



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO
POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FRUTICULTURA**

**MADURACIÓN DE FRUTOS DE ZAPOTE MAMEY
[*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] CON ETEFÓN**

JUAN EMILIO ALVAREZ VARGAS

**T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011

La presente tesis titulada: **MADURACIÓN DE FRUTOS DE ZAPOTE MAMEY** [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] **CON ETEFÓN**, realizada por el alumno **JUAN EMILIO ALVAREZ VARGAS**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD FRUTICULTURA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. SERGIO HUMBERTO CHAVEZ FRANCO

ASESOR:



DR. SALVADOR VALLE GUADARRAMA

ASESOR:



DR. IRAN ALIA TEJACAL

Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Mayo de 2011

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico recibido para el cumplimiento de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados por permitirme desarrollarme en el ámbito académico.

A la especialidad de Fruticultura por permitirme realizar los estudios de maestría y a los trabajadores de esta área la secretarias Roció, Olga por su apoyo.

A todos los profesores que me compartieron su conocimiento para desarrollarme académicamente.

Al Dr. Sergio Humberto Chávez Franco por su incondicional apoyo, sus consejos y aportaciones valiosas en la culminación del presente trabajo.

Al Dr. Salvador Valle Guadarrama por el apoyo brindado, sus aportaciones valiosas para la culminación del presente trabajo.

Al Dr. Iran Alia Tejacal un agradecimiento ya que dejo de ser un doctor y consejero para ser un amigo y parte importante en mi formación académica gracias por su apoyo y sus consejos Doctor

Al Dr. Víctor López Martínez por el apoyo brindado y su amistad que me ha dado un agradecimiento Doctor Víctor.

Al Dr. Daniel Nieto Ángel un agradecimiento por su confianza y su amistad que me ha brindado y consejos que me ha dado para la culminación de mis estudios gracias Dr.

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz en mi camino y darme la fortaleza de salir delante de todas las caídas que he sufrido en mi camino.

A mis padres Juan Alvarez y Susana Vargas por ser la razón de mi existencia e inculcarme que los logros se consiguen con la constancia, el esfuerzo y la dedicación, gracias por estar siempre conmigo en los momentos difíciles. Gracias por confiar en mí, por su apoyo incondicional, sus consejos y recomendaciones a lo largo de todos estos años, y especialmente, por todo su amor.

A mis hermanos Carlos, María Eugenia y Cesar Adrián por su apoyo, cariño y por todos los momentos agradables que hemos pasado juntos. Gracias

A mis abuelitas, tíos y primos por preocuparse por mi educación y por esas palabras de aliento que siempre han tenido para mí gracias por todo

A mis amigos del colegio que compartí momentos muy gratos gracias por todo gracias amigos por sus consejos y palabras.

*“Ponerse en movimiento es importante,
Pero lo más importante es mantener el entusiasmo inicial,
Persistir y no rendirse a pesar de las dificultades.
Porque vamos a tener tropiezos. La clave no está en no caerse sino
En saber levantarse y continuar.”*

Paulo Coelho

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLA	vi
ÍNDICE DE CUADROS	vii
RESUMEN	1
SUMMARY	3
1. INTRODUCCIÓN	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	9
2.1 Los frutos.....	9
2.1.1 Desarrollo de los frutos.....	9
2.1.2 Importancia de la maduración de los frutos.....	10
2.2 Maduración de los frutos.....	11
2.2.1 Aspectos generales de la maduración	11
2.2.2 Clasificación de los frutos respecto a su maduración	12
2.2.3 Cambios que ocurren durante la maduración.....	13
2. 3 Índice de Madurez y Cosecha en el fruto de Mamey (<i>Pouteria sapota</i>)... 15	15
2.4 Color	16
2.5 Pérdida de peso.....	16
2.6 Sólidos Solubles Totales (SST).....	17
2.7 Respiración.....	18
2.8 Etileno	18
2.9 Ethrel	20
2.9.1 Modo de acción	20
2.9.2 Aplicaciones de Ethrel	21
2.9.2.1 Preparación de la mezcla	22

2.10 Daños por frío.....	23
2.10.1 Síntomas de los daños por el frío (DF)	24
2.11 Análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor	27
2.11.1 Calidad en general y calidad en frutas y hortalizas.....	28
2.12 Hongos Fitopatógenos en mamey	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1 Localización.....	31
3.2 Material vegetal	32
3.3 Evaluación de la aplicación de etefón en la maduración de frutos de zapote mamey.....	33
3.3.1 Diseño de tratamientos	33
3.3.2 Pérdida de peso	37
3.3.3 Patrón de maduración	37
3.3.4 Color	37
3.3.5 Sólidos solubles totales (SST)	38
3.4 Efecto a la exposición de etefón en la maduración de frutos de zapote mamey y su susceptibilidad al daño por frío.....	40
3.4.1 Índice de daño por frío (%).....	43
3.4.2 Índice de presencia de hongo (%).....	43
3.4.3 Producción de CO₂ y Etileno	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1 Evaluación de etefón en la maduración de frutos de zapote mamey	45
4.1.1 Sólidos solubles totales (SST)	48
4.1.2 Pérdida de peso.....	49
4.1.3 Componentes del color.....	52

4.1.3.1 Luminosidad	52
4.1.3.2 Matiz.....	53
4.1.3.3 Cromaticidad.....	55
4.2 Efecto a la exposición de etefón durante 24 hrs y transferidos a 10 ± 1 °C por 28 días	57
4.2.1 Condiciones ambientales.....	57
4.2.2 Días de maduración	58
4.2.3 Color	60
4.2.3.1 Luminosidad	60
4.2.3.2 Matiz.....	61
4.2.3.3 Cromaticidad.....	62
4.2.4 Sólidos solubles totales (SST)	64
4.2.5 Daño por hongo.....	65
4.2.6 Daños por frío.....	67
4.2.7 Respiración.....	71
4.2.8 Etileno	72
4.2.9 Pérdida de peso.....	72
4.2.10 Valores máximos de CO ₂ y Etileno	76
4.2.10.1 Respiración	76
4.2.10.2 Etileno.....	76
5. CONCLUSIONES	79
6. LITERATURA CITADA	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patrones de respiración de algunos frutos. a) Frutos climatéricos b) Frutos no climatéricos. Tucker y Grierson, 1987.	13
Figura 2. Localización de la Huerta donde se recolectaron los frutos para la investigación.	31
Figura 3. Frutos de zapote mamey colocados dentro del recipiente donde se realizó la mezcla del etefón e hidróxido de sodio para la liberación del gas... 35	
Figura 4. Vista esquemática de los frutos en el recipiente para la aplicación de etefón e hidróxido de sodio y los implementos utilizados.	36
Figura 5. Muestreo de frutos de zapote mamey.....	39
Figura 6. Días para alcanzar la maduración de los frutos de zapote mamey. 47	
Figura 7. Apariencia de la pulpa de frutos de zapote mamey almacenados por 12 h con 0 mg L^{-1} de etefón durante 8 días a temperatura ambiente ($24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) y el testigo sin aplicación de etefón en la maduración.....	47
Figura 8. Temperatura y Humedad Relativa durante el experimento.....	57
Figura 9. Días para alcanzar la maduración de los frutos de zapote mamey. 60	
Figura 10. Daños por frío en la pulpa de mamey después de 28 días almacenados a $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y 8 días en temperatura ambiente ($24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$).	63
Figura 11. Presencia del hongo en la pulpa.....	67
Figura 12. Presencia de daño por frío en el tejido de la pulpa, donde se presentó incapacidad para madurar y desarrollar el color característico rojo-salmón.	69
Figura 13. Velocidad de respiración y producción de etileno en frutos de zapote mamey tratados con y sin aplicación de etefón y almacenados por 0, 7, 14, 21 y 28 d a $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ y madurados a $24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$. Cada valor representa la media de 5 observaciones y se muestra el error estándar.	75

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1. Cambios físicos, químicos y metabólicos que ocurren durante la maduración de los frutos.....	14
--	----

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Arreglo de tratamientos de los frutos cosechados en abril.....	33
Cuadro 2. Arreglo de tratamientos de los frutos cosechados en junio.....	40
Cuadro 3. Días para alcanzar el estado suave al contacto en frutos de zapote mamey, previa aplicación de diferentes dosis de etefón durante 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).....	46
Cuadro 4. Cambios para sólidos solubles totales (SST) en frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).....	49
Cuadro 5. Cambios para la pérdida de peso en frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).....	51
Cuadro 6. Cambios en la luminosidad en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).....	53
Cuadro 7. Cambios de matiz en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).....	54
Cuadro 8. Cambios de la cromaticidad en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).....	56
Cuadro 9. Días para alcanzar el estado suave al contacto en frutos de zapote mamey previa aplicación de diferentes dosis de etefón durante 24 hrs de almacenamiento más 28 días (10 ± 1 °C) y 8 días en temperatura ambiente (24 ± 1 °C).....	59
Cuadro 10. Cambios en los parámetros del color en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con etefón por 24 h, almacenados por diferentes	

periodos (0, 7, 14, 21, 28 d) y madurados por 8 días a temperatura ambiente ($24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$). 64

Cuadro 11. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales (SST), daño por hongos y daño por frío en frutos de mamey tratados con etefón y almacenados a bajas temperaturas por diferentes periodos y madurados a temperatura ambiente ($24 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$). 70

Cuadro 12. Comportamiento de la respiración, producción de etileno y pérdida de peso de frutos de zapote mamey, almacenados a bajas temperaturas por diferentes periodos y madurados a temperatura ambiente ($24 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$). 74

Cuadro 13. Máximos de la respiración, producción de etileno y los y días en que alcanzaron este valor en frutos de zapote mamey, almacenados a bajas temperaturas previa aplicación de etefón. 78

RESUMEN

En México el fruto de zapote mamey es consumido principalmente en fresco debido a sus características organolépticas y nutricionales. Su consumo en fresco es apreciado en muchos países de América Central y del sur de los Estados Unidos de Norteamérica. Sin embargo, debido a la escasa información sobre su manejo en campo, cosecha, postcosecha y la aplicación de tecnologías postcosecha su comercialización es limitada. De 1970 a la fecha se ha iniciado la investigación en esta especie, principalmente en la propagación vegetativa, crecimiento de fruto, evaluación de la maduración en postcosecha, tecnologías postcosecha como: refrigeración, atmósferas modificadas y controladas, aceleradores o inhibidores de la maduración, así como el control de plagas cuarentenarias que restringen la comercialización en fresco, pero esta información es aún escasa. En particular en postcosecha se ha indicado que el fruto de zapote mamey es un fruto climatérico altamente perecedero (3-10 días (d), 20 – 27 °C; 60-80 % HR.), lo cual limita su comercialización postcosecha. El uso de las temperaturas bajas puede incrementar su vida postcosecha. Se ha reportado que temperaturas de entre 10 y 15 °C pueden conservar el fruto hasta 21 d, el almacenamiento a temperaturas menores causa daño por frío. La respuesta del fruto al daño por frío varía debido a factores como la etapa de maduración, condiciones nutricionales, época de cosecha, etc.; por lo cual es necesario investigar el efecto de cada factor en la respuesta del zapote mamey a este fenómeno para ofrecer alternativas de manejo de esta especie para mejorar y expandir la comercialización de la misma.

En este trabajo se estudió la aplicación de etefón e Hidróxido de Sodio para homogenizar la fruta en su maduración, así como los efectos en la reducción de daños por frío. Se seleccionaron dos fechas de corte en las huertas de mamey del municipio de Tetecala de la Reforma, en Morelos (Abril y Junio del 2009), en el mes de Abril los frutos se almacenaron en recipientes de 35 L donde se le aplicó etefón a dosis de 0, 100, 300 y 500 mg L⁻¹, durante 12 y 24 h e Hidróxido de Sodio. Fueron transferidos al ambiente (24 ± 1 °C) durante 8 d, donde se

realizaron muestreos a los 0, 4 y 8 d donde se evaluó el color de la pulpa, pérdida de peso, Sólidos Solubles Totales (°Brix) y patrón de maduración, utilizando como unidad experimental el fruto y con 5 repeticiones.

En el experimento del mes de Junio los frutos se almacenaron en recipientes de 35 L donde se le aplicó etefón a dosis de 0, 100 y 500 mg L⁻¹, durante 24 hrs y transferidos a 10 ± 1 °C por 28 d, sacando lotes de muestreo a los 0, 7, 14, 21 y 28 d y dejados al ambiente (24 ± 1 °C) durante 8 d muestreando a los 0, 4 y 8 d. Se evaluó el color de la pulpa, pérdida de peso, Sólidos Solubles Totales (°Brix) y patrón de maduración, índice de daño por presencia de hongo, índice de daño por frío, respiración y producción de etileno utilizando como unidad experimental el fruto y con 7 repeticiones.

Los frutos almacenados a los 14 d a temperatura de 10 ± 1 °C y dejándolos a temperatura ambiente (TA) (24 ± 1 °C) para su maduración presentó indicios de daños por frío y la presencia de patógenos en la pulpa, un incremento ligero en los °Brix. En cuanto al color en la pulpa de la fruta en luminosidad hubo una disminución, en matiz incrementó el color de la pulpa al igual que cromaticidad. Esto es síntoma de daño por frío en la pulpa por la lignificación y manchado de pulpa, un incremento en la producción de respiración, en la producción de etileno hubo un decremento.

SUMMARY

In Mexico the fruit of mamey sapote is mainly consumed fresh because of its organoleptic and nutritional characteristic. Fresh consumption is appreciated in many countries in Central America and the southern United States, however due to the lack of information on its management in field and post-harvest and implementation of post-harvest technologies has a limited marketing. From 1970 research has been initiated in this fruit, mainly about vegetative propagation, fruit growth, postharvest evaluation of its maturation, postharvest technologies such as refrigeration, modified and controlled atmospheres, promoters and-or inhibitors, and quarantine treatments for pests control, to improve fresh fruit marketing, but this information is still limited. In particular mamey sapote fruit is a climacteric fruit highly perishable (3-10 days (d), 20-27 °C, 60-80 % RH) which limits its marketing. The use the low temperatures may increase post-harvest life. Has been reported that at temperatures between 10 and 15 °C can keep the fruit up to 21 d, stored at lower temperature may cause chilling injury. The response of the fruit to chilling injury varies due to factors such as the maturation stage, nutritional status, harvest time, etc. Making it necessary to investigate the effect of each factor in the response of mamey sapote to this phenomenon, to provide alternative management of this species to improve and expand its marketing time. In this study, the application of ethephon and sodium hydroxide was used to homogenize its ripening and their effects on reducing chilling injury. Two harvesting dates were selected in orchards belong into "Tetecala de La Reforma" county in the Mexican State of Morelos (April to June 2009). In April mamey fruits were stored in 35 L containers, where ethephon was applied (0, 100, 300 and 500 mg L⁻¹ for 12 and 24 hours) and sodium hydroxide, later were transferred to room temperature (24 ± 1 °C) for 8 d. Samples were taken after 4 and 8 d evaluating flesh-color, weight loss, Total Soluble Solids (°Brix) and its ripening process, using a fruit as an experimental unit with 5 replicates.

In the experiment of June fruit stored in containers of 35 L were ethephon was applied at doses of 0, 100 and 500 mg L⁻¹ during 24 hours and transferred to 10 ± 1 °C for 28 d taking samples after 0, 7, 14, 21 and 28 d, those samples were left at room temperature (24 ± 1 °C) for 8 d taking fruits after 0, 4 and 8 d, to measure flesh color, weight loss, Total Soluble Solids (°Brix) and studying its ripening pattern, presence of fungus damage, chilling injury index, rate of respiration and ethylene production rate, using a fruit as an experimental unit with 7 replicates. Fruits stored for 14 d at 10 ± 1 °C and later transferred at room temperature (RT) (24 ± 1 °C) to allow full ripening, showed signs of chilling injury, presence of pathogens in flesh, and a light increase in °Brix,. Flesh color showed a decrease in hue and increase in color chromaticity. This is a symptom of flesh chilling injury as well as stained lignifications pulp, increase in the respiration rate, and a decrease of ethylene production.

1. INTRODUCCIÓN

El zapote mamey es un árbol nativo de regiones tropicales del sur de México y América Central, incluyendo Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua (Campbell *et al.*, 1997). El fruto del zapote mamey se considera exótica por sus características organolépticas se consume en el mercado nacional (Saucedo *et al.*, 2001), además se considera un recurso fitogenético que se debe conservar, mejorar, proteger y utilizar dado que tiene un gran potencial para ampliar su mercado a nivel nacional e internacional. En México se cultiva en forma comercial en Yucatán, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Tabasco, Campeche Morelos, Colima y Veracruz, en un total de 2397 ha (SIAP, 2008).

La comercialización del fruto es limitada y regional debido a la escasa información de su manejo postcosecha; sin embargo en la última década se ha formalizado el estudio del comportamiento del fruto después de la cosecha y de técnicas que permitan prolongar su vida útil (Alia *et al.*, 2007). En México, solo en Yucatán hay plantaciones injertadas con materiales seleccionados, entre los que destacan Magaña 1 y Magaña 2 (Espinosa *et al.*, 2009); en los demás estados se tienen árboles con materiales a pie franco. Se han realizado trabajos para caracterizar materiales de zapote mamey en los estados de Guerrero (Espinosa *et al.*, 2005), Michoacán (Bayuelo y Ochoa, 2006), Morelos (Gaona *et al.*, 2008), con la finalidad de seleccionar tipos que pudieran ser de interés agronómico. La heterogeneidad de los árboles en producción, así como la falta de homogeneidad de las cosechas obtenidas hacen que la calidad del zapote mamey en el mercado nacional sea muy variable (Espinosa *et al.*, 2009).

El fruto de zapote mamey tiene un periodo de desarrollo entre 17 y 20 meses desde la fecundación hasta su madurez fisiológica (Sandoval *et al.*, 2006; Domínguez-Ordoñez *et al.*, 2007; Alia *et al.*, 2008), y no se observan cambios significativos en la epidermis del fruto que pudieran ser utilizados como indicadores de su madurez fisiológica (Díaz *et al.*, 2000). Por lo cual, cuando se requiere cosechar se tiene que realizar una pequeña incisión en la epidermis tanto

en la parte basal como apical del fruto y verificar si la coloración del mesocarpio es de color rosa salmón, naranja o rojo, lo que indicaría que el fruto llegará a su madurez de consumo. La mayoría de los árboles de mamey en producción pueden ser de más de 10 m de altura, lo cual dificulta evaluar fruto por fruto para poder cosechar. Esto hace que los productores tomen una muestra de los diferentes estratos del árbol y así determinar que cumplen con las características de color antes mencionadas, para cosechar la totalidad de la fruta del árbol.

El fruto de zapote mamey es climatérico (Henríquez, 1973), madura rápidamente entre 2 y 10 d después de cosechado (Balerdi y Shaw, 1998; Alia *et al.*, 2007). La amplitud del rango de maduración se debe a la gran heterogeneidad de las cosechas debidas al índice de cosecha subjetivo y la heterogeneidad de árboles en las huertas en producción. Saucedo *et al.* (2001), al aplicar etileno exógeno para homogenizar la maduración de los frutos de zapote mamey, no detectaron efectos en la velocidad de maduración de los frutos, pero sí se incrementó el contenido de azúcares totales. [Díaz *et al.* (1997) realizó inmersiones en soluciones de etefón con concentraciones entre 100 y 200 mg L⁻¹, obteniendo baja respuesta de los frutos. Saucedo-Veloz *et al.* (2001), realizaron aplicaciones de etileno con 50 y 170 μ L L⁻¹ por 24 h a 20 y 25 °C, obteniendo poca respuesta en la velocidad de maduración, aunque sí mejoró la concentración de azúcares totales en el fruto y Martínez *et al.* (2008), realizaron aplicaciones de etefón por inmersión de frutos en solución con este producto químico, no observaron efecto en la maduración del zapote mamey, probablemente porque la epidermis del fruto no favoreció la entrada y acción del producto]. El etefón, puede liberar gas etileno en presencia de una base (Kader, 2002). En mandarinas 'Nagpur' se ha utilizado como un método efectivo de desverdizado, utilizando etefón e hidróxido de sodio en una cámara cerrada y humedad controlada (Ladaniya, 2008). En México no se ha evaluado este método que pudiera favorecer una maduración homogénea del fruto.

Los estudios de investigación en el manejo poscosecha del fruto de zapote mamey se han enfocado hacia el incremento de la vida útil del producto con tecnologías como refrigeración (Díaz-Pérez *et al.*, 2000; Alia *et al.*, 2002; Alia *et*

al., 2005 a y b; Martínez *et al.*, 2008; Gómez-Jaimes *et al.*, 2009), atmósferas modificadas (Ramos-Ramírez *et al.*, 2009), atmosferas controladas (Manzano *et al.*, 2001; Martínez *et al.*, 2008) y retardadores de la maduración (Ergun *et al.*, 2009; Téllez *et al.*, 2009). Pero poca ha sido la atención hacia el problema de la heterogeneidad de la maduración en los frutos de zapote mamey.

Por otra parte, se ha reportado que los frutos de zapote mamey se pueden almacenar a temperaturas de 12 °C hasta por 28 d (Martínez *et al.*, 2006). Al disminuir las temperaturas a menos de 10 °C por 14 d se presentan síntomas de daño por frío al salir de esta condición (Díaz *et al.*, 2000; Alía *et al.*, 2005a). En aguacate, se ha observado que la aplicación de etileno antes de almacenar a temperaturas que causan daño por frío ha evitado significativamente el efecto negativo de la temperatura baja. En zapote mamey este aspecto no se ha estudiado. Con lo anterior descrito, en el presente trabajo se estudió la respuesta durante la maduración en frutos de zapote mamey a la aplicación previa de etileno liberado de etefón en condiciones de laboratorio a temperatura baja.

