como tratamiento cuarentenario para controlar las plagas de insectos.

Actividad Respiratoria.

Los resultados del presente estudio, indican que el tratamiento de hidrocalentamiento aplicado a los mangos "Haden" mexicanos exportados a E.U. y a Japón (46.1°C/90 minutos protocolo USDA-APHIS/SARH-DGSV) produjo un incremento significativo en la actividad respiratoria, con respecto a los mangos control (sin hidrocalentar), inmediatamente después de aplicados estos tratamientos (gráfica 1). El enfriamiento posthidrotérmico recomendado en el protocolo disminuyó significativamente la respiración de los mangos hidrocalentados sin alcanzar los valores de los mangos control. Sin

embargo, estas diferencias significativas en la actividad respiratoria de los mangos observadas inmediatamente después de aplicados los tratamientos, ya no se observan al analizar mangos tratados y almacenados posteriormente en refrigeración por distintos períodos de tiempo (diez o veinte días) antes de transferirlos a la cámara de maduración a temperatura ambiente. Estos resultados indican que durante el almacenamiento en refrigeración ocurre una recuperación del estrés por calor que ocasiona el tratamiento hidrotérmico cuarentenario en los mangos (gráficas 2 y 3).

Como se indicó en los antecedentes, la actividad respiratoria de las frutas climatéricas se incrementa durante la maduración. La presencia de etileno ya sea exógeno o endógeno, promueve la respiración. En el caso de las frutas sometidas a tratamiento hidrotérmico, la exposición a temperaturas elevadas dá por resultado un incremento en la producción de CO₂. Se estima que este incremento en la actividad respiratoria se duplica o triplica cada vez que se aumente la temperatura 10°C (Bósquez, 1984). Algunos autores han observado que el incremento en la tasa de respiración de las frutas hidrocalentadas está asociada a una reducción de los sustratos respiratorios (Shellie y Mangan, 1994). Por otra parte, Klein y Lurie (1991) sugieren que el incremento en la producción de CO₂ observado en manzanas y tomates tratados con vapor caliente, se debe principalmente a un aumento en la actividad de la enzima malato descarboxilasa.

Una vez que las frutas son removidas de las altas temperaturas y transferidas a temperatura ambiente (alrededor de 20°C), se observa que la producción de CO₂ disminuye casi inmediatamente a valores cercanos a los del control. Esto sucede ya sea que la frutas sean transferidas inmediatamente a temperatura ambiente o después de un período de almacenamiento en refrigeración (Klein y Lurie, 1991).

En los resultados del presente estudio también se observó en cada extracción de muestras de la cámara de refrigeración, que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, los niveles de la actividad respiratoria de los mangos hidrocalentados disminuyen.

Pérdida Fisiológica de Peso.

Los resultados del presente estudio indican que los mangos "Haden" hidrocalentados y almacenados posteriormente a temperatura ambiente o en refrigeración, no presentaron

mayor pérdida fisiológica de peso que los mangos control, lo cual indica que el tratamiento hidrotérmico no afectó considerablemente a las frutas tratadas. Resultados similares han sido reportados previamente para mango "Haden" y "Tommy Atkins" (Ortiz, 1993) y para mangos "Julie" (McIntyre, *et al.*, 1993).

Por otra parte los resultados de la fase I de experimentación indican que el enfriamiento poshidrotérmico de los mangos hidrocalentados recomendado en el protocolo, no disminuyó significativamente la pérdida fisiológica de peso en relación a los mangos hidrocalentados almacenados a temperatura ambiente (gráfica 5). En la fase II de experimentación se observó que el enfriamiento posthidrotérmico recomendado en el protocolo, produjo la menor pérdida fisiológica de peso en los mangos almacenados a temperatura ambiente. Los tratamientos de enfriamiento poshidrotérmico alternativos (mayor tiempo o doble enfriamiento), presentaron valores similares o ligeramente superiores de pérdida fisiológica de peso que los del enfriamiento del protocolo (gráfica 8). Estos resultados indican que en lo que respecta a la pérdida fisiológica de peso de mangos almacenados a temperatura ambiente, los tratamientos alternativos no ofrecen ventajas significativas en relación al enfriamiento recomendado en el protocolo y si implican mayores costos de aplicación.

