



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

INSTITUTO DE HORTICULTURA

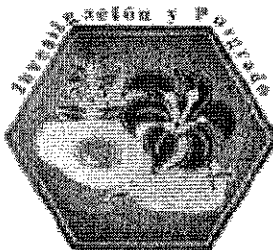
PERIODOS DE COSECHA EN LA
CALIDAD DE MANGO 'MANILA'
(*Mangifera indica* L.)

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

EDUARDO LÓPEZ BLANCAS



Instituto de Horticultura

DICIEMBRE DE 2009

Chapingo, Estado de México



BIBLIOTECA

PERIODOS DE COSECHA EN LA CALIDAD DE MANGO 'MANILA'

(*Mangifera indica* L.)

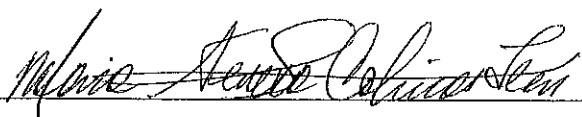
Tesis realizada por **Eduardo López Blancas** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

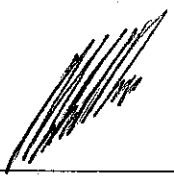
DIRECTOR:


Dra. María Teresa Martínez Damián

ASESOR:


Dra. María Teresa Colinas León

ASESOR:


Dr. Alejandro F. Barrientos Priego

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)
por la beca otorgada para la realización de los estudios de maestría y el presente trabajo de investigación.

A la Universidad Autónoma Chapingo
por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

Al Campo Experimental Cotaxtla – INIFAP
por el apoyo de instalaciones y material en la realización de esta investigación.

A los investigadores del Campo Experimental Cotaxtla
Dra. Dora Alicia Ortega Zaleta y Dr. Héctor Cabrera Míreles
por proporcionar su incondicional ayuda desde el inicio hasta la conclusión de la presente investigación.

Al personal de investigación del Campo Experimental Cotaxtla
M.C. David Murillo Cuevas y Ana Lilia Montero Morales
por su amistad brindada e invaluable apoyo en el trabajo experimental de esta investigación.

A la Dra. Ma. Teresa Martínez Damián
por sus conocimientos impartidos y su oportuna dirección en la presente Tesis, así como por su generoso apoyo en la conclusión de mis metas.

Al Comité de tesis
Ma. Teresa Martínez Damián, Ma. Teresa Colinas León y Alejandro Barrientos Priego.

A mis amig@s y compañer@s de Generación
😊 **Rosa Lidia, Mirssa Lorena, Lizbeth, Fermín,**
Pedro, Zamny, Juan, Edna y Natalith.

Y a toda Persona que colaboró directa o indirectamente en la realización de este trabajo.

DEDICATORIAS

A mis **PADRES:**

Amando Lucio López López
y
Alejandra Blancas González

por la paciencia y ánimos que me han brindado por continuar con mi formación académica.

A mis **HERMANOS:**

Mauricio Antonio, Ricardo Cesar y María Guadalupe

por todo su apoyo, cariño y paciencia...

¡Gracias hermanos!

A la:

Dra. Dora Alicia Ortega Zaleta

por ayudarme a comprender la importancia y valor de "hacer bien las cosas"...

gracias Dra.

A ti,

*por ayudarme a perseverar
en este mundo denominado Chapingo,
linda... gracias*

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente investigación, Q. A. Eduardo López Blancas, nació en la Ciudad de Orizaba, Veracruz. Curso sus estudios de licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas perteneciente a la Universidad Veracruzana, donde obtuvo el grado de Químico Agrícola en el año de 2006. En el Campo Experimental Cotaxtla perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias se desempeñó como técnico laboratorista y asistente de investigación en diversos trabajos de investigación referentes a Calidad postcosecha e Inocuidad alimentaria y Entomología, durante los años de 2004 a 2007. Del 2008 al 2009 curso la Maestría en Ciencias en Horticultura, con orientación a Fruticultura en la Universidad Autónoma Chapingo.

PERIODOS DE COSECHA EN LA CALIDAD DE MANGO 'MANILA'
(*Mangifera indica* L.)

HARVEST PERIODS ON THE QUALITY OF MANGO 'MANILA'
(*Mangifera indica* L.)

Eduardo López Blancas¹ y Ma. Teresa Martínez Damián²

RESUMEN

La cosecha de frutos de mango 'Manila' en el estado de Veracruz se realiza considerando la apariencia externa del fruto según la experiencia del cosechador, lo cual da como resultado una maduración desuniforme lo que ocasiona disminución de la calidad comercial. Debido a que éste no es un indicador confiable para determinar el momento óptimo de cosecha, se evaluó la madurez del fruto al momento del corte y su calidad postcosecha con relación a las unidades calor acumuladas (UCA). Para lo cual, durante el 2008, se cosecharon frutos cada cuatro días a partir de los 69 a 109 días después del amarre, en el siguiente año, se cosecharon a las 1100, 1300 y 1500 UCA y se almacenaron a 25 ± 1 °C; se evaluó el crecimiento del fruto en campo, así como variables físico-químicas y fisiológicas al momento del corte, y cada tres días durante 18 días de almacenamiento. Los resultados indicaron que el crecimiento del fruto en campo se completó a las 940 UCA, sin embargo frutos cosechados antes de 1046 UCA por su peso, no ingresan al código de calibre de la NMX-FF-058-SCFI-2006. Se obtuvieron tres periodos de cosecha, de los cuales el óptimo fue el de 1300 UCA puesto que los frutos presentaron una vida postcosecha de 11 días y alcanzan su madurez de consumo a los 6 días.

Palabras clave: calidad postcosecha, cosecha, madurez, unidades calor.

¹ Tesista

² Director

ABSTRACT

The harvest of mango fruits 'Manila' the State of Veracruz is carried out considering the external appearance of the fruit according to the experience of the harvester, which results in uneven ripening causing commercial quality reduced. Because this is not a reliable indicator to determine the optimal time to harvest, the maturity of fruit was evaluated at the cutting time and their postharvest quality in relation to accumulated heat units (AHU). In order to do this, during the 2008, fruits were harvested every four days from 69 to 109 days after the tying of the fruit; the following year fruits were harvested at 1100, 1300, and 1500 AHU and stored at 25 ± 1 °C; fruit growth was evaluated, as well as some physical-chemical and physiological variables at the time of the cut, and every three days during 18 days of storing. Results showed that the growth of the fruit in the field was completed at 940 AHU; however, fruits harvested before 1046 AHU by their weight do not enter the code size of the NMX-FF-058-SCFI-2006. Three harvest periods were obtained, of which the best was at 1300 AHU based on fruits that showed a postharvest life of 11 days and reached their maturity consumption at 6 days.

Key words: Postharvest quality, harvest, maturity, heat units.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
TABLA DE CONTENIDO.....	i
LISTA DE CUADROS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE.....	vi
 I. INTRODUCCIÓN.....	 1
 II. REVISION DE LITERATURA.....	 3
2.1. Importancia del cultivo de mango.....	3
2.1.1. Económica.....	3
2.1.2. Nutricional.....	5
2.1.3. Uso y aplicaciones.....	5
2.2. Taxonomía y Descripción botánica de mango.....	6
2.3. Ecología del cultivo.....	8
2.4. Cultivares de mango.....	9
2.5. Ciclo fenológico de mango.....	10
2.5.1. Crecimiento y desarrollo del fruto.....	10
2.5.2. Madurez fisiológica y cosecha de mango.....	11
2.5.3. Proceso de la maduración del fruto.....	13
2.6. Índices de madurez o cosecha.....	15
2.6.1. Variables cronológicas.....	15
2.6.1.1. Unidades calor.....	16
2.6.2. Medios visuales.....	17
2.6.3. Características físicas.....	18
2.6.4. Cambios químicos.....	19
2.6.5. Método fisiológico.....	20
 III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	 21
3.1. Ubicación del área de trabajo.....	21
3.2. Material vegetal.....	21
3.3. Selección de periodos de cosecha.....	22
3.3.1. Evaluación de calidad en los periodos de cosecha.....	22
3.4. Variables.....	22
3.4.1. En campo.....	22
3.4.1.1. Unidades calor.....	22
3.4.1.2. Crecimiento del fruto.....	23

3.4.2. Físicas.....	23
3.4.2.1. Peso.....	23
3.4.2.2. Dimensiones.....	23
3.4.2.3. Color.....	23
3.4.2.4. Firmeza.....	23
3.4.3. Químicas.....	24
3.4.3.1. Sólidos solubles totales.....	24
3.4.3.2. Acidez titulable.....	24
3.4.3.3. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable.....	24
3.4.4. Fisiológicas.....	24
3.4.4.1. Respiración.....	24
3.4.4.2. Pérdida de peso.....	25
3.4.4.2.1. Arrugamiento.....	25
3.4.4.3. Patrón de maduración.....	25
3.4.5. Porcentaje de antracnosis.....	25
3.5. Diseño experimental y análisis estadístico.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Unidades calor.....	27
4.2. Crecimiento del fruto.....	28
4.3. Selección de periodos de cosecha.....	30
4.3.1. Variables físicas.....	30
4.3.2. Variables químicas.....	33
4.3.3. Variables fisiológicas.....	34
4.3.3.1. Respiración.....	34
4.4. Evaluación de calidad en los periodos de cosecha.....	35
4.4.1. Variables físicas.....	36
4.4.2. Variables químicas.....	42
4.4.3. Variables fisiológicas.....	45
4.4.3.1. Respiración.....	45
4.4.3.2. Pérdida de peso.....	48
4.4.3.2.1. Arrugamiento.....	50
4.4.3.3. Patrón de maduración.....	51
4.4.5. Porcentaje de antracnosis.....	53
V. CONCLUSIONES.....	55
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	56
VII. APÉNDICE.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Características morfológicas del fruto de mango.....	7
2. Comportamiento y ciclo fenológico del mango en clima tropical.....	10
3. Temperaturas y unidades calor acumuladas durante los años de producción 2008 y 2009 de mango 'Manila'.....	27
4. Crecimiento en dimensiones largo, ancho y grosor de mango 'Manila' durante los años de producción 2008 y 2009.....	29
5. CO ₂ de frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.....	34
6. Etileno de frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.....	35
7. Color de cascara de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	38
8. Cambios diarios en el color de cascara de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	39
9. Color de pulpa de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	41
10. Firmeza de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	42
11. Sólidos solubles totales de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	44

12. Acidez titulable de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	44
13. Relación AT/SST de frutos de mango 'Manila' cosechada a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	45
14. CO ₂ de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	46
15. Producción diaria de CO ₂ en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	46
16. Etileno de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	47
17. Producción diaria de etileno en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	48
18. Porcentaje de pérdida de peso de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	49
19. Cambios diarios en el porcentaje de pérdida de peso de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	50
20. Arrugamiento en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	51
21. Patrón de maduración de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	53
22. Porcentaje de antracnosis en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	54

LISTA DE CUADROS DEL APÉNDICE

Cuadro	Pág.
1A. Análisis de varianza de variables físicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.....	61
2A. Análisis de varianza de variables químicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.....	61
3A. Análisis de varianza de variables fisiológicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.....	62
4A. Análisis de varianza de variables físicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas al momento del corte.....	62
5A. Análisis de varianza de variables químicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas al momento del corte.....	63
6A. Análisis de varianza de variables fisiológicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas al momento del corte.....	63
7A. Análisis de varianza de variables físicas de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.	64
8A. Análisis de varianza de variables químicas de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	65
9A. Análisis de varianza de variables fisiológicas de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.....	65

I. INTRODUCCIÓN.

El mango (*Mangifera indica* L.) es considerado como uno de los frutos más exquisitos del mundo, por su color, sabor y excelentes propiedades nutricionales (Mitra y Baldwin, 1997). México es uno de los países con mayor producción donde se siembran diversos cultivares, entre los más importantes destacan el 'Manila'; siendo el estado de Veracruz el principal productor (171,390 T) (SIAP, 2006).

El fruto de mango 'Manila' tiene un excelente sabor atribuido a su alto contenido de sólidos solubles totales (Mata y Mosqueda, 1995). Sin embargo, la calidad y vida de anaquel es influenciada por el estado de madurez fisiológica en el momento de la cosecha (Mendoza y Wills, 1984).

En algunos cultivos se han sugerido algunas características para establecer la madurez fisiológica de los frutos, como son el número de días después de la floración o amarre hasta la madurez del fruto; el cálculo de unidades calor acumuladas durante el periodo de crecimiento (Kader, 1998); la evaluación de algunos variables físicos, químicos y bioquímicos (Salunkhe y Kadam, 1995). Sin embargo, actualmente los productores definen subjetivamente el periodo de cosecha lo que ocasiona grandes pérdidas durante postcosecha.

Para el mango 'Manila' la cosecha del fruto se realiza con base en la apariencia y el cambio de color de verde tierno a cenizo y el color de la pulpa de blanco a crema-amarillo; sin embargo, este es un método destructivo (Mata y Mosqueda, 1995) muy poco preciso puesto que varía en las diferentes regiones productoras. La falta de selección de un momento óptimo de cosecha da como resultado que la cosecha y por lo tanto la maduración de la fruta no sean uniformes (Mendoza y Wills, 1984).

Debido a lo anterior en el presente trabajo se propuso como objetivo determinar un periodo óptimo de cosecha con relación a las unidades calor mediante la medición de variables físicas (dimensiones, peso, color de cascara y pulpa, firmeza); químicas (sólidos solubles totales y acidez titulable) y fisiológicas (CO_2 y etileno) de frutos de mango 'Manila'.

II. REVISION DE LITERATURA.

2.1. Importancia del cultivo de mango.

2.1.1. Económica. En el 2007, la producción mundial de mango fue de 33 445 979 Mt; México ocupó el tercer lugar con una producción de 1 911 267 t (Cuadro1) (FAO, 2009). En ese mismo año, México ocupó el segundo lugar en exportaciones, que se destinaron principalmente a los mercados de Estados Unidos de América y Países Bajos (Cuadro 2) (FAO, 2009).

Cuadro 1. Producción y superficie cosechada de mango en el mundo.

País	Volumen de la producción (t)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)
India	13 501 000	2 143 000	6.30
China	3 715 292	442 836	8.39
México	1 911 267	193 390	9.88
Indonesia	1 818 619	270 000	6.74
Tailandia	1 800 000	285 000	6.32
Pakistán	1 719 180	164 558	10.45
Mundo	33 445 979	4 609 639	7.26

(FAO, 2009)

Cuadro 2. Principales países exportadores e importadores de mango.

País Exportador	Volumen de la exportación (t)	País Importador	Volumen de la Importación (t)
India	240 858	Estados Unidos	295 231
México	236 004	Países Bajos	111 830
Brasil	116 271	Reino Unido	57 381
Perú	82 512	Emiratos Árabes	47 038
Países Bajos	80 598	Alemania	46 762
Pakistán	62 057	Arabia Saudita	45 660
TOTAL	1 136 103	TOTAL	901 218

(FAO, 2009)

En el 2008, en el trópico mexicano se cosecharon alrededor de 42 807 ha de mango 'Manila', con una producción de 380 175 t; en este contexto el estado de Veracruz ocupó el segundo lugar en producción del país, con 129 217 t, a pesar de ser el estado con la mayor superficie cosechada de 24 012 ha (Cuadro 3). La zona productora de mango se localiza principalmente en la parte central del estado; destacando el municipio de Actopan con una producción de 25 778 t, aunque en pequeña escala se cultiva prácticamente en toda el área del trópico (Cuadro 4) (SIAP 2009).

Cuadro 3. Superficie, producción y valor de mango 'Manila' en México.

Estado	Superficie cosechada (ha)	Volumen de producción (t)	Valor de producción (Miles de pesos)
Guerrero	8 727	133 443	829 515
Veracruz	24 012	129 217	273 805
Sinaloa	4 666	48 782	63 871
Oaxaca	1 097	18 527	31 550
Colima	1 261	16 450	33 636
Nayarit	1 423	15 954	20 442
Total	42 807	380 175	1 283 571

(SIAP, 2009)

Cuadro 4. Superficie, producción y valor de mango 'Manila' en el estado de Veracruz.

Municipios	Superficie cosechada (ha)	Volumen de producción (t)	Valor de producción (Miles de pesos)
Actopan	4 038	25 778	65 008
San Andrés Tuxtla	1 350	9 450	30 240
Paso de Ovejas	1 670	9 050	22 625
Tierra Blanca	3 500	8 750	8 750
Puente Nacional	1 240	7 100	17 750
Soledad de Doblado	825	6 600	9 900
Total	24 012	129 217	273 805

(SIAP, 2009)

África y en el Oriente se consumen las semillas hervidas o tostadas (Torcia y Munguía, 1993).

2.2. Taxonomía y descripción botánica de mango.

El mango cuyo nombre científico es *Mangifera indica* L., pertenece a la Clase: Dicotiledónea; Subclase: Rosidae; Orden: Sapindales; Suborden: Anacardiineae; Familia: Anacardiaceae; Género: *Mangifera*; Especie: *indica* (Bompard y Schnell, 1997; Galán, 1999).

El árbol de mango es una planta perenne, que en los trópicos puede alcanzar hasta los 40 m de altura, presenta un tronco monopódico con una ramificación verticilar y subverticilar (Galán, 1999); su sistema radical es típicamente pivotante, en el cual la raíz principal penetra hasta 6 u 8 m de profundidad y las superficiales se extienden en un radio de 10 m (Torcia, 1993).

Las hojas son simples, alternas, dispuestas en espiral, de forma oblonga, lanceolada o elíptica; las orillas son generalmente enteras y algunas veces onduladas; su tamaño varía de 12.5 a 37.5 cm de largo y de 2.5 cm a 12.5 cm de ancho; el lado del haz es duro y brillante, de color verde oscuro, mientras que el envés es verde claro, variando los tonos dependiendo del cultivar (Singh, 1960).

La inflorescencia es una panícula que brota al final de una ramilla, mide de 10 a 60 cm de largo, con 1000 a 10 000 flores dependiendo del cultivar; en la misma panícula hay flores hermafroditas y masculinas; ambos tipos miden alrededor de 6 mm, tienen 5 pétalos pubescentes de color verde y cinco pétalos caedizos de color anaranjado, amarillo o verdoso (Ramírez, 1991), poseen un

solo estambre fértil y 4 estaminoides; el centro de la flor es ocupada por un disco nectario de 4 o 5 segmentos. Las flores hermafroditas presentan un ovario globoso, uniloculado y un solo estigma; las flores masculinas son esencialmente iguales excepto por la ausencia de un ovario, los pétalos son blancos rosáceos (Nakasone y Paull, 1999).