Objetivos

- 1.- Evaluar los cambios físicos, químicos y fisiológicos que ocurren en frutos de zapote mamey previa aplicación de gas etileno liberado de etefón, para homogenizar la maduración y conservar la calidad del producto.
- 2.- Determinar el efecto de la aplicación de etileno liberado de etefón, en la incidencia del daño por frío y los cambios físicos, químicos y fisiológicos en frutos de zapote mamey, para mejorar su vida útil.

Hipótesis

La aplicación de etileno a partir de etefón en dosis de 100 mg L^{-1} no homogeniza la maduración de frutos de zapote mamey y afecta significativamente la calidad.

La aplicación de 100 mg L^{-1} de etefón a frutos de zapote mamey y almacenado después a $10 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ no favorece en la susceptibilidad al daño por frío.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los frutos

Las plantas presentan numerosos mecanismos para dispersar sus semillas para la perennidad de progenies viables y competitivas, siendo los frutos una parte integral de esta lucha (Giovannoni, 2001). Los frutos definidos anatómicamente como el ovario maduro han tomado diversas formas que protegen y dispersan las semillas. Los estudios del desarrollo y maduración se enfocan a las especies de frutos suculentos, debido a que juegan un papel importante en la nutrición humana, que brindan algunos factores necesarios para mantener la salud, siendo fuente de minerales, vitaminas, fibra y antioxidantes (Giovannoni, 2004).

2.1.1 Desarrollo de los frutos

Desde el punto de vista fisiológico y bioquímico el desarrollo del fruto puede ser dividido en cuatro fases (Gillaspy *et al.*, 1993). La primera fase comienza después de la abertura de la flor, involucra la fertilización y el desarrollo del ovario. La segunda fase se refiere al desarrollo del fruto por división celular, es el proceso más prominente y es acompañado por la formación temprana del embrión. En la tercera fase se da el crecimiento del fruto, principalmente por un incremento en el volumen celular, durante este estado de expansión del fruto el embrión madura. Esta fase frecuentemente conduce a la inducción de la dormancia de la semilla, es caracterizada por la acumulación de productos, la supresión de la germinación precoz, la adquisición de tolerancia a la desecación y la pérdida de agua (Bewley y Black, 1994). La cuarta fase es la maduración y se inicia una vez que se ha completado la maduración de la semilla. Es la fase más ampliamente estudiada debido a su importancia para el almacenamiento y la vida postcosecha (Aharoni y O'Connell, 2002).

2.1.2 Importancia de la maduración de los frutos

Los frutos contienen un alto porcentaje de agua. Exhiben una alta actividad metabólica, comparados con otros alimentos que derivan de plantas como es el caso de las semillas. Esta actividad metabólica continúa durante la postcosecha, haciendo a los frutos altamente perecederos. Esta perecibilidad, así como otros atributos de la maduración y la corta vida de anaquel, particularmente como resultados de los cambios en la firmeza y decremento de la resistencia a infecciones microbiológicas, lo que representa un problema para el manejo y transporte del fruto fresco. Los problemas postcosecha de los frutos de importancia comercial se han resuelto con el manejo de los frutos inmaduros, al inicio de la maduración, por uso de refrigeración y almacenamiento en atmósferas controladas. Sin embargo muchos otros frutos no pueden ser manejados usando estos métodos, lo que perjudica su explotación comercial máxima (Vorstermans *et al.*, 2007). Debido a que la explotación máxima puede ser de beneficio mutuo para el país consumidor como el productor y dar soluciones para las pérdidas de los frutos o el mejoramiento en los procesos de manejo, pueden venir de una mejor comprensión de la bioquímica y la biología molecular de la maduración. Por lo que es de interés científico identificar los mecanismos claves involucrados en la regulación de este proceso y comprender cómo el metabolismo completo del fruto es transformado para generar los atributos asociados con la maduración (Prasanna *et al.*, 2007), lo que permitirá la manipulación de las características de calidad y nutricionales asociadas a este proceso (Giovannoni, 2001).

Diversos estudios científicos se han enfocado en los procesos de la organogénesis, la diferenciación, el desarrollo y la maduración (Adams-Phillips *et al.*, 2004; Tanksley, 2004; Goff y Klee; 2006), siendo los dos últimos de mayor importancia. Una de las cuestiones clave en el fenómeno de la maduración es la suma de las rutas no relacionadas y los procesos coordinados que actúan eficiente y sincronizadamente durante el desarrollo y la maduración del fruto (Givannoni, 2004). A pesar de las selecciones genéticas de los frutos con valor

agrícola, no se conoce cómo este proceso se encuentra coordinado con el desarrollo embriogénico, la formación de la semilla y cómo los eventos fisiológicos, celulares y moleculares controlan el crecimiento, la diferenciación y la maduración de los frutos (Gillaspy *et al.*, 1993).

2.2 Maduración de los frutos

2.2.1 Aspectos generales de la maduración

Los frutos son objeto de una compleja y coordinada transformación durante la maduración (Giovannoni 2001). La maduración representa la fase final del desarrollo floral (O' Neill, 1997), es un proceso único en plantas y un aspecto vital en la producción de los frutos de los que derivan algunos de nuestros alimentos. Es un fenómeno esencial para la propagación de las especies (Causier *et al.*, 2002; Katz *et al.*, 2007) y usualmente comienza en una zona y se extiende posteriormente al resto del fruto. La maduración es descrita como los cambios que ocurren en el estado tardío del desarrollo, y el crecimiento del fruto seguida del estado temprano de la senescencia, resultando en las características estéticas y deseables del fruto para los dispersores de las semillas, teniendo un impacto marcado en su nutrición.

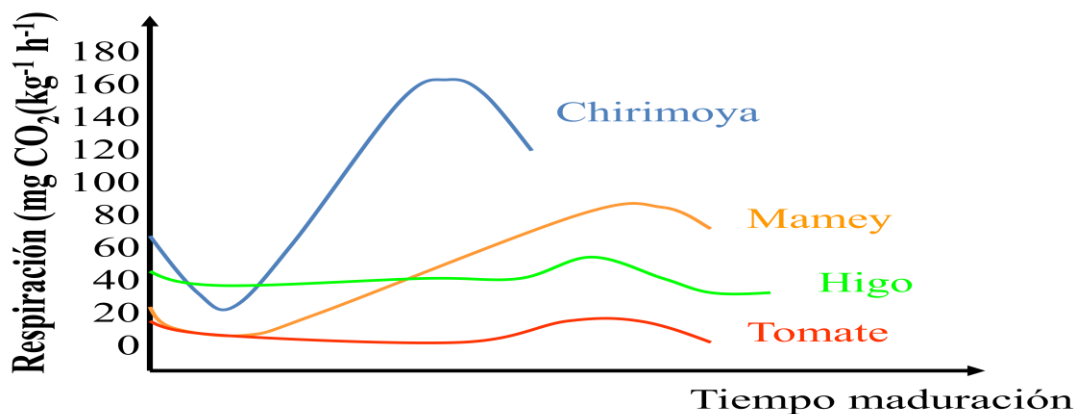
La maduración es un evento altamente complejo, estrictamente controlado, irreversible y programado genéticamente, involucra la expresión de nuevos genes y la coordinación de una serie de cambios fisiológicos, bioquímicos y organolépticos (Brady, 1987; Prasanna *et al.*, 2007). Todos estos cambios conducen a la producción de compuestos que confieren un incremento en el color, el sabor, el dulzor y el ablandamiento de los frutos, lo que los hace más ricos y atractivos al consumidor (Seymour *et al.*, 1993). Este proceso está influenciado por factores internos y externos que incluyen la regulación genética del desarrollo, las hormonas, la luz y la temperatura (Theologis, 1992). La maduración es un proceso clave en la producción de fitonutrientes que son esenciales para el balance de la dieta y la prevención de enfermedades; debido a que altera varios aspectos críticos del fruto, incluyendo el contenido de fibra, la composición

nutrimental, el metabolismo de lípidos, los niveles de vitaminas y varios antioxidantes (Ronen *et al.*, 2000; White, 2002; Carrari y Fernie, 2006). Durante la maduración se pierden las características contrastantes de este proceso como la textura repulsiva, la acidez y la astringencia que previenen la separación letal de las semillas inmaduras de la planta durante el periodo de crecimiento (Sarry *et al.*, 2004).

2.2.2 Clasificación de los frutos respecto a su maduración

La clasificación más acertada de los frutos maduros ha sido establecida con base a la tasa de respiración y la síntesis de etileno. De acuerdo a esta clasificación los frutos se dividen en dos grupos con mecanismos de maduración contrastante. Por una parte están los frutos climatéricos que se distinguen por el incremento en la tasa de respiración y la síntesis de etileno durante la maduración (Lelievre *et al.*, 1997). Por otro lado están los frutos no-climatéricos, en los cuales ambos parámetros permanecen constantes (Figura 1), aunque algunos pueden responder a etileno como es el caso de los cítricos. No obstante, éste no es requerido para la maduración de estos frutos. En contraste, el etileno es necesario para la coordinación y la complementación de la maduración en frutos climatéricos (Tucker y Brady, 1987).

a)



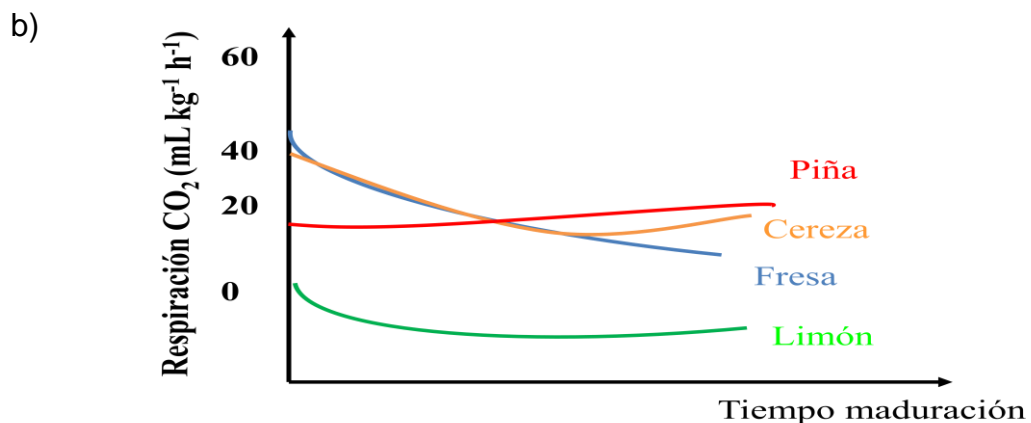


Figura 1. Patrones de respiración de algunos frutos. a) Frutos climatéricos b) Frutos no climatéricos. Tucker y Grierson, 1987.

2.2.3 Cambios que ocurren durante la maduración

Los cambios que ocurren durante la maduración, aunque varían entre especies, generalmente incluyen algunos procesos y rutas comunes. Entre los cambios más notorios durante este proceso están los cambios físicos, químicos y metabólicos (Tabla 1), siendo de manera general la alteración en la biosíntesis y la acumulación de pigmentos, la síntesis y acción de las hormonas, la modificación de la textura vía alteración del turgor celular, la estructura y metabolismo de la pared celular; la modificación de azúcares, ácidos y volátiles que afectan la calidad nutricional, el sabor, el aroma y el incremento en la susceptibilidad a patógenos (Brady 1987; Seymour *et al.*, 1993; Clendennen y May, 1997; Medina-Suárez *et al.*, 1997; Giovannoni, 2001, 2004; Asif y Nath, 2005). Extensas modificaciones de la pared celular ocurren durante la maduración y son las bases de procesos como ablandamiento, deterioro del tejido y susceptibilidad a patógenos. Estos cambios afectan todos los compartimentos celulares y requieren de la expresión de nuevos genes, que codifican para enzimas que catalizan reacciones esenciales para el desarrollo de los atributos de calidad (Brady, 1987; Grierson y Schuch; 1993).

Tabla 1. Cambios físicos, químicos y metabólicos que ocurren durante la maduración de los frutos.

Cambios físicos y químicos	Causas
Color	<ul style="list-style-type: none">• Pérdida de clorofila• Desmantelamiento del aparato fotosintético• Síntesis de antocianinas, betalaínas y carotenoides
Textura	<ul style="list-style-type: none">• Alteración en la composición de las paredes celulares• Solubilización parcial de las pectinas y celulosa• Degradación del almidón
Sabor y Aroma	<ul style="list-style-type: none">• Acumulación de azúcares• Producción de compuestos volátiles• Cambios en la acidez
Cambios metabólicos	Causas
Alteración del control de las vías metabólicas existentes	<ul style="list-style-type: none">• Incremento en la tasa respiratoria• Síntesis de etileno
Cambios en la expresión genética	<ul style="list-style-type: none">• Desaparición del RNAm y proteínas sintetizadas antes de la maduración• Aparición del RNAm y proteínas sintetizadas durante la maduración

Cruz Hernández 1993.

Los cambios metabólicos durante la maduración incluyen un incremento en la biosíntesis y evolución de la hormona de la maduración (Yang y Hoffman, 1984), un incremento en la respiración mediada por enzimas mitocondriales, especialmente oxidasas y síntesis de *novoo* de enzimas que catalizan cambios específicos de la maduración (Tucker y Grierson, 1987) y también a la regulación de metabolitos secundarios de importancia para la calidad del fruto.

2. 3 Índice de Madurez y Cosecha en el fruto de Mamey (*Pouteria sapota*)

En un estudio de desarrollo del fruto de zapote mamey se encontró que desde la floración hasta la madurez fisiológica del fruto pasan 400 d (Villanueva *et al.*, 2000). Sin embargo, Arenas *et al.* (2003) trabajaron en huertas con diferentes condiciones climáticas; reportaron que la época de cosecha del fruto mamey es entre 383 a 422 d después de la floración. Villanueva *et al.* (1998), sugieren como indicadores de cosecha los sólidos solubles totales y el color de la pulpa. Así, el método más simple para saber si el fruto ya está en maduración fisiológica y es el principal índice de cosecha del zapote mamey, es eliminar una pequeña porción de la epidermis del fruto. Si el mesocarpio tiene una coloración naranja rojiza el fruto es cosechado (Alia *et al.*, 2005a). La cosecha en las diferentes regiones del país es mediante cortadores que suben a los árboles colectando los frutos con canastillas de madera, navajas o con la mano, posteriormente son depositados en el suelo y empacados en costales, cajas o a granel para ser transportados a los puntos de venta. Durante el periodo de cosecha y comercialización ya que el fruto sufre daños por impacto, compresión y abrasión entre otros factores que probablemente afecten su calidad final.

El zapote mamey es un fruto típico climatérico, ya que después de ser cosechado del árbol éste sigue su proceso fisiológico de maduración hasta alcanzar su senescencia, también en su proceso de respiración acorde a la clasificación reportada por Kader. (2002), que puede ser clasificado como un producto hortícola con altas tasas de producción en CO₂ (>17 µg kg⁻¹ s⁻¹). Díaz *et al.* (2000)

trabajo con frutos nativos de México reportando $5\text{--}13 \mu\text{g kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ y $30 \mu\text{g kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ en el estado preclimatérico y climatérico. Se ha determinado que las tasas de respiración del pico climatérico son afectadas por la fecha de cosecha (Villanueva *et al.*, 2000). Así se ha demostrado que frutos cosechados en los meses de marzo y abril son los que presentaban picos climatéricos más altos que en febrero, obteniendo una tasa de producción de CO_2 de $53\text{--}62 \mu\text{g kg}^{-1} \text{s}^{-1}$ a una temperatura de $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

2.4 Color

El color de la pulpa es uno de los atributos de calidad que más cambia durante la maduración de frutos de zapote mamey y es uno de los principales índices de cosecha usado por los productores (Díaz *et al.*, 2000). El color de la pulpa cambia de amarillo o rosa salmón (ángulo hue = 55) en madurez fisiológica a naranja o rojo (ángulo hue = 47) en frutos maduros. Las temperaturas de almacenamiento y época de cosecha influyen directamente en el color de la pulpa (Díaz *et al.*, 2000; Villanueva *et al.*, 2000).

2.5 Pérdida de peso

La hidrólisis de los compuestos de las pectinas ocurre en gran parte durante la maduración del zapote mamey. Casas-Alencaster (1977) trabajó con frutos de árboles criollos de México y reportó un incremento en el nivel del ácido galacturónico de 0.25 a 0.56% en frutos maduros de 0.86 a 0.92% en frutos maduros, mientras que Arenas *et al.* (2003), encontró que la fruta en el estado postclimatérico (7 días después de la cosecha), tenía los niveles más altos de pectinas solubles en comparación con frutos en estado preclimatéricos (0-3 días después de la cosecha), y en los climatéricos la tasa de respiración (4-6 días después de la cosecha). Sólo se encontró una alta correlación entre pérdida de peso (%) y el incremento de las pectinas solubles.

La pérdida de peso puede ser un factor que influya en la compra o no del producto dado que a simple vista no se detecta. Una pérdida de peso del 15 % del fruto es negativa, la pulpa se hace aguada y muy suave. Los frutos con pérdidas son muy afectados en precosecha y postcosecha. De acuerdo con Villanueva *et al.* (2000) la pérdida de peso fue de 10 y 14.6% al inicio y al final de temporada de cada cosecha, respectivamente, cuando se maduraron por 7 días a 23 °C y 45-55% HR. La pérdida de peso es afectada por la temperatura. Díaz *et al.* (2001), encontraron pérdidas de peso de 0.58, 0.98 y 1.83 % por día en frutos de zapote mamey almacenados por 10, 20 y 27 °C, respectivamente y 70-80 HR. Lo que sugiere que almacenarlo a bajas temperaturas ayuda a disminuir la pérdida de peso, pero debemos tener cuidado porque se puede ocasionar al fruto daños por frío. La sacarosa es el azúcar más predominante en la pulpa. Cerca del 70 % de los carbohidratos solubles corresponde a azúcares no reductores. Se ha reportado que la acumulación total de azúcares disminuye cuando la fruta está almacenada a 10 °C (Casas-Alencaster, 1977; Villanueva *et al.*, 2000; Alia *et al.*, 2005a).

2.6 Sólidos Solubles Totales (SST)

Los SST del zapote mamey se incrementan en el proceso de maduración y alcanza sus valores más altos durante la madurez de consumo (Alia *et al.*, 2007). Díaz *et al.* (1998) y Díaz *et al.* (2000), determinaron en frutos con madurez fisiológica proveniente de árboles criollos que los SST fueron cercanos a 12 % en madurez fisiológica y cambio a 30 ó 35 % cuando los frutos tuvieron su proceso completo de maduración. Granados (1995) reportó valores bajos de SST (23-27 %) para fruta madura. Recientemente se ha determinado que en frutos de zapote mamey provenientes de Morelos la variabilidad en el contenido de SST es alto, mostrando valores desde 8.5 hasta 36.8 de °Brix Gaona *et al.* (2008); Díaz *et al.* (2000) han propuesto un modelo que describe los cambios ocurridos en los SST durante el proceso de maduración del zapote mamey, acordando que el máximo contenido de SST es alcanzado cuando la fruta adquiere la madurez comestible.

2.7 Respiración

La respiración es el proceso por medio del cual los materiales orgánicos almacenados (carbohidratos, proteínas, grasas) son descompuestos en productos más simples con liberación de energía. El O₂ es utilizado en este proceso produciéndose CO₂ (Kader, 2002).

Los productos hortofrutícolas que en su respiración producen una gran cantidad de dióxido de carbono y consumen mucho oxígeno son los más perecederos, mientras que los que tienen una baja actividad respiratoria pueden almacenarse durante períodos de tiempo relativamente largos. Además, manteniendo las frutas y hortalizas en condiciones de conservación que disminuyan la tasa respiratoria (refrigeración, atmósferas controladas, atmósferas modificadas etc.) es posible prolongar considerablemente su vida útil (Fennema, 2000).

Basándose en sus patrones de respiración y producción de etileno durante el proceso de maduración, los frutos pueden ser climatéricos o no climatéricos. En los frutos climatéricos después de cierto tiempo de ser cosechados existe un aumento en la evolución de CO₂ que posteriormente declina, y el no climatérico sólo presenta una reducción de CO₂ durante la postcosecha del fruto. Los productos hortofrutícolas pueden ser clasificados de acuerdo a su tasa de respiración. El zapote mamey puede ser descrito como un fruto climatérico con una tasa elevada de producción de CO₂ (> 60 mg kg⁻¹ h⁻¹) (Kader, 2002).

2.8 Etileno

Terminada la etapa de crecimiento comienza el proceso de maduración, el cual involucra cambios físico-químicos, lo que se denomina estado de madurez. El proceso de maduración es una actividad bioquímica del fruto relacionada con procesos fisiológicos como la transpiración, la respiración, la fotosíntesis, en los cuales existe un intercambio de gases. Toda esta dinámica metabólica origina en

el fruto la emisión de sustancias volátiles, como el etileno y compuestos aromáticos, confiriéndole el aroma propio del fruto (Velarde, 1991).