Con respecto a los mangos "Haden" sometidos a los tratamientos y almacenados en refrigeración, se observó que a los diez días a 13°C los mangos sometidos al enfriamiento posthidrotérmico recomendado en el protocolo no disminuían o disminuían ligeramente la pérdida fisiológica de peso en relación a los mangos hidrocalentados (gráficas 6 y 9). A los veinte días de refrigeración tampoco se observaron diferencias significativas en la pérdida fisiológica de peso entre los distintos tratamientos de enfriamiento posthidrotérmico y los mangos hidrocalentados (gráficas 7 y 10).

Como se indicó en los antecedentes, la pérdida fisiológica de peso se debe a la pérdida de humedad de la fruta debida a la transpiración. La cantidad de peso perdido depende principalmente del tamaño del producto (superficie), temperatura del producto y del ambiente, humedad relativa del aire, etc. (Bósquez, 1984). La pérdida fisiológica de peso es un parámetro muy importante debido a que afecta la calidad del producto almacenado (las frutas con elevadas tasas de transpiración tendrán menor calidad externa) y

repercute en su valor comercial ya que una disminución en el peso del producto se reflejara en las ganancias obtenidas.

El procedimiento de aplicación del hidrocalentamiento influye de manera determinante en las características de calidad de las frutas tratadas (temperatura y homogeneidad térmica, tiempo de aplicación del tratamiento, posibles daños mecánicos ocasionados durante el tratamiento (Pauli, 1994).

Entre los efectos adversos del tratamiento hidrotérmico en la calidad del mango se han reportado: la aceleración en la maduración (Alvarez y Demerutis, 1988), el hundimiento de la pulpa en la zona peduncular del mango y efectos indeseables en parámetros físicos, químicos y sensoriales en mangos "Oro" y "Haden", lo cual repercute en pérdidas postcosecha.

A continuación se muestran en el anexo de calidad, los cambios presentados en los parámetros evaluados (acidez titulable, sólidos solubles totales, firmeza y color interno y externo) durante la maduración de los mangos a temperatura ambiente despues de aplicados los tratamientos y almacenados en refrigeración por distintos periodos de tiempo.

ANEXO I

PARAMETROS DE CALIDAD.

Resultados obtenidos durante la segunda fase de la experimentación. Estos datos fueron obtenidos por las alumnas: Margarita Cepeda Mazón, Yazmín Solís Garnica y Ma. del Pilar Ruíz Aguilera de las licenciaturas en Ingeniería de Alimentos como parte de sus proyectos de Servicio Social.

Acidez titulable.

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados a 25±2 °C.

Los valores de acidez titulable disminuyen durante el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, no se detectan diferencias significativas entre los distintos tratamientos aplicados.

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados en refrigeración durante diez y veinte días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

En los mangos sometidos a los distintos tratamientos y almacenados durante diez y veinte días en refrigeración a 13°C, no se observan diferencias significativas en la disminución de los valores de acidez observados al extraerlos de la refrigeración y dejarlos madurar a temperatura ambiente. Durante la maduración a 25±2°C se observa una disminución más drástica de la acidez con respecto a la de los mangos refrigerados, lo cual corrobora que la refrigeración retrasa el proceso de maduración.

Sólidos Solubles Totales (°Brix).

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados a 25±2 °C.

Los mangos sometidos a los diferentes tratamientos y analizados inmediatamente, presentaron valores iniciales alrededor de 8 °Brix, durante el almacenamiento los sólidos solubles se incrementan alcanzando valores alrededor de 16 a 18 °Brix (catorce días de

almacenamiento). No se observaron diferencias estadísticamente significativas en la evolución de los sólidos solubles entre los distintos tratamientos aplicados.

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados en refrigeración durante diez y veinte días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

El aumento de sólidos solubles totales durante la maduración se debe a la degradación del almidón y el aumento resultante en los niveles de azúcares solubles. Los mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados en refrigeración mostraron una evolución más lenta de los sólidos solubles totales que los mangos almacenados a temperatura ambiente. Sin embargo, los valores finales alcanzados en ambas condiciones de almacenamiento fueron semejantes. El análisis estadístico indica que los valores de S.S.T. de los mangos almacenados en refrigeración durante distintos períodos de tiempo (diez y veinte días) no presentan diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Firmeza.