El fruto de mango es una drupa carnosa; con corteza coriácea, mesocarpio carnoso y extenso, con endocarpio pétreo en el exterior y una membrana interna papirácea (Pantastico, 1984); la presencia de fibra, tamaño y sabor varían según el cultivar, el rasgo más característico del fruto es la formación de una prominencia cónica, conocida como "pico". La forma del fruto varía de redondo a ovoide o alargado, aplanado lateralmente y usualmente el lado ventral es cóncavo mientras que el ventral es convexo (Fig. 1); el color de la cascara presenta diferentes mezclas de verde, amarillo y tonos rojizos (Singh, 1960).

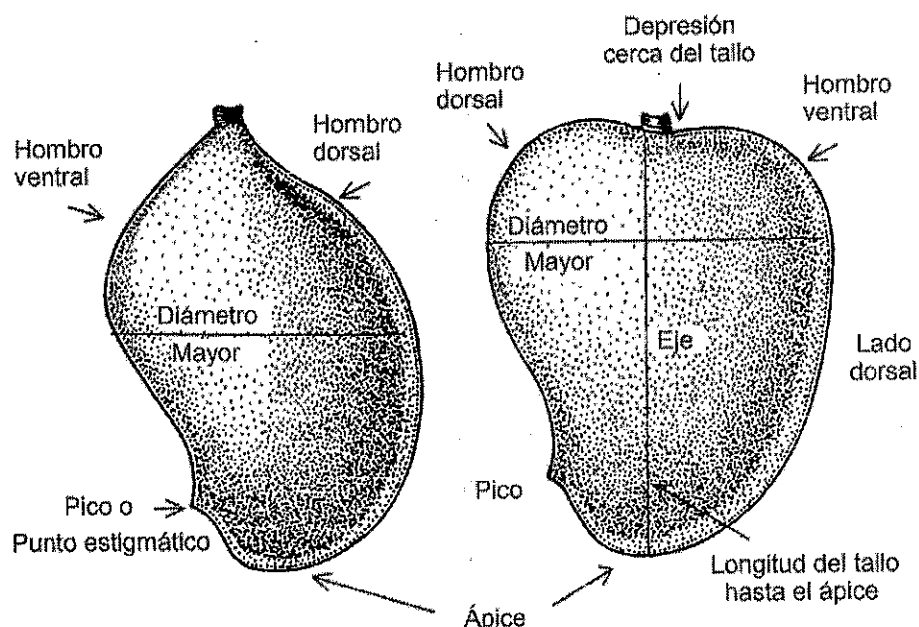


Figura 1. Características morfológicas del fruto de mango (Pope, 1929: citado por Singh, 1960).

La semilla del mango es ovoide, oblonga y alargada, se encuentra recubierta por un endocarpio fibroso; posee una testa delgada y de consistencia como el papel (Galán, 1999).

2.3. Ecología del cultivo.

El mango es un frutal de clima tropical y puede prosperar en climas subtropicales en donde la temperatura no baje de los 15 °C; puesto que el mango es originario de zonas con clima monzónico (en el cual se alternan épocas de humedad elevada y de sequía), prospera mejor en zonas que tienen un periodo seco durante invierno y primavera y periodo lluvioso en los meses de verano (Ramírez, 1991)

El cultivo del mango puede desarrollarse a los 1200 m.s.n.m. en los trópicos, aunque la mejor producción es a los 800 m.s.n.m.; el rango de la temperatura del aire se sitúa entre los 24 y 30 °C, durante el desarrollo de la fruta el árbol puede soportar los 48 °C con suficiente riego, las temperaturas bajas de 1 a 2 °C limitan el crecimiento (Nakasone y Paull, 1999).

El mango puede desarrollarse en todo tipo de suelo, aunque es preferible un suelo plano aluvial, con 5.5 a 7 de pH y 1 m mínimo de profundidad (Nakasone y Paull, 1999). La precipitación se considera como idónea con un mínimo de 700 mm anuales uniformemente distribuidos (Galán, 1999).

2.4. Cultivares de mango.

Los cultivares de mango se dividen en dos grupos: los monoembriónicos que son de origen hindú (India) y los poliembriónicos que proceden de Indonesia, Tailandia y Filipinas (Salunkhe y Desai, 1986).

El grupo monoembriónico tienen un embrión verdadero sexual del cual se produce una única planta heterocigótica y con características diferentes a la planta madre (Sturrock, 1972); por lo que se requieren métodos de propagación vegetativa; la fruta es casi siempre amarilla con chapeo de tinte purpúreo o rojizo variable en intensidad; la mayoría de los cultivares procedentes de Florida o "petacones" pertenecen a este grupo, como el 'Haden' (Mosqueda *et al.*, 1996).

Las semillas del grupo poliembriónico producen más de una planta, las cuales son nucelares, es decir provienen genéticamente de la planta madre (Sturrock, 1972), por lo que se propagan por semilla sin tanta variación genética; la fruta es verde pálida a amarilla y en ocasiones con tintes rosados; el mango 'Manila' es un ejemplo de este grupo (Mosqueda *et al.*, 1996).

Los cultivares de mayor importancia que se producen en México son: Haden, Manila, Esmeralda, Kent, Keith, Tommy Atkins y Palmer, los cuales se comercializan principalmente en los meses de abril a octubre (Nakasone y Paull, 1999).

El árbol de 'Manila' es grande, vigoroso y con copa abierta; produce frutos de tamaño medio de 12.5 a 14 cm de largo, 5.5 a 6 cm de ancho y 5 a 5.5 cm de grueso, con peso entre 160 a 300 g, su forma es elíptica, la fruta madura es de color amarillo, con cáscara delgada; contiene más del 80% de pulpa, la

cual es firme, jugosa y con poco fibra, presenta un contenido mayor al 20% de sólidos solubles totales lo cual le atribuye un excelente sabor (Knight, 1997; Mata y Mosqueda, 1998).

2.5. Ciclo fenológico del mango.

El conocimiento del ciclo fenológico del mango, es decir, el conocimiento del comportamiento en función de las variaciones climáticas a lo largo del año, es muy importante para el manejo del cultivo con buenos rendimientos. El primer modelo fenológico lo presentó Cull (1991) (Fig. 2) para condiciones tropicales (Galán, 1999).

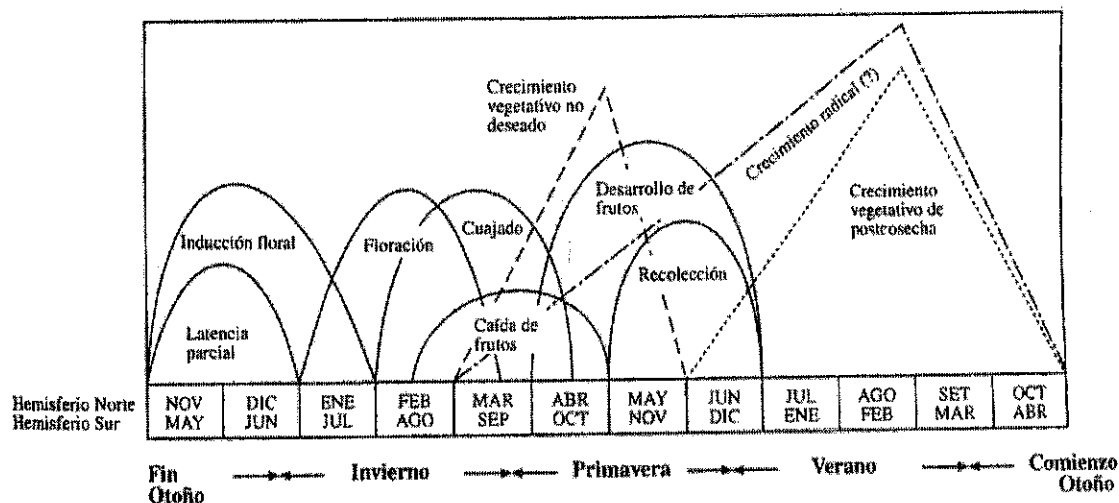


Figura 2. Comportamiento y ciclo fenológico del mango en clima tropical (Cull, 1991: citado por Galán, 1999).

2.5.1. Crecimiento y desarrollo del fruto. El crecimiento del fruto de mango muestra una curva simple sigmoidea en términos de longitud, grosor, masa y volumen días después de la antesis. El periodo desde el amarre de fruta hasta madurez comprende de 10 a 18 semanas dependiendo del cultivar y clima (Nakasone y Paull, 1999).

Se considera amarre de fruto al crecimiento rápido del ovario que sigue, por lo común, a la polinización-fecundación (Mata y Mosqueda, 1998). Después del amarre, el fruto inicia su desarrollo mediante la división y expansión celular; esto implica cambios en tamaño, peso y varias enzimas importantes (Salunkhe y Kadam, 1995).

La máxima caída de frutos ocurre durante las 3 primeras semanas después del amarre (Mosqueda *et al.*, 1996); lo que se denomina caída juvenil la cual ocurre cuando el fruto tiene el tamaño de una canica. Esta caída de frutos puede deberse al ajuste natural que realiza el árbol a una carga adecuada a su vigor (Mata y Mosqueda, 1998).

Después del amarre del fruto hay un periodo en la semana 9 ó 12 en la que el crecimiento disminuye, esto es asociado con el endurecimiento del endocarpio y la acumulación de azúcares. El endocarpio endurece con el aumento de las fibras en la pulpa (Nakasone y Paull, 1999), cuando esto pasa la semilla, embrión y endocarpio permanecen constantes en tamaño, pero el mesocarpio o pulpa continúa aumentando hasta la madurez fisiológica (Mosqueda *et al.*, 1996).

2.5.2. Madurez fisiológica y cosecha de mango. La cosecha de los frutos, debe realizarse en el momento adecuado de su madurez fisiológica, debido a que los frutos que maduran en el árbol son de poco aroma y baja resistencia al transporte, por el contrario si se cosechan antes de su madurez, presentan una maduración desuniforme, una baja relación azúcar-ácido y una vida más corta en el almacenamiento (Mata y Mosqueda, 1998).

En algunas variedades de mango originarias de la India (petacones) la madurez fisiológica está indicada por el llenado de los hombros, el grado en que los hombros sobresalen del pedúnculo, el contenido de almidón o el peso específico (Kader *et al.*, 2007), como en el caso de 'Haden', el cual con valores de 1.02 de peso específico se puede cosechar; sin embargo para otros cultivares el peso específico proporciona indicaciones algo erráticas, probablemente por el tamaño de la cavidad de la semilla (Pantastico, 1975).

Para el mango 'Manila' el cambio de color verde tierno a verde seco-cenizo (método subjetivo, muy dependiente de la experiencia del cosechador), indica que el fruto está listo para la cosecha, esto ocurre entre los 84 y 115 días después de haber amarrado el fruto (tamaño de 0.5 cm) dependiendo de las temperaturas durante su desarrollo (Mosqueda *et al.*, 1996); existe un método destructivo que consiste en observar el color de la pulpa cerca de la semilla, si es amarilla se pueden cosechar y si es blanca el fruto no madurará con una buena calidad (Galán, 1990).

Aún no se ha desarrollado algún criterio no destructivo y de suficiente validez para determinar de forma correcta la madurez de los mangos con base en su apariencia externa (Galán, 1999); puesto que la cosecha de los mangos basada en los cambios de color externo hace difícil la discriminación entre la fruta que podrá madurar con una calidad aceptable de aquella que no lo hará (Kader *et al.*, 2007).

Debido a que las fechas de cosecha varían de acuerdo con la variedad de mango y zona donde se cultive; deberán determinarse el número de días de floración a madurez o variables fisicoquímicos como: los cambios de color del

fruto, el peso específico, los sólidos solubles, la acidez, carbohidratos, compuestos fenólicos ó el periodo climatérico de la respiración; realizando muestreos periódicos, con la finalidad de determinar la madurez de cosecha y una calidad satisfactoria para cada zona y para cada variedad (Pantastico, 1975; Salunkhe y Desai, 1986).

2.5.3. Proceso de la maduración del fruto. Durante el proceso de maduración se llevan a cabo una serie de cambios físicos, químicos e histológicos con los que el fruto adquiere cualidades de color, textura, sabor y aroma favorables para su consumo (Bósquez *et al.*, 1996; Mattoo *et al.*, 1975). Los mangos maduran de 6 a 14 días en condiciones ambientales, dependiendo de la variedad y las condiciones ambientales (Salunkhe y Kadam, 1995).

El mango es un fruto climatérico; el climaterio representa un estado de auto-estimulación en el incremento de la respiración (Salunkhe y Desai, 1986); su periodo de ontogenia es caracterizado por una serie de cambios bioquímicos iniciados por la auto-catálisis de la producción de etileno y el aumento en la respiración (Salunkhe y Kadam, 1995).

Existen evidencias de que el proceso de maduración del mango se inicia en los tejidos internos del mesocarpio y progresa hacia el mesocarpio externo (Bósquez *et al.*, 1996). Los cambios más relevantes durante la maduración del mango son los siguientes:

Color. Los principales pigmentos en el fruto son clorofilas, carotenoides, xantofilas y antocianinas, las cuales son sintetizadas por la vía de los terpenos o fenilpropanoides (Gómez, 1997). El signo más claro de la maduración es la

pérdida del color verde por la degradación de la clorofila, apareciendo los pigmentos amarillos (carotenoides y xantofilas), el chapeado se debe a la presencia de antocianinas (Bósquez *et al.*, 1996).

Ablandamiento. Las células de la pulpa de la fruta son grandes y parenquimatosas y pierden turgencia debido a la hidrólisis de la pared celular, la cual contienen polisacáridos abundantes principalmente almidón que se degrada debido a la hidrólisis durante la maduración, por lo cual disminuye la firmeza en el fruto (Parick *et al.*, 1990). Este ablandamiento aumenta a medida que va alcanzando su madurez fisiológica, esto es debido por la disolución de la lámina media y de las paredes celulares (Wills *et al.*, 1998).

Sabor. Disminuyen los niveles de ácido cítrico, así como también la astringencia al polimerizarse los compuestos fenólicos simples; la hidrólisis del almidón da lugar a un aumento de azúcares solubles, principalmente sacarosa, lo cual se percibe en el sabor como un aumento en la dulzura (Bósquez *et al.*, 1996).

Aroma. Los compuestos volátiles que se desprenden de un fruto son emitidos en cantidades notorias sólo cuando empieza su maduración (Mattoo *et al.*, 1975). Ackerman y Torline (1984) identificaron dos ésteres de ácidos insaturados (ácido 2-butenoico y ácido 3-butanoico) y sugieren que estos compuestos son los responsables del aroma característico del mango (citado por: Gómez, 1997).

2.6. Índices de madurez o cosecha.

La buena calidad de las frutas y hortalizas se obtiene cuando la cosecha se realiza en el estado de madurez apropiado. Las frutas inmaduras resultan de mala calidad y maduran en forma irregular, por otra parte, el retraso de la cosecha aumenta la susceptibilidad a la pudrición (Pantastico *et al.*, 1975).

El índice de madurez para un producto dado, es una o varias medidas que pueden utilizarse para determinar si el producto posee la madurez fisiológica requerida comercialmente (Reid, 2007).

Con frecuencia, los índices de cosecha se vuelven arbitrarios y subjetivos, por lo que el enfoque apropiado para apreciar la madurez se encuentra en la combinación de varios métodos (Pantastico *et al.*, 1975).

Los índices de cosecha objetivos son vitales para una predicción precisa de las fechas de cosecha; siendo importantes para planear las operaciones de cosecha (mano de obra y maquinaria) y en la comercialización de frutas y hortalizas; en este punto los índices ayudan a que los productores no vendan productos inmaduros o sobremaduros, ya que los ellos mismos adelantan o retrasan las cosecha para obtener ventaja en el precio, debido a que la mayoría de los mercados se manejan por la ley de la oferta y la demanda (Reid, 2007).

2.6.1. Variables cronológicas. La edad de la fruta es el método más simple de evaluar la madurez; consiste en el registro de los días a partir del inicio de la floración, floración plena o amarre de la fruta (Bósquez *et al.*, 1996). Sin embargo, los índices cronológicos no son perfectos, puesto que este criterio es variable según el cultivar y la región, ya que solo puede tener utilidad en

lugares con condiciones climáticas idénticas año tras año (Galán, 1999) lo que actualmente no es muy común.

2.6.1.1. Unidades calor. El método cronológico es más refinado cuando se expresan las unidades de desarrollo en términos de "tiempo fisiológico" en lugar de tiempo cronológico (Pérez y Puche, 2003); de aquí surge el cálculo de las unidades calor (grados-día) durante el periodo de crecimiento; este cálculo modula el índice cronológico de acuerdo al patrón del clima durante la estación (Reid, 2007).

La forma más usada y simple para calcular las unidades calor o grados-día (GD) se basa en la suma de los subtotales diarios, producto de la diferencia entre la temperatura promedio diaria y la temperatura base (T_b):

$$T_d = T_x - T_b$$

donde:

T_d = grados días acumulados en un día [$(^{\circ}\text{C d})/\text{d}$].

T_x = temperatura promedio del día ($^{\circ}\text{C}$).

T_b = temperatura base ($^{\circ}\text{C}$).

Los grados-día acumulados (unidades calor acumuladas) en un periodo de n días serían (Pérez y Puche, 2003):

$$\sum_{i=1}^n tdi = \sum_{i=1}^n Txi - T_b$$

El concepto de unidades calor al aplicarse a observaciones fenológicas ha sido de gran utilidad en la agricultura. Entre las múltiples aplicaciones de esta variable se encuentran la programación de fechas de siembra o ciclos de cultivo; el pronóstico de fechas de cosecha y rendimiento; determinación del

desarrollo vegetal esperado en diferentes genotipos o localidades, fechas de siembra o inicios del ciclo de cultivo y el pronóstico de aparición de plagas y enfermedades (Neild y Seeley, 1977: citado por Pérez y Puche, 2003).

Se ha observado que un cultivo necesita acumular un determinado número de unidades calor o grados-día para alcanzar la madurez; puesto que cuando el tiempo es excepcionalmente cálido, la madurez se adelanta y cuando es más frío de lo habitual se retrasa (Wills *et al.*, 1998). En el caso de cítricos, las unidades calor acumulados no solamente reflejan desarrollo; también pueden determinar la fecha aproximada de maduración y cosecha para un cultivar determinado (Pérez y Puche, 2003).

Sin embargo, la relación de la temperatura con el crecimiento, base de la unidad calor, sólo es válida dentro de un rango limitado de temperaturas y bajo condiciones similares a las otras variables ecológicas. Asimismo el sistema de unidades calor no es útil para especies sensibles al fotoperiodo (Pantastico *et al.*, 1975).