La producción de etileno se ve también incrementada o asociada a causa de los daños físicos causados directamente al fruto en su cáscara o piel durante la cosecha como son: raspones, heridas, magulladuras, desgarres con el desprendimientos de pedazos de tejidos. También se produce colateralmente el etileno, como respuesta al estrés causado por temperaturas superiores a los 30 °C, siendo entonces este otro factor a considerar, previendo la necesidad de contar con una muy buena ventilación en los períodos de almacenamiento de la fruta. En plátano el uso de etileno (a través del Ethrel) es una alternativa para madurar, ya que es eficiente, amigable con el medio ambiente, favorece la salud laboral, incrementa el aprovechamiento de la fruta en las plantas procesadoras en el producto terminado y prolonga la vida de anaquel del plátano madurado.

En las operaciones comerciales que ya están usando este sistema se han demostrado varios beneficios que se pueden obtener:

- Se consigue una maduración uniforme de la fruta
- Mejor consistencia de la pulpa
- Incrementa la vida de anaquel
- No se utiliza cobertura de plástico (nylon) para la maduración

En zapote mamey tiene una tasa de producción muy alta de etileno ($>0.018 \text{ nmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$; Kader, 2002). Se han reportado valores de etileno para frutos de materiales criollos en México en rangos de 0.021 a 0.049 $\text{nmol kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ (Alia *et al.*, 2007). Estudios recientes indican que el pico de etileno ocurre antes del pico de respiración (Alia *et al.*, 2002, 2005d).

2.9 Ethrel

El Etefón es el ácido 2-cloroetilfosfónico ($\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-PO}_3\text{H}_2$), que se descompone con rapidez en agua a pH neutro o alcalino formando etileno, un ion cloruro y H_2PO_4 (Bocanegra, 1993). El etileno es un compuesto volátil y de estructura química muy simple ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$), producto natural del metabolismo vegetal. Este regulador tiene diversos efectos biológicos: estimula el crecimiento de varios granos, bulbos, raíces y estacas, estimula la germinación y el crecimiento de brotes. También provoca la abscisión prematura de hojas, acelera la maduración de frutos cosechados como mangos y plátanos y puede inducir la floración en piña.

2.9.1 Modo de acción

El Etefón pierde estabilidad en contacto con el tejido vegetal (pH mayor o igual 3.5) liberando etileno gaseoso; ligándose a un receptor proteico (Hidroxiprolina) asociado a una membrana plasmática, afectando la actividad del ATP y alterando la permeabilidad celular, posibilitando así reacciones que llevan a la senescencia (maduración anticipada) (Bocanegra, 1993).

Retarda el crecimiento del entrenudo y el desenvolvimiento en la época de pulverización, bloquea directamente el metabolismo del DNA en el meristemo subapical, puede alterar el transporte y o el metabolismo de auxinas (promotores del crecimiento) (Bocanegra, 1993). El mecanismo de acción del etileno en el crecimiento y desarrollo de los vegetales se desconocen, aunque algunos investigadores sugieren que desempeña una función importante en la transcripción y duplicación del código genético del DNA, incorporándose en el RNA al igual que otras hormonas. De ser así, el etileno contribuiría también a la regulación de otros fenómenos del desarrollo como: la floración, la abscisión y la maduración de los frutos. Para explicar este fenómeno, ellos han formulado dos hipótesis:

1. Que el etileno regula el crecimiento modificando el transporte de auxinas, y
2. Que estimula sistemas enzimáticos relacionados con las membranas celulares, contribuyendo así a la excreción por parte de la célula de enzimas importantes en el crecimiento.

2.9.2 Aplicaciones de Ethrel

El uso de etileno (a través del Ethrel) es una alternativa para madurar plátano que es eficiente, amigable con el medio ambiente, favorece la salud laboral, incrementa el aprovechamiento de la fruta en las plantas procesadoras en el producto terminado y prolonga la vida de anaquel del plátano madurado.

En las operaciones comerciales que ya están usando este sistema ha demostrado varios beneficios que se pueden obtener:

- Se consigue una maduración uniforme de la fruta
- Mejor consistencia de la pulpa
- Incrementa la vida de anaquel
- No se utiliza cobertura de plástico (nylon) para la maduración

Los efectos externos ante la exposición de la piña al gas etileno (C_2H_4) da lugar a un desverdizado más rápido en la superficie de la cáscara, como efecto de la pérdida de clorofila (pigmento verde) y al fomentarse la presencia de antocianinas como de carotenos (pigmentos amarillos o rojos), pero sin afectar en mayor grado la composición y calidad interna de ningún componente de la pulpa (sea por ablandamiento, pérdida de color u otro).

García *et al.*, 2007 encontraron que las concentraciones de Ethrel en el rango de 2000-6000 mg L⁻¹ no causaron efecto en la maduración del plátano almacenado a 18 °C. Aun en el mayor tiempo de almacenamiento (240 h) los frutos no lograron valores adecuados de madurez de consumo. Las resistencias al corte y la penetración disminuyeron, mientras que la pérdida de peso y los sólidos solubles

totales se incrementaron de forma lineal al transcurrir el tiempo de almacenamiento. En otro estudio por Martínez-Morales et al., 2003 encontraron en frutos de zapote mamey sumergiéndolos a dosis de 1000, 2000 y 3000 ppm que el patrón de maduración no superó en un día el testigo, y presentaron un comportamiento climatérico definido por la tendencia de la velocidad de respiración y producción de etileno, presentando el máximo de respiración al tercer día correspondiente a etileno. El tiempo requerido para la maduración fue de 4,8 días.

El Ethrel en tomates, estimula la maduración y color a dosis de 2 – 4 L/ha. Se debe aplicar cuando el color de los frutos este entre un 5-15 % color rojo o rosado o cuando un 20 % han comenzado el viraje de color. Emplear la dosis menor en días con temperaturas mayores a 30 °C y la mayor en días con temperaturas cercanas a 20 °C. Cosechar tan pronto como sea posible. En los pimientos induce y regula la maduración y color a dosis de 1.5 – 2.5 L/ha. Se debe aplicar cuando comience a cambiar el color verde de los frutos. Aplicar hacia fines del periodo de cosecha y con temperaturas cercanas o mayores a 20 °C. Usar 800-1000 L de agua por hectárea, en el desverdizado de cítricos a dosis de 200 – 300 cc/hL de agua. Nota: hL = Hectolitro o 100 litros de agua y se aplica sumergiendo los frutos en un baño después de la cosecha por unos 15 segundos. Almacenar los frutos tratados a una temperatura de 20 °C o mayor.

2.9.2.1 Preparación de la mezcla

Agitar el envase antes de su uso. Coloque agua en el estanque hasta la mitad de su capacidad. En un recipiente aparte, diluya la cantidad necesaria de Ethrel 48 SL en un poco de agua y vierta esta solución al estanque a través de filtro. Luego, complete con agua a capacidad total. Durante el proceso de llenado y posterior aplicación, mantener el agitador funcionando constantemente.

2.10 Daños por frío

La intensidad a la que tienen lugar los procesos metabólicos de los órganos vegetales depende estrechamente de la temperatura del organismo y de la del medio exterior. Mientras que los animales disponen de sistemas de regulación térmica, los vegetales no; por lo que son particularmente sensibles a las bajas temperaturas. La aplicación a los vegetales de frío moderado, superior al punto de congelación (entre -1 y -3 °C según los productos), reduce la velocidad de las reacciones metabólicas al modificar la energía de activación, la velocidad máxima y la constante de Michaelis de las reacciones enzimáticas y las concentraciones de substratos y de productos de la reacción. Lance y Moreau (1992) exponen que tanto la respiración y la fotosíntesis, los principales procesos ligados al metabolismo energético de la planta, como todo el metabolismo general, se perturban por las temperaturas de refrigeración. Son numerosas las disfunciones celulares y las alteraciones fisiológicas y bioquímicas que induce el frío no congelante: generalmente estimula la tasa respiratoria y la emisión de etileno, reduce la fotosíntesis, interfiere la producción de energía, aumenta la energía de activación, retrasa la fluidez del protoplasma, aumenta la permeabilidad de la membrana, inactiva algunas enzimas, desarregla la membrana y altera la estructura celular (Wang, 1982, 2000).

Durante décadas, el uso de las bajas temperaturas ha sido el método más ampliamente usado para la conservación y el transporte de productos hortofrutícolas en estado fresco (Morris, 1982), ante la necesidad de presentar al consumidor frutos con calidad aceptable, así como lograr en estos una vida en postcosecha prolongada (Couey, 1982). Sin embargo, su aplicación a diferentes productos de origen tropical y subtropical, tal como sucede con el fruto de mamey, se han encontrado con muchas limitaciones, como resultado de la sensibilidad del fruto a las bajas temperaturas, ya que es el factor ambiental más efectivo para controlar la maduración de los productos hortofrutícolas. No obstante, para asegurar una conservación exitosa se requiere manejar correctamente este factor

lo cual se logra refrigerando a temperaturas bajas y específicas, pero nunca inferiores a 0 °C. No obstante algunos frutos, particularmente los de origen tropical o subtropical, sufren daños por frío, aún a temperaturas muy por arriba del punto de congelación. (Lyons *et al.*, 1979; Morris, 1982; Couey, 1982). Las frutas de origen tropical son especialmente sensibles a las bajas temperaturas de almacenamiento, por lo que se han buscado parámetros óptimos de conservación y transporte con el fin de mantener el mayor tiempo posible su calidad integral ante el consumidor (Pérez *et al.*, 1999). La actividad enzimática en dichos frutos ha servido como indicador de alteraciones metabólicas intrínsecas que se manifiestan como desordenes fisiológicos externos (Pérez *et al.*, 1999). La intensidad a la que tienen lugar los procesos metabólicos de los órganos vegetales depende estrechamente de la temperatura del organismo y de la del medio exterior. Para incrementar su vida postcosecha, recientemente se ha estudiado el comportamiento del zapote mamey durante y después de almacenamiento a bajas temperaturas (Díaz *et al.*, 2000; Alia *et al.*, 2002). Para alargar la vida postcosecha del fruto de mamey, se determinó que el almacenamiento a 10 °C por no más de 14 días causa daños por frío, mientras que a 15 °C no se detiene el proceso de maduración (Díaz *et al.*, 2000; Alia *et al.*, 2005a, b). Lo que nos sugiere que la temperatura óptima de almacenamiento se ubica entre 10 y 15 °C. El almacenaje en temperaturas inferiores reduce la velocidad de la respiración y la producción de etileno.

2.10.1 Síntomas de los daños por el frío (DF)

Aunque no se conoce exactamente el desarrollo del DF, se sabe que tiene lugar en dos fases sucesivas. La primera se prolonga desde algunas horas (caso de la banana o de la chirimoya) hasta algunos meses (en manzana y pera), aunque lo más frecuente es una duración de unas dos semanas (como sucede en pepino, tomate, melocotón o en los cítricos). En esta fase inicial las alteraciones son tan poco severas que no se manifiestan los síntomas, lo que se denomina umbral de inducción o fase de latencia, y los productos pueden retornar a un estado normal, por simple calentamiento superior a la temperatura crítica (es el caso de las

alteraciones de tipo primario indirecto). La segunda fase tiene lugar cuando, superado el umbral de inducción, aparecen los síntomas, su establecimiento es ya irreversible, y la aplicación de una elevación moderada de la temperatura sólo contribuye a acelerar su desarrollo (Marcellin, 1992; Artés, 1995a). Los síntomas con los que se manifiestan los desórdenes fisiológicos provocados por el frío en frutas y hortalizas recolectadas son muy diversos, distinguiéndose dos categorías, que pueden coexistir y desarrollarse simultáneamente, lo que sucede con frecuencia en frutos tropicales y subtropicales. La primera muestra una naturaleza cualitativa y consiste en anomalías del desarrollo o del metabolismo, como la maduración incompleta del tomate, papaya, mango, durazno y nectarina, o el insuficiente sabor y aroma en banana, plátano, piña, papaya, sandía o melón (Hardenburg *et al.*, 1990; Marcellin, 1992; Artés, 1995a, b, 2000a). Varios metabolitos gaseosos como el CO₂, C₂H₄, etanol y acetaldehído, pueden ser bio-indicadores para evaluar y detectar las alteraciones organolépticas, fisiológicas y patológicas antes de que se manifiesten los síntomas (Couey, 1982).

Como caso particular, en durazno y nectarina la aparición de DF está asociada a una disminución en la producción de C₂H₄ (Luchsinger, 1996; Fernández-Trujillo y Artés, 1997; Artés y Fernández-Trujillo, 1999), lo que difiere del comportamiento del resto de productos, en los que el DF suele ir acompañado de aumento en la emisión de CO₂ y C₂H₄.

La segunda categoría de DF la integran verdaderas enfermedades que presentan muy variadas manifestaciones: depresiones de la piel o picado, que afecta al 60 % de las especies de frutas y hortalizas de regiones tropicales y subtropicales; descomposición de tejidos (en fruta de hueso y de semillas); pardeamientos internos o superficiales (escaldadura), típicos de la fruta de semilla: cítricos, granada, aguacate, piña y papa; infiltración de agua en los espacios intercelulares (frecuente en tomate, pepino, papaya o jícama); desarrollo de textura algodonosa o harinosidad o lanosidad (en duraznos y nectarina); pardeamiento de las membranas carpelares o membranosis (frecuente en limón y granada); debilitamiento de la resistencia a daños mecánicos y al ataque microbiano (muy

generalizado); y otras específicas de algunas frutas y hortalizas, como la consistencia gelatinosa de la pulpa (ciruela), el enrojecimiento (frijol verde) o el ablandamiento de la punta del espárrago (Hardenburg *et al.*, 1990; Marcellin, 1992; Artés, 1995a, b, 2000a), e incluso un incremento en la deshidratación en jícama, tras 2 semanas a temperatura inferior a 13°C (Mercado-Silva y Cantwell, 1998).

Una interpretación razonable sobre la aparición de pardeamientos en los tejidos vegetales que sufren DF, es que son una consecuencia de desarreglos celulares producidos por la refrigeración, sin que ocurran daños mecánicos, los cuales, incrementan la permeabilidad del tonoplasto. Ello posibilitaría la reacción entre compuestos fenólicos disueltos en la vacuola, con enzimas polifenol oxidasas del citoplasma produciendo el pardeamiento (Côme y Corbineau, 1994). Como ejemplo que sustenta esta hipótesis, se ha demostrado un aumento en la fuga de electrolitos y en las actividades fenilalanina amonio liasa (responsable de la biosíntesis de substratos fenólicos) y polifenol oxidasa en cítricos sometidos a DF (Martínez-Téllez y Lafuente, 1993; Vázquez *et al.*, 1998; Salvador *et al.*, 2000).

En los productos hortofrutícolas procesados en fresco, derivados de productos sensibles a los DF, no se suelen observar estas alteraciones, debido a que la duración de su vida comercial suele ser de tan sólo una a dos semanas, por lo que no es probable que se supere la fase de latencia de las enfermedades (la translucencia del tomate, un DF asociado a excesiva presencia de C₂H₄ y a sobre maduración, puede ser la excepción). En consecuencia, durante su distribución comercial, estos productos no suelen manifestar síntomas de DF (Artés *et al.*, 2002).

2.11 Análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad desde el consumidor

Las frutas y hortalizas han sido parte de la alimentación humana desde los inicios de la humanidad. Estos alimentos son organismos biológicos vivos, por lo tanto luego de su cosecha comienzan a sufrir procesos de deterioro, con la consiguiente pérdida de calidad. Esto es lo que les brinda el carácter de perecederos. La vitalidad de los productos frutihortícolas y sus características nutritivas y organolépticas especiales son responsables de la preferencia del consumo en fresco.

La producción de alimentos de calidad, con destino a mercado interno y externo, es de alta prioridad y es además lo que el consumidor demanda actualmente. El tema ha crecido fuertemente en los últimos años en el mundo (Ferratto, 2003). En los actuales mercados, la búsqueda de la excelencia y la calidad se convierten en metas fundamentales para los productores de alimentos y bebidas (Parrilla, 2002). Las exigencias del consumidor actual de frutas y hortalizas se orientan cada vez más por los aspectos cualitativos más que los cuantitativos, y éstos prefieren que tengan ciertas características sensoriales que lo satisfagan o, lo que es lo mismo, que tengan calidad.

En la producción de alimentos cada día se tiene más en cuenta la satisfacción del cliente; así, el concepto de calidad ha evolucionado desde ser "una adaptación a las especificaciones internas" a "la capacidad de una organización de satisfacer las necesidades, explícitas e implícitas, que el cliente tenga". (Ferratto, 2003). Las distintas definiciones muestran nuevamente la importancia de la calidad evaluada desde el consumidor. Genéricamente, el significado de la palabra calidad difiere dependiendo de las percepciones y las circunstancias. La importancia relativa de cada componente de la calidad depende del producto y de los intereses individuales del consumidor (Kader, 2001).

2.11.1 Calidad en general y calidad en frutas y hortalizas

Existen numerosas definiciones de calidad, pero podemos decir que en general consideran:

- Satisfacción de expectativas, pretensiones o especificaciones
- Satisfacción del cliente en sus necesidades actuales y futuras

La calidad en frutas y hortalizas abarca atributos sensoriales, los cuales pueden ser percibidos por los sentidos humanos y por sus atributos ocultos como los relativos a la nutrición y seguridad. La importancia relativa de los diferentes atributos de la calidad pueden ir cambiando a medida que el producto va pasando por distintos estadios, desde la cosecha hasta el consumidor (Shewfelt, 1993).

Es decir que la calidad en frutas y hortalizas puede ser medida a través de:

- a) Aspectos sensoriales, es decir, aquellos que pueden percibir nuestros sentidos.
 - Visuales: es uno de los aspectos más importante que caracterizan a la calidad y es lo que habitualmente se define como calidad. La expresión "la primera impresión entra por los ojos" es muy válida para los productos frutihortícolas. Es muy importante el tamaño, la forma, el brillo, el color y la ausencia de defectos visuales. Hace también a los aspectos visuales la presentación del producto como su caja, marca, etc.).
 - Táctiles y auditivos: la textura de un producto es un atributo complejo percibido como sensaciones por los labios, la lengua, los dientes, el paladar y los oídos. La firmeza o ternura de un producto están relacionadas con la mayor o menor dificultad para desgarrar los tejidos y masticarlos.

- Olfatorios: el aroma de los productos frutihortícolas es un componente muy importante de la calidad y es producido por numerosos compuestos.
- Gustativos, son los percibidos por el sentido del gusto, ellos son: dulzura, amargura, acidez y salinidad.
- b) Nutricionales.
- c) Inocuidad o aspecto que hace a la seguridad alimentaria: un alimento deber estar libre de contaminantes químicos (plaguicidas, metales pesados, etc.); biológicos (hongos, bacterias, parásitos animales, etc.) y físicos (vidrios, metales, etc.).
- d) Servicio: no está relacionado a la fruta u hortaliza en sí misma, sino a los servicios que las complementan para satisfacer más adecuadamente a los consumidores: fraccionamiento en envases tipo familiares; cortados y listos para consumir; con recetas o recomendaciones de consumo; entrega directa a domicilio; fiscalización y certificación del producto (aseguramiento de la calidad).
- e) Costo de uso: relación precio y beneficio de uso. Es decir rendimiento, vida postcosecha, seguridad, (Ferratto, 2003).

2.12 Hongos Fitopatógenos en mamey

Las pérdidas importantes en postcosecha se deben a la maduración rápida y susceptibilidad a pudriciones internas inducidas por hongos (Díaz *et al.*, 2001; Ergun *et al.*, 2005). Los hongos reportados en frutos de mamey como causales de pudriciones son *Lasiodiplodia* spp. Y *Pestalotia* spp. (Bautista *et al.*, 2002; Yahia y Ariza, 2003; Ariza *et al.*, 2005). Bautista *et al.* (2002), reportó a *B. theobromae* como el principal microorganismo patógeno en las zonas productoras de mamey del estado de Morelos. Martínez *et al.* (2008) reportó que el hongo *Botryodiplodia theobromae* es importante en los frutos de zapote mamey, ocasionando daño significativo a la calidad del producto, dado que se presenta en madurez de consumo y directamente con el consumidor. Gómez *et al.* (2009) reportó que los

principales hongos que causan el daño son *Lasiodiplodia theobromae* y *Pestalotiopsis paeoniicola*, cuyos hongos no han sido reportados en frutos de mamey. *L. theobromae*. Son hongos endófitos y causan infecciones latentes en las diferentes etapas fenológicas de los frutos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización

La investigación se realizó con frutos provenientes del municipio de Tetecala de la Reforma, donde se registra una temperatura media anual de 24 - 26 °C y una precipitación total anual de 800 - 1000 mm, cálido subhúmedo, con lluvias en verano, el más seco de los subhúmedos, con presencia de canícula (INEGI, 2009). En esta región se tienen 26.28 ha, es donde se concentra la mayor producción de este frutal en el estado de Morelos (Gaona *et al.*, 2005). Las coordenadas geográficas para la localización de la huerta son 18° 43'32.80'' N y 99° 24'3.64'' O, con una elevación de 979 msnm (Figura 2).