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados a 25 ± 2 °C.

La firmeza disminuye durante la maduración a temperatura ambiente. El análisis estadístico indica que no hay diferencias significativas entre los distintos tratamientos analizados.

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados en refrigeración durante diez y veinte días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

los valores de firmeza disminuyen gradualmente conforme transcurre el tiempo de almacenamiento. En estos mangos no se encontraron diferencias significativas en los distintos tratamientos analizados.

Color.

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados a 25±2 °C.

El color externo de los mangos (cáscara), cambia durante la maduración a temperatura ambiente (de 66.67% de color verde y 33.34% de chapeado al día inicial, hasta alcanzar 0% de color verde, 43.34% de color rojo y 56.67% de amarillo al día catorce de almacenamiento). El análisis estadístico indica que no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos aplicados.

El color interno (pulpa) de los mangos sometidos a los distintos tratamientos y almacenados a 25±2°C, presentó valores en el rango de uno a dos (norma de calidad de EMEX, 1995) inmediatamente después de aplicados los tratamientos. A partir de los diez días de almacenamiento todos los tratamientos alcanzaron un valor de cinco. El análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Mangos sometidos a los diferentes tratamientos y almacenados en refrigeración durante diez y veinte días después de aplicados los tratamientos y transferidos a temperatura ambiente.

Color externo (cáscara), los datos indican que los cambios de color de los mangos en refrigeración suceden más lentamente que los mangos almacenados a temperatura ambiente. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

Color interno (pulpa), se observa que a bajas temperaturas el desarrollo de color es más lento comparado con el de los mangos almacenados, alcanzándose al finalizar el período de postalmacenamiento valores en un rango de dos a cuatro. Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos.

McIntyre y colaboradores (1993), reportaron que el hidrocalentamiento de mangos "Julie" no provocó efectos indeseables en los parámetros de calidad evaluados (S.S.T., Acidez Titulable, Textura y Color). Sin embargo, estos autores detectaron un incremento en el desarrollo del color de la cáscara de los mangos sometidos al tratamiento hidrotérmico así como una relación S.S.T.: acidez titulable menor en estos frutos en comparación con los mangos control (no hidrocalentados).

TABLA 16.
PARAMETROS DE CALIDAD DE MANGO "HADEN" ALMACENADO EN
REFRIGERACION DIEZ Y VEINTE DIAS

PARAMETRO	TRATAMIENTO	PERIODO DE POSTALMACENAMIENTO	
		10-5	20-6
ACIDEZ TITULABLE (mg de ácido cítrico/100 g de pulpa)	T1	0.30 ^a	0.26 ^a
	T2	0.24 ^a	0.33 ^a
	T3	0.30 ^a	0.26 ^a
	T4	0.24 ^a	0.33 ^a
	T5	0.35 ^a	0.25 ^a
	Pr > F	0.5304	0.1172
SOLIDOS SOLUBLES (°Brix)	T1	18.33 ^a	18.27 ^a
	T2	16.73 ^a	16.67 ^a
	T3	18.67 ^a	17.47 ^a
	T4	16.40 ^a	15.20 ^a
	T5	16.08 ^a	16.70 ^a
	Pr > F	0.2674	0.7357
FIRMEZA (Lb-f)	T1	9.50 ^a	7.23 ^a
	T2	8.15 ^a	4.21 ^a
	T3	10.83 ^a	5.33 ^a
	T4	10.65 ^a	5.23 ^a
	T5	10.59 ^a	4.98 ^a
	Pr > F	0.0513	0.1950

Análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey para cada parámetro, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$

♦ medias con la misma letra no son significativamente diferentes (por celda)

Pr > F = Probabilidad de tener un valor mayor a la F calculada.