2.6.2. Medios visuales. El productor en pequeña escala se basa en la inspección visual, sin embargo, en plantaciones grandes este método se vuelve tedioso e inseguro. Cambios visibles como la persistencia de una parte del pistilo, presencia de hojas externas maduras, el secamiento del cuerpo de la planta o el llenado del fruto son muy subjetivos, aunque pueden ser útiles en etapas previas o tardías de la madurez (Pantastico *et al.*, 1975).

2.6.3. Características físicas. Se han empleado una amplia variedad de estas características para evaluar la maduración de los productos, entre las cuales están:

Tamaño. Un tamaño excesivo indica una madurez excesiva y un tamaño pequeño indica un estado inmaduro, aunque este criterio no es una guía fidedigna en todos los productos (Wills *et al.*, 1998).

Peso específico. (Peso/volumen) Consiste en una prueba de flotación de la fruta. Los frutos que no han alcanzado su desarrollo total, flotan en el agua manteniendo aproximadamente 10% de su volumen fuera del agua (Bósquez *et al.*, 1996).

Abscisión. En muchas frutas, se desarrolla sobre el pedúnculo una banda de células especiales: la zona o capa de abscisión; esta zona de abscisión permite a la fruta separarse de la planta y es utilizado para determinar la madurez de los melones (Reid, 2007).

Color. El cambio de color que acompaña a la madurez fisiológica es utilizado ampliamente como índice de madurez; ya que el ojo humano no es capaz de dar una buena evaluación de un simple color, las cartas de color pueden utilizarse para determinar el color externo e interno (Reid, 2007). También puede determinarse objetivamente, mediante el empleo de espectrofotómetros de reflectancia y transmitancia o colorímetros Hunter que miden el color en la superficie (Wills *et al.*, 1998).

Firmeza. Es la resistencia que ofrecen los tejidos de la pulpa a la fuerza de compresión (Bósquez *et al.*, 1996). Este ablandamiento puede valorarse subjetivamente presionando con el dedo pulgar o subjetivamente mediante un

penetrómetro, el cual mide la resistencia a la penetración de un émbolo, de diámetro estándar a lo largo de un trayecto también estandarizado (Wills *et al.*, 1998).

2.6.4. Cambios químicos. Muchos cambios químicos se han utilizado en estudios de índices de madurez, pero relativamente pocos han resultado índices satisfactorios ya que usualmente requieren de un muestreo destructivo y de análisis químicos complejos (Reid, 2007).

Los cambios químicos en el contenido de azúcar en los frutos, se puede medir fácilmente (ya que es el componente principal de los sólidos solubles) mediante un refractómetro o un densímetro directamente del jugo extraído. Los estándares de madurez de melones, uvas y cítricos está basado en la riqueza de los sólidos solubles (Wills *et al.*, 1998).

Otro variable es la acidez, que es el contenido de ácidos orgánicos solubles en la pulpa de la fruta (Bósquez *et al.*, 1996). Es fácil determinar la acidez titulable, en el jugo extraído, mediante la titulación de una disolución alcalina, hasta el viraje de un indicador de pH o hasta alcanzar un pH específico (Wills *et al.*, 1998).

El cociente azúcar/ácido esta mejor relacionado con las valoraciones organolépticas, expresando ambas variables en términos de peso sobre peso fresco (Wills *et al.*, 1998); esta relación azúcar/ácido se emplea como índice de madurez legal para cítricos (Reid, 2007).

A medida que ciertas frutas maduran suele crecer su riqueza en extracto seco, lo que puede servir como índice en productos en que el contenido de

almidón o azúcares aumenta mucho durante la maduración. La riqueza porcentual en extracto seco se puede determinar utilizando un horno de microondas para el secado del producto (Wills *et al.*, 1998).

2.6.5. Método fisiológico. En los frutos climatéricos, la madurez comercial puede relacionarse con el incremento en la actividad respiratoria y/o en la producción de etileno. En manzanas y peras la cosecha se realiza inmediatamente antes del pico climatérico, para que alcancen la calidad óptima (Wills *et al.*, 1998). Los datos de respiración expresan con precisión la edad, en especial en las etapas de maduración. Se mide la respiración en diferentes fechas de cosecha y se decide cual es la mejor fecha, esto se puede correlacionar con la posición en la curva respiratoria (Pantastico *et al.*, 1975).

La pérdida fisiológica de peso depende en gran parte del producto y del estado de madurez en que se coseche, esto es, a menor estado de madurez mayor pérdida de peso en postcosecha, lo cual esta posiblemente asociado a las características epidérmicas y la cubierta cerosa de la superficie (Bósquez *et al.*, 1996).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación del área de trabajo.

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología de Frutales y Laboratorio de Usos Múltiples del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo; ubicada en el Km. 38.5 de la Carretera México – Texcoco en Chapingo, Texcoco, Estado de México.

Los frutos de mango ‘Manila’ fueron proporcionados por el Campo Experimental Cotaxtla (CECOT) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), cuya ubicación es 18° 55’ 92” latitud norte, 96° 11’ 48” longitud oeste a una altitud de 14 msnm; en el kilómetro 34.5 de la carretera Veracruz – Córdoba, Municipio de Medellín de Bravo, Veracruz.

3.2. Material vegetal.

Los frutos se cosecharon en una plantación de mango ‘Manila’ en floración natural, ubicada en el CECOT – INIFAP, con aplicación de las labores culturales propias del cultivo y condiciones de “temporal”. Durante los años de producción 2008 y 2009; después del amarre se marcaron frutos de mango con tamaño de entre 1.8 a 2.2 cm de largo, con la finalidad de uniformizar la edad de los frutos.

3.3. Selección de periodos de cosecha.

En el año 2008, los frutos de mango 'Manila' se cosecharon a partir de los 69 hasta los 109 días después del amarre o días de desarrollo (DDD); se realizaron cosechas cada 4 días, es decir, a los 69, 73, 77, 81, 85, 89, 93, 97, 101, 105 y 109 DDD; después de la cosecha, los frutos se transportaron al laboratorio para el análisis de las variables físicas, químicas y fisiológicas (solo respiración), con la finalidad de identificar los periodos de corte en función de los análisis estadísticos de las variables mencionadas.

3.3.1. Evaluación de calidad en los periodos de cosecha. En el año 2009, los frutos de mango 'Manila' se cosecharon a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas (UCA) (de acuerdo a los periodos identificados en el año 2008), es decir, a los 71, 82 y 94 DDD; los frutos se trataron con fungicida Benomilo (0.05 g/L) por inmersión durante 5 min., posteriormente se colocaron en un cuarto a temperatura de 25 ± 1 °C, durante 18 días. Al momento del corte y cada 3 días de almacenamiento se analizaron las variables físicas, químicas y fisiológicas.

3.4 Variables.

3.4.1. En campo.

3.4.1.1. Unidades calor. En la plantación de mango 'Manila' se instaló un termómetro HOBO-ONSET para el registro de temperatura cada 30 min. Con los datos registrados se calcularon las unidades calor acumuladas, con temperatura base de 10 °C (Guzmán *et al.*, 1996) mediante la fórmula:

$$\sum_{i=1}^n tdi = \sum_{i=1}^n Txi - T_b$$

3.4.1.2. Crecimiento del fruto. A los frutos marcados en los arboles de mango, se les midió dos veces por semana, las dimensiones (cm) de largo, ancho y grosor con un calibrador Vernier, a partir de los 55 y 50 días de desarrollo hasta la caída de los frutos.

3.4.2. Físicas.

3.4.2.1. Peso. (g) Se determinó por medio de una balanza digital (ADAM – ACB Plus 1000).

3.4.2.2. Dimensiones. A los frutos se les determinó el largo, ancho y grosor (cm) con un vernier digital (GENERAL).

3.4.2.3. Color. (L^* , C^* y $^{\circ}h$) El color de cáscara y pulpa se determinaron con un colorímetro de L^* a^* b^* (COLER TEC – PCM), el color de cáscara se analizó en la parte ecuatorial del fruto y el color de pulpa se obtuvo de la parte media de una rebanada del fruto. Los datos de L^* , a^* y b^* se transformaron a L^* , C^* y $^{\circ}h$, mediante el programa SAS® (McGuire, 1992).

3.4.2.4. Firmeza. (N) se midió el esfuerzo necesario para vencer la resistencia que presentó la pulpa a la introducción de un embolo de metal, esto se determinó mediante un analizador de textura (MECMESIN – Compact Gauge), adaptado con una sonda cónica, para lo cual se eliminó la cáscara en la parte central del fruto.

3.4.3. Químicas.

3.4.3.1. Sólidos solubles totales. (°Brix) Se determinó con un refractómetro digital (ATAGO – Pal 1), se tomaron de 4 a 5 gotas de jugo directamente de la pulpa fresca.

3.4.3.2. Acidez titulable. (% AT) Se determinó por titulación (método volumétrico) con NaOH 0.1N y fenolftaleína como indicador, de acuerdo con la AOAC (1984). El porcentaje de ácido cítrico se obtuvo mediante la fórmula:

$$\% \text{ ácido cítrico} = \frac{ml \text{ NaOH} \times N \times Meq \text{ ac.} \times V \times 100}{\text{Peso de muestra} \times \text{alícuota}}$$

Donde:

ml NaOH = Mililitros gastados de NaOH en la titulación.

N = Normalidad del NaOH.

Meq ac. = miliequivalente del ácido cítrico.

V = Volumen total.

3.4.3.3. Relación sólidos solubles totales/acidez titulable. (SST/AT)

Se determinó por la obtención del cociente de los sólidos solubles totales/acidez titulable.

3.4.4. Fisiológicas.

3.4.4.1. Respiración. La producción de CO₂ y etileno se midió en 2 frutos enteros, por medio de un sistema cerrado; del cual después de 1 hora, se tomó 1 mL del espacio de cabeza con una aguja hipodérmica, la muestra se inyectó en un cromatógrafo de gases (VARIAN – modelo 3400) acondicionado con una columna Poropak 80/100 de 2 mm x 1/8"; para CO₂ el detector fue de conductividad térmica (TCD) y para etileno el detector fue de ionización de

flama (FID), manteniendo 150 °C en el inyector, 80 °C en el horno, 170 °C en el TCD y 250 °C en el FID y con 32.3 mL min⁻¹ del flujo de He como gas acarreador. Como estándar se utilizó CO₂ (399 mg L⁻¹) y etileno (103 mg L⁻¹) de la compañía INFRA.

3.4.4.2. Pérdida de peso. Se determinó por medio de una balanza digital (ADAM – ACB Plus 1000). Los datos de porcentaje de pérdida de peso se obtuvieron por diferencia entre el peso inicial y final en cada evaluación mediante la fórmula:

$$\% \text{ de pérdida de peso} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

3.4.4.2.1. Arrugamiento. Se determinó diariamente en los frutos utilizados para la variable de patrón de maduración; se utilizó una escala hedónica para la evaluación, la cual consistió en: liso = 1, rugoso = 2.

3.4.4.3. Patrón de maduración. Consistió en realizar diariamente a los mismos frutos de mango, una evaluación de cambios en la firmeza al tacto, para lo cual se utilizó una escala que consistió en la apreciación de si el fruto se presentaba duro, cambiante ó suave; los resultados se expresaron como el promedio ponderado de días requeridos para la madurez de consumo.

3.4.5. Porcentaje de antracnosis

Se evaluó diariamente en los mismos frutos utilizados para la variable de patrón de maduración, a los frutos se les determinó el porcentaje de antracnosis con las siguientes categorías: 0 = 0%, 1 = 1-20%, 2 = 21-40%, 3 = 41-60%, 4 = 61-80%, 5 = 81-100%. Además, se les determinó diariamente las variables de



color, respiración y pérdida de peso, con la finalidad de obtener la tendencia del comportamiento diario de los frutos para estas variables.

3.5. Diseño experimental y análisis estadístico.

En el año 2008 y 2009, para el registro del crecimiento de frutos en campo, se aplicó un diseño experimental completamente al azar; se consideró un árbol como una repetición, la unidad experimental consistió de 20 frutos por árbol, con 3 repeticiones. En laboratorio, para la selección de periodos de cosecha en el año 2008, se aplicó un diseño experimental completamente al azar; se consideró un árbol como una repetición, la unidad experimental consistió de 5 frutos por árbol, con 3 repeticiones. Para el año 2009, en la evaluación de calidad en los periodos de cosecha, se aplicó un diseño experimental factorial en bloques al azar, con el factor A: Cosechas (a determinadas unidades calor acumuladas) y factor B: Días de almacenamiento, con 3 y 7 niveles respectivamente; el bloqueo se realizó por árbol, debido a que se presentó un gradiente de variación del riego en la plantación, un árbol consistió en un bloque; la unidad experimental consistió de 2 frutos por árbol, con 3 repeticiones. Los datos de porcentaje de antracnosis se transformaron utilizando el arco seno de la raíz cuadrada del porcentaje de infección de cada fruto (Reyes, 1980). Con los datos registrados se realizaron los ANAVA y la prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) con el programa estadístico SAS®. Los datos obtenidos de las escalas hedónicas se analizaron por medio de la Prueba de Friedman, la unidad experimental consistió de 2 frutos por árbol, con 3 repeticiones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Unidades calor.

El año de producción 2008, abarcó del 15/02/08 al 05/06/08, con una temperatura promedio de 25.4 °C y se acumularon 1706 unidades calor (UC). El siguiente año, fue del 11/03/09 al 30/06/09, durante el cual se acumularon un total de 1806 UC y una temperatura promedio de 26.3 °C. Ambos años comprendieron 111 días y difirieron al final del período en 100 UC, por lo cual el año de producción 2009 fue el más cálido (Fig. 3).

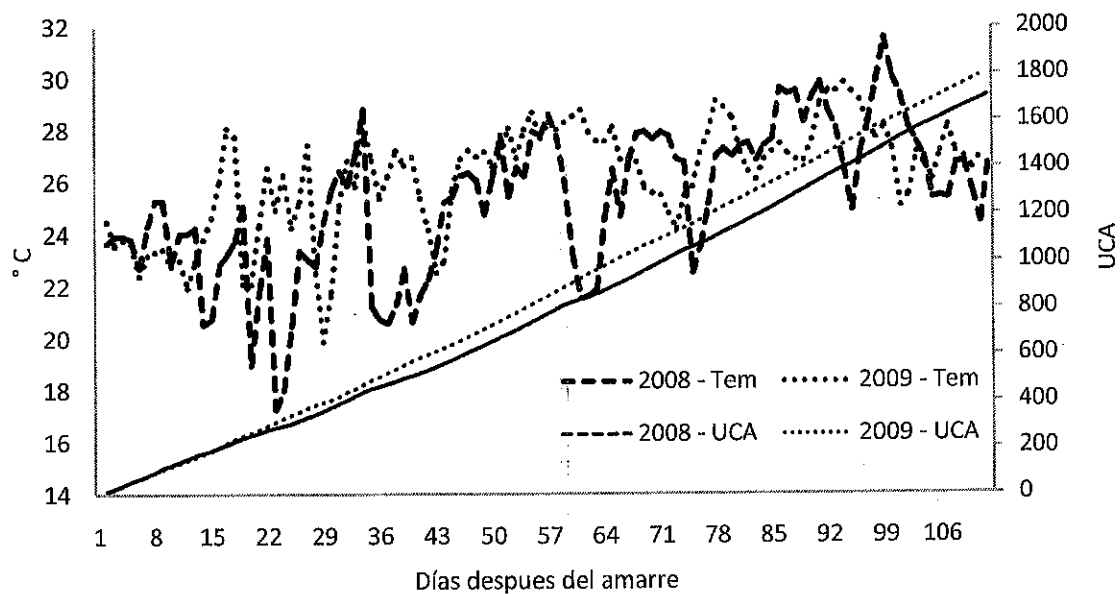


Fig. 3. Temperaturas y unidades calor acumuladas durante los años de producción 2008 y 2009 de mango 'Manila'.

4.2. Crecimiento del fruto.

El crecimiento del mango se ha definido en tres etapas (Pacheco y Tello, 2003): la primera se caracteriza por el crecimiento lento y una alta actividad de división celular (esta etapa no se evaluó en el estudio). En la segunda etapa, se presenta la pendiente más pronunciada de la curva de crecimiento del fruto, esto se observó desde los 50 a los 67 días de desarrollo (DDD) en el año 2008, y de los 50 a 61 DDD para el año 2009, este incremento en el tamaño y peso de los frutos es debido a la expansión celular. Finalmente el ritmo de crecimiento es estable con incrementos no significativos a partir de los 61 y 67 DDD para los años 2008 y 2009 respectivamente (Fig. 4), en esta tercera etapa, se inicia la maduración organoléptica de los frutos; que comprende el sazonomiento, respiración climatérica, deposición de reservas, disminución del crecimiento celular y del fruto (Guzmán *et al.*, 1996).

Guzmán *et al.* (1996), mencionan que para el mango 'Manila', esta tercera etapa se inicia a partir de los 83 DDD; estos resultados difieren con los obtenidos debido al conteo en los DDD; puesto que en la investigación citada, el conteo de días se realizó a partir del momento de la floración y en el presente trabajo se realizó a partir del amarre de fruto.

En las zonas tropicales la temperatura juega un papel importante en el control de las tasas de desarrollo vegetal, puesto que define la aparición y duración de las diferentes fases fenológicas (Pérez y Puche, 2003). Debido al incremento de las temperaturas presentadas en el año 2009, los frutos alcanzaron su desarrollo a una edad más temprana (61 DDD) que los del año 2008 (67 DDD), con una diferencia de 6 días entre los dos años; esto debido a

que cuando se presentan temperaturas cálidas, la madurez se adelanta y cuando es más frío de lo habitual se retrasa (Wills *et al.*, 1998). Para evitar estas diferencias entre número de días de cosecha, las unidades calor acumuladas (UCA), se pueden considerar como un índice de estandarización, ya que se requirieron 941 y 944 UCA, para iniciar la etapa de maduración en los años de producción 2008 y 2009 respectivamente (Fig. 4).