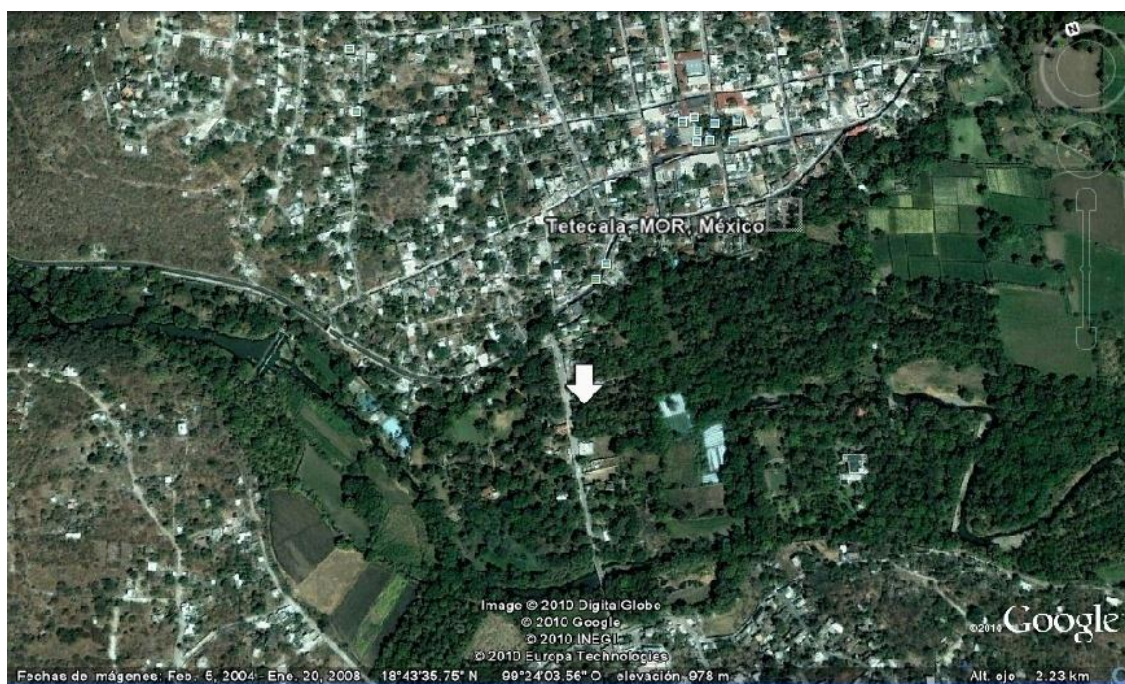


Figura 2. Localización de la Huerta donde se recolectaron los frutos para la investigación.

3.2 Material vegetal

Se colectaron frutos de zapote mamey de árboles criollos previamente ubicados como materiales con características atractivas para su comercialización (Gaona *et al.*, 2008). La cosecha se realizó en los meses de abril, y junio del 2009. Los frutos se cosecharon en la forma tradicional por el cortador haciendo un pequeño rasguño en la cáscara del fruto cercano al pedúnculo; identificando el color de la pulpa rosado, naranja o rojo (Alia *et al.*, 2005a).

Los frutos fueron transportados en costal al laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM) en donde estos fueron sacados de los costales y se colocaron en la mesa del laboratorio para eliminar el calor de campo por un espacio de 12 h, al término del tiempo se hizo una selección de frutos que tuvieran características similares y no presentaran daños físicos.

3.3 Evaluación de la aplicación de etefón en la maduración de frutos de zapote mamey

3.3.1 Diseño de tratamientos

En este experimento se utilizaron 135 frutos de zapote mamey en madurez fisiológica. Los frutos se dividieron en 9 grupos de 15 frutos, para realizar los tratamientos de evaluación. Se evaluó la aplicación de etileno liberado a partir de etefón en dosis de 0, 100, 300 y 500 mg L⁻¹ por períodos de 12 y 24 h, la combinación de estos factores generó 8 tratamientos. Adicionalmente se colocó un tratamiento de referencia que consistió de un grupo de 15 frutos que se mantuvieron a temperatura del laboratorio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Arreglo de tratamientos de los frutos cosechados en abril.

Tratamiento	Número de Frutos por tratamiento
H00E000D8TA24 ± 1 °C	15
H12E000D8TA24 ± 1 °C	15
H12E100D8TA24 ± 1 °C	15
H12E300D8TA24 ± 1 °C	15
H12E500D8TA24 ± 1 °C	15
H24E000D8TA24 ± 1 °C	15
H24E100D8TA24 ± 1 °C	15
H24E300D8TA24 ± 1 °C	15

H = Horas de almacenamiento (h);

E = Concentración de Etefón (mL);

D = Días a maduración (d);

TA = Temperatura ambiente (°C).

La aplicación del etefón se realizó manualmente mediante cálculos de la liberación considerando lo indicado por Kader, (2002) quien menciona que aproximadamente 200 mL de ingrediente activo libera 27 mL gas etileno y que aproximadamente 85 g de sosa caustica (NaOH) se necesitan para hacer la reacción por otra parte Ladaniya, (2008) menciona que un mol de (ácido fosfónico 2-cloroetílico) el cual equivale a 28,3 mL de gas de etileno puede ser puesto en libertad de 206 mL de etefón.

Liberación de Etileno

206 (mL de Ethrel)► 28.3 (mLde etileno)
X (mL de Ethrel)► 0.1 (mLde etileno) X= 0.7279 mL de etefón

Para calcular los gramos de NaOH que se necesitaron en un 1 mL

206 (mL de Ethrel)► 85 (g NaOH)
X (mL de Ethrel)► 1 (g NaOH) X= 2.42 g NaOH

Cálculos de los gramos en mL que se ocuparon de NaOH

1 (mL de Etefón)► 2.42 (g NaOH)
0.7279 (mL de Etefón)► X X= 1.76 g NaOH

El tratamiento de la aplicación de Etefón se realizó en contenedores de plástico de 35 L, inicialmente los frutos fueron colocados sobre una parrilla en el recipiente L, el total de frutos colocados fue de 15, distribuidos alrededor de un tubo de PVC con perforaciones de 7 mm de diámetro en la parte posterior del tubo se colocó el recipiente con el hidróxido de sodio y el etefón fue depositado con una pipeta graduada de 5 mL con la ayuda de una propipeta para obtener la reacción (Figura 3). Ilustración de cómo quedaron los botes de una toma frontal (Figura 4).



Figura 3. Frutos de zapote mamey colocados dentro del recipiente donde se realizó la mezcla de etefón e hidróxido de sodio para la liberación del gas.

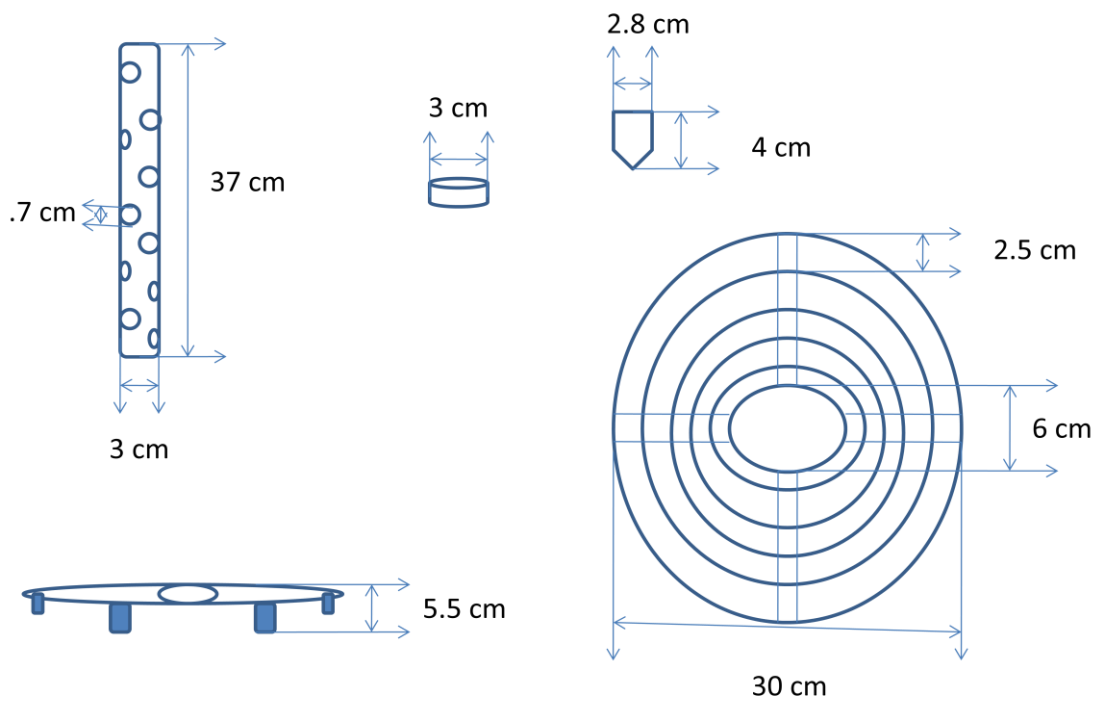
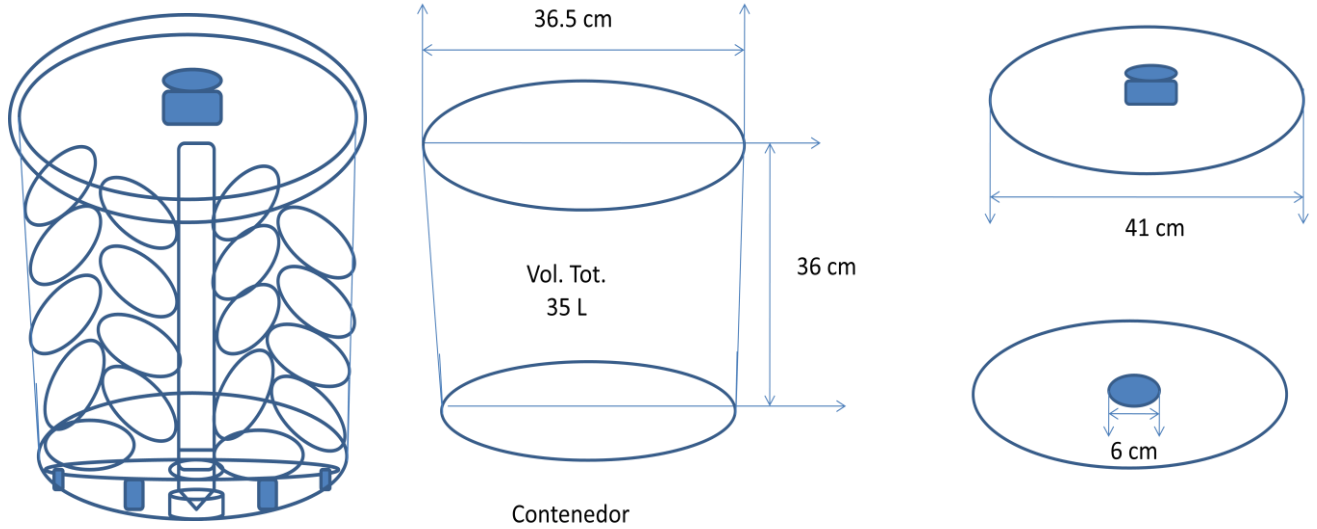


Figura 4. Vista esquemática de los frutos en el recipiente para la aplicación de etefón e hidróxido de sodio y los implementos utilizados.

Una vez terminado el tiempo de almacenamiento en los botes de 35 L los frutos fueron sacados y agrupados por tratamientos para dejarlos por un espacio de 8 d a temperatura ambiente (24 ± 1 °C) con ventilación e iluminación natural teniendo un promedio del 50 % de HR, las evaluaciones fueron a los 0, 4 y 8 d, las variables evaluadas fueron:

3.3.2 Pérdida de Peso

La unidad experimental fue 1 fruto con 5 repeticiones. Esta variable se determinó pesando los frutos de forma individual en una balanza digital y se obtuvo el porcentaje de pérdida de peso por cada día de evaluación con respecto al día en que salieron del almacenamiento. Para esto se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de Peso (\%)} = \frac{(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final})}{(\text{Peso Inicial})} * 100$$

3.3.3 Patrón de maduración

En los mismos frutos donde se evaluaba los cambios de masa se determinó al tacto usando una escala subjetiva con valores de 1, 2 y 3 (Duro, Cambiante y Suave) (Saucedo *et al.*, 2001).

3.3.4 Color

La unidad experimental fue 1 fruto con 5 repeticiones. La medición de color se realizó mediante un espectrofotómetro (X-rite, Mod. 3090; Figura 3) con el cual se determinó los parámetros:

Luminosidad (L), es la brillantez que tienen los frutos el valor es reportado por el colorímetro, los valores van de 0 (negro) hasta 100 (blanco).

Cromaticidad (C), expresa la pureza del color y depende de la concentración de las sustancias colorantes en el alimento.

Angulo de tono (Matiz (H)), describe diferentes tonalidades de los colores verde, rojo, amarillo o azul, (Minolta, 1998).

3.3.5 Sólidos solubles totales (SST)

Se destruyeron cinco frutos de cada tratamiento donde se evaluó sólidos solubles totales (SST). Para determinar los SST se tomaron 20 g en cada fruto evaluado y se homogenizó con 100 mL de agua destilada, posteriormente se filtró y del filtrado se obtuvo una porción que se colocó en un refractómetro digital (ATAGO, PAL-1). Los datos se expresan en °Brix (Figura 5).

En el presente trabajo se evaluó la aplicación de etefón en la maduración de frutos de zapote mamey, utilizándose un diseño experimental completamente al azar una vez terminado el experimento los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$) en el programa de SAS (SAS Institute, Inc., 1996).



Figura 5. Muestreo de frutos de zapote mamey.

3.4 Efecto a la exposición de etefón en la maduración de frutos de zapote mamey y su susceptibilidad al daño por frío.

En este experimento se utilizaron 336 frutos de zapote mamey en madurez fisiológica. Los frutos se dividieron en 15 grupos de 21 frutos, para realizar los tratamientos de evaluación y el testigo a 8 días a $24 \pm 1^\circ\text{C}$. Las evaluaciones evaluadas en la aplicación de etefón liberado a partir de Ethrel a dosis de 0, 100 y 500 mg L⁻¹ durante 24 h, almacenados a una temperatura de $10 \pm 1^\circ\text{C}$ (70 % H.R.) durante 0, 7, 14, 21 y 28 d, la combinación de estos factores generó 15 tratamientos y las evaluaciones se realizaron a los 0, 4 y 8 DDA. Adicionalmente se colocó un tratamiento de referencia que consistió de un grupo de 21 frutos que se mantuvieron a temperatura del laboratorio (Cuadro 2).

Cuadro 2. Arreglo de tratamientos de los frutos cosechados en Junio.

Tratamiento	Número de Frutos por tratamiento
H00E000DR00TR00D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E000DR00TR00D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E100DR00TR00D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E500DR00TR00D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E000DR07TR10D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E100DR07TR10D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E500DR07TR10D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E000DR14TR10D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E100DR14TR10D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21
H24E500DR14TR10D8TA24 $\pm 1^\circ\text{C}$	21

H24E000DR21TR10D8TA24 ± 1 °C	21
H24E100DR21TR10D8TA24 ± 1 °C	21
H24E500DR21TR10D8TA24 ± 1 °C	21
H24E000DR28TR10D8TA24 ± 1 °C	21
H24E100DR28TR10D8TA24 ± 1 °C	21
H24E500DR28TR10D8TA24 ± 1 °C	21

H = Horas de almacenamiento (h);
 E = Concentración de etefón (mL);
 DR = Días de Refrigeración (d);
 TR = Temperatura de Refrigeración (°C);
 D = Días a maduración (d);
 TA = Temperatura ambiente (°C).

La aplicación de etefón se realizó manualmente mediante cálculos de la liberación considerando lo indicado por Kader (2002) y Ladaniya (2008), una vez realizado el primer experimento se ajustaron las fórmulas para tener un mejor resultado utilizando las siguientes formulas:

$$\left(\begin{matrix} \text{moles de etileno} \\ \text{producidos} \end{matrix} \right) = \left(\begin{matrix} \text{concentración de} \\ \text{comp activo(etefón)} \end{matrix} \right) \left(\frac{\text{Volumen de solución usada de etefón}}{206} \right)$$

La concentración de compuesto activo debe expresarse como fracción, es decir concentración en % dividida entre 100. Asimismo el volumen de la solución debe estar en mililitros.

Para obtener la concentración molar se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Concentración molar} \\ \text{de etileno en el frasco} \end{array} \right) = \frac{n_{eth}}{V_{35}} \text{ en } \frac{mol}{L}$$

Moles liberados en los recipientes de 35 litros.

N_{eth} a los moles liberados

V_{35} volumen del recipiente (cuando en el recipiente existan frutos se debe usar el volumen libre en lugar de V_{35})

Para llevarlo a ppm

$$\left(\begin{array}{l} \text{Concentración en} \\ \text{ppm} \end{array} \right) = \left(\frac{n_{eth}}{V_{35}} \right) \left(\frac{8.3144 * 298.15}{102000} \right) (1 \times 10^9) = \text{en } \left(\frac{\mu L}{L} \right) = \text{ppm}$$

Se utilizaron las condiciones de presión y temperatura a las que estuvo sometido el frasco [$P_{atm}=102000$ Pa en Cuernavaca] [$T=25$ °C =298.15 K]

La aplicación del etefón se realizó como se indicó anteriormente. Una vez terminado el tiempo de almacenamiento en los botes de 35 L los frutos fueron sacados y agrupados por tratamientos un grupo de frutos testigo se dejó a temperatura ambiente (24 ± 1 °C) por 8 d con ventilación e iluminación natural teniendo un promedio del 50 % de HR. Los otros frutos fueron transferidos a temperatura de 10 ± 1 °C por un periodo de 28 d, sacando lotes de frutos a los 7, 14, 21 y 28 d, dejándolos madurar a temperatura ambiente (24 ± 1 °C) por 8 d con ventilación e iluminación natural, se realizaron evaluaciones a los 0, 4 y 8 d, los frutos de la última evaluación sirvieron como referencia para medir la respiración estos fueron colocados en recipientes de 4.160 L.

Las variables evaluadas fueron la pérdida de peso y el patrón de maduración el peso fue evaluado con una balanza Digital y la maduración fue de forma subjetiva con valores de 1, 2 y 3 (Duro, Cambiante y Suave), los sólidos solubles totales

(SST), color de pulpa, pudrición de frutos (%), daños por frío (%), producción de CO₂ y etileno. Las variables adicionales se evaluaron como se indica a continuación.

3.4.1 Índice de daño por frío (%)

Esta variable se evaluó mediante una escala subjetiva de acuerdo a los síntomas de daño por frío detectados, se asignaron seis calificaciones; 0 = 0 % de daño, 1 = De 1 hasta 5 % de daño, 2 = De 6 hasta 15 % de daño, 3 = De 16 hasta 25 % de daño, 4 = De 26 hasta 50 % de daño y 5 Más del 50 % de daño. La evaluación se realizó en cada fruto evaluado, la unidad experimental fue un fruto con siete repeticiones.

3.4.2 Índice de presencia de hongo (%)

Esta variable se evaluó mediante una escala subjetiva de acuerdo a los síntomas de presencia y daño por hongo detectados, se asignaron seis calificaciones; 0 = 0 % de daño, 1 = De 1 hasta 5 % de daño, 2 = De 6 hasta 15 % de daño, 3 = De 16 hasta 25 % de daño, 4 = De 26 hasta 50 % de daño y 5 Más del 50 % de daño. La evaluación se realizó en cada fruto evaluado, la unidad experimental fue un fruto con siete repeticiones.

3.4.3 Producción de CO₂ y Etileno

La producción de dióxido de carbono y etileno se evaluó encerrando dos frutos en un frasco de plástico de volumen conocido (4.160 L), cerrándolo herméticamente durante 1 h, después se tomó con una aguja hipodérmica 5 mL del espacio de cabeza, este gas se almaceno en vacuntainer (al vacío) de la misma capacidad a 20 °C hasta su evaluación. La identificación y cuantificación se realizó en un cromatógrafo de gases Hewllet Packard 5870Serie II con columna de silica fundida y fase estacionaria paraplot Q, detector de ionización de flama y otro de

conductividad térmica. Las temperaturas de horno, inyector y detector fueron de 80, 150 y 150 °C, respectivamente. Se utilizó helio como gas de arrastre.

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo de tratamientos factorial (dosis aplicada de etefón, días de almacenamiento a 10 °C y días de evaluación de los frutos”), una vez terminado el experimento los tratamientos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) y distribución de medias (Tukey $P \leq 0.05$) en el programa de SAS (SAS Institute, Inc., 1996).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de etefón en la maduración de frutos de zapote mamey

La aplicación de etefón en concentraciones de 100, 300 y 500 mg L⁻¹ por 12 h propiciaron que la maduración de los frutos se llevara a cabo en un promedio de tiempo menor, entre 5.2 y 5.8 d. Incluso el colocar los frutos sin etefón por 12 h en el contenedor condujo a una maduración promedio de 4.6 d (Cuadro 3) (Figura 6). Esto, comparado con los frutos mantenidos constantemente al ambiente que maduraron en promedio en 7.2 d, indica que la maduración de los frutos fue entre 4.6 y 5.8 d cuando se colocaron en recipientes por 12 h con o sin etefón, lo que nos indica que en un almacenamiento por 12 h en las concentraciones mencionadas anteriormente se redujo entre 1.2 a 2.6 d (Figura 7).