TABLA 17.
 COLOR EN PULPA Y PORCENTAJE DE COLOR EN CASCARA DE MANGO "HADEN"
 ALMACENADO A TEMPERATURA AMBIENTE

TRATAMIENTO	% DE COLOR DE LA CASCARA			COLOR DE LA PULPA (CARTA DE EMEX)
	VERDE	ROJO	AMARILLO	
T1	66.67	33.34	0.0	2.00
T2	100.0	0.0	0.0	1.66
T3	86.67	13.34	0.0	1.33
(DIA 1)				
T1	60.0	40.0	0.0	1.66
T2	90.67	9.33	0.0	2.00
T3	83.0	11.34	5.67	2.66
(DIA 2)				
T1	55.0	21.67	23.34	2.66
T2	45.0	0.0	55.0	3.00
T3	58.34	15.0	26.67	2.00
(DIA 2)				
T1	55.0	21.67	23.34	2.66
T2	45.0	0.0	55.0	3.00
T3	58.34	15.0	26.67	2.00
(DIA 4)				
T1	33.34	26.67	40.0	2.66
T2	24.34	0.67	75.0	4.66
T3	41.67	25.0	33.34	4.00
(DIA 6)				
T1	16.67	33.34	50.0	4.66
T2	3.34	8.34	88.34	5.00
T3	7.34	6.67	86.00	5.00
(DIA 8)				
T1	0.0	43.34	56.67	5.0
T2	0.34	5.0	95.67	5.0
T3	3.34	6.67	90.0	5.0
(DIA 10)				
T1	0.0	43.34	56.67	5.0
T2	0.34	5.0	95.67	5.0
T3	3.34	6.67	90.0	5.0
(DIA 12)				
T1	0.0	43.34	56.67	5.0
T2	0.34	5.0	95.67	5.0
T3	3.34	6.67	90.0	5.0
(DIA 14)				

TABLA 18.
 COLOR EN PULPA Y PORCENTAJE DE COLOR EN CASCARA DE MANGO "HADEN"
 ALMACENADO EN REFRIGERACION DIEZ Y VEINTE DIAS

TRATAMIENTO	% DE COLOR DE LA CASCARA			COLOR DE LA PULPA (CARTA DE EMEX)
	VERDE	ROJO	AMARILLO	
T1	47.67	18.34	34.0	5.00
T2	16.67	0.34	83.0	4.00
T3	0.0	15.0	85.0	3.66
T4	89.0	5.0	6.0	3.73
T5	84.94	0.5	4.0	3.87
(DIA 10-5)				
T1	0.0	43.34	56.67	5.0
T2	0.0	0.34	99.67	4.0
T3	0.0	12.66	87.34	4.0
T4	0.0	27.5	72.5	4.5
T5	0.25	17.5	82.25	4.5
(DIA 20-6)				

7. CONCLUSIONES.

- ✦ El hidrocalentamiento produce un aumento estadísticamente significativo en la respiración de mango "Haden", evaluado inmediatamente después de aplicados los tratamientos.
- ✦ El enfriamiento posthidrotérmico revierte parcialmente los efectos del estrés por calor del hidrocalentamiento en el metabolismo respiratorio de la fruta.
- ✦ El incremento en el metabolismo respiratorio inducido por el hidrocalentamiento, se revierte durante el almacenamiento de los mangos a temperatura ambiente o en refrigeración, sin embargo no disminuye hasta los niveles obtenidos en los mangos sometidos a un enfriamiento posthidrotérmico.
- ✦ El hidrocalentamiento no produce una mayor pérdida fisiológica de peso que la observada en los mangos control.
- ✦ Los parámetros de calidad no mostraron diferencias significativas por efecto de los tratamientos. Sin embargo se observaron tendencias que indican retraso en la maduración de los mangos sometidos a hidrocalentamiento y doble hidrogenfriado así como cuando se aplica una temperatura más baja en el enfriamiento posthidrotérmico.
- ✦ En lo que respecta a los parámetros fisiológicos evaluados (Respiración y Pérdida Fisiológica de Peso) y calidad los tratamientos de enfriamiento posthidrotérmico alternativos probados en el presente estudio (temperaturas menores de enfriamiento o tiempo mayor de enfriamiento) no producen mejores resultados que los obtenidos con el enfriamiento recomendado en el protocolo y en cambio si podran implicar mayores costos de aplicación.

8. BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Aluja, M. S. (1993) Manejo Integrado de la Mosca de la Fruta. Ed. Trillas, México.
- 2.- Alvarez, R. F. y Demerutis, P. C. (1988) Hidrocalentamiento de Mango, Problemática y Alternativas. Informe Técnico, Depto. Fisiología Postcosecha, CONAFRUT, SARH. Querétaro, México.
- 3.- Armstrong, J. W., Hansen, J. D., Hu, B.K. y Brown, S. A. (1989) High-Temperature, Forced Air Quarantine Treatment for Papaya Infested with Tephritid Fruit Flies (*Diptera: Tephritidae*). *J. Econ. Entomol* 82 (6): 1667-1674.
- 4.- Arpaia, M. L. (1994) Preharvest Factors Influencing Postharvest Quality of Tropical and Subtropical Fruit. *HortScience* 29 (9): 982-985.
- 5.- Biale, J. B. y Young R. E. (1981) Respiration and Ripening in Fruits. En *Recent Advances in the Biochemistry of Fruits and Vegetables*, Ed. J. Friend and M. J. C. Rhodes, Academic Press. N. Y., EUA.
- 6.- Bósquez, M. E. (1984) Factores que Determinan el Comportamiento de las Frutas y Hortalizas después de la Cosecha Manual de Acondicionamiento de Frutas y Hortalizas. Manual de Apoyo en el Curso de Fisiología y Manejo de Postcosecha de Frutas. CONAFRUT. México, D.F.
- 7.- Bósquez, M. E. (1987) Otros Fumigantes Químicos Simposio: La Prohibición del DBE y su Impacto en la Agroindustria Exportadora de Mango y Naranja. II Congreso Nacional SOMECH. Irapuato, Guanajuato. Mayo 11-15.
- 8.- Bósquez, M. E. (1992) Estado Actual de la Tecnología de los Tratamientos Cuarentenarios. Memorias I Reunión Latinoamericana de Tecnología Postcosecha. Nov. 30-Dic. 4. UAM-I, México.

- 9.- Bósquez, M. E., Ponce de León L. G., Díaz de León F. S., Kerbel C. L. y Pérez, F. L. (1996) Fundamentos Fisiológicos de la Calidad Postcosecha del Mango. *Ciencia* 47: 138-148.
- 10.- Chaplin, G. R. (1988) Advances in Postharvest Physiology of Mango. *Acta Horticulturae* 231: 639-648.
- 11.- Crane, J.H. y Campbell, C. W. (1991) The Mango. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Science. Octubre. Florida, E.U.A.
- 12.- Dietz, T. H., Thimma-Raju, K. R. y Sundar, S. J. (1988) Studies on loss of Weight of Mango Fruits as Influenced by Cuticles and Lenticels. *Acta Horticulturae* 231: 685-687.
- 13.- Dougherty, E. R. (1990) Probability and Statistics for the Engineering, Computing and Physical Science. 1ª edición. Prentice-Hall Inc. E.U.A.
- 14.- EMEX, (1995) Norma Mexicana de Calidad para el Mango Fresco. Ed. Empacadoras del Mango de Exportación, A.C. Guadalajara, Jal. México.
- 15.- EMEX, (1997) Mejoramiento de la Calidad del Mango Hidrocalentado: Recomendaciones sobre la Aplicación del Hidroenfriado. Memorias II Informe. Empacadoras del Mango de Exportación, A.C. México.
- 16.- Fernández, G. (1992) Mangos Mexicanos a Tres Continentes. Hortalizas, Frutas y Flores. Enero.
Gutiérrez, S. J., Reyes, F. J., Villaseñor, A. C., Enkelin, H. W. y Pérez, R. A. (1992) Manual para el Control Integrado de Moscas de la Fruta. Sanidad Vegetal DGSV/SARH. México.
- 17.- Herrero, A. y Guardia, J. (1992) Conservación de Frutas. 1ª edición. Ed. Mundi Prensa. Bilbao, España.
- 18.- Hulme, A. C. (1971) The Biochemistry of Fruits and Their Products. Ed. Academic Press, London. pp. 233-253.