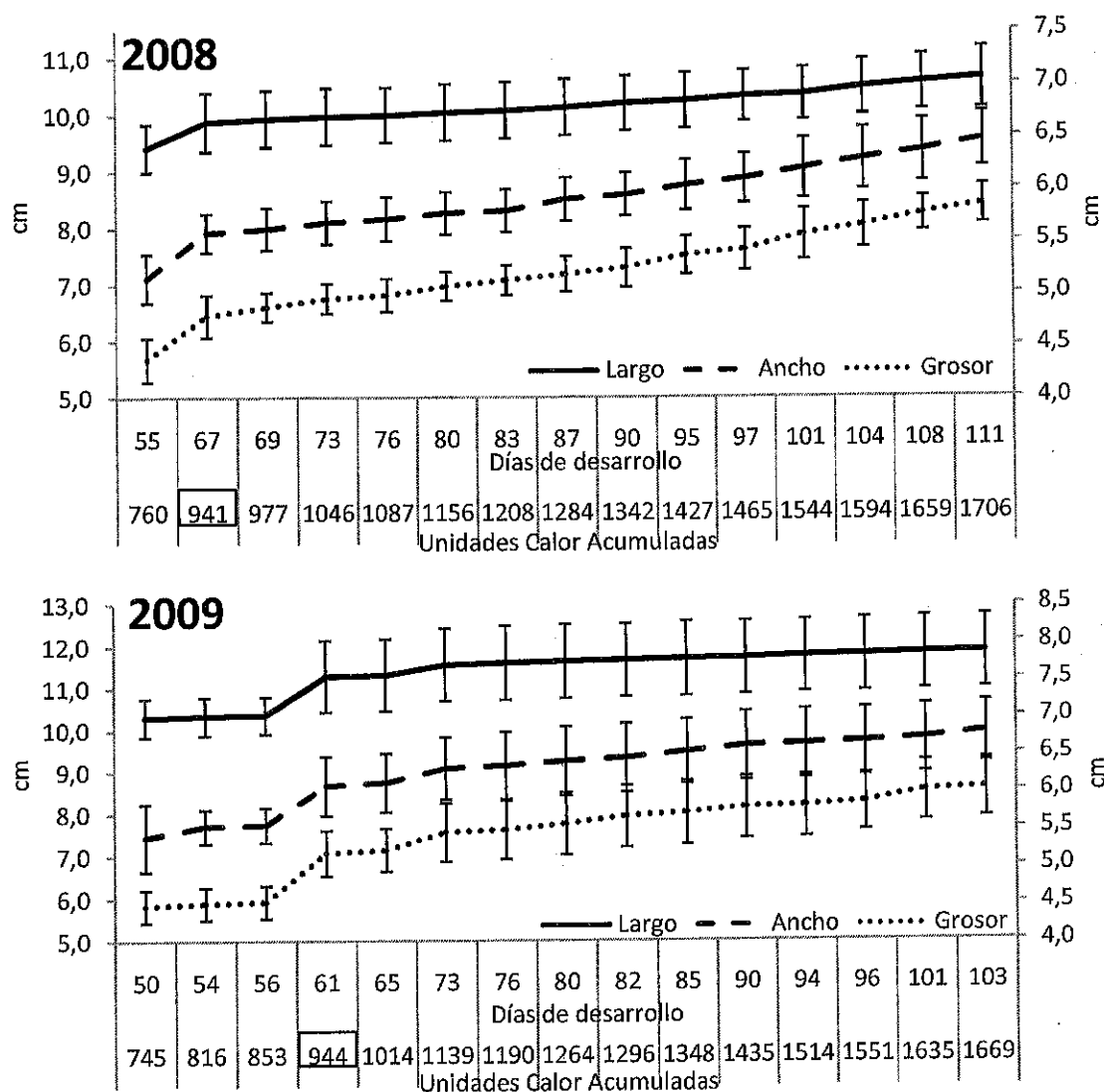


Fig. 4. Crecimiento en dimensiones largo, ancho y grosor de mango 'Manila' durante los años de producción 2008 y 2009.

Estos resultados difieren de algunas investigaciones realizadas en mango 'Manila' (Mosqueda e Ireta, 1993; Guzmán *et al.*, 1996), debido al uso de diferentes temperaturas base o del conteo de días de desarrollo. Incluso se presentan diferencias de UCA entre cultivares de mango y localidades de estudio (Burondkar *et al.*, 2000).

4.3. Selección de periodos de cosecha.

Cuando el fruto permanece en el árbol, después de la madurez fisiológica las enzimas tienen un mayor control en las reacciones bioquímicas, tales como la conversión del almidón en azúcar, la transformación de los hidratos de carbono, el uso de azúcares en la respiración, la disminución de ácidos orgánicos, los cambios en los compuestos pépticos y la producción de compuestos volátiles (Westwood, 1982). Debido a esto el comportamiento de las variables evaluadas al momento del corte fue de acuerdo con la fisiología de la maduración del fruto, presentando un incremento en el peso, el largo, ancho y grosor, en sólidos solubles totales, así como una disminución en la firmeza, la acidez titulable, entre otros.

4.3.1. Variables físicas.

Los mangos cambian de forma durante la maduración en el árbol. Para algunos cultivares este cambio podría estar relacionado de forma sistemática con la madurez (Thompson, 2003). En los frutos de 'Manila' se observaron cambios de forma y tamaño durante el crecimiento, el cual está en función del incremento en volumen y peso, este incremento se presentó conforme

aumentaron los DDD en el fruto (Cuadro 6), aunque solo mostraron una tendencia de aumento en las variables de peso, largo, ancho y grosor. Con respecto al peso, los frutos con 69 a 77 DDD fueron estadísticamente diferentes con los de 105 y 109 DDD, y en dimensiones los frutos de 69 DDD fueron estadísticamente diferentes a los de 101 a 109 DDD.

En lo que respecta a la firmeza, también se observó una disminución conforme aumentó la edad del fruto, sin embargo, se presentó una firmeza homogénea de los 69 hasta los 81 DDD y a los 97 DDD se observó una disminución más acentuada en la firmeza del fruto (Cuadro 6), esto debido a la degradación de la pared celular y cambios en las sustancias pépticas (Lizada, 1993).

Cuadro 6. Variables físicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.

DDD	UCA	Peso (g)		Dimensiones (cm)			Firmeza (N)
				Largo	Ancho	Grosor	
69	977	116.7	c ^z	9.6 b	5.4 c	4.6 b	113.3 a
73	1046	135.6	bc	10.1 ab	5.8 c	4.9 ab	110.2 ab
77	1104	134.4	bc	10.1 ab	5.8 bc	4.9 ab	105.8 abc
81	1174	143.4	b	10.2 ab	5.8 bc	5.1 ab	106.4 abc
85	1245	148.4	b	10.2 ab	5.8 b	5.0 ab	102.2 bc
89	1322	150.1	b	10.2 ab	5.8 b	5.1 ab	101.8 bcd
93	1395	150.3	b	10.2 ab	5.8 b	5.1 ab	98.6 cde
97	1465	151.4	b	10.2 ab	5.9 b	5.1 ab	93.3 def
101	1544	152.3	b	10.3 a	5.9 b	5.4 a	92.9 ef
105	1610	180.9	a	10.5 a	6.3 b	5.5 a	86.3 fg
109	1674	180.7	a	10.5 a	6.2 a	5.4 a	83.3 g
CV:		12.8		4.3	4.2	7.9	7.1

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DDD = Días de desarrollo; UCA = Unidades calor acumuladas; CV = Coeficiente de variación.

En el color de cáscara, la variable brillantez (L*) presentó un aumento en los valores al final de la evaluación, por lo cual los frutos de 69 a 81 DDD fueron estadísticamente diferentes con los de 105 y 109 DDD; en lo que respecta a croma (C*) los valores fueron estadísticamente similares durante el periodo de 73 a 105 DDD; en el ángulo del tono (°h) se observó una pérdida del color verde y la disminución de los valores, por lo cual, los frutos de 69 y 73 DDD fueron estadísticamente diferentes con los de 101 a 109 DDD. En el color de la pulpa, L* no presentó diferencias estadísticas entre los DDD; en C* se observó un incremento que indicó un aumento en la pureza del color y una coloración mas “viva”; los valores en la variable °h disminuyeron, lo que indicó una aproximación al color amarillo, el cual fue en menor y mayor proporción en los frutos de 73 a 81 DDD y de 101 a 109 DDD respectivamente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Color de cascara y pulpa de frutos de mango ‘Manila’ con diversos días de desarrollo al momento del corte.

DDD UCA		Color cáscara						Color pulpa					
		L*		C*		°h		L*		C*		°h	
69	977	56.0	c ^z	35.4	a	110.2	a	66.4	24.5	g	105.5	a	
73	1046	58.1	bc	33.4	ab	110.2	a	66.1	27.4	fg	97.3	b	
77	1104	58.5	bc	32.6	b	107.9	ab	66.9	29.5	ef	97.2	b	
81	1174	58.5	bc	32.6	b	108.1	ab	67.9	32.2	de	94.1	bc	
85	1245	59.6	abc	32.4	b	107.9	ab	67.9	34.4	cd	93.1	c	
89	1322	61.2	ab	32.2	b	108.5	ab	67.4	36.9	c	94.0	c	
93	1395	61.3	ab	31.7	b	108.3	ab	67.5	37.5	c	92.0	cd	
97	1465	60.6	ab	32.5	b	106.6	ab	67.6	41.9	b	88.9	de	
101	1544	61.3	ab	32.3	b	106.5	b	67.2	41.6	b	88.2	e	
105	1610	62.6	a	32.6	b	105.7	b	67.1	43.4	ab	87.7	e	
109	1674	63.0	a	35.3	a	105.0	b	67.4	46.6	a	86.8	e	
CV		5.1		4.8		2.6		2.4		7.9		2.8	
SE		*		*		*		NS		*		*	

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05; DDD = Días de desarrollo; UCA = Unidades calor acumuladas; L* (luminosidad) = 0 (oscuro); 100 (claro). C* (Croma) = 0 (opaco); 100 (vivo). °h (ángulo de tono) = 0° (rojo); 90° (amarillo); 180° (verde); 270° (azul); CV = Coeficiente de variación; SE = Significancia estadística; * = Diferencia estadística significativa; NS = No significativo.

4.3.2. Variables químicas.

Conforme aumentaron los DDD en las variables de sólidos solubles totales (SST) se presentó un incremento, mientras que en la acidez titulable (AT) hubo una disminución; en los SST se observó mediante el análisis estadístico la agrupación de los DDD en tres periodos comprendidos de los 69 a los 81 DDD, de los 85 a 93 DDD y el ultimo de 97 a 109 DDD; en lo que respecta a la acidez, está fue disminuyendo gradualmente aunque de los 89 a 97 DDD los valores fueron similares y después de los 101 DDD disminuyeron. Para la relación SST/AT se formó el primer periodo que en los SST, los otros dos periodos comprendieron de los 85 a 97 DDD y el ultimo de 101 a 109 DDD (Cuadro 8).

Cuadro 8. Variables químicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.

DDD	UCA	SST (°Brix)	AT (%)	SST/AT
69	977	6.0 c ^z	3.8 a	1.6 e
73	1046	6.0 c	3.8 ab	1.6 de
77	1104	6.0 c	3.7 ab	1.7 de
81	1174	6.0 c	3.4 abc	1.8 de
85	1245	6.5 b	3.3 bcd	2.0 cd
89	1322	6.5 b	3.0 cd	2.2 c
93	1395	6.6 b	3.1 cd	2.2 c
97	1465	6.7 ab	2.9 de	2.3 c
101	1544	7.1 a	2.7 ef	2.7 b
105	1610	7.1 a	2.6 ef	2.8 ab
109	1674	7.1 a	2.5 f	3.1 a
CV:		5.8	5.7	12.9

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; DDD = Días de desarrollo; UCA = Unidades calor acumuladas; SST = Sólidos solubles totales; AT = Acidez titulable; SST/AT = Relación SST/AT; CV = Coeficiente de variación.

4.3.3. Variables fisiológicas.

4.3.3.1. Respiración.

Rhodes (1970) señala que la intensidad de la respiración varía con el estado de madurez, la temperatura o la composición de la atmósfera a su alrededor. En mango 'Manila' se observó un aumento en la producción de CO₂ en los frutos con 89 DDD, concordando con las 1322 UCA; en los demás frutos no hubo diferencia estadística significativa, solo en la última cosecha se observó un ligero aumento en la respiración lo que indicaría la iniciación de la senescencia del fruto (Fig. 6).

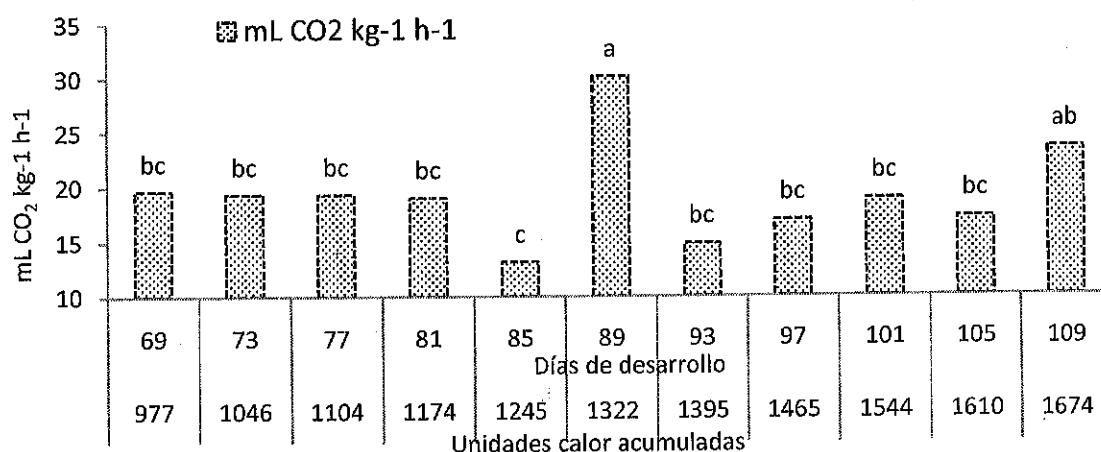


Fig. 5. CO₂ de frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.

Los frutos de mango fisiológicamente maduros que permanecen en el árbol disminuyen la intensidad de cambios bioquímicos que se inician con la producción autocatalítica de etileno, con lo que marca el cambio del crecimiento a la senescencia lo cual se traduce en un incremento en la maduración (Rhodes, 1970). Este incremento se produce en los frutos con 69 y 93 DDD, para posteriormente disminuir a los 81 y 109 DDD (Fig. 5).

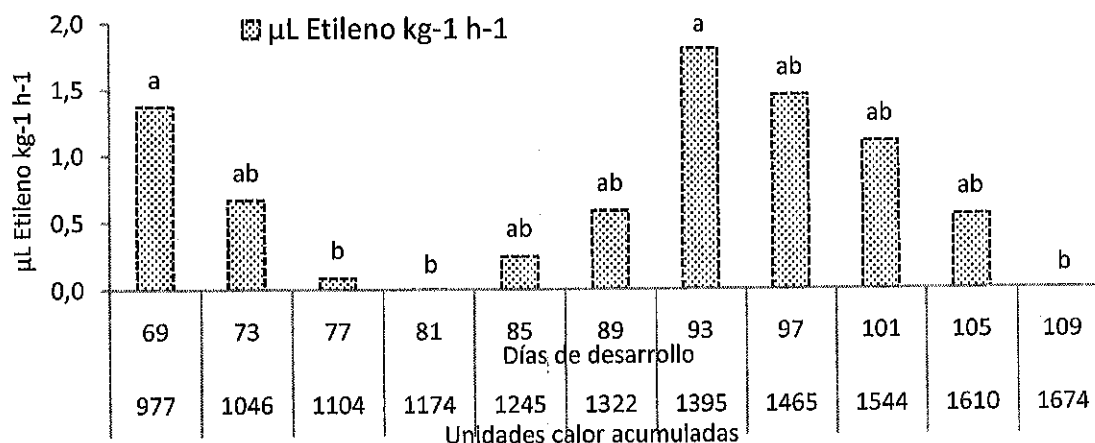


Fig. 6. Etileno de frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.

4.4. Evaluación de calidad en los periodos de cosecha.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis estadísticos de las variables fisicoquímicas color de cáscara ($^{\circ}$ h), SST, AT y SST/AT del año 2008, se determinaron tres periodos de cosecha que abarcan de los 69-81, 85-93 y 97-109 DDD, correspondiéndoles las siguientes unidades calor acumuladas (UCA): 977-1174, 1245-1395, 1465-1674, respectivamente. Con base en lo anterior, en el año 2009, de cada periodo indicado se realizó una cosecha a las 1100 UCA con 71 DDD, 1300 UCA con 82 DDD y 1500 UCA con 94 DDD.

Diversas investigaciones de las características fisicoquímicas en la madurez de los mangos, específicamente en los cultivares Haden, Kent, Keitt, Palmer o Tommy Atkins, concuerdan en la disminución de los valores de peso, firmeza y acidez titulable, así como en el aumento en los SST y la relación SST/AT (Zambrano *et al.*, 1995; Laborem *et al.*, 2002; Carrillo, *et al.*, 2005; Pérez *et al.*, 2005; Carrera *et al.*, 2008; Oosthuyse, 2009); el comportamiento en 'Manila' es similar, aunque los valores difirieron de los cultivares mencionados.

4.4.1. Variables físicas.

Al realizar el análisis estadístico de los frutos al momento del corte, sin almacenamiento, no se encontró diferencia estadística en las variables de largo y ancho, así como también en la variable L* del color de pulpa. Sin embargo las variables de peso, grosor y L* del color de la cáscara, en los frutos con 1500 UCA fueron estadísticamente diferentes a los frutos con 1100 y 1300 UCA, siendo estos iguales entre sí. Para la variable °h del color de cascara, hubo diferencia entre los frutos de 1100 UCA con los de 1300 y 1500 UCA. Para C* y °h del color de pulpa hubo diferencia estadística entre las UCA (Cuadro 9).

Cuadro 9. Variables físicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas, al momento del corte.

Variables físicas	Unidades calor acumuladas			SE	CV	
	1100	1300	1500			
Peso	166.6 b ^z	170.7 b	183.5 a	*	10.9	
Dimensiones	Largo	10.8	10.6	10.8	NS	4.4
	Ancho	6.1	6.1	6.1	NS	3.9
	Grosor	5.1 b	5.2 b	5.4 a	*	3.7
Color cáscara	L*	62.0 b	63.7 b	67.5 a	*	5.2
	C*	38.4 a	36.8 b	38.1 a	*	5.7
	°h	109.8 a	106.4 b	106.6 b	*	2.5
Color pulpa	L*	67.8	68.4	66.8	NS	3.3
	C*	32.1 c	39.8 b	45.4 a	*	6.6
	°h	96.9 a	90.2 b	86.3 c	*	2.2
Firmeza	112.5 a	110.1 a	100.1 b	*	3.7	

²Valores con la misma letra dentro de filas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; L* (luminosidad) = 0 (oscuro); 100 (claro). C* (Croma) = 0 (opaco); 100 (vivo). °h (ángulo del tono) = 0° (rojo); 90° (amarillo); 180° (verde); 270° (azul); SE = Significancia estadística en el sentido de las filas; CV = Coeficiente de variación; * = Diferencia estadística significativa; NS = No significativo.