Cuando las aplicaciones de etefón fueron por 24 h los frutos maduraron en promedio entre 5.6 y 6.8 d, mientras aquellos donde sólo se mantuvieron en el recipiente por el período de 24 h sin aplicar etefón, la maduración fue en 6.6 d. Estos resultados indican que el tiempo para alcanzar el estado suave al tacto de los frutos de zapote mamey sólo se redujo entre 0.4 y 1 d (Cuadro 3). Saucedo *et al.* (2001) indican que aplicaciones de etileno en dosis de 176 µL L⁻¹ durante 24 h en frutos de zapote mamey aceleran su maduración en 1.2 d, en el presente trabajo se observó que se tienen un adelanto en la maduración en 2.6 d.

Cuadro 3. Días para alcanzar el estado suave al contacto en frutos de zapote mamey, previa aplicación de diferentes dosis de etefón durante 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).

Días de Maduración	
Tratamiento	Días de maduración
H12E000D8TA24 ± 1 °C	4.6 ^z
H12E100D8TA24 ± 1 °C	5.6
H12E300D8TA24 ± 1 °C	5.8
H12E500D8TA24 ± 1 °C	5.2
H24E000D8TA24 ± 1 °C	6.6
H24E100D8TA24 ± 1 °C	6.8
H24E300D8TA24 ± 1 °C	5.6
H24E500D8TA24 ± 1 °C	5.8
H00E000D8TA24 ± 1 °C	7.2

^z: Promedio ponderado de los días requeridos para alcanzar el estado suave, de acuerdo a la metodología de Saucedo *et al.* (2001).

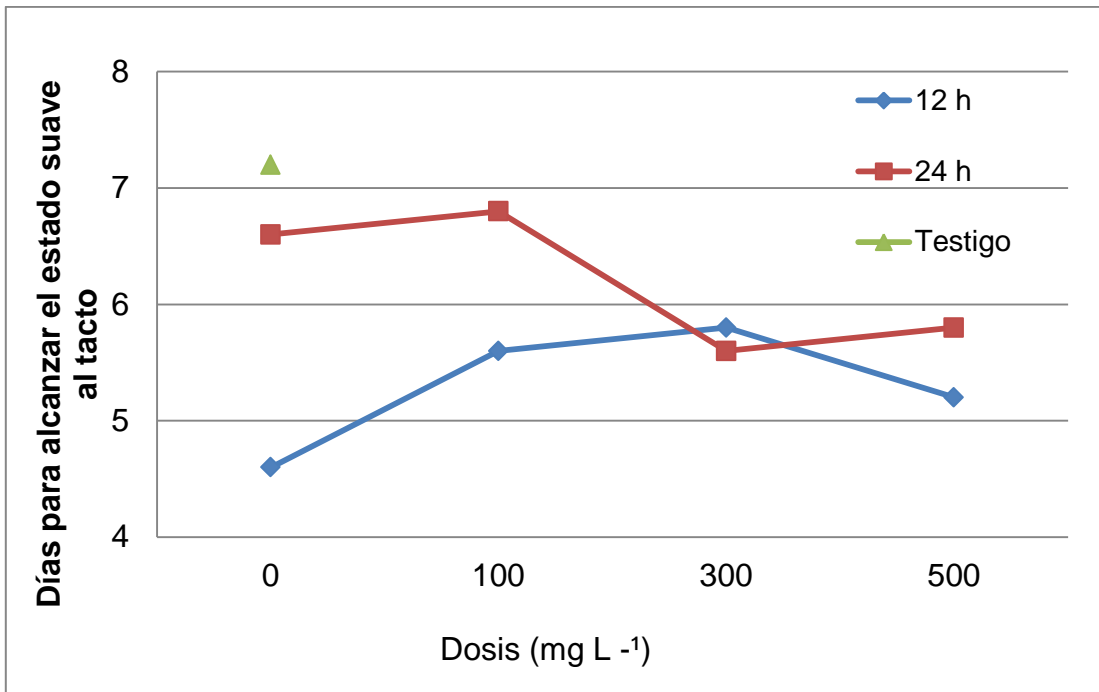
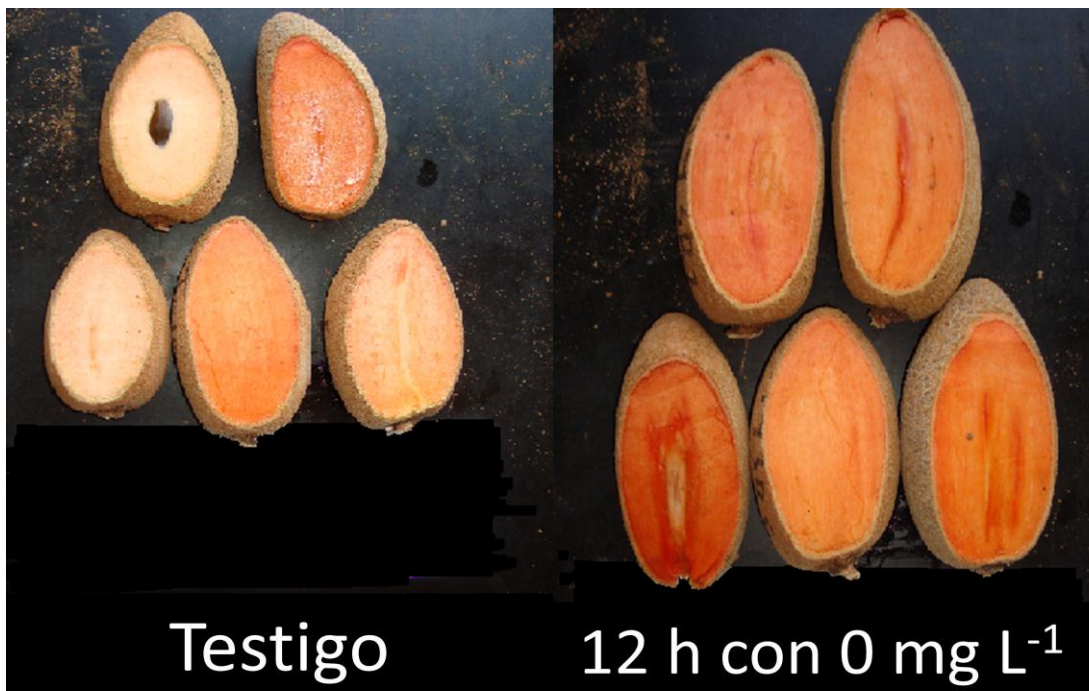


Figura 6. Días para alcanzar la maduración de los frutos de zapote mamey.

Figura 7. Apariencia de la pulpa de frutos de zapote mamey almacenados por 12 h con 0 mg L⁻¹ de etefón durante 8 días a temperatura ambiente (24 ± 1 °C) y el testigo sin aplicación de etefón en la maduración.



4.1.1 Sólidos solubles totales (SST)

Los sólidos solubles tuvieron un incremento entre 3 y 4 veces, de la madurez fisiológica a la madurez de consumo (Cuadro 4), este comportamiento fue previamente reportado por Villanueva *et al.* (2000), quienes además mencionan que el incremento de azúcares con la maduración es un evento normal en frutos de zapote mamey.

Al salir del almacenamiento los frutos mostraron valores entre 3.4 y 8.4 °Brix (Cuadro 4). Cuatro días después los valores de sólidos solubles totales fueron significativamente mayores en los frutos donde se aplicó etefón en dosis de 100, 300, 500 mg L⁻¹ por 12 ó 24 h y en frutos almacenados a 24 h sin aplicación de etefón, comparados con los frutos que se mantuvieron en el recipiente por 12 h pero sin aplicación de etefón y aquellos frutos que se mantuvieron constantemente a temperatura ambiente (Cuadro 4). Los valores de sólidos solubles fueron entre 18.8 y 24.2 °Brix, sugiriendo que se encontraban cercanos a la madurez de consumo. Gaona *et al.* (2008) indica que al evaluar fruta provenientes de 19 árboles de la región suroeste de Morelos, detectó valores mínimos de 8.5 % y máximos de 36.5 %, con un promedio de 23.7 %. Estos resultados indican que la aplicación de etileno aceleró la acumulación de sólidos solubles totales. Al octavo día de muestreo donde todos los frutos ya estaban en estado suave al tacto, la concentración de sólidos solubles fue similar en todos los tratamientos evaluados comparados con el testigo, excepto cuando se aplicó 100 mg L⁻¹ de Etetefón durante 12 h, donde los sólidos solubles totales no superaron 19 % (Cuadro 4). Los valores finales de sólidos solubles totales indican que en este material de zapote mamey tiene concentraciones cercanos a 25 % y sólo un grupo de frutos no alcanzó los valores normales.

Cuadro 4. Cambios para sólidos solubles totales (SST) en frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).

Tratamiento	Sólidos solubles totales		
	Días		
	0	4	8
H12E000D8TA24 ± 1 °C	7.7 a ^z	9.1 c	23.1 a
H12E100D8TA24 ± 1 °C	8.4 a	18.0 ab	18.8 a
H12E300D8TA24 ± 1 °C	6.0 ab	21.4 ab	21.6 a
H12E500D8TA24 ± 1 °C	3.4 b	21.8 ab	25.2 a
H24E000D8TA24 ± 1 °C	4.2 ab	24.0 a	23.8 a
H24E100D8TA24 ± 1 °C	7.2 ab	24.2 a	20.6 a
H24E300D8TA24 ± 1 °C	6.0 ab	22.2 ab	19.8 a
H12E000D8TA24 ± 1 °C	7.9 a	19.0 ab	23.2 a
H00E000D8TA24 ± 1 °C	6.7 ab	15.8 bc	25.0 a
DSH	4.3	7.8	9.9
C. V.	32.0	19.1	20.6

^z:Medias con letras diferentes en el sentido de la columna, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de la Diferencia Mínima Significativa Honesta (Tukey, 0.05)

4.1.2 Pérdida de peso

Los frutos de zapote mamey mantenidos a condición ambiental mostraron la mayor pérdida de peso. Cuando alcanzaron el estado suave al tacto, mostraron valor cercano a 15 %, lo cual indica que diariamente los frutos tuvieron una pérdida promedio de 2.0 % (Cuadro 5). Los frutos colocados por 12 ó 24 h en recipientes de plástico independientemente de la dosis de aplicación de etefón mostraron similar pérdida de peso al salir del tratamiento (Cuadro 5). Después del primer día se detectó una pérdida de peso menor al disminuir la dosis de

aplicación de etefón, pero sólo en los frutos mantenidos por 12 h. En los frutos mantenidos durante 24 h no se observó la tendencia antes mencionada (Cuadro 5).

Saucedo *et al.* (2001) no detectaron diferencias en la pérdida de peso al aplicar etileno a frutos de zapote mamey. Alia *et al.* (2005a) indican que la pérdida de peso en la madurez de consumo es de 10.2 % (1.02 % por día) en sus frutos mantenidos a temperatura de 24 °C, mientras que en frutos almacenados a temperaturas de 15, 10 y 5 °C hubo disminuciones de 0.38, 0.22 y 0.19 %, y una vez sacados los frutos y almacenados a temperatura ambiente, se incrementó la pérdida a 1.08 %. Por su parte, Hernández *et al.* (2008) no detectaron diferencias significativas en la pérdida de peso por la época de cosecha.

Cuadro 5. Cambios para la pérdida de peso en frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).

Tratamiento	Pérdida de Peso								
	Días								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
H12E000D8TA24 ± 1 °C	0.8 b ^z	1.9 d	3.5 e	5.1 d	6.5 cd	8.1 cd	9.6 cd	11.7 bc	12.5 b
H12E100D8TA24 ± 1 °C	1.0 b	2.0 cd	3.6 e	5.1 d	6.4 d	7.4 d	9.0 d	10.9 c	12.2 b
H12E300D8TA24 ± 1 °C	1.1 b	2.2 cd	4.0 de	5.7 cd	7.2 bc	8.6 bc	10.2 bc	11.8 bc	12.5 b
H12E500D8TA24 ± 1 °C	1.1 b	2.4 c	4.4 cd	6.2 bc	7.8 b	9.2 b	10.7 bc	12.4 b	13.1 b
H24E000D8TA24 ± 1 °C	1.0 b	3.1 b	4.8 bc	6.4 bc	7.8 b	9.4 b	10.8 b	11.7 bc	12.7 b
H24E100D8TA24 ± 1 °C	1.0 b	3.1 b	4.8 bc	6.2 bc	7.5 b	8.9 bc	10.5 bc	11.2 bc	12.3 b
H24E300D8TA24 ± 1 °C	1.1 b	3.2 b	5.0 bc	6.5 b	7.8 b	9.5 b	10.6 bc	12.2 b	13.4 b
H12E000D8TA24 ± 1 °C	1.0 b	3.1 b	4.8 bc	6.3 bc	7.6 b	9.2 b	10.0 b-d	11.5 bc	12.7 b
H00E000D8TA24 ± 1 °C	3.1 a	4.9 a	6.7 a	8.4 a	10.2 a	11.9 a	14.1 a	14.9 a	16.1 a
DSH	0.7	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.2
C. V.	27.6	11.9	9.5	8.7	8.2	8.2	8.3	7.8	8.0

^z:Medias con letras diferentes en el sentido de la columna, indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de la Diferencia Mínima Significativa Honesta (Tukey, 0.05)

4.1.3 Componentes del color

4.1.3.1 Luminosidad

La luminosidad de la pulpa de los frutos de zapote mamey donde se aplicó etileno así como del testigo disminuyó durante la maduración (Cuadro 6). Esto se ha reportado anteriormente y se indica que se debe a un oscurecimiento gradual de la pulpa durante la maduración o la disminución en el contenido de agua (Díaz *et al.*, 2000; Espinos *et al.*, 2005). Al salir de la condición de tratamientos se detectaron valores entre 69.9 y 78.8, indicando gran variación en este parámetro. Gaona *et al.* (2008) encontraron frutos con valores mínimos de 33.5 y valores máximos con 67.3. Martínez *et al.* (2006) reportan valores de luminosidad entre 36.1 y 47.8. Los frutos donde se aplicó 500 mg L⁻¹ de etileno almacenado por 12 h, fueron los que presentaron los valores menores de luminosidad y similares estadísticamente a los frutos donde no se realizó el tratamiento, esto al día 0 de evaluación (Cuadro 6). Después de 4 días de salir del tratamiento de etefón, los frutos que tuvieron aplicaciones en 300 mg L⁻¹ durante 12 h y aquellos donde se aplicó entre 0 y 300 mg L⁻¹ durante 24 h mostraron los valores menores de luminosidad, sugiriendo un grado de madurez mayor (Cuadro 6). Al octavo día de muestreo se observó que no hay diferencias estadísticas entre los tratamientos comparados con el testigo ya que todos son iguales estadísticamente, lo que indica que estaban en un mayor grado de madurez.

Cuadro 6. Cambios en la luminosidad en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).

Tratamiento	Días		
	0	4	8
H12E000D8TA24 ± 1 °C	75.2 a-c ^z	71.3 a	57.9 a
H12E100D8TA24 ± 1 °C	71.4 bc	66.9 ab	56.2 a
H12E300D8TA24 ± 1 °C	74.1 a-c	57.6 b	55.3 a
H12E500D8TA24 ± 1 °C	69.9 c	59.4 ab	52.0 a
H24E000D8TA24 ± 1 °C	75.5 a-c	58.5 b	48.3 a
H24E100D8TA24 ± 1 °C	77.7 ab	59.1 ab	48.1 a
H24E300D8TA24 ± 1 °C	78.8 a	55.2 b	39.3 a
H12E000D8TA24 ± 1 °C	72.7 a-c	63.1 ab	38.5 a
H00E000D8TA24 ± 1 °C	71.6 bc	66.6 ab	58.9 a
DSH	6.6	12.5	21.7
C. V.	4.2	9.7	20.1

^z: Medias con letras diferentes en el sentido de la columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (Tukey, 0.05)

4.1.3.2 Matiz

El matiz de la pulpa de los frutos de zapote mamey donde se aplicó el etefón, así como del testigo, disminuyó durante la maduración (Cuadro 7). Al salir de la condición de tratamientos se detectaron valores entre 52.4 y 58.2, estadísticamente similares. Los frutos almacenados a 12 h con aplicaciones 0, 100, 300 y 500 mg L⁻¹ y los frutos almacenados a 24 h con aplicaciones 0, 100, 300 y 500 mg L⁻¹ son estadísticamente similares a los frutos donde no se realizó tratamiento, durante todo el proceso de evaluación (Cuadro 7). A los 4 días de salir del tratamiento de etileno, no se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos. Al octavo día el color de pulpa mostró una tendencia más cercana al

rojo ($H^*=49.9$) y estadísticamente todos los tratamientos fueron similares (Cuadro 7). Diversos autores indican gran variación en el ángulo matiz de la pulpa de zapote mamey en madurez de consumo. Gaona *et al.* (2008) mencionan valores mínimos de 61 y máximos de 81.1 tendientes a un color naranja en la pulpa, Hernández *et al.*, (2008) reportaron valores mínimos de 66.8 y máximos de 73.3 y Díaz *et al.*, (2000) y Alia *et al.*, (2002) encontraron en el ángulo matiz valores mínimos de 44 y máximos de 55. La falta de efecto de la aplicación de etefón en el ángulo matiz se debe probablemente a la alta variación en la madurez de los frutos.

Cuadro 7. Cambios de matiz en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con Etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).

Tratamiento	Días								
	0	a 0	b 0	4	a 4	b 4	8	a 8	b 8
H12E000D8TA24 ± 1 °C	57.5 a ^z	20.9 a	31.6 ab	54.9 a	24.5 b	34.5 ab	51.5 a	20.9 a	26.4 a
H12E100D8TA24 ± 1 °C	52.5 a	26.0 a	33.6 a	52.5 a	28.5 ab	36.8 ab	51.2 a	19.3 a	24.2 a
H12E300D8TA24 ± 1 °C	55.2 a	22.0 a	32.3 ab	49.0 a	33.0 a	38.1 ab	50.3 a	25.6 a	31.0 a
H12E500D8TA24 ± 1 °C	52.8 a	24.6 a	31.3 ab	49.7 a	34.3 a	40.7 a	49.7 a	28.2 a	33.1 a
H24E000D8TA24 ± 1 °C	53.1 a	25.0 a	33.2 ab	48.7 a	32.6 a	37.1 ab	50.2 a	21.4 a	26.0 a
H24E100D8TA24 ± 1 °C	55.5 a	22.5 a	32.4 ab	50.2 a	29.7 ab	35.6 ab	51.4 a	16.5 a	20.8 a
H24E300D8TA24 ± 1 °C	58.2 a	21.0 a	33.6 a	48.9 a	27.5 ab	31.4 b	49.1 a	15.2 a	17.7 a
H12E000D8TA24 ± 1 °C	52.4 a	26.6 a	34.2 a	53.0 a	27.7 ab	36.7 ab	46.1 a	17.7 a	18.4 a
H00E000D8TA24 ± 1 °C	56.0 a	20.0 a	29.2 b	52.2 a	28.5 ab	36.4 ab	49.7 a	29.1 a	34.2 a
DSH	8.6	8.6	4.2	6.4	7.6	6.9	8.0	14.7	18.5
C. V.	7.6	17.8	6.3	6.0	12.3	9.1	7.4	32.6	34.4

^z: Medias con letras diferentes en el sentido de la columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (Tukey, 0.05)

4.1.3.3 Cromaticidad

La cromaticidad de la pulpa de los frutos de zapote mamey donde se aplicó etefón, así como del testigo, disminuyó durante la maduración (Cuadro 8). Esto se ha reportado anteriormente que el color se vuelve opaco conforme aumenta la maduración. Esto se debe al oscurecimiento de la pulpa lo que tiene la tendencia de disminuir los valores. Alia *et al.* (2002), reporta que frutos de mamey al salir de la condición de almacenamiento a bajas temperaturas se detectaron valores entre 35.5 y 43.5, indicando gran variación en este parámetro. Alia *et al.* (2002) encontró valores mínimos de 25 y máximos de 35 en madurez de consumo, lo que indica que el color fue opaco conforme el fruto maduraba, debido al oscurecimiento de la pulpa. Al igual que Hernández *et al.* (2008) reportaron datos para cromaticidad a los 6 días entre 21.5 y 28.9. Los frutos donde no se aplicó etefón fueron los que presentaron los valores mínimos de cromaticidad y estadísticamente son diferentes a los demás tratamientos, esto al día 0 de evaluación (Cuadro 8). Después de 4 cuatro días de salir del tratamiento de etileno, aumentaron la cromaticidad de los frutos con valores de mínimos de 41.8 y máximos 53.2, en donde los tratamientos de 0 mg L⁻¹ a 12 h de almacenamiento y 300 mg L⁻¹ almacenados a 24 h son estadísticamente diferentes a los demás tratamientos y comparados con el testigo (Cuadro 8). Estos valores son datos similares a los reportados por Ramos *et al.* (2009), que indicó valores mínimos de 45 y máximos de 55. Después de 8 días de muestreo, los frutos colocados por 24 h encerrados en los recipientes de plástico con la dosis de 300 mg L⁻¹, mostraron resultados estadísticamente diferentes a los demás tratamientos donde se realizó las aplicaciones y con el testigo y fue donde se obtuvo el mayor oscurecimiento de la pulpa.

Cuadro 8. Cambios de cromaticidad en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con etefón por 12 y 24 h y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C; 50 % H.R.).