- 19.- Jimenéz, D. F. y Orozco, S. M. (1991) Aspectos Fitosanitarios y el Comercio Internacional de Citricos. Hortalizas, Frutas y Flores. Nov. pp. 30-31.
- 20.- Kader, A. A., Kasmire, R. F., Mitchell, F. G., Reid M. S., Sommer, N. F. y Thompson (1985) Postharvest Technology of Horticultural Crops. Cooperative Extension University of California Division of Agriculture and Natural Resources. Cal., E.U.A.
- 21.- Kernot, I. y Campbell, T. (1992) A Good Season for Mango Growers. Mango Care Management Program. Ed. Mareeba QLD Octubre 7: 10-12.
- 22.- King, J. R. y Benschoter, C. A. (1991) Comparative Methyl Bromide Residues in Florida Citrus: A Basis for Proposing Quarantine Treatments Against the Caribbean Fruit Fly. J. of Agricultural and Food Chemistry. July pp: 1307-1309.
- 23.- Klein, J. D. y Lurie, S. (1991) Postharvest Heat Treatment and Fruit Quality. Post Harvest News and Information 2(1): 15-19.
- 24.- Kumar, R. y Selvaraj, Y. (1990) Fructose 1-6 Bisphosphatase in Ripening Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit Indian. J. of Experimental Biology. 28: 284-286.
- Lehninger, A. L., Nelson, D. L. y Cox, M. M. (1984) Principios de Bioquímica. 1ª. Edición. Barcelona, España.
- 25.- Lehninger, A. L., Nelson, D. L. y Cox, M. M. (1993) Principios de Bioquímica. 2ª. Edición. Barcelona, España.
- 26.- Löbau, S., Weber, J., Wilke-Mounts, S. y Senior, A. E. (1997) F₁-ATPase, Roles of three Catalytic Site Residues. Plant Molecular Biology. 272 (6): 3648-3656.
- 27.- McIntyre, A., Wickham, L. D. y Malins, A. (1993) Hot Water Treatments for the Postharvest Control of Fruit Fly in the Caribbean Mango "Julie". Acta Horticulturae 341 (4): 533-539.

- 28.- Medlicott, A. P., Bhogol, M. y Reynolds, S. B. (1986) Changes in Peel Pigmentation During Ripening of Mango Fruit (*Mangifera indica* var. *Tommy Atkins*). *Annals of Applied Biology*. 109: 651-656.
- 29.- Mitchell, G. F. y Kader, A. A. (1992) Postharvest Treatments for Insect Control" Postharvest Technology for Horticultural Crops. Special Publication, 3311 Coop. Ext. Univ. of Cal. Division of Agricultural and Natural Resources.
- 30.- Montgomery, D. C. (1991) Design and Analysis of Experiment. 3ª edición Ed. John Wiley and Sons Inc, USA.
- 31.- Morales, V. O. (1989) Papel de la Fitosanidad en el Desarrollo Hortofrutícola y sus Protecciones hacia el Mercado Internacional. Memorias III Reunión Técnica de la Red Latinoamericana de Agroindustrias de frutos Tropicales. FNCC/FAO. 237-250.
- 32.- Nishijima, W. T. (1995) Effect of Hot-Air and Hot-Water Treatments of Papaya Fruits on Fruit Quality and Incidence of Diseases. *Acta Horticulturae* 370.
- 33.- Norma Oficial Mexicana (con carácter de emergencia) NOM-EM-023-FITO-1995. Por lo que se establece la Campaña Nacional contra las Moscas de la Fruta.
- 34.- Norma Oficial Mexicana (con carácter de emergencia) NOM-EM-024-FITO-1995. Por la que se Establecen los Requisitos y Especificaciones Fitosanitarias para el establecimiento de Zonas Libres de Moscas de la fruta.
- 35.- Norma Oficial Mexicana NOM-046-FITO-1995. Por la que se Establecen los Requisitos Fitosanitarios y Procedimientos para la Movilización de Mango para Exportación y Mercado Nacional.
- 36.- Ortiz, E. B. (1993) Tesis: Efecto del Tratamiento Hidrotérmico en los Cambios Químicos y Fisiológicos de Frutos de Mango (*Mangifera indica*) c. v. *Tommy Atkins* y *Haden*. Instituto Tecnológico de Tepic. Nayarit, México.