En la variable de firmeza, los frutos con 1100 y 1300 UCA presentaron la mejor firmeza con 112.5 y 110.1 N respectivamente (Cuadro 9), sin embargo,

estos valores son bajos de acuerdo a la norma NMX-FF-058-SCFI-2006, la cual indica como la calidad mínima aceptable valores de 15.6 Kg/cm^2 , lo que equivaldría a 153 N, esto pudo deberse a que la plantación se manejo en condiciones de "temporal", como sucede en manzana que al tener bajos niveles de humedad se reduce la firmeza de la pulpa, así como el tamaño y peso de la fruta (Díaz, 2002).

Cuando se analizaron los resultados de la interacción de los dos factores, cosechas a 1100, 1300 y 1500 UCA por días de almacenamiento (Cos x DDA), se obtuvo significancia estadística ($\text{Pr} > F = < 0.0001$) para las variables de color de cascara (L^* , C^* y $^{\circ}h$), color de pulpa (L^* , C^* y $^{\circ}h$) y firmeza (Cuadro 7A).

En el color de la cáscara se presentaron diferencias en L^* a los 0 y 3 DDA entre las tres cosechas; y después de los 12 DDA fueron estadísticamente iguales, la máxima brillantez fue a los 6 DDA para los frutos con 1100 y 1500 UCA y a los 9 DDA para los de 1300 UCA, después de 9 DDA los valores fueron disminuyendo. Para C^* de los 0 a los 6 DDA todas las cosechas fueron estadísticamente iguales; a los 9 DDA se observó una separación de las cosechas y los frutos de 1100 UCA presentaron los valores más bajos y los más altos los de 1500 UCA, cabe resaltar que estos presentaron colores más vivos que los frutos con 1100 UCA, los cuales no alcanzaron su máxima viveza en color. La variable $^{\circ}h$ indicó el color verde hasta los 3 DDA para todas las cosechas, fue a los 6 DDA en los frutos con 1500 UCA donde se presentó una coloración amarilla con valores por debajo de 90° ; a los 9 y 12 DDA se observó una separación entre los frutos con 1100 y 1300 UCA. Por otra parte, los frutos con 1500 UCA mostraron los valores más bajos durante todo el

almacenamiento, por lo cual presentaron una coloración mas amarilla que las otras cosechas (Fig. 7). En general, a los 6, 9 y 12 DDA los frutos con 1100, 1300 y 1500 UCA respectivamente, presentaron una coloración amarilla, con valores por debajo de 90°, lo que indicó que en estos días alcanzaron su madurez. Esta maduración según Mattoo *et al.*, (1975) se evidencio por el cambio de color verde a amarillo-naranja debido a la degradación y aumento en la síntesis de carotenoides, principalmente β -caroteno.

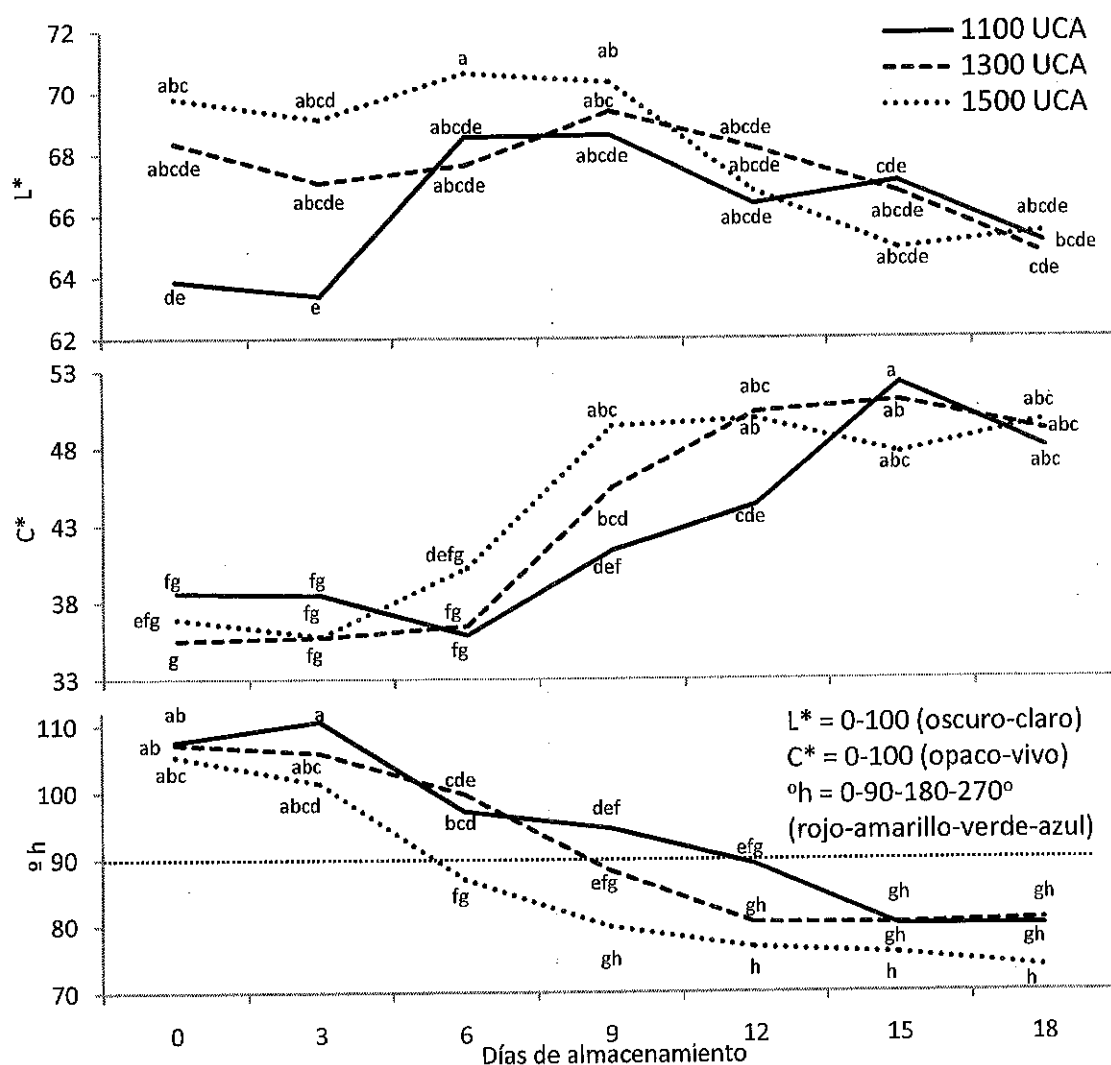


Fig. 7. Color de cascara de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

En las tendencias en el cambio diario de color de cascara, los valores de L^* fueron similares en los frutos con 1100 y 1300 UCA y presentaron la máxima brillantez a los 12 y 11 DDA respectivamente. Para C^* , los frutos con 1300 y 1500 UCA, obtuvieron colores más vivos que los frutos con 1100 UCA. La variable h° indicó el color verde hasta los 4 y 5 DDA para las tres cosechas; a los 8, 11 y 12 DDA se observó una coloración amarilla indicada por los valores próximos a 90° , para los frutos con 1500, 1300 y 1100 UCA respectivamente.

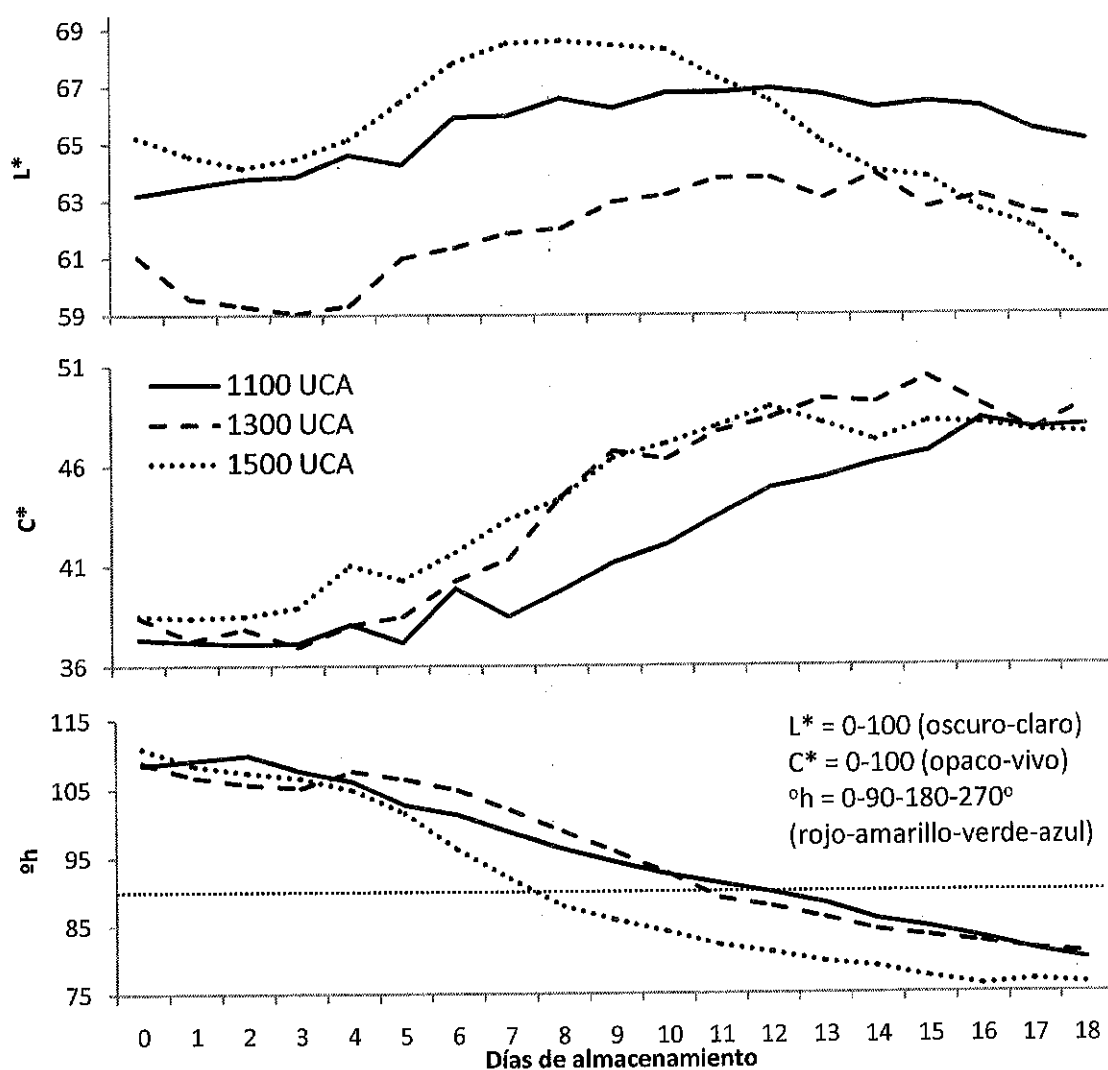


Fig. 8. Cambios diarios en el color de cascara de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

En el color de la pulpa, para la variable L^* , se presentaron los menores valores en los frutos con 1500 UCA durante todo el almacenamiento y fue estadísticamente diferente a las otras cosechas a partir de los 3 a los 15 DDA, de los 6 a los 18 DDA se observó una tendencia similar en los valores. Para C^* los frutos con 1100 UCA presentaron los valores más bajos y fueron estadísticamente diferentes de los 0 a los 6 DDA, con respecto a las otras fechas de cosecha. Para a^* los frutos con 1100 y 1500 UCA de los 0 hasta los 9 DDA fueron estadísticamente diferentes entre sí y a partir de los 12 DDA todas las cosechas fueron estadísticamente iguales; a partir de los 6 DDA en todas las cosechas se presentaron valores por debajo de los 90° , observándose una coloración amarilla; los frutos con 1500 UCA presentaron la mayor coloración amarilla al igual que los valores más bajos (Fig. 9). Estos cambios en la coloración de la pulpa de verde a amarillo-naranja se le atribuyen a la degradación de clorofilas y a la síntesis de carotenoides (Lizada, 1993).

Los valores de firmeza disminuyeron conforme aumentaron las UCA y DDA, a los 3 y 6 DDA se presentaron diferencias estadísticas entre las cosechas, a los 3 DDA los frutos con 1300 UCA mostraron una firmeza de 91 N, estadísticamente igual a los frutos de 1100 UCA, y a los 6 DDA se observó la mayor firmeza (37 N) en los frutos con 1300 UCA; en este caso 'Manila' presentó una mejor firmeza que 'Ataulfo' durante el almacenamiento (Luna *et al.*, 2006). Después de los 9 DDA disminuyó la firmeza en todos los frutos y fueron estadísticamente iguales entre sí (Fig. 10), esto pudo deberse según Yashoda *et al.*, (2007) a la acción de dos importantes enzimas en el ablandamiento y maduración que son la endomianasa y α -manosidasa,

determinadas en el mango 'Ataulfo'. La menor firmeza la obtuvieron los frutos con 1500 UCA durante los 18 DDA, por lo que estos frutos presentaron el grado de madurez más avanzado, esto concuerda con resultados obtenidos en mango 'Ataulfo' en el que se observó que los valores de firmeza disminuyeron conforme avanzó la temporada de cosecha (Osuna *et al.*, 2002).

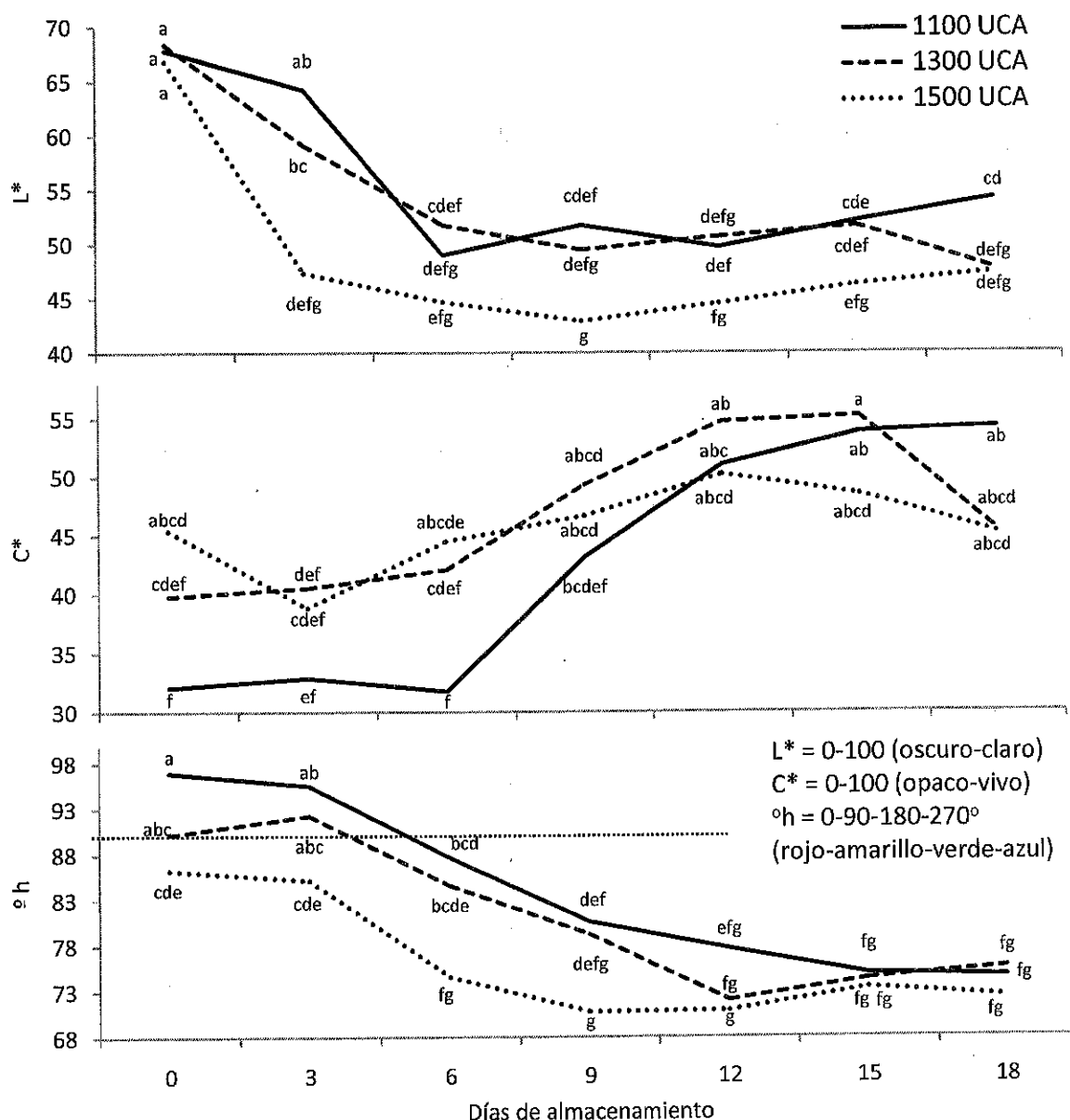


Fig. 9. Color de pulpa de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

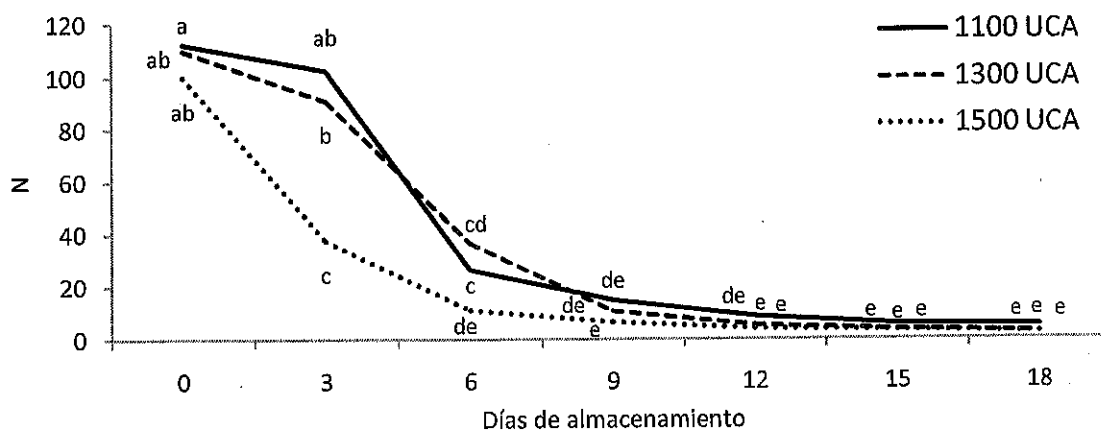


Fig. 10. Firmeza de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

4.4.2. Variables químicas.

Al analizar las cosechas al momento del corte, no se presentaron diferencias entre cosechas en los SST; sin embargo para la AT y la relación SST/AT se presentó diferencia estadística, entre los frutos de 1100 y 1300 UCA con los de 1500 UCA en las dos variables mencionadas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Variables químicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas al momento del corte.

Variables químicos	Unidades calor acumuladas			SE	CV
	1100	1300	1500		
SST	6.3 ^z	6.7	7.0	NS	10.2
AT	11.5 a	10.7 a	9.0 b	*	6.1
SST/AT	1.6 b	1.9 b	2.8 a	*	24.4

^zValores con la misma letra dentro de filas, son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$; SST = Sólidos solubles totales; AT = Acidez titulable; SST/AT = Relación SST/AT; SE = Significancia estadística en el sentido de las filas; CV = Coeficiente de variación; * = Diferencia estadística significativa; NS = No significativo.

En el análisis factorial de cosechas por días de almacenamiento (Cos x DDA), se obtuvo significancia estadística ($Pr > F = < 0.0001$) para las variables de SST, AT y SST/AT (Cuadro 8A).

Los menores valores de SST se presentaron en los frutos cosechados a 1100 UCA e incrementaron en los frutos con 1300 y 1500 UCA. A los 3 DDA los frutos con 1500 UCA tuvieron diferencia estadística con respecto a las otras cosechas; a los 6 DDA todas las cosechas fueron estadísticamente diferentes entre sí (Fig. 11); esto indica que los frutos con la mayor cantidad de UCA presentan una mayor dulzura en la maduración, por el contrario los frutos con menos UCA presentaron la menor concentración de SST, es decir, la fruta más dulce es la que se cosecha más tarde (Lebrun *et al.*, 2008).

En el caso de la AT, hubo diferencia estadística significativa desde los 0 hasta los 12 DDA entre los frutos con 1100 y 1500 UCA, con valores de 4.0 a 0.9 y 2.1 a 0.2 % de AT, respectivamente. Destacan los frutos con 1300 UCA a 6 DDA, que fueron estadísticamente iguales a los frutos con 1500 UCA con 3 DDA (Fig. 12), puesto que a pesar de tener valores de alrededor del 2 % de AT, sus valores fueron de 15 y 18 °Brix, respectivamente. Esto concuerda con datos en mango 'Badam' que presentó, después de 10 DDA, un buen sabor con 1.9% de AT y 15 °Brix (Hulme, 1974).

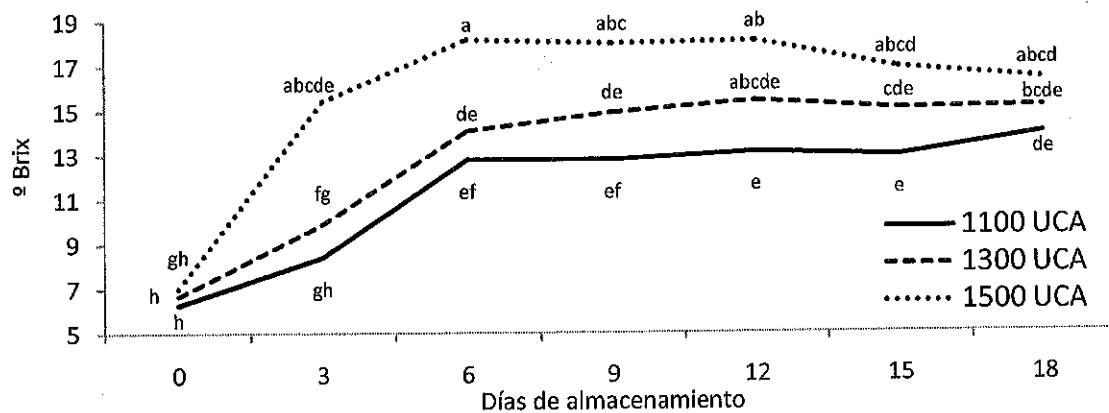


Fig. 11. Sólidos solubles totales de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

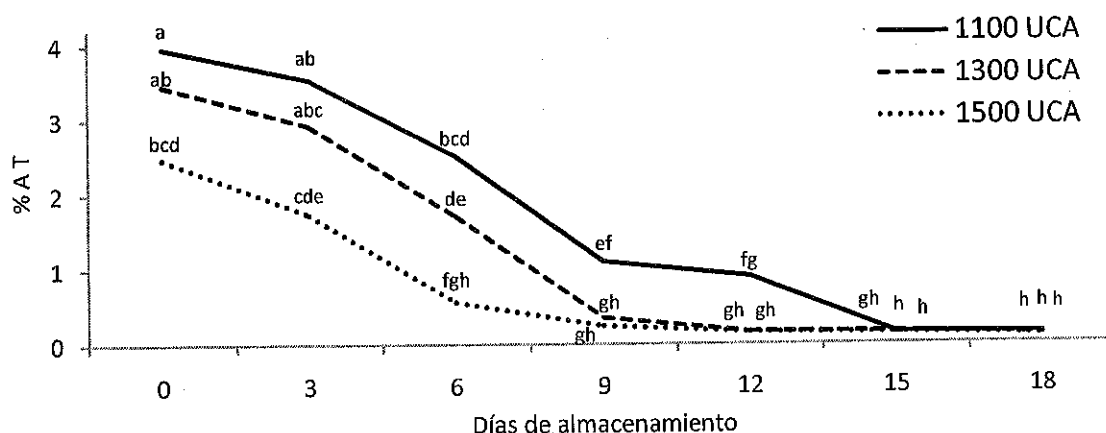


Fig. 12. Acidez titulable de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

En la relación SST/AT de los 9 a los 15 DDA, los frutos con 1100 y 1500 UCA fueron estadísticamente diferentes, y cabe destacar los de 1300 UCA que fueron similares en tendencia de maduración a los frutos de 1500 UCA, siendo estos últimos los que tuvieron los mayores valores durante todo el almacenamiento (Fig. 13).

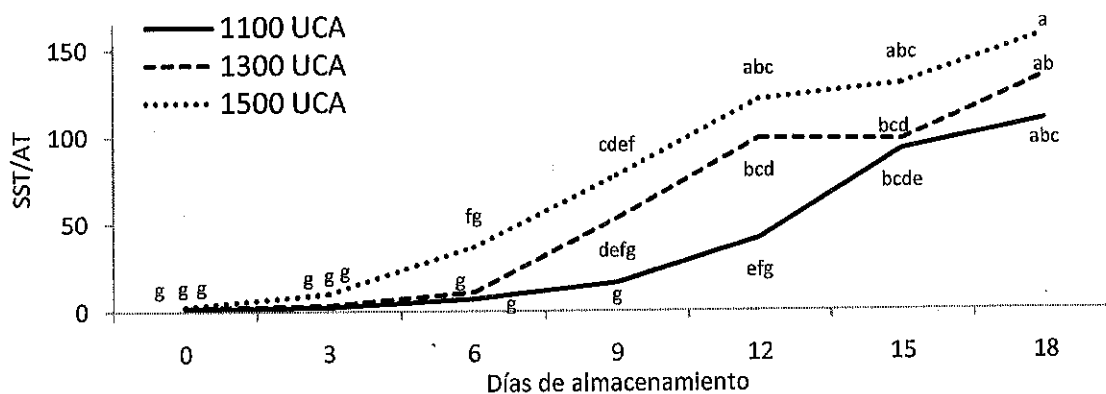


Fig. 13. Relación AT/SST de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

4.4.3. Variables fisiológicas.

Al analizar las cosechas al momento del corte, para CO₂ no se presentaron diferencias entre cosechas; sin embargo para etileno se presentó diferencia estadística significativa, entre los frutos de 1100 y 1300 con los de 1500 UCA (Cuadro 8A). En el análisis factorial de cosechas por días de almacenamiento (Cos x DDA), se obtuvo significancia estadística ($Pr > F = < 0.0001$) para las variables de CO₂, Etileno y pérdida de peso (Cuadro 9A).

4.4.3.1. Respiración.

En frutos climatéricos, como el mango, el inicio de la maduración va acompañado por un incremento de la respiración y en la tasa de producción de etileno (Brady y Speirs, 1991). En lo que respecta a respiración, se observó la mayor producción de CO₂ a los 3 DDA en los frutos con 1500 UCA, y a los 6 y 9 DDA en los frutos con 1300 y 1100 UCA respectivamente; posteriormente disminuyó la producción de CO₂, sin embargo en los frutos con 1100 UCA aumentó después de los 12 DDA (Fig. 14). Esto fue similar a resultados

obtenidos en mango 'Kent' en el que se encontró el máximo pico climatérico a los 6-8 días con valores de 150-160 mgCO₂/Kgh a 25 °C (Bósquez *et al.*, 1996).

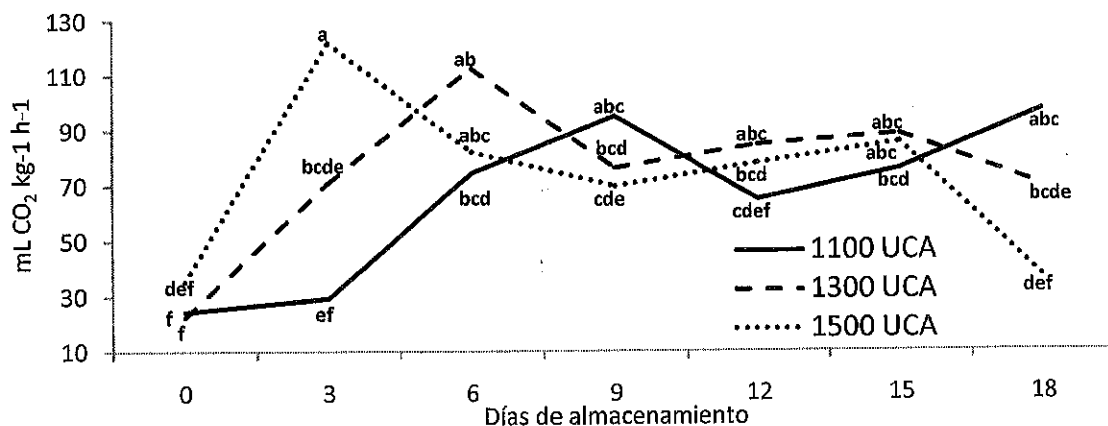


Fig. 14. CO₂ de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

En la respiración diaria, los frutos con 1100 y 1300 UCA alcanzaron su máximo pico respiratorio a los 7 DDA y gradualmente disminuyeron los valores de CO₂ hasta los 10 DDA, posteriormente estos valores se mantuvieron constantes con un ligero incremento a los 16 DDA. Los frutos con 1500 UCA presentaron su máxima actividad respiratoria de los 2 hasta los 5 DDA, para disminuir gradualmente en los días posteriores (Fig. 15).

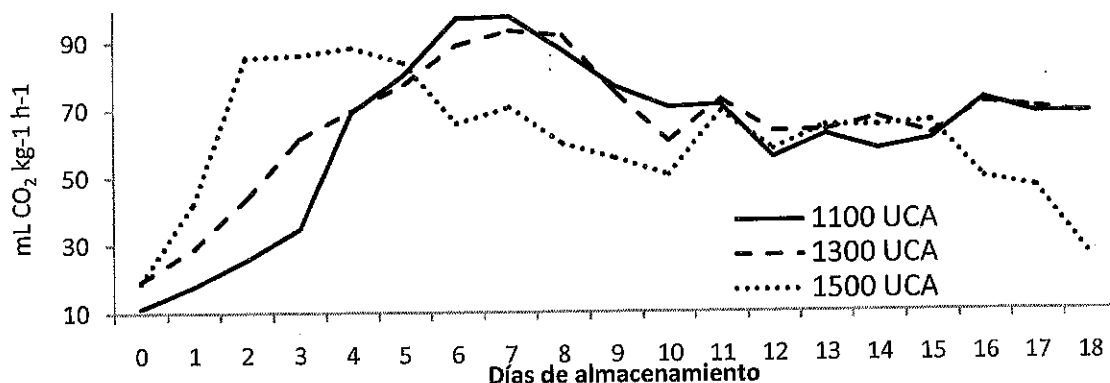


Fig. 15. Producción diaria de CO₂ en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

Generalmente el incremento en la producción de etileno, brevemente precede o acompaña el aumento en la producción de CO₂, sin embargo, en frutos de mango la tasa de respiración se incrementa varios días antes del incremento en la producción de etileno (Brady y Speirs, 1991); esto se observó en los frutos con 1100 y 1300 UCA, en los cuales la máxima producción de etileno se presentó a los 3 y 6 días después del máximo incremento en la producción de CO₂. Por otra parte, la mayor producción de etileno se observó a los 12 DDA para los frutos con 1100 y 1300 UCA, siendo estadísticamente iguales entre ellos; sin embargo en otros estudios se ha observado este pico climatérico a los 8 días después de cosecha y su madurez comestible a los 12 días (Krishnamurthy et al., 1971). En los frutos con 1500 UCA no se presentó el pico climatérico, por lo que probablemente los frutos estaban en su etapa postclimaterica; esto concuerda con resultados obtenidos por Lakshminarayana (1975) en mangos 'Haden', 'Irwin' y 'Kent' cosechados con edad avanzada.

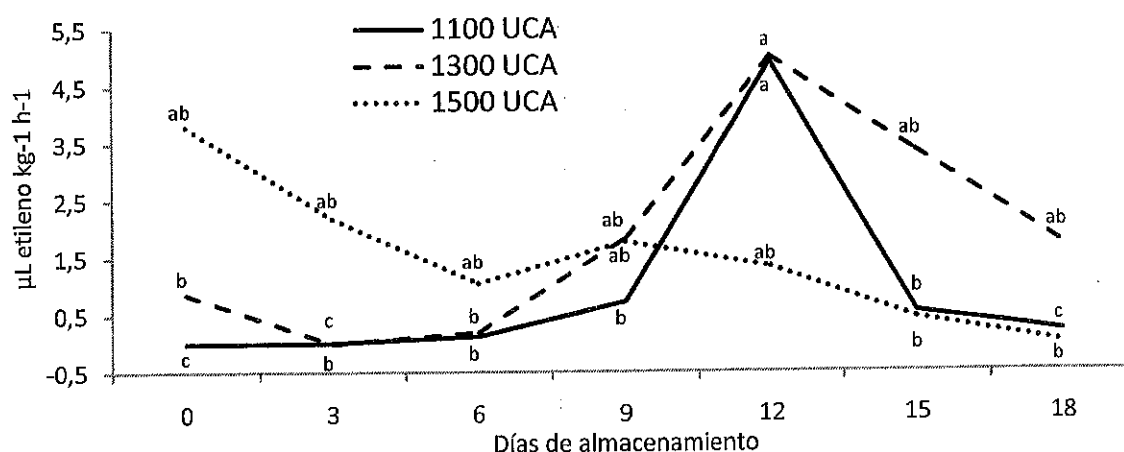


Fig. 16. Etileno de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

Las tendencias diarias en la producción de etileno variaron entre cosechas, los frutos cosechados con 1100 UCA presentaron un incremento y su máximo pico climatérico a los 13 DDA; caso contrario de los frutos con 1300 UCA que presentaron el máximo valor a los 7 DDA, y disminuyeron repentinamente a los 13 DDA, mostrando valores semejantes a los frutos con 1500 UCA, los cuales presentaron una misma tendencia durante todo el almacenamiento y su máximo valor a los 12 DDA (Fig. 16).

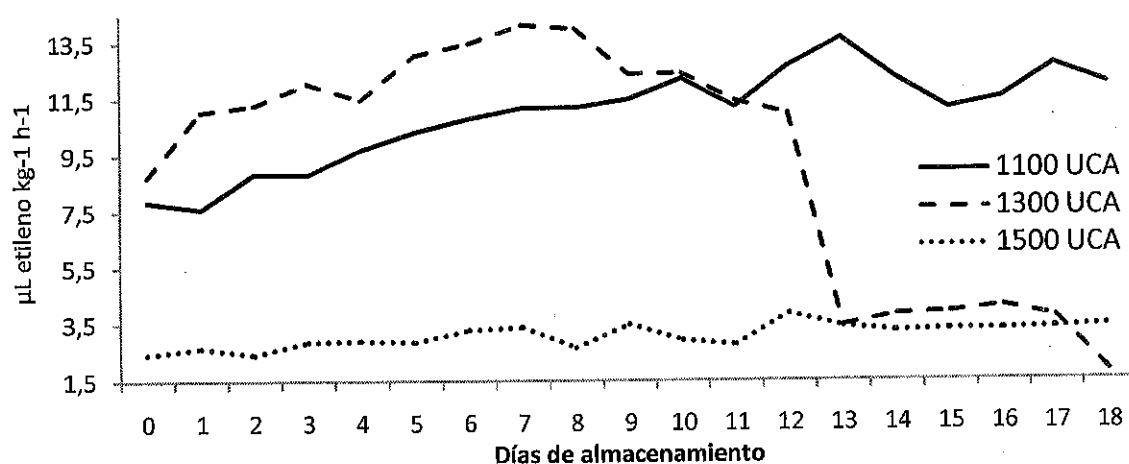


Fig. 17. Producción diaria de etileno en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

4.4.3.2. Pérdida de peso.

La pérdida fisiológica de peso en frutos de mango se debe principalmente a la transpiración que ocurre a través del alto número de lenticelas en el fruto (Mitra y Baldwin, 1997). También, depende en gran parte del cultivar y el estado de madurez en que se coseche, esto es, a menor estado de madurez mayor pérdida fisiológica de peso (Bósquez *et al.*, 1996), este

comportamiento mencionado se observó, solo a los 9 y 18 DDA en los cuales los frutos con 1100 UCA presentaron la mayor pérdida de peso, seguido de los de 1300 y 1500 UCA; ya que en los demás DDA la pérdida de peso tuvo un comportamiento muy variable entre las cosechas, siendo estadísticamente iguales entre ellas, pero estadísticamente diferentes entre los DDA (Fig. 18).

Luna *et al.* (2006), indican que pérdidas de peso entre 5 y 10 % pueden originar un producto comercialmente inaceptable; sin embargo en un estudio realizado por el mismo autor, menciona que frutos de mango 'Ataulfo' con 10.6 % de pérdida de peso a los 9 DDA presentaron una apariencia aceptable, de igual forma los resultados obtenidos concuerdan a los 9 DDA, con una buena apariencia, aunque con un valor promedio de 12.7 % de pérdida de peso. Después de los 12 DDA, con valores por arriba del 15 % de pérdida de peso, algunos frutos comenzaron a presentar una apariencia poco aceptable (Fig. 18).

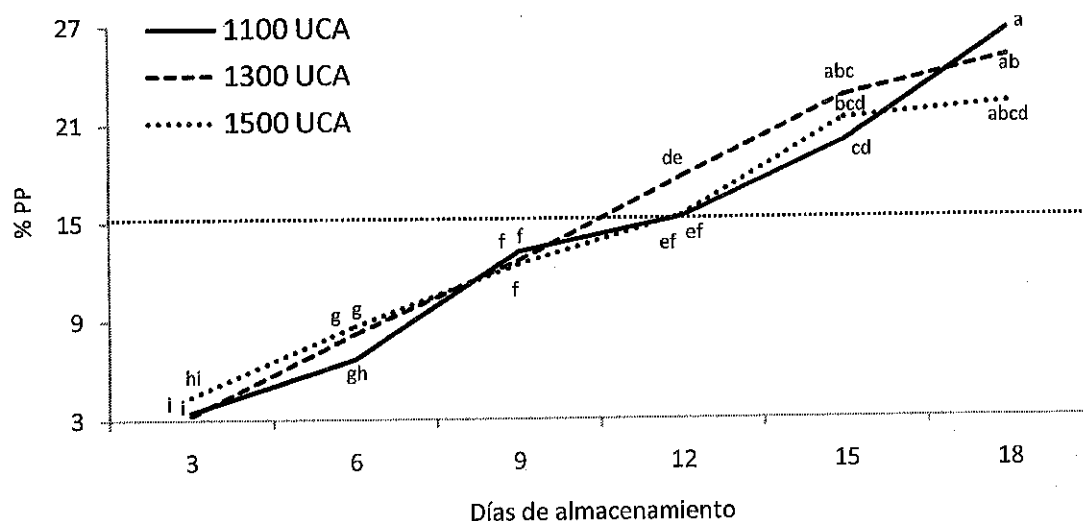


Fig.18. Porcentaje de pérdida de peso de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

La tendencia observada diariamente en la pérdida de peso, fue similar en todas las cosechas hasta los 6 DDA, con un 9 % de pérdida de peso. En los frutos con 1100 y 1300 UCA a los 9 DDA se presentó el mayor % de pérdida de peso durante todo el almacenamiento con valores del 15 %; por el contrario los frutos con 1500 UCA presentaron valores del 15 % hasta los 11 DDA (Fig. 19), lo que indica su aceptabilidad comercial hasta estos días; esto concuerda con lo mencionado por Bósquez *et al.* (1996), que a menor estado de madurez mayor pérdida fisiológica de peso.

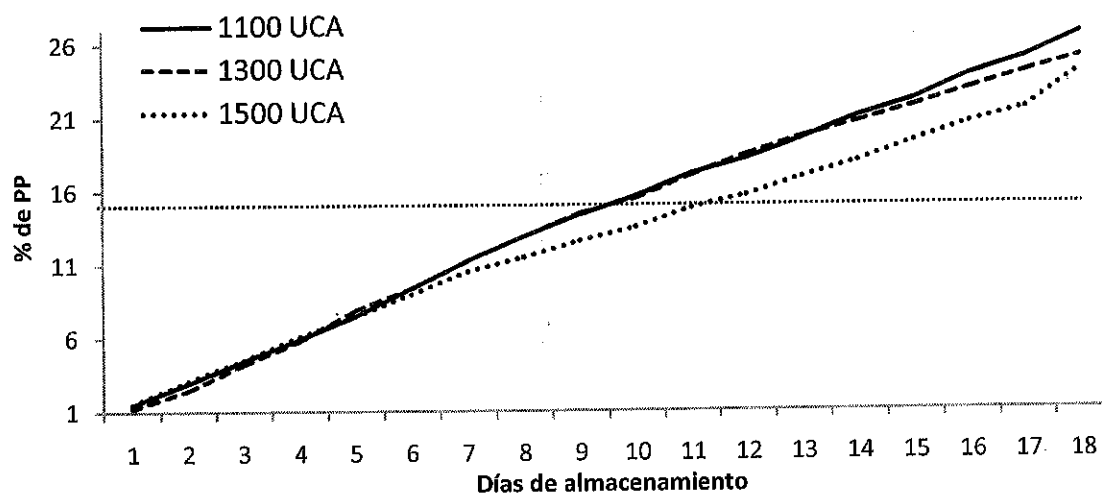


Fig. 19. Cambios diarios en el porcentaje de pérdida de peso de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

4.4.3.2.1. Arrugamiento.

El exceso de transpiración durante el manejo postcosecha del mango se refleja en un arrugamiento del fruto y puede ocasionar un desarrollo pobre de las características sensoriales (Bósquez, *et al.* 1996). Este arrugamiento se presentó a los 9, 10 y 11 DDA en los frutos con 1500, 1100 y 1300 UCA

respectivamente, esto indicó que los frutos que presentaron la mejor apariencia fueron los de 1100 UCA hasta los 13 DDA. No obstante, el 100 % de frutos arrugados se alcanzó a los 13, 12 y 11 DDA en los frutos con 1100, 1300 y 1500 UCA, respectivamente (Fig. 20).

Muchas frutas u hortalizas se ven marchitas o arrugadas después de haber perdido sólo un pequeño porcentaje de su peso original, como en el caso de las nectarinas cuando pierden del 6 al 8 % de peso (Bósquez, 1992), para el caso del mango 'Manila' este marchitamiento se observó al perder del 15 al 16 % de su peso original (Fig. 19).

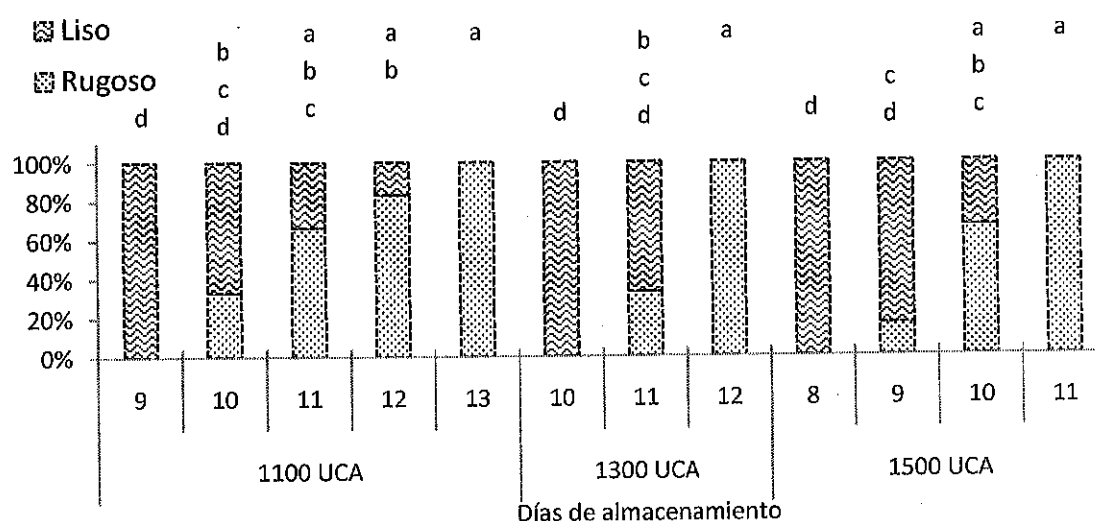


Fig. 20. Arrugamiento en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

4.4.3.3. Patrón de maduración.

El número de días necesarios para que el fruto madure después de cosechados, puede ser un índice de madurez de fácil aplicación por los

productores, esto se puede determinar al monitorear los cambios en la firmeza del fruto a través del tacto (Hatton *et al.*, 1964, citado por Lewis, 1978). En general el número de días que se requirieron para alcanzar la madurez de consumo fue de 10 días promedio para todas las cosechas; sin embargo se comenzaron a presentar cambios en la firmeza de los frutos con 1100 UCA a los 5.3 días promedio y a los 7.2 y 7.3 días promedio en los frutos con 1300 y 1500 UCA (Cuadro 11).

Cuadro 11. Días promedio a maduración en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas, almacenados a 25 °C durante 18 días.

Firmeza al tacto	Unidades calor acumuladas		
	1100	1300	1500
Cambiante	5.3	7.2	7.3
Suave	10.5	10.2	10.3

Al analizar gráficamente el patrón de maduración se observó que los frutos con 1100 UCA requirieron de un periodo de 10 días, a partir del estado cambiante a suave, para alcanzar su madurez comestible, puesto que fue hasta los 13 DDA cuando el 100 % de frutos presentó una firmeza suave; mientras que los frutos con 1300 y 1500 UCA, requirieron un periodo de 5 y 6 días respectivamente, y a los 11 DDA alcanzaron su madurez comestible. Cabe resaltar que el 100 % de los frutos con 1100, 1300 y 1500 UCA presentaron una firmeza cambiante a los 7, 8 y 9 DDA respectivamente (Fig. 21).

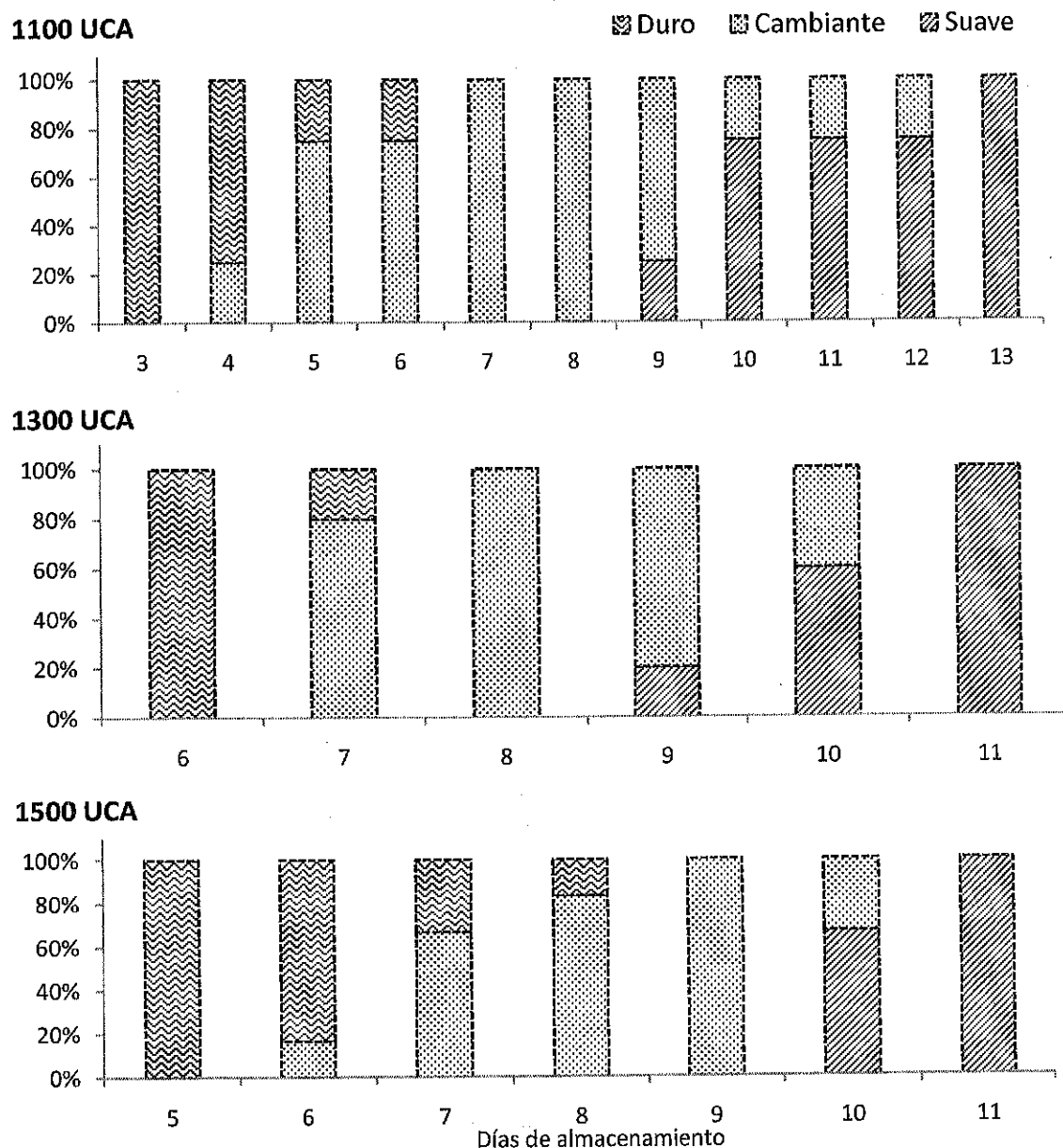


Fig. 21. Patrón de maduración de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

4.4.4. Porcentaje de antracnosis.

Los síntomas de antracnosis se presentaron a los 8, 12 y 14 DDA en los frutos con 1500, 1300 y 1100 UCA respectivamente (Fig. 22); siendo estos últimos los que presentaron primeramente y durante todo el almacenamiento el

mayor porcentaje de infección, esto debido probablemente según Droby *et al.*, (1987) a que durante la maduración disminuyen compuestos que se encuentran en la cáscara de frutos de mango inmaduros como el 5-12-cis heptadecenyl resorcinol y 5-pentadecenyl resorcinol, lo que provoca una disminución en la resistencia a *Alternaria alternata* y *C. gloeosporioides*, y la aparición de síntomas de la enfermedad.

Por otra parte, Gutiérrez *et al.* (2001) y Gutiérrez *et al.* (2003) observaron que cepas de *C. gloeosporioides* provenientes del estado de Veracruz, presentaron mayor grado de patogenicidad que cepas de otros Estados; e incluso, algunas cepas han adquirido resistencia al benomilo, debido a su uso continuo para el control de la enfermedad; debido a esto el fungicida benomilo proporciona pocos días de protección contra la antracnosis.

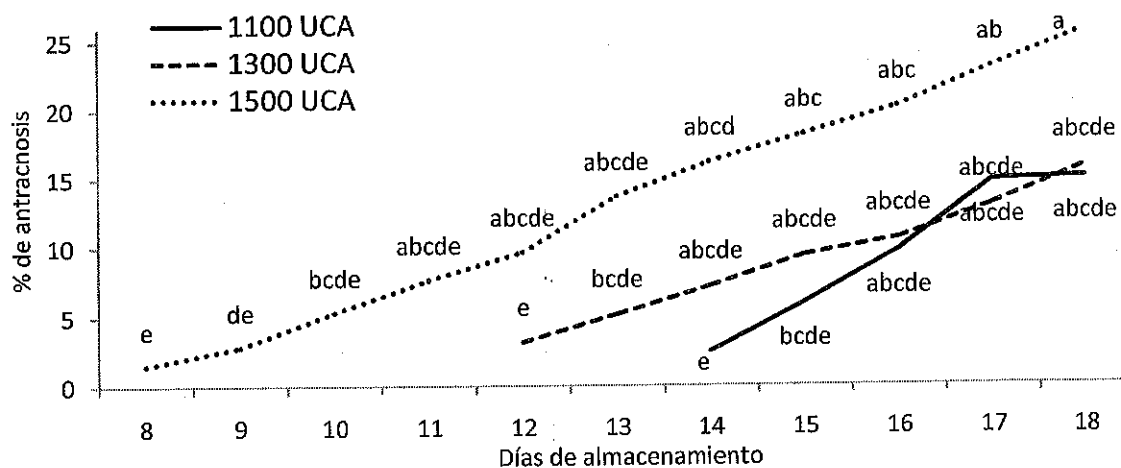


Fig. 22. Porcentaje de antracnosis en frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

VI. CONCLUSIONES

- Los frutos de mango 'Manila', en condiciones de "temporal" al acumular 940 unidades calor completaron su crecimiento.
- Frutos de mango cosechados con 977 unidades calor acumuladas reúnen el mínimo de °Brix requeridos por la NMX-FF-058-SCFI-2006, sin embargo, no cumplen con el peso mínimo, para clasificarlos dentro del código de calibres.
- En el año 2008, se determinaron 3 periodos de cosecha que comprenden de las 1046-1174 unidades calor acumuladas, de las 1245-1395 unidades calor acumuladas y de las 1465-1674 unidades calor acumuladas.
- El periodo óptimo comprendió en torno a las 1300 unidades calor acumuladas, puesto que se observó que los frutos de mango 'Manila', maduran de los 6-9 días de almacenamiento y presentaron una vida de anaquel de 11 días, con buena dulzura.
- Por otra parte, los frutos cosechados con 1100 unidades calor acumuladas, maduraron de los 9-12 días de almacenamiento y presentaron una vida de anaquel de 13 días, lo que permitiría la comercialización a un mercado distante, aunque con poca dulzura.
- Finalmente los frutos cosechados con 1500 unidades calor acumuladas, maduran de los 3-6 días de almacenamiento, con excelente dulzura y color; sin embargo, su venta se reduciría a un mercado local, puesto que tuvieron una vida de anaquel de 7 días.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

- AOAC. 1984. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, Va.
- Bompard, J. M. y R. J. Schnell. 1997. Taxonomy and systematic. In: The mango, botany, production and uses. R.E. Litz (ed.). CAB International. Wallingford, UK. pp. 21-48.
- Bósquez M., E. 1992. Manual de prácticas de laboratorio de fisiología postcosecha de frutas y hortalizas. 1ª Edición. UAMI. México, D.F.
- Bósquez M., E.; L. Ponce De L. G.; F. Díaz De L. S. y C. Kerbel L. 1996. Fundamentos fisiológicos de la calidad postcosecha del mango. Ciencia 47(2): 138-148.
- Brady, C. J. and J. Speirs. 1991. Ethylene in fruit ontogeny and abscission, pp. In: The plant hormone ethylene. A. K. Mattoo and J. C. Suttle. CRC Press. E. U. pp. 235-258.
- Burondkar M.M.; Bhingarde R.T.; V.N. Kor. and A.G. Powar. 2000. Estimation of Heat Units as Maturity Indices for Different Mango Varieties in Konkan Region of Maharashtra. Acta Horticulturae 509:297-299.
- Carrera A.; M. Delvalle y G. Ramón. 2008. Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del Estado Monagas. Agronomía Tropical. 58(1):27-30.
- Carrillo F.J.A.; R. S. García E.; M.D. Muy R.; A. Sañudo B.; I. Márquez Z.; R. Allende M.; Z. De la Garza R.; M. Patiño V y E. Galindo F. 2005. Control biológico de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz y Sacc.) y sus efectos en la calidad poscosecha del mango (*Mangifera Indica* L.) en Sinaloa México. Revista Mexicana de Fitopatología. 23 (1):24-32
- Díaz M., D. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor, S. A. México, D. F. 390 p.
- Droby, S.; D. Prusky; B. Jacoby and A. Goldman. 1987. Induction of antifungal resorcinols in flesh of unripe mango fruits and its relation to latent infection by *Alternaria Alternata*. Physiology and Molecular Plant Pathology 30:67.
- FAO 2009. Food and Agriculture Organization, [en línea]. Disponible en <http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&>

Domain=Production&servlet=1&language=ES&hostname=apps.fao.org&version=default

- Galán S., V. 1990. Los frutales tropicales en los subtropicos. Mundi Prensa. Madrid.
- Galán S., V. 1999. El cultivo del mango. Mundi Prensa. Madrid.
- Gomez L, M. A. 1997. Postharvest physiology. In: The mango, botany, production and uses. R. E. Litz (ed.). CAB International. Wallingford, UK. pp. 425-446.
- Gutiérrez A., J. G.; O. Gutiérrez A.; D. Nieto A.; D. Téliz O.; E. Zavaleta M.; H. Vaquera H.; T. Martínez D. y F. Delgadillo S. 2001. Características de crecimiento, germinación, esporulación y patogenicidad de aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. obtenidos de frutos de mango (*Mangifera indica* L.). Revista Mexicana de Fitopatología. 19(1):90-93.
- Gutiérrez A., J. G.; O. Gutiérrez A.; D. Nieto Á.; D. Téliz O.; E. Zavaleta M.; F. Delgadillo S. y H. Vaquera H. 2003. Resistencia a benomilo y tiabendazol en aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz y Sacc. obtenidos de mango (*Mangifera indica* L.) en cinco regiones de México. Revista Mexicana de Fitopatología. 21(3):260-266.
- Guzmán E. C.; S. Alcalde B.; R. Mosqueda V. y A. Martínez G. 1996. Ecuación para estimar el volumen y dinámica de crecimiento del fruto de mango cv. Manila. Agronomía Tropical 46(4):395-412
- Hulme, A. C. 1974. The mango. The biochemistry of fruits and their products. Vol. 2. 2ª Reimpresión. Academic Press, London and New York. 233-254 p.
- Ibar, L. 1979. Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango, papaya. Editorial AEDOS. Barcelona, España. 159 – 171.
- INNSZ. 1996. Tablas de valor nutricional de los alimentos. Instituto Nacional de la Nutrición "Salvador Zubirán". Edición Internacional Español – Inglés. Editorial PAX. México.
- Kader, A. A. 1998. Post harvest technology of horticulture crops. Publication 3311. 2a. Edition. University of California. Division of Agriculture and Natural Resources. E. U. A.
- Kader, A. A.; N. F. Sommer y M. L. Arpaia. 2007. Sistemas de manejo postcosecha de frutas tropicales. In: Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. 3ª Ed. Traducido al español de Clara Pelayo-Zaldivar. Series de Horticultura Poscosecha No. 24. University California, Davis. pp. 431-446.
- Knight, R. J. Jr. 1997. Important mango cultivars and their descriptors. In: The mango, botany, production and uses. R.E. Litz (ed.). CAB International. Wallingford, UK. pp. 545-566.

- Krishnamurthy, S.; M. V. Patwardhan and H. Subramanyam. 1971. Biochemical changes during ripening of the mango fruit. *Phytochemistry*. 10:2577-2581.
- Laborem G.; C. Marin; L. Rangel y M. Espinoza. 2002. Influencia del pre-enfriamiento sobre la maduración de 27 cultivares de mango (*Mangifera Indica* L.) *Bioagro* 14(2):113-118
- Lakshminarayana, S. 1975. Relation of time of harvest on respiration chemical constituents and storage life of mangos. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 88:477-481.
- Lebrun M.; A. Plotto; K. Goodner; M. N. Ducamp and E. Baldwin. 2008. Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. *Postharvest Biology and Technology* 48:122-131.
- Lewis, C. E. 1978. The maturity of avocados - A general review. *J. Sci. Fd. Agric.* 29:857-866.
- Lizada, C. 1993. Mango. In *Biochemistry of fruit ripening*. G. B. Seymour; J. E. Taylor and G. A. Tucker (eds.) Chapman Hall. pp:253-271.
- Luna E. G.; Ma. L. Arevalo G.; S. Anaya R.; A. Vellegas M.; M. Acosta R.; G. Leyva R. 2006. Calidad de mango "ataulfo" sometido a tratamiento hidrotérmico. *Revista fitotecnia Mexicana*. 29(2):123-128.
- Mata, B. I. y R. Mosqueda V. 1995. La producción de mango en México. Limusa S.A. de C.V. México D. F.
- Matoo, T. M.; Er. B. Pantastico; K. Chachin; K Ojata y C. T. Phan. 1979. Cambios químicos durante la maduración y senescencia, In: *Fisiología de la postrecolección, manejo y obtención de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales*. Traducido al español de Antonio Marino Ambrosio. Ed. Continental. México. pp. 129-156.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *Hort Sciece* 27(12): 1254-1255.
- Mendoza JR, D. B. y R. B. H. Wills. 1984. Mango: Fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN. Food Handling Bureau. Malasya.
- Mitra, S. K. and E. A. Baldwin. 1997. Mango. In: *Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits*. S. K. Mitra (ed.) CAB International. pp. 85-122
- Mosqueda V., R. and A. Ireta O. 1993. Degree-days and base temperatures required for inflorescence and fruit development in mango "manila". *Acta Horticulturae* 341:232-239.
- Mosqueda V., R.; F. De los Santos De la R.; E. N. Becerra L.; H. Cabrera M.; D. A. Ortega Z. y A. L. Angel P. 1996. Manual para cultivar mango en

- la planicie costera del Golfo de México. CECOT – INIFAP. Folleto técnico Núm. 15.
- Nakasone, H. Y. y R. E. Paull. 1999. Tropical fruits. CAB Internaional. E. U.
- NMX-FF-058-SCFI-2006. 2006. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano – fruta fresca – mango (*Mangifera indica* L.) – Especificaciones. Secretaria de Economía. México.
- Oosthuysen, S.A. 2009. Mango fruit appeal after extended cold-storage as it relates to harvest date, and the relationship harvest maturation stage at harvest and spontaneous ripening. VIII International Mango Symposium. Acta Horticulturae. 820:611-634.
- Osuna G., J. A.; M. L. Guzmán R.; B. Tovar G.; M. Mata M. O. y V. A. Vidal M. 2002. Calidad de mango Ataulfo producido en Nayarit, México. Revista Fitotecnia Mexicana. 25(4):367-374.
- Pacheco A., A y L. Tello P. 2003. Determinación del crecimiento e índices de madurez en frutos de mango 'Haden'. Anales científicos UNALM. 54:217-226.
- Pantastico, Er. B.; H. Subramanyam; M. B. Bhatii; N. Ali y E. K. Akamine. 1979. Índices para cosecha. In: Fisiología de la postrecolección, manejo y obtención de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Traducido al español de Antonio Marino Ambrosio. Ed. Continental. México. pp. 77-98
- Parikh, H. R., G. M. Nair and V. V. Modi. 1990 Some Structural Changes During Ripening of Mangoes (*Mangifera indica* var. Alphonso) by Absciscic Acid Treatment. Annals of Botany 65: 121-127.
- Pérez B.; E. Bringas; L. Cruz y R. Báez S. 2005. Evaluación de cera comestible en mango "Tommy Atkins" destinado a la comercialización para el turismo parte I: Efecto de las características físico-químicas. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha 7(1):24-32.
- Pérez de A., M. y M. Puche. 2003. La temperatura como herramienta de predicción agroclimática aplicada a la producción de frutales. CENIAP HOY No.3. Venezuela
- Ramírez V., J. 1991. Cultivo y enfermedades del mango. Universidad Autónoma de Sinaloa. México.
- Reid, M. S. 2007. Maduración e índices de madurez. In: Tecnología postcosecha de cultivos hortofrutícolas. 3ª Ed. Traducido al español de Clara Pelayo-Zaldivar. Series de Horticultura Poscosecha No. 24. University California, Davis. pp. 63-72.
- Reyes C., P. 1980. Diseño de experimentos aplicados. 3º Edición. Editorial Trillas. México.
- Rhodes, M. J. 1971. The climateric and ripening fruits. In: Hulme, A.C. (ed).

- The biochemistry of fruits and their products. Academic Press, London and New York. pp: 521-533.
- Salunkhe, D. K. y B. B. Desai. 1986. Postharvest biotechnology of fruits. CRC Press, Inc. Vol. I. Florida.
- Salunkhe, D. K. y Kadam, S. S. 1995. Handbook of fruit science and technology: production, composition, storage, and processing. Marcel Dekker, Inc. New York. USA.
- SIAP 2006. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, [en línea]. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Singh, L. B. 1960. The mango, botany, cultivation and utilization. Interscience Publisher, Inc. New York.
- Sturrock, D. 1972. Fruits for Southern Florida. Horticultural Books, Inc. E. U.
- Thompson, A. K. 2003. Fruit and vegetables, harvesting, handling and storage. Blackwell Publishing. E. U.
- Torcia, P. y R. Munguía. 1993. Fruticultura, general y especial. Universidad Nacional Agraria. Escuela de Producción Vegetal. Managua, Nicaragua.
- Westwood, M. N. 1982. Fruticultura de zonas templadas. Edic. Mundi Prensa, Madrid, España. 461 p.
- Wills, R.; B. McGlasson; D. Graham; D. Joyce. 1998. Introducción a la fisiología y manipulación poscosecha de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. 2ª. Ed. Traducido al español de Justino Burgos González. Editorial Acribia. España.
- Yashoda, H. M.; T.N. Prabha and R.N. Tharanathan. 2007. Mango ripening – Role of carbohydrases in tissue softening. Food Chemistry. 102(3): 691-698.
- Zambrano, J.; S. Briceño; C. Méndez; J. Manzano y E. Castellanos. 1995. Cambios en la maduración de frutos de mango cubiertos con ceras, durante el almacenamiento. Agronomía Tropical. 47(1): 5-15

VIII. APÉNDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza de variables físicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE	GL	CM	SE
	Largo			Ancho			Grosor		
DDD	10	0.7366	*	10	0.8186	**	10	0.9159	**
Error	115	0.1913		135	0.0600		138	0.1654	
Total	125			145			148		
CV	4.3			4.2			7.9		
	Cascara: L*			Cascara: C*			Cascara: °h		
DDD	10	63.0016	**	10	17.3172	**	10	38.2513	**
Error	143	9.2108		127	2.4717		134	8.0785	
Total	153			137			144		
CV	5.1			4.8			2.6		
	Pulpa: L*			Pulpa: C*			Pulpa: °h		
DDD	10	4.8070	NS	10	710.6984	**	10	430.8725	**
Error	139	2.5497		140	8.1025		148	6.8943	
Total	149			150			158		
CV	2.4			7.9			2.8		
	Peso			Firmeza					
DDD	10	4853.2243	**	10	1259.7874	**			
Error	139	366.3711		139	49.1662				
Total	149			149					
CV	12.8			7.1					

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; NS = No significativo; * = Diferencia estadística significativa; ** = Diferencia estadística altamente significativa; DDD = Días de desarrollo; L* = Luminosidad; C* = Croma; °h = Ángulo de tono; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 2A. Análisis de varianza de variables químicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE	GL	CM	SE
	SST			AT			SST/AT		
DDD	10	2.8289	**	10	9.0874	**	10	11.9437	**
Error	132	0.1434		148	0.3374		129	0.2852	
Total	142			158			139		
CV	5.8			5.7			12.9		

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; ** = Diferencia estadística altamente significativa; DDD = Días de desarrollo; SST = Sólidos solubles totales; AT = % de acidez titulable; SST/AT = Relación SST/AT; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 3A. Análisis de varianza de variables fisiológicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con diversos días de desarrollo al momento del corte.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE
		CO ₂	*		Etileno	
DDD	10	46.5867		10	1.1976	*
Error	19	9.9038		19	0.2743	
Total	29			29		
CV	16.8			76.7		

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; * = Diferencia estadística significativa; DDD = Días de desarrollo; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 4A. Análisis de varianza de variables físicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas al momento del corte.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE	GL	CM	SE
		Largo			Ancho			Grosor	
Cosecha	2	0.2947	NS	2	0.0472	NS	2	0.6305	**
Bloque	2	3.4011	**	2	0.6732	**	2	0.9243	**
Error	120	0.2273		119	0.0573		118	0.0387	
Total	124			123			122		
CV	4.4			3.9			3.7		
		Cascara: L*			Cascara: C*			Cascara: °h	
Cosecha	2	314.5755	**	2	28.4177	*	2	148.337	**
Bloque	2	17.1341	NS	2	46.1453	**	2	40.4197	*
Error	115	11.2005		4	4.6117		116	7.5094	
Total	119			118			120		
CV	5.2			5.7			2.5		
		Pulpa: L*			Pulpa: C*			Pulpa: °h	
Cosecha	2	3.3611	NS	2	246.7147	**	2	161.874	**
Bloque	2	0.7010	NS	2	14.4360	NS	2	3.0532	NS
Error	12	4.9883		12	6.5832		12	3.9832	
Total	16			16			16		
CV	3.3			6.6			2.2		
		Peso			Firmeza				
Cosecha	2	3276.470	*	2	207.3080	*			
Bloque	2	9095.288	**	2	22.9717	NS			
Error	120	356.2399		10	15.5378				
Total	124			14					
CV	10.9			3.7					

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; NS = No significativo; * = Diferencia estadística significativa; ** = Diferencia estadística altamente significativa; DDD = Días de desarrollo; L* = Luminosidad; C* = Croma; °h = Ángulo de tono; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 5A. Análisis de varianza de variables químicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas al momento del corte.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE	GL	CM	SE
	SST			AT			SST/AT		
Cosecha	2	0.7446	NS	2	9.4501	**	2	2.0573	*
Bloque	2	0.5732	NS	2	0.5987	NS	2	0.0504	NS
Error	12	0.4569		13	0.3994		12	0.2544	
Total	16			17			16		
CV	10.2			6.1			24.4		

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; NS = No significativo; * = Diferencia estadística significativa; ** = Diferencia estadística altamente significativa; SST = Sólidos solubles totales; AT = acidez titulable; SST/AT = Relación SST/AT; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 6A. Análisis de varianza de variables fisiológicas evaluadas en frutos de mango 'Manila' con 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas al momento del corte.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE
	CO ₂			Etileno		
Cosecha	2	144.0274	NS	2	13.4266	*
Bloque	2	148.7604	NS	2	0.5295	NS
Error	4	94.4275		4	0.3267	
Total	8			8		
CV	35.6			41.9		

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; * = Diferencia estadística significativa; DDD = Días de desarrollo; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 7A. Análisis de varianza de variables físicas de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE	GL	CM	SE
	Cascara: L*			Cascara: C*			Cascara: °h		
Cosecha	2	36.2921	*	2	22.4028	*	2	944.0903	**
DDA	6	37.8822	**	6	647.3598	**	6	2591.0240	**
BLO	2	15.5156	NS	2	84.0523	**	2	331.1436	**
Cos*DDA	12	13.6864	*	12	37.1656	**	12	48.7882	*
Error	92	5.7744		99	7.0022		99	20.7881	
Total	114			121			121		
CV	3.6			6.1			5.0		
	Pulpa: L*			Pulpa: C*			Pulpa: °h		
Cosecha	2	661.1513	**	2	122.7145	**	2	672.8372	**
DDA	6	864.4759	**	6	660.0138	**	6	1063.9540	**
BLO	2	19.3360	NS	2	136.7523	*	2	40.0690	NS
Cos*DDA	12	43.8761	**	12	115.8275	**	12	37.9710	*
Error	95	11.4751		91	26.9901		96	16.8058	
Total	117			113			118		
CV	6.4			11.4			5.1		
	Firmeza								
Cosecha	2	2809.9259	**						
DDA	6	27901.971	**						
BLO	2	329.7982	*						
Cos*DDA	12	789.2599	**						
Error	95	76.2634							
Total	117								
CV	27.9								

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; NS = No significativo; * = Diferencia estadística significativa; ** = Diferencia estadística altamente significativa; L* = Luminosidad; C* = Croma; °h = Ángulo de tono; DDA = Días de almacenamiento; BLO = Bloque; Cos*DDA = Interacción Cosecha por DDA; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 8A. Análisis de varianza de variables químicas de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE	GL	CM	SE
	SST			AT			SST/AT		
Cosecha	2	203.4297	**	2	55.2746	**	2	17504.8157	**
DDA	6	186.5551	**	6	211.1809	**	6	46234.0932	**
BLO	2	4.1837	NS	2	10.3107	*	2	1709.5980	NS
Cos*DDA	12	6.9736	*	12	4.5769	**	12	1254.6464	*
Error	98	1.9170		97	1.1584		92	613.5584	
Total	120			119			114		
CV	10.3			19.8			42.0		

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; NS = No significativo; * = Diferencia estadística significativa; ** = Diferencia estadística altamente significativa; SST = Sólidos solubles totales; AT = % de acidez titulable; SST/AT = Relación SST/AT; DDA = Días de almacenamiento; BLO = Bloque; Cos*DDA = Interacción Cosecha por DDA; CV = Coeficiente de variación..

Cuadro 9A. Análisis de varianza de variables fisiológicas de frutos de mango 'Manila' cosechados a las 1100, 1300 y 1500 unidades calor acumuladas almacenados a 25 °C durante 18 días.

FV	GL	CM	SE	GL	CM	SE	GL	CM	SE
	PP			CO ₂			Etileno		
Cosecha	2	4.9281	NS	2	422.0293	*	2	6.0414	*
DDA	5	877.6027	**	6	3442.6550	**	6	8.9365	**
BLO	2	51.9420	**	2	674.1564	**	2	0.5863	NS
Cos*DDA	10	7.1809	*	12	1510.0244	**	9	4.9894	*
Error	86	2.4928		33	151.9266		23	1.0998	
Total	105			55			42		
CV	7.4			17.9			56.1		

FV = Fuente de variación; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; SE = Significancia estadística; NS = No significativo; * = Diferencia estadística significativa; ** = Diferencia estadística altamente significativa; PP = % de pérdida de peso; DDA = Días de almacenamiento; BLO = Bloque; Cos*DDA = Interacción Cosecha por DDA; CV = Coeficiente de variación.