Tratamiento	Días								
	0	a 0	b 0	4	a 4	b 4	8	a 8	b 8
H12E000D8TA24 ± 1 °C	38.1 ab	20.9 a	31.6 ab	42.5 b	24.5 b	34.5 ab	42.1 ab	20.9 a	26.4 a
H12E100D8TA24 ± 1 °C	42.5 ab	26.0 a	33.6 a	46.6 ab	28.5 ab	36.8 ab	38.8 a-d	19.3 a	24.2 a
H12E300D8TA24 ± 1 °C	38.3 ab	22.0 a	32.3 ab	50.5 ab	33.0 a	38.1 ab	40.3 a-c	25.6 a	31.0 a
H12E500D8TA24 ± 1 °C	40.6 ab	24.6 a	31.3 ab	53.2 a	34.3 a	40.7 a	43.6 a	28.2 a	33.1 a
H24E000D8TA24 ± 1 °C	41.5 ab	25.0 a	33.2 ab	49.4 ab	32.6 a	37.1 ab	33.7 a-d	21.4 a	26.0 a
H24E100D8TA24 ± 1 °C	39.5 ab	22.5 a	32.4 ab	46.4 ab	29.7 ab	35.6 ab	26.8 b-c	16.5 a	20.8 a
H24E300D8TA24 ± 1 °C	39.7 ab	21.0 a	33.6 a	41.8 b	27.5 ab	31.4 b	23.3 d	15.2 a	17.7 a
H12E000D8TA24 ± 1 °C	43.5 a	26.6 a	34.2 a	46.0 ab	27.7 ab	36.7 ab	25.5 cd	17.7 a	18.4 a
H00E000D8TA24 ± 1 °C	35.5 b	20.0 a	29.2 b	46.3 ab	28.5 ab	36.4 ab	44.9 a	29.1 a	34.2 a
DSH	7.8	8.6	4.2	8.9	7.6	6.9	15.7	14.7	18.5
C. V.	9.3	17.8	6.3	9.1	12.3	9.1	20.8	32.6	34.4

^z: Medias con letras diferentes en el sentido de la columna indican diferencias significativas de acuerdo a la prueba de la Diferencia Mínima Significativa Honesta (Tukey, 0.05).

4.2 Efecto a la exposición de etefón durante 24 hrs y transferidos a 10 ± 1 °C por 28 días.

4.2.1 Condiciones ambientales

Durante el desarrollo de la investigación la temperatura promedio fue de 27.3 °C, detectándose una temperatura mínima de 21.6 °C y la máxima de 26.9 °C (Figura 8). La humedad relativa promedio fue de 55.08 %, cuantificándose una mínima de 46.2 % y la máxima de 72.5 (Figura 8).

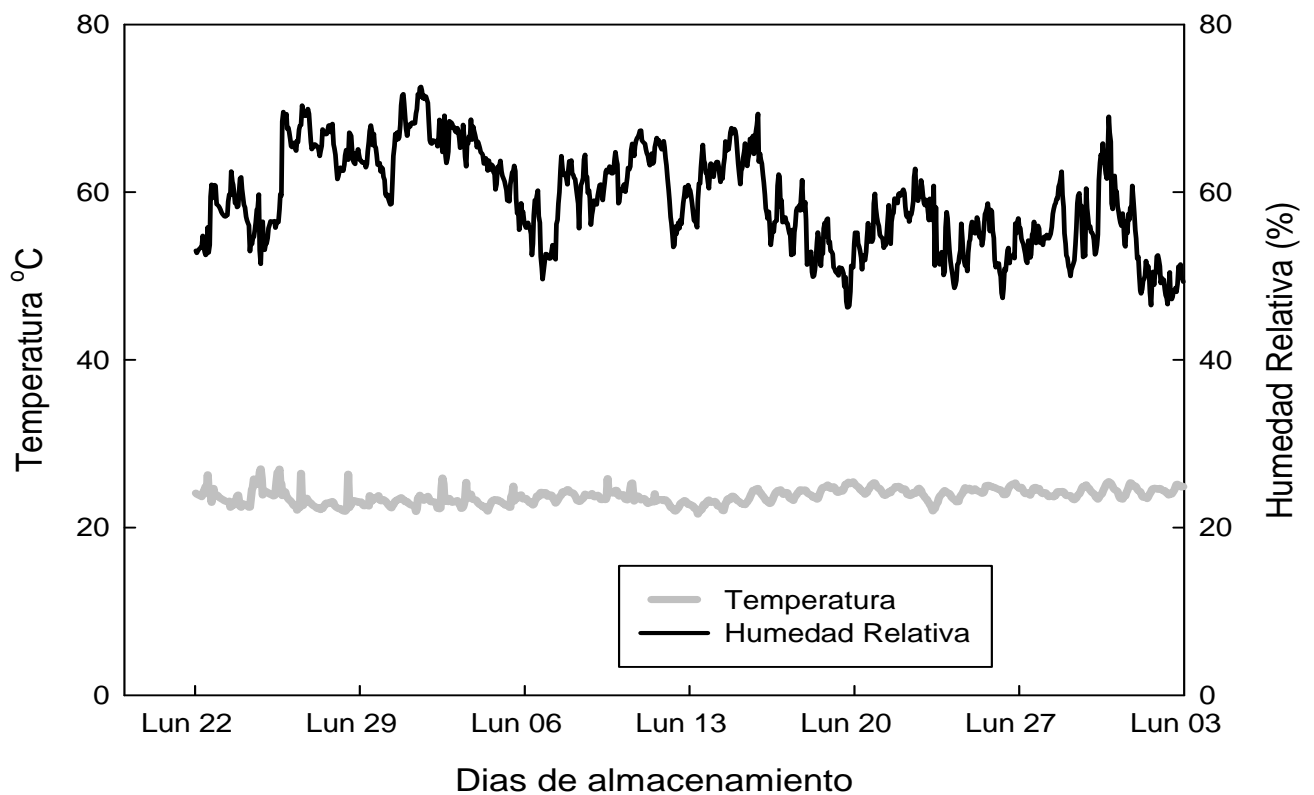


Figura 8. Temperatura y Humedad Relativa durante el experimento.

4.2.2 Días de maduración

Los frutos de zapote mamey testigo maduraron en promedio de 5.8 d (Cuadro 9), mismo comportamiento se observó en los frutos almacenados por 24 h en los contenedores con las concentraciones de 0, 100 y 500 mg L⁻¹ y madurados al ambiente con una maduración promedio de 6.0 d (Cuadro 9). En los frutos donde se aplicó 0, 100 y 500 mg L⁻¹ y después se almacenaron por 7 d a 10 °C, la maduración fue 6.6 d, mientras que los frutos donde se realizaron las aplicaciones de 0, 100 y 500 mg L⁻¹ por 24 h y posteriormente almacenados a 10 ± 1 °C por 14, 21 y 28 d, la maduración fue disminuyendo. Así se detectó que en los frutos almacenados a 10 ± 1 °C por 14 d la maduración fue entre 4.1 y 5.9 d cuando se aplicó 100 o 500 mg L⁻¹, mientras que donde no se aplicó etefón la maduración fue a los 7 d (Cuadro 9). Los frutos almacenados por 21 d maduraron entre 4.3 y 5.4. No se observó tendencia alguna por aplicar etefón. El almacenamiento por 28 d disminuyó significativamente el tiempo para alcanzar el estado suave, una vez que salieron de dicha condición, pero no se observó un efecto importante por la aplicación del etefón. De hecho en los frutos donde las aplicaciones fueron de 500 mg L⁻¹ la maduración fue en 6.3 d promedio (Figura 9).

Los resultados indican que en la maduración al tacto la aplicación de etefón aceleró la maduración, pero sólo en los frutos donde se usó refrigeración. Este proceso fue adelantado entre 0.2 y 3.0 d promedio. Saucedo *et al.* (2001) indican que aplicaciones de etileno en dosis de 176 µL L⁻¹ durante 24 h en frutos de zapote mamey aceleran su maduración en 1.2 d.

Cuadro 9. Días para alcanzar el estado suave al contacto en frutos de zapote mamey previa aplicación de diferentes dosis de etefón durante 24 hrs de almacenamiento más 28 días (10 ± 1 °C) y 8 días en temperatura ambiente (24 ± 1 °C).

Tratamiento	Días de maduración	Promedio
H00E000DR00TR00D8TA24 ± 1 °C	5.8 ^z	
H24E000DR00TR00D8TA24 ± 1 °C	5.8	
H24E100DR00TR00D8TA24 ± 1 °C	6.0	6.0
H24E500DR00TR00D8TA24 ± 1 °C	6.4	
H24E000DR07TR10D8TA24 ± 1 °C	7.0	
H24E100DR07TR10D8TA24 ± 1 °C	6.8	6.6
H24E500DR07TR10D8TA24 ± 1 °C	6.2	
H24E000DR14TR10D8TA24 ± 1 °C	7.2	
H24E100DR14TR10D8TA24 ± 1 °C	4.1	5.7
H24E500DR14TR10D8TA24 ± 1 °C	5.9	
H24E000DR21TR10D8TA24 ± 1 °C	5.4	
H24E100DR21TR10D8TA24 ± 1 °C	4.3	4.5
H24E500DR21TR10D8TA24 ± 1 °C	5.0	
H24E000DR28TR10D8TA24 ± 1 °C	3.8	
H24E100DR28TR10D8TA24 ± 1 °C	2.6	4.2
H24E500DR28TR10D8TA24 ± 1 °C	6.3	

^z: Promedio ponderado de los días requeridos para alcanzar el estado suave, de acuerdo a la metodología de Saucedo *et al.* (2001).

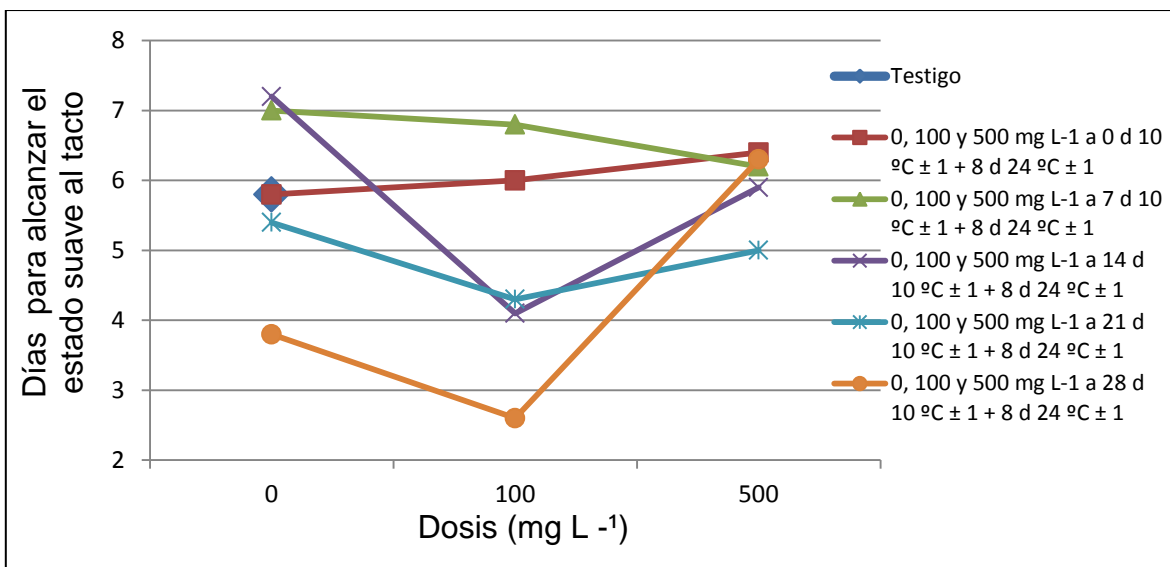


Figura 9. Días para alcanzar la maduración de los frutos de zapote mamey.

4.2.3 Color

4.2.3.1 Luminosidad

El análisis estadístico detectó diferencias significativas entre las diferentes dosis aplicadas, los frutos que fueron sometidos a 500 mg L⁻¹ de etefón tuvieron los valores menores (Cuadro 10). Durante el almacenamiento la luminosidad de los frutos disminuyó significativamente después de 14 d a 10 °C, sugiriendo que el fruto continuó el proceso de maduración a esa temperatura; este comportamiento se detectó aún después de 21 d (Cuadro 10). Los valores de luminosidad disminuyeron durante la maduración, al octavo día de evaluación se detectaron los valores menores cercanos a 55.0 (Cuadro 10). Se detectaron diferencias significativas entre los factores dosis de etefón y días de almacenamiento; días de evaluación y días de almacenamiento (Cuadro 10). Hernández *et al.* (2008) encontraron que la luminosidad de los frutos disminuye durante la maduración de un 47.6 a 32.8, debido principalmente al oscurecimiento de la pulpa. Gaona *et al.* (2008), reportan valores de luminosidad entre 33.5 y 67.3.

4.2.3.2 Matiz

El matiz disminuyó conforme se incrementó la dosis de aplicación de 100 mg L⁻¹, con un valor de 52.8 y en 500 mg L⁻¹ un valor de 51.8, dando diferencias entre tratamientos. Esta disminución permitió a los frutos acercarse a su color de pulpa característico al pasar de un tono rosa-salmón a rojo-escarlata (Cuadro 10). En el período de almacenamiento se observó que al incrementar el tiempo de almacenamiento los valores fueron mayores, es decir se observó un efecto negativo debido a la temperatura utilizada a (10 °C) y el tiempo de exposición (Cuadro 10). Este comportamiento es factible atribuirlo al efecto de daño por frío, ya que presentaron áreas oscurecidas en la pulpa, zonas acuosas y endurecidas en la pulpa (mesocarpio) Alia *et al.* (2005a) reportó estos mismos síntomas.

En los días de evaluación se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos donde al inicio se obtuvo un valor mayor y conforme pasaron los días el matiz de los frutos fue disminuyendo, tornándose frutos naranjas-rojizos (Cuadro 10). Se deduce que el almacenamiento a temperaturas de 10 ± 1 °C afecta el desarrollo normal del color en frutos de zapote mamey. Se detectaron interacciones entre los factores evaluados, las cuales fueron entre las Dosis de etefón y días de almacenamiento, así como en las dosis de evaluación y dosis de almacenamiento y en la interacción entre estos tres factores evaluados: dosis de etefón, dosis de almacenamiento y dosis de evaluación (Cuadro 10). Martínez *et al.* (2006), determinaron diferencias significativas entre tratamientos con una disminución gradual del matiz conforme pasaban los días en almacenamiento teniendo valores de máximos de 80.6 y mínimos de 58.6. Gaona *et al.* (2008) reportan que el matiz de los frutos disminuye conforme los frutos van avanzando en su estado de maduración, teniendo valores máximos al principio de 81.1 y valores mínimos finales de 61.0, lo que indica que el color de la pulpa cambió del color amarillo a color rojo. Hernández *et al.* (2008), encontraron diferencias entre fechas de cosechas en los meses de mayo y junio, lo que significa que los frutos cosechado en el mes de junio tenían un mayor grado de madurez.

4.2.3.3 Cromaticidad

La cromaticidad fue mayor en los frutos cuando se aplicó 500 mg L⁻¹ de etefón, esto indica que el color tuvo mayor pureza y fue diferente al de los frutos donde se aplicó 100 mg L⁻¹ (Cuadro 10). En los diferentes períodos de almacenamiento se detectó menor pureza, disminuyendo conforme a los días de evaluación, probablemente por que llegaron a senescencia en un tiempo menor, esto debido al oscurecimiento de la pulpa. Los valores mayores de pureza se observaron en los frutos después de 28 d de almacenamiento a 10 ± 1 °C (Cuadro 10). Los valores menores de pureza fueron para aquellos frutos almacenados a 14 d, probablemente por oscurecimiento gradual (Cuadro 10). Se detectó interacción significativa entre los días de evaluación y los periodos de almacenamiento. Alia *et al.* (2002) reportan que los frutos tienen una tendencia a disminuir conforme aumenta la maduración, esto por el oscurecimiento de la pulpa. En todos los tratamientos la tendencia fue a disminuir este valor, de valores cercanos a 35 hasta 25 en senescencia. Gaona *et al.* (2008) reportan valores máximos de 58.9 y mínimos de 20.3, lo que nos da un rango grande en las lecturas de la cromaticidad de los frutos, esto puede ser por el desfase de la maduración de los frutos que están en el árbol, y otra causa puede ser por los compuestos fenólicos (Figura 10).

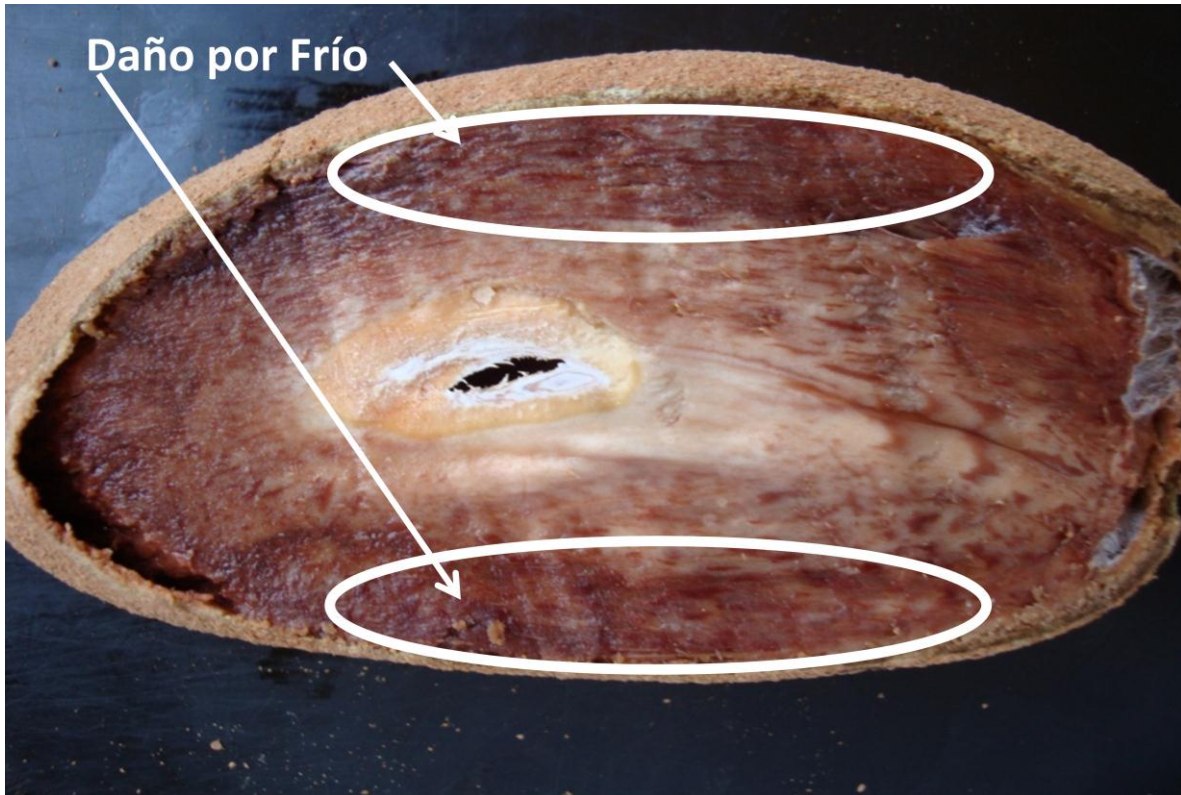


Figura 10. Daños por frío en la pulpa de mamey después de 28 días almacenados a 10 ± 1 °C y 8 días en temperatura ambiente (24 ± 1 °C).

Cuadro 10. Cambios en los parámetros del color en la pulpa de los frutos de zapote mamey tratados con etefón por 24 h, almacenados por diferentes periodos (0, 7, 14, 21, 28 d) y madurados por 8 días a temperatura ambiente (24 ± 1 °C).

Factor	Luminosidad	Matiz	Cromaticidad
Dosis de Etefón (DET)			
0	58.8 a ^z	52.2 ab	49.7 a
100	59.1 a	52.8 a	48.7 b
500	57.6 b	51.8 b	50.4 a
DSH	1.0	0.8	0.9
C.V.	5.5	4.6	5.4
Días de almacenamiento (DA)			
0	61.4 a	51.0 d	49.8 b
7	60.7 a	52.7 b	50.6 b
14	55.8 c	51.3 cd	43.4c
21	57.9 b	54.1 a	44.5 c
28	56.9 bc	52.3 bc	59.7 a
DSH	1.6	1.2	1.3
Días de evaluación (DEV)			
0	62.9 a	55.7 a	54.5 a
4	56.9 b	50.4 b	49.7 b
8	55.8 c	50.8 b	44.6 c
DSH	1.0	0.8	0.9
DET* DEV	NS	NS	NS
DET * DA	*	**	NS
DEV * DA	***	***	***
DET * DEV* DA	NS	*	NS

^z: Medias con letras diferentes dentro de cada factor (DET, DA y DEV) en el sentido de las columnas indican igualdad estadística de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

4.2.4 Sólidos solubles totales (SST)

Se encontraron diferencias estadísticas en la aplicación de las dosis de etefón, donde los frutos que se les aplicó 100 mg L⁻¹ mostró los valores menores (Cuadro 11). En los días de almacenamiento los SST se incrementaron entre madurez fisiológica (0 d) y madurez de consumo (8 d). Los frutos que se almacenaron durante 14, 21 y 28 d mostraron mayores valores que los frutos almacenados por

0 d. Al octavo día de evaluación el contenido de sólidos solubles fue mayor, comparado con el inicio y al cuarto día de evaluación (Cuadro 11). Se detectaron interacciones en el contenido de sólidos solubles en las dosis de etefón con los días de almacenamiento y en los días de evaluación con los días de almacenamiento (Cuadro 11). Kader *et al.* (2003) indican que cuando se evalúan los sólidos solubles totales también se deben cuantificar ácidos orgánicos, fenoles, aminoácidos, etc. Alia *et al.* (2005a) reportan que una menor acumulación de azúcares totales puede ser indicativo de daño por frío. Lo cual se ve reflejado en el incremento de los SST después de 21 d de almacenamiento. Martínez *et al.* (2008) encontraron que los frutos almacenados hasta 28 d con aire fueron los frutos con mejores características organolépticas e incrementaron hasta 14 °Brix, aunque estadísticamente no hay diferencias en comparación con los otros dos tratamientos. Gaona *et al.*(2008) reportan datos irregulares en el incremento de los SST ya que encontró rangos mínimos de 8.5 y máximos de 36.8.

4.2.5 Daño por hongo

No se detectó diferencia significativa entre tratamientos en la incidencia de la pudrición de los frutos tratados con etefón y los frutos testigo (Cuadro 11). Las pudriciones fueron entre 2.2 y 2.4 (6-15 % de daño en la pulpa). En los días de almacenamiento se encontraron diferencias estadísticas, donde a los 0, 7 d se encontró presencia de patógenos. En los días de evaluación el daño fue de 1.0 (1-5 de daño en la pulpa), en comparación a los 14, 21 y 28 se encontró mayor presencia del patógeno en sus días de evaluación el daño fue entre 3.0 y 3.3 (16-25 % de daño en la pulpa), indicando que pudiera ser el umbral en tiempo para la presencia de patógenos en los frutos de zapote mamey (Cuadro 11). En los días de evaluación 0, 4 y 8 d se encontró la presencia del patógeno en sus días de evaluación el daño fue entre 2.2 y 2.4 (6-15 % de daño en la pulpa). Se presentaron interacciones en las Dosis de etefón con los días de almacenamiento, en los días de evaluación con los días de almacenamiento y en interacciones de las Dosis de etefón, días de evaluación y en los días de

almacenamiento. Bautista *et al.* (2002) indican valores de incidencia entre 25 y 65% en su primer año de evaluación, en el segundo año de evaluación cuantificaron entre 10 y 100% de incidencia. Martínez *et al.* (2008) determinaron que frutos cosechados en el 2003 encontraron la presencia de *Botryodiplodia theobromae* en 139 frutos, lo que representa una incidencia del 51.1 %; para 2004, se detectaron los síntomas del patógeno en 122 frutos, lo que se traduce en 44.28 %. Gómez *et al.* (2009) reportan que a partir de los 14, 21 y 28 d a 10 °C \pm 1 + 8 d a 24 °C \pm 1 hay presencia de micelio en los frutos sin llegar a ocasionar daños totales en los frutos con porcentajes de 20 % a 37.1 %. En los frutos testigos la pudrición fue del 0 % a los 8 d de almacenamiento. Esto concuerda, en el trabajo ya que a partir de los 14 d y en las evaluaciones a los 0, 4 y 8 d hay presencia de micelio de los patógenos, sin ocasionar daños totales en la pulpa de los frutos de zapote mamey y que los principales hongos que causan el daño son *Lasiodiplodia theobromae* y *Pestalotiopsis paeoniicola*, cuyo hongo no ha sido reportado en frutos de mamey. Son hongos endófitos y causan infecciones latentes en las diferentes etapas fenológicas de los frutos (Figura 11).

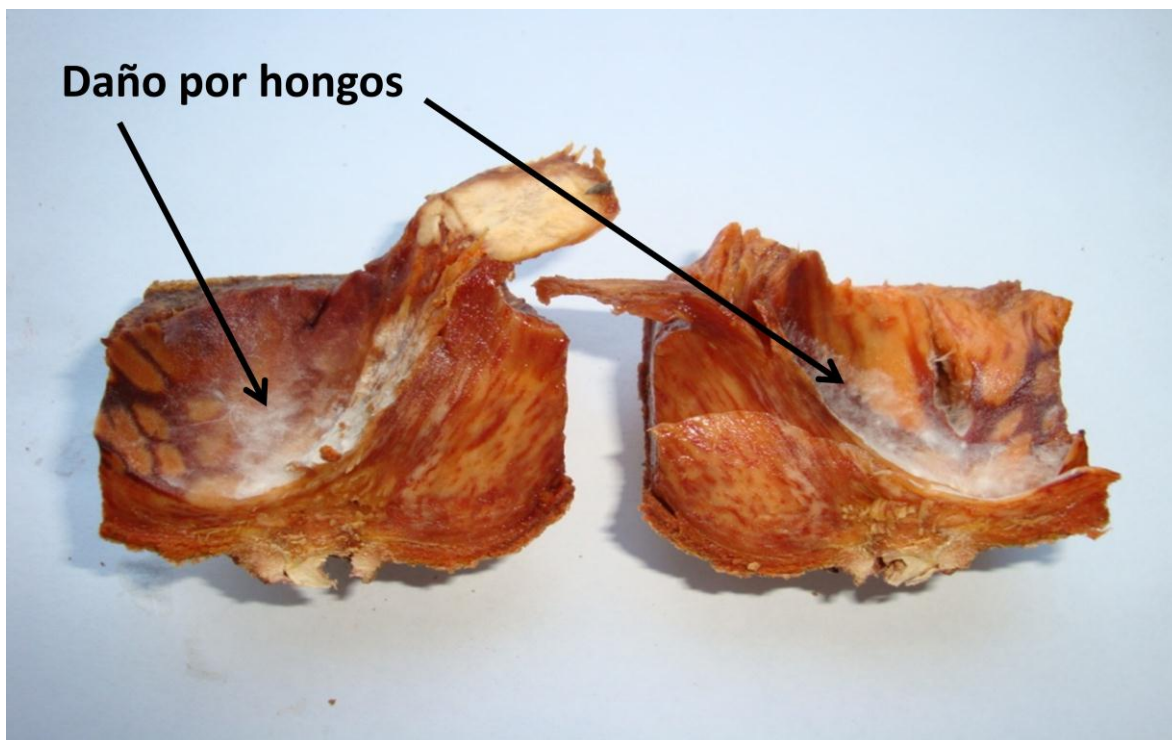


Figura 11. Presencia del hongo en la pulpa.

4.2.6 Daños por frío

La evaluación de daño por frío se realizó con una escala subjetiva donde se asignaron valores para determinar el daño en la pulpa. Los valores que se asignaron fueron 1 = De 1 hasta 5 % de daño, 2 = De 6 hasta 15 % de daño, 3 = De 16 hasta 25 % de daño, 4 = De 26 hasta 50 % de daño y 5 Más del 50 % de daño. En las dosis aplicadas no se detectó diferencia significativa entre tratamientos en la incidencia del daño por frío en los frutos tratados con etefón y los frutos testigo (Cuadro 11). El daño por frío fue entre 2.3 y 2.5 (6-15 % de daño en la pulpa). En los días de almacenamiento se encontraron diferencias estadísticas, donde a los 0, 7 d no se encontró presencia de daño por frío en los días de evaluación, en comparación a los 14, 21 y 28 d hubo presencia de daño por frío en sus días de evaluación el daño fue entre 3.0 y 3.4 (16-25 % de daño en la pulpa), indicando que pudiera ser el umbral en tiempo para la presencia de daños por frío en los frutos de zapote mamey almacenados a 10 ± 1 °C (Cuadro 11). En los días de evaluación 0, 4 y 8 d se encontraron diferencias estadísticas,

entre los días de evaluación el daño fue entre 2.0 y 2.5 (6-15 % de daño en la pulpa). Los síntomas fueron: áreas oscurecidas en la pulpa, incapacidad de maduración y detención del desarrollo del color característico en la pulpa, zonas acuosas en la pulpa (mesocarpio) y endurecidas cerca de la semilla (endocarpio). Se presentaron interacciones en las dosis de etefón con los días de almacenamiento, en los días de evaluación y días de almacenamiento hay interacciones así como en las dosis de etefón, días de almacenamiento y días de evaluación, con los días de almacenamiento y en interacciones de las Dosis de etefón, días de evaluación y en los días de almacenamiento (Cuadro 11). Alia *et al.* (2005a) encontraron que los frutos almacenados a 5 °C presentaron síntomas visibles de daño por frío a 20 d después de la cosecha. Estos síntomas se presentaron en el color de la pulpa, ya que no presentaron el típico color de naranja-rojo, su incapacidad de madurar y áreas oscurecidas en la pulpa. En otro experimento, Alia *et al.* (2005b) encontró que el almacenamiento a los 15 °C no afectó los procesos bioquímicos relacionados con las variables evaluadas, pero el almacenamiento a 10 °C produjo efectos negativos en la actividad enzimática de polifenol oxidasa, peroxidasa, proteína soluble, catalasa y superóxido dismutasa. Téllez *et al.* (2009) encontraron que frutos de mamey almacenados en refrigeración por 21 d causó daños por frío; esto caracterizado por el oscurecimiento y tejido acuoso de la pulpa, lignificación de haces vasculares y ablandamiento irregular (Figura 12).

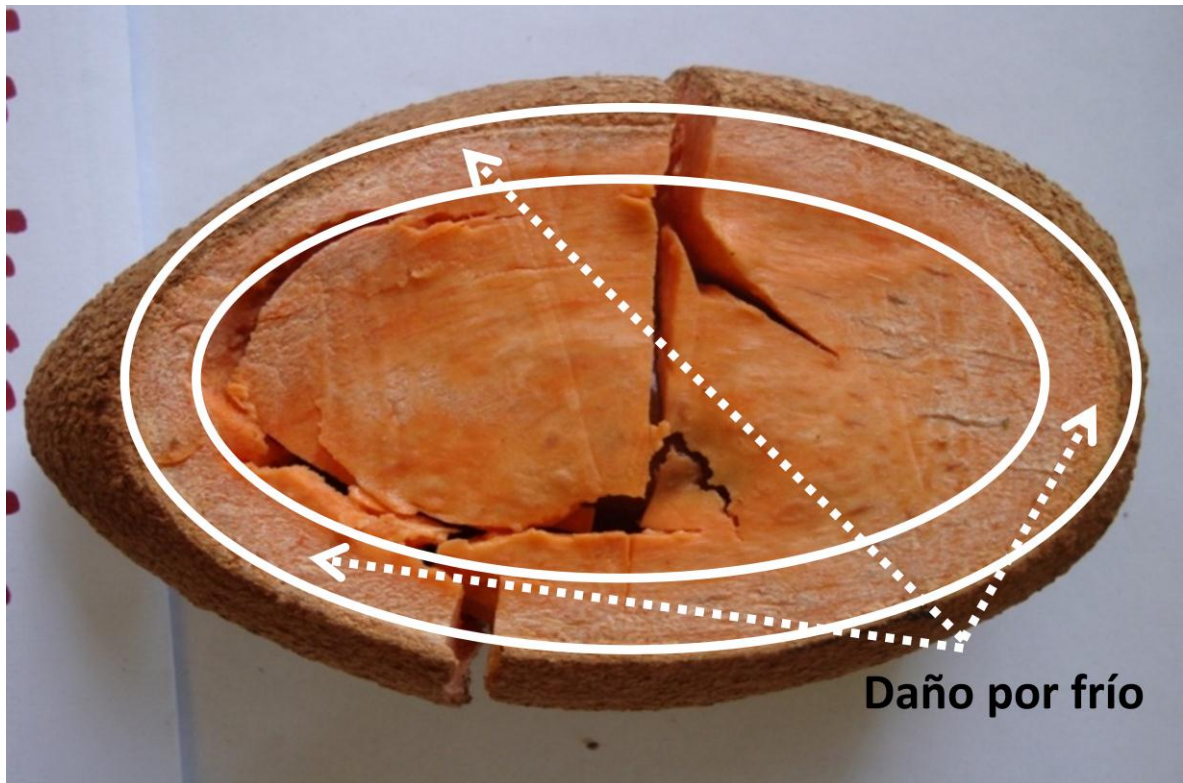


Figura 12. Presencia de daño por frío en el tejido de la pulpa, donde se presentó incapacidad para madurar y desarrollar el color característico rojo-salmón.

Cuadro 11. Cambios en el contenido de sólidos solubles totales (SST), daño por hongos y daño por frío en frutos de mamey tratados con etefón y almacenados a bajas temperaturas por diferentes periodos y madurados a temperatura ambiente (24 ± 1 °C).

	Sólidos Solubles Totales (SST)	Daño por hongo (%)	Daño por frío (%)
Dosis de Etefón (DET)			
0	15.2 a ^z	2.4 a	2.3 a
100	14.0 b	2.3 a	2.3 a
500	14.7 ab	2.2 a	2.4 a
DSH	0.9	0.2	0.2
C.V.	19.3	28.7	28.4
Días de almacenamiento (DA)			
0	13.6 b	1.0 b	0.0 c
7	14.4 ab	1.0 b	0.0 c
14	15.2 a	3.1 a	3.0 b
21	15.2 a	3.0 a	3.2 ab
28	14.8 ab	3.3 a	3.4 a
DSH	1.4	0.3	0.3
Días de evaluación (DEV)			
0	8.4 c	2.2 a	2.0 b
4	16.6 b	2.4 a	2.5 a
8	18.9 a	2.3 a	2.5 a
DSH	0.9	0.2	0.2
DET* DEV	NS	NS	NS
DET * DA	***	*	*
DEV * DA	***	**	**
DET * DEV* DA	NS	***	**

^z: Medias con letras diferentes dentro de cada factor (DET, DA y DEV) en el sentido de las columnas indican igualdad estadística de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05). Daño por Hongo (%) 0 = 0 % de daño, 1 = De 1 hasta 5 % de daño, 2 = De 6 hasta 15 % de daño, 3 = De 16 hasta 25 % de daño, 4 = De 26 hasta 50 % de daño y 5 Más del 50 % de daño. Daño por frío (%) 0 = 0 % de daño, 1 = De 1 hasta 5 % de daño, 2 = De 6 hasta 15 % de daño, 3 = De 16 hasta 25 % de daño, 4 = De 26 hasta 50 % de daño y 5 Más del 50 % de daño.

4.2.7 Respiración

Se encontraron diferencias significativas en la respiración cuando se aplicó 500 mg L⁻¹. Estos presentaron el valor bajo con 60.0 mL kg⁻¹ h⁻¹, en comparación con las dosis de 0 y 100 mg L⁻¹, que son estadísticamente iguales (Cuadro 12). Una de las causas que lo pudo provocar fue el daño por frío ya que afecta la síntesis de etileno, resultando en una menor producción cuando se expusieron nuevamente a temperaturas ambientales y en consecuencia menor producción de CO₂. Se sugiere que la conversión de ACC a etileno es inhibida por prolongadas exposiciones a bajas temperaturas (Lyons y Breindenbach, 1990). En cuanto a los días de almacenamiento, la respiración incrementó conforme pasaban los días en almacenamiento de un valor mínimo de 44.3 a los 0 d y un máximo de 95.9 a los 28 d (Cuadro 12). Se detectaron interacciones ente dosis de etefón y en días de almacenamiento de los frutos (Figura 13). Alia *et al.* (2002) reportaron que frutos almacenados a 20 °C presentaron un aumento de CO₂ alcanzando su máximo a los 3 d después de la cosecha con valor de 116.5 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂. En temperaturas de 5 y 10 °C presentaron los máximos a los 2 y 3 días, después de que fueron transferidos a 20 °C con valores de 55.7 y 92.8 mL kg⁻¹ h⁻¹ CO₂. El almacenamiento a bajas temperaturas entre 0 y 14 °C pueden causar daños por frío en frutos tropicales. Martínez *et al.* (2006) reportaron el típico patrón climatérico y los picos máximos los alcanzan a los 2 y 3 d después de la cosecha, teniendo valores de 219, 365, 274 y 269 mL kg⁻¹ h⁻¹ CO₂. Hernández *et al.* (2008) encontraron interacciones significativas y diferencias entre fechas de cosechas, así como el típico patrón climatérico a los 2 y 3 d después de la cosecha, con valores de 65 a 66 mg kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂ y entre 34 y 48 µL kg⁻¹ h⁻¹ de etileno.

4.2.8 Etileno

No se encontraron diferencias significativas en la producción de etileno en las dosis evaluadas a 100 y 500 mg L⁻¹, así como en el testigo donde no se aplicó etefón en 0 mg L⁻¹ (Cuadro 12). En cuanto a los días de almacenamiento, se detectaron diferencias significativas en la producción de etileno de los frutos y alcanzaron el típico patrón climatérico con valores altos en la producción a los 0, 7 y 14 d, en cambio a los 21 y 28 d la producción de etileno fue baja (Figura 13). Saucedo *et al.* (2001) reportan que el típico patrón climatérico de etileno ocurrió un día antes en la temperatura de 25 °C que a 20 °C, lo que dio como resultado que la temperatura ayuda al proceso de maduración sea más rápido. Alia *et al.* (2002) reportaron que el almacenamiento a bajas temperaturas entre 0 y 14 °C puede causar daños por frío en frutos tropicales y frutos almacenados a 20 °C. Los cuales presentaron un aumento de etileno alcanzando su máximo 2 d después de la cosecha con valor de 112.9 µL kg⁻¹ h⁻¹. Alia *et al.* (2005a) reportaron que los síntomas fueron en el color de la pulpa, ya que no presentaron el típico color de naranja-rojo, su incapacidad de madurar y áreas oscurecidas en la pulpa. Se encontraron interacciones en el almacenamiento. Hernández *et al.* (2008) encontraron que la máxima producción de etileno en los frutos se obtuvieron al tercer día después de la cosecha con valores máximos de 34 y 48 C₂H₄ µL kg⁻¹ h⁻¹, además que el estrés por impacto adelanta en un 1 d el pico climatérico.

4.2.9 Pérdida de peso

No se encontraron diferencias significativas en la pérdida de peso en las dosis evaluadas a 100 y 500 mg L⁻¹, así como en el testigo, donde no se aplicó etefón en 0 mg L⁻¹ (Cuadro 12). En cuanto a los días de almacenamiento, se encontraron diferencias significativas en la pérdida de peso incrementándose conforme pasaban los días en el almacenamiento. Tucker, (1993), hace mención que las pérdidas de peso (PDP) se deben principalmente a transpiración y pérdidas de peso entre 5 y 10 %. Estas pueden representar un producto comercialmente

inaceptable (Cuadro 12). Se encontraron interacciones en días de almacenamiento. Alia *et al.* (2005a) reportaron que en los frutos almacenados a temperaturas bajas la pérdida fue muy baja. Conforme se fue incrementando la temperatura se incrementó la pérdida de peso, y estando en temperatura ambiente el incremento en la pérdida ya fue significativo para dejar de ser un producto comercializable. Hernández *et al.* (2008) reportaron que no hubo pérdida de peso en fechas de cosecha. En el estrés por impacto a una altura mayor o igual a 1.20 m son los frutos que perdieron mayor cantidad de agua. Gómez *et al.* (2009) reportan datos similares en almacenamiento de temperaturas con el trabajo de Alia, donde al incrementar la temperatura se tienen mayor pérdida de peso, además de que a temperatura de 13 °C los frutos maduraron homogéneamente, con buena apariencia visual y calidad comercial. Los frutos almacenados a 10 °C fueron los que mostraron la menor pérdida de agua, pero su maduración fue muy irregular.

Cuadro 12. Comportamiento de la respiración, producción de etileno y pérdida de peso de frutos de zapote mamey, almacenados a bajas temperaturas por diferentes periodos y madurados a temperatura ambiente (24 °C ± 1 °C).

Factor	Respiración mL kg ⁻¹ h ⁻¹	Etileno μL kg ⁻¹ h ⁻¹	Pérdida de peso (%)
Dosis de Etefón (DET)			
0	65.5 a ^z	94.7 a	12.0 a
100	68.3 a	100.7 a	11.3 a
500	60.0 b	100.4 a	11.4 a
DSH	5.3	16.4	0.9
C.V.	37.0	75.3	47.4
Días de almacenamiento (DA)			
0	44.3 c	122.3 a	6.8 d
7	51.8 c	104.7 ab	8.3 c
14	62.2 b	107.8 ab	10.8 b
21	68.8 b	71.3 c	15.3 a
28	95.9 a	86.8 bc	16.1 a
DSH	8.0	24.7	1.3
Días de evaluación (DEV)			
0	40.7 c	92.1 b	4.9 c
4	73.5 a	111.0 a	11.5 b
8	66.2 b	45.4 c	17.3 a
DSH	5.1	13.1	0.7
DET* DEV	***	***	NS
DET * DA	***	NS	NS
DEV * DA	***	***	NS
DET * DEV* DA	***	***	NS

^z: Medias con letras diferentes dentro de cada factor (DET, DA y DEV) en el sentido de las columnas indican igualdad estadística de acuerdo a la prueba de Tukey (0.05).

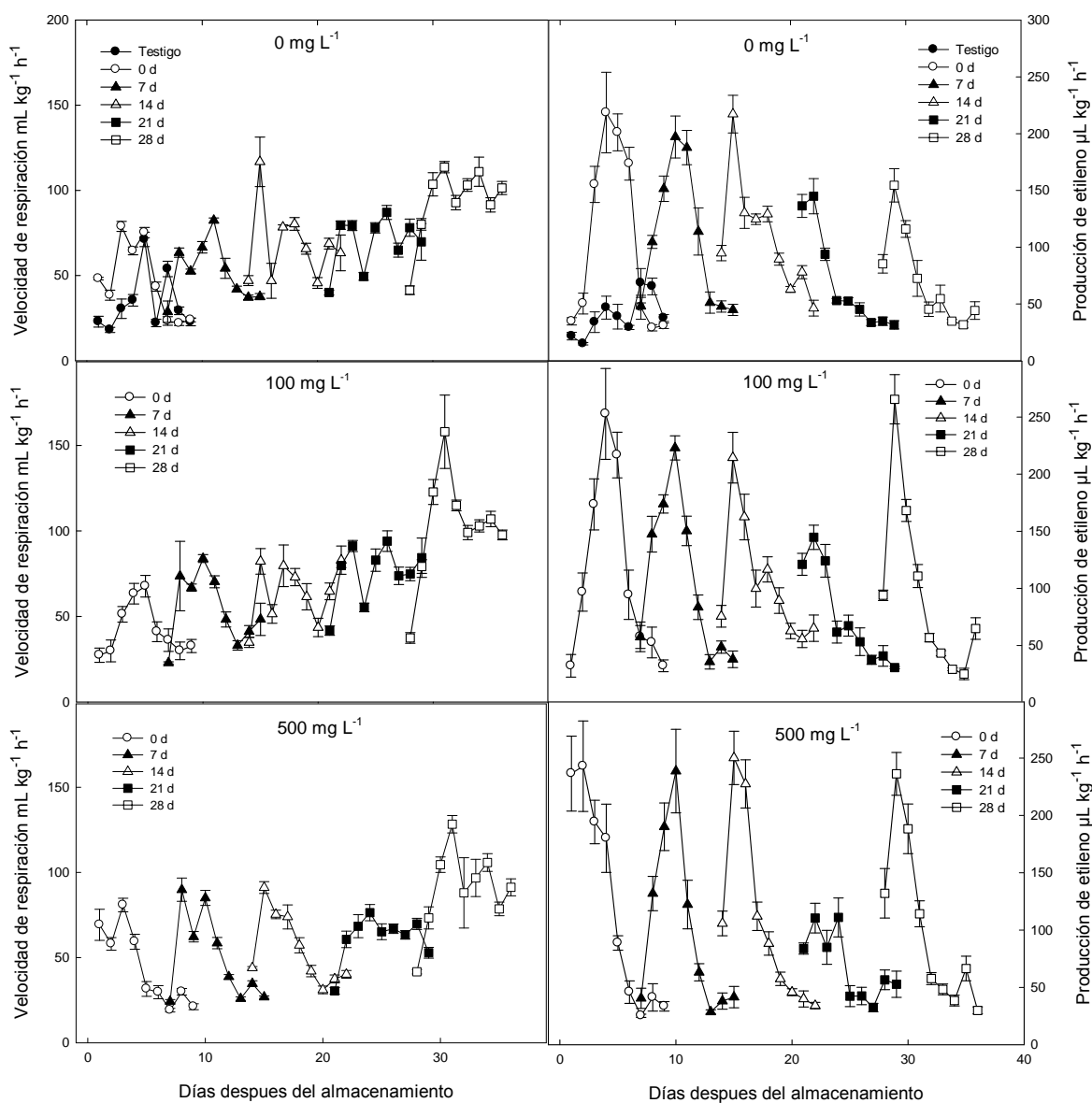


Figura 13. Velocidad de respiración y producción de etileno en frutos de zapote mamey tratados con y sin aplicación de Etefón y almacenados por 0, 7, 14, 21 y 28 d a 10 ± 1 °C y madurados a 24 ± 1 °C. Cada valor representa la media de 5 observaciones y se muestra el error estándar.

4.2.10 Valores máximos de CO₂ y Etileno

4.2.10.1 Respiración

En los valores máximos de la producción de respiración se encontraron diferencias significativas entre cada tratamiento, donde el tratamiento con dosis de etefón de 100 mg L⁻¹ + 28 d a 10 ± 1°C + 8 d a 24 ± 1°C fue el que mayor respiración obtuvo, alcanzando el máximo a los 3 d con una tasa de respiración 158.0 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, donde se localizan los frutos que alcanzaron su madurez de consumo en un tiempo menor con 2.6 d (Cuadro 13). En el tratamiento con dosis de 100 mg L⁻¹ + 8 d a 24 ± 1°C éstos alcanzaron la tasa de respiración menor con 67.7 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, su madurez la alcanzaron a los 6 d, el testigo alcanzó una tasa de respiración de 71.2 mL kg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, alcanzando su madurez a los 5.8 d. Entre el tratamiento con 100 mg L⁻¹ + 8 d a 24 ± 1°C y el testigo fue de 0.2 d para madurar (Cuadro 13). Martínez *et al.* (2006) reportaron que los valores máximos de respiración ocurrieron a los 2 y 3 días después de la cosecha (DDC), con valores entre 219 y 365 mLkg⁻¹ h⁻¹ de CO₂, su madurez vario entre 1 y 4 d para llegar a su madurez, en el testigo la madurez la alcanzaron entre 4 y 5.6 d.

4.2.10.2 Etileno

En los valores máximos de la producción de Etileno se encontraron diferencias significativas entre cada tratamiento donde el tratamiento con dosis de etefón de 100 mg L⁻¹ + 28 d a 10 ± 1°C + 8 d a 24 ± 1°C fue el que mayor respiración obtuvo, alcanzando el máximo a los 2 d con una tasa de producción de etileno de 265.5 µL kg⁻¹ h⁻¹ de etileno (Cuadro 13). Donde se localizan, los frutos que alcanzaron su madurez de consumo en un tiempo menor con 2.6 d, al igual que en la respiración es donde obtenemos el valor máximo, en el tratamiento con dosis de 500 mg L⁻¹ + 21 d a 24 °C ± 1 fueron los que alcanzaron la tasa de etileno menor con 111.0 µL kg⁻¹ h⁻¹ de etileno. Alcanzaron su madurez la

alcanzaron a los 5 d, el testigo alcanzo una tasa de etileno de $68.5 \mu\text{L kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, alcanzando su madures a los 5.8 d (Cuadro 13). Entre el tratamiento con $500 \text{ mg L}^{-1} + 21 \text{ d}$ a $24 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$ y el Testigo fue de 0.8 d para madurar. Martínez *et al.* (2006) reportaron que los valores máximos de etileno ocurrieron a los 3 d con valores entre 161 y $503 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de etileno, su madurez vario entre 1 y 4 d, en el testigo la madurez la alcanzaron entre 4 y 5.6 d. Hernández *et al.* (2008) reportaron que en los frutos cosechados en Mayo su tasa de producción de etileno están entre 34 y $48 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de etileno a los 2 y 3 d, y en el mes de Junio su tasa de etileno los valores están entre 60 y $64 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ de etileno alcanzando 2 d.

Cuadro 13. Máximos de la respiración, producción de etileno y los días en que alcanzaron este valor en frutos de zapote mamey, almacenados a bajas temperaturas previa aplicación de etefón.

Tratamiento	Producción máxima de CO ₂ ml kg ⁻¹ h ⁻¹	Día que alcanzó el máximo	Producción máxima de Etileno µL kg ⁻¹ h ⁻¹	Día que alcanzó el máximo
H00E000DR00TR00D8TA 24 ± 1 °C	71.2 ef ^z	4	68.5 f	6
H24E000DR00TR00D8TA 24 ± 1 °C	78.9 d-f	2	218.5 ab	3
H24E100DR00TR00D8TA 24 ± 1 °C	82.3 d-f	4	197.1 b-d	3
H24E500DR00TR00D8TA 24 ± 1 °C	116.8 b	1	217.3 a-c	1
H24E000DR07TR10D8TA 24 ± 1 °C	87.0 d-f	5	144.9 de	1
H24E100DR07TR10D8TA 24 ± 1 °C	113.3 bc	3	154.5 c-e	1
H24E500DR07TR10D8TA 24 ± 1 °C	67.7 f	4	252.8 ab	3
H24E000DR14TR10D8TA 24 ± 1 °C	83.9 d-f	3	223.0 ab	3
H24E100DR14TR10D8TA 24 ± 1 °C	82.3 d-f	1	214.4 a-c	1
H24E500DR14TR10D8TA 24 ± 1 °C	94.1 cd	5	144.7 de	1
H24E000DR21TR10D8TA 24 ± 1 °C	158.0 a	3	265.6 a	2
H24E100DR21TR10D8TA 24 ± 1 °C	80.9 d-f	2	194.3 b-d	1
H24E500DR21TR10D8TA 24 ± 1 °C	89.9 d-f	1	238.7 ab	3
H24E000DR28TR10D8TA 24 ± 1 °C	91.1 de	1	250.2 ab	1
H24E100DR28TR10D8TA 24 ± 1 °C	76.4 d-f	3	111.0 ef	3
H24E500DR28TR10D8TA 24 ± 1 °C	128.3 b	3	236.3 ab	1
CV	22.2		63.7	
DSH	18.7		25.7	

^z: Medias con letras diferentes en el sentido de las columnas indican similitud estadística de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05).

5. CONCLUSIONES

Experimento 1

El almacenamiento a 12 y 24 y la aplicación de etefón a dosis de 100, 300 y 500 mg L⁻¹ propicio una maduración menor de 5.2 y 6.8 d, al igual que los frutos almacenados en los recipientes su maduración fue menor con un promedio de 5.2 d, en los testigos su maduración fue de 7.2 d. En los SST tuvo un incremento significativo a partir de los 4 d, con valores mínimos de 9.1 que fue el testigo y máximos de 24.2 °Brix en el tratamiento a 100 mg L⁻¹, a los 8 d se mantuvieron los valores en los °Brix solo incremento el testigo su valor de concentración de °Brix a 23.1, en el color de la pulpa la luminosidad disminuyó durante la maduración con o sin aplicación de etefón, al igual que el matiz y la cromaticidad disminuyeron durante la maduración.

Experimento 2

La aplicación de etefón y el almacenamiento a temperatura por 14, 21 y 28 d obtuvo una maduración menor (4.2, 4.5 y 5.7 d), en comparación que el testigo (5.8 d), los frutos almacenados por 0 y 7 d, su maduración fue superior (6.0 y 6.6 d). En el color se encontraron diferencias significativas en las dosis, en los días de almacenamiento y días de evaluación, sin importar las concentraciones de etefón. En los Sólidos Solubles Totales (SST) se observó diferencias significativas entre las dosis de aplicación de etefón así como en los días de almacenamiento a 10 °C. El etefón no ayudo a controlar el daño por hongo ya se encontró entre los tratamientos así como el testigo pudriciones por patógenos donde el daño fu 2.2 a 2.4 (6-15 % de daño en la pulpa). El patógeno se presentó a los 14 d de almacenamiento a 10 °C indicando ser el umbral en tiempo para la presencia de patógenos en los frutos de zapote mamey con un daño de 3.0 a 3.4 (16-25 % de daño en la pulpa). La aplicación de etefón no ayudo a controlar el daño por frío, en los días de almacenamiento el daño por frío se presentó después de los 14 d de almacenamiento a 10 °C donde se encontraron valores de 3.0 a 3.3 (16-25 % de

daño en la pulpa), indicando ser el umbral en tiempo para la presencia de daño por frío en la pulpa de mamey ya que no presentaron el típico color naranja-rojo, su incapacidad de madurar y áreas oscurecidas en la pulpa, así como un incremento en la producción de etileno y es como se ve en comparación con la producción de CO₂ que fue menor su producción en las dosis aplicadas y días de almacenamiento en comparación con la producción de etileno. En la pérdida de peso las dosis de 100 y 500 mg L⁻¹ no tuvieron una pérdida significativa, solo en los días de almacenamiento hubo una mayor cantidad de pérdida de agua.

6. LITERATURA CITADA

- Adams-Phillips, L. Barry, C; y Giovannoni, J. J. (2004). Signal transduction systems regulating fruit ripening. *Trends Plant Sci*9:331-338.
- Aharoni, A; O'Connell, A. P. (2002). Gene expression analysis of strawberry achene and receptacle maturation using DNA microarrays. *J Exp Bot*53:2073-2087.
- Alia, T. I; Colinas L. M. T; Martínez D. M. T; Soto H. R. M. (2002). Factores Fisiológicos, bioquímicas y de calidad en frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn] en postcosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8: 263-281.
- Alia, T. I; Colinas L. M. T; Martínez D. M. T; Soto H. R. M. (2005a). Daños por frío en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn]. I. Cambios en volátiles, firmeza y azúcares totales. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 28: 17- 24.
- Alia, T. I; Colinas L. M. T; Martínez D. M. T; Hernández R, M. S. (2005b). Daños por frío en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn]. II. Cambios en Fenoles totales y actividad enzimática. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28:25-32.
- Alia, T. I; López M. V; Acosta D. C. M; Colinas, L. M. T. (2005d). Crecimiento en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*). *Investigación Agropecuaria*. 2:20-25.
- Alia, T. I; Bautista, B. S; Villanueva, A. R; Pelayo Z. C; Colinas, L, M. T; López M. V. (2007). Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn]. *Postharv. Biol. Technol* 45:285-297.

- Alia, T. I; López, M. V; Rodríguez, M. A; Acosta, D. C. M; Colinas, L. M. T; Bautista, B. S. (2008). Contribuciones al conocimiento del zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn] en Morelos México. In Alia, T. I; Villegas, M. A; López, M. V; Rodríguez, M. A; Acosta, D. C. M; Villegas, T. O. G & Guillen, S. D. 2008. El zapote mamey en México: avances de investigación. Edit. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. p. 184.
- Arenas, O. M. L; Evangelista, L. S; Arana E. R; Jiménez, A. A. R; Dávila, O. A. G. (2003). Softening and biochemical changes of zapote mamey fruit (*Pouteria sapota*) at different development and ripening stages. *Journal of Food Biochem.* 27, 91–107.
- Ariza F. R; Barrios A. A; Vázquez G. E; Navarro G. S; Michel A. A; y Otero G. A. (2005). Tecnología de Postcosecha en Mango, Papaya y Sapote Mamey. INIFAP. Libro Técnico No. 2. México. p. 221.
- Artés, F. (1995a). Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en las postrecolección. I Pretratamientos térmicos. *Rev. Esp. Ciencia Technol. Alim.* 35:45-64, 35:139-149 y 35:247-269.
- Artés, F. (1995b). Innovaciones en los tratamientos físicos modulados para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en las postrecolección. II Tratamientos térmicos cíclicos. *Rev. Esp. Ciencia Technol. Alim.* 35:139-149.
- Artés, F; y Fernández-Trujillo, J. P. (1999). Recent studies on postharvest behavior of peaches. *Res. Develop. Agric. Food Chem.* 3: 471-487.
- Artés, F; Tudela, J. A; Villaescusa, R. (2000a). Thermal postharvest treatments for improving pomegranate quality and shelf life. *Postharvest Biol. Technol.* 3:245-251.

- Artés, F; Gómez, P. A; Artés-Hdez, F. (2002). Alteraciones físicas, fisiológicas y microbianas de frutas y hortalizas procesadas en fresco. Alimentaria. En prensa.
- Asif, M. H; Nath, P. (2005). Expression of multiple forms of polygalacturonase gene during ripening in banana fruit. *Plant Physiology Biochem* 43:177-184.
- Balerdi, C. F; Shaw, P. E. (1998). Sapodilla, sapote and related fruit. In: *Tropical and Subtropical Fruits*. AgScience. Florida, USA. pp 78-136.
- Bautista, B. S; Díaz, P. J. C; Barrera, N. L. L. (2002). Postharvest fungal rots of sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn]. *Postharvest Biol and Technol*. 24:197–200.
- Bayuelo, J. J. S; Ochoa, I. (2006). Caracterización morfológica de sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn] del centro occidente de Michoacán, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 9-17.
- Bewley, J. D; Black M. (1994). *Seeds. Physiology of Development and Germination*. Second Edition. Plenum Press, NY. pp 445.
- Bocanegra, C. 1993. Ethrel en el control de la floración en caña de azúcar. Brasil, Rhone Poulec. 27p.
- Brady, C. J. (1987). Fruit ripening. *Ann Rev Plant Physiology* 38:155-178.
- Campbell, R. J; Zill, G; Mahdeem, H. (1997). New mamey sapote cultivars from tropical America. *Proc. Interamer. Soc. Tropical Hort*. 41: 219-222.
- Carrari, F; y Fernie, A. R. (2006). Metabolic regulation underlying tomato fruit development. *J ExpBot* 57:1883-1897.
- Casas-Alencaster, N. (1977). Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración del mamey (*Calocarpum mammosum*), B. Sc. Tesis, Instituto Politécnico Nacional, México.
- Causier, B; Kieffer, M; Davies, B. (2002). Plant biology. MADS-box genes reach maturity. *Science* 296(5566):275-276.

- Clendennen, S. K; May, G.D. (1997). Differential gene expression in ripening banana fruit. *Plant Physiology* 115: 463-469.
- Côme, D; Corbineau, F. (1994). Effets cellulaires et métaboliques du froid sur les produits végétaux. *Institute Intern. Froid. Brest.* 5:17-28.
- Couey, M. H. (1982). Chilling injury of crops of tropical and subtropical origin. *HortScience* 17: 162-165.
- Cruz-Hernández, A. (1993). Aislamiento y caracterización del cDNA que codifica para la oxidasa alterna de mango (*Mangifera indica* L). Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN.
- Díaz-Pérez, J.C; Bautista, S; Arenas, M; Evangelista, S; Arce, R. (1997). Response of sapote mamey (*Pouteria sapota*) fruit to postharvest exogenous ethylene applications. *Hort. Sci.* 32, 496 (Abstract).
- Díaz-Pérez, J. C; Bautista, S; Villanueva, R. (1998). Response of mamey sapote (*Pouteria sapota*) fruit to storage. *Hort. Sci.* 33, 456 (Abs.).
- Díaz-Pérez, J. C; Bautista, S; Villanueva, R. (2000). Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. *Postharvest. Biology and Technology* 18:67-73.
- Díaz-Pérez, J. C; Mejía, A; Bautista, S; Zavaleta, R; Villanueva, R; López G. R. (2001). Response of sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq) H. E. Moore & Stearn) fruit to hot water treatments. *Postharvest. Biology and Technology* 22:159–167.
- Domínguez-Ordoñez, L., Villegas-Monter, A., García-Villanueva, E, Espinosa-Zaragoza, S. (2007). Fenología de la floración de seis genotipos de mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en Alpoyecá, Estado de Guerrero, México. *Proc. Interamer, Soc. Trop. Hort.* 51: 132-137
- Ergun, M; Sargent, S. A; Fox, A. J; Crane, J. H; Huber, D. J. (2005). Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1–methyl cyclopropene treatments. *Postharvest Biol. and Technol.* 36:127–134.

- Espinosa, Z. S; Saucedo, V. C; Villegas, M. A; Ibarra, E. M. E. (2005). Caracterización de Frutos de Zapote Mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E: Moore and Stearn] en Guerrero, México. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 49. pags. 135-138.
- Espinosa, Z. S; Villarreal, F. J. M; Villegas, M.A; Mora, A.A; Ruiz, B. C. (2009).El Zapote Mamey. In: Frutas del Trópico. Coss, F. M. E; Ruíz, B. C; Moreno, M. J. L; Cabrera, A. M. E; Díaz, V. V. M; Pérez, Q. N; & Pinson, R. E. P. Edit. Universidad Autónoma de Chiapas. p. 378.
- Fennema, R. O. (2000). Química de alimentos. 2da. Ed. Acribia. S.A. Zaragoza, España. p. 1258.
- Fernández-Trujillo, J. P; y Artés, F. (1997). Keeping quality of cold stored peaches using intermittent warming. Food Res. Intern. 30:441-450.
- Ferratto, J. (2003). Importancia de la gestión de la calidad en frutas y hortalizas, situación y perspectivas. Presentación Feria Internacional de la Alimentación. FIAR. Rosario.
- Gaona, G. A; Alvarez, V. J. E; Alia, T. I; López, M. V; Acosta D. C. M. (2005). El Cultivo del Zapote Mamey en la Región Suroeste del Estado de Morelos. Investigación Agropecuaria 2: 14-19.
- Gaona G. A., Alia, T. I; López, M. V; Andrade R. M; Colinas, L. M. T; Villegas T. O. (2008). Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en el Suroeste del estado de Morelos. Revista Chapingo serie Horticultura 14: 41-47.
- Gillaspy G, Hilla, B. D. Gruissem W. (1993). Fruits: a developmental perspective. Plant Cell 5:1439-1451.
- Giovannoni, J. J. (2001). Molecular regulation of fruit ripening. Annu. Rev. Plant Physiol Plant Mol Biol 52:725-749.
- Giovannoni, J. J. (2004). Genetic regulation of fruit development and ripening. Plant Cell 16 Suppl: 170-180.

- Goff, S. A. y Klee, H. J. (2006). Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value. *Science* 311:815-819.
- Gómez, J. R; Nieto, A. D; Teliz, O, D; Mora, A. A; Martínez, D. M. T; Vargas, H. M. (2009). Evaluación de la calidad e incidencia de hongos en frutos refrigerados de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq) H. E. Moore and Stearn. *Agrociencia*. Vol. 43. Núm. 1: 37-48.
- Granados, F.J.C., 1995. Algunas selecciones nuevas de zapote (*Pouteria sapota*) en Guatemala. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 39, 115