- 37.- Pantastico, E. B. (1975) Structure of Fruits and Vegetables. Postharvest Physiology, Handling and Utilization of Tropical and Subtropical Fruits and Vegetables. Ed. The Avi Publishing.
- 38.- Parikh, H. R., Nair, G. M. y Modi, V. V. (1990) Some Structural Changes during Ripening of Mangoes (*Mangifera indica* var. *Alphonso*) by Absciscic Acid Treatment. *Annals of Botany* 65: 121-127.
- 39.- Paull, R. E. (1994) Response of Tropical Horticultural Commodities to Insect Desinfestation Treatments. *Hort Science* 29: 988-996.
- 40.- Pelayo, R.C., y Pedraza, G.E. (1984) Cosecha y Acondicionamiento de Frutos y Hortalizas. Manuales Técnicos para la Elaboración de Cursos de Capacitación; SNA/CONAFRUT. México.
- 41.- Pérez, F. J., Ponce de León, G. L., Bósquez, M. E., y Pelayo, Z. C.(1993) La Via Alternativa en el Metabolismo Respiratorio de Plantas Superiores. *Ciencia* 44: 41-52.
- 42.- Ponce de León, G. L., Bósquez, M. E.; Pérez, F. L., Galicia, CRM., Kerbel, C. y Díaz de León, F. (1995) Evaluación de Tecnologías para Preservar la Calidad del Mango Mexicano. *Contactos* 9: 42-46.
- 43.- PROTRADE, (1992) Mango. Manual de Exportación. Frutas Tropicales y Hortalizas, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit GTZ.
- 44.- Rhot, I. (1977) Fruits of Angiosperms. *Handbuch der Pflanzenanatomie*, Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- 45.- SARH, (1994) Guía para Tratamientos Cuarentenarios. Subsecretaría de Agricultura. DGSV. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario ISBN 968-800-394-8.
- 46.- SARH/DGSV (1994) Plan de Trabajo para el Programa de Tratamiento y certificación de Mangos Mexicanos. Dirección General de Sanidad Vegetal, México.

- 47.- Selvaraj, Y., Kumar, R. y Pal, D. K. (1989) Changes in Sugars, Organic Acids, Amino Acids, Lipid Constituents and Aroma Characteristics of Ripening Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit. *J. of Food Science and Technology*. 26: 308-313.
- 48.- Sharp, J. L., Ouye, M. T., Ingle, S. J. y Hart, W. G. (1989) Hot-Water Quarantine Treatment for Mangoes from Mexico Infested with Mexican Fruit Fly and West Indian Fruit Fly (Diptera: *Tephritidae*). *J.Econ. Entomol.* 82(6): 1657-1662.
- 49.- Shellie, K. C. y Mangan, R. (1994) Tratamientos Cuarentenarios de Aire y Agua Caliente. Memoria I Taller Regional de Manejo Postcosecha de Productos de Interés para el Tropico. Julio 25-29. San José, Costa Rica.
- 50.- Trumpower, B. L. y Gennis, R. B. (1994) Energy Transduction by Cytochrome Complexes in Mitochondrial and Bacterial Respiration: The Enzymology of Coupling Electron Transfer Reactions to transmembrane Proton Translocation. *Annu. Rev. Biochem.* 64: 675-716.
- 51.- USDA-APHIS-SARH-USDA, (1994) Plan de Trabajo para el Programa de Tratamiento y Certificación de Mangos Mexicanos. SARH/USDA.
- 52.- Wills, R. H., Lee, T. H., McGlasson, W. B., Hall, E. G. y Graham, D. (1984) Fisiología y Manipulación de Frutas y Hortalizas Post-Recolección. Ed. Acribia Zaragoza, España.
- 53.- Yahia, E. M. (1992) Memorias de la I Reunión Latinoamericana de Tecnología Postcosecha. México. pp: 117-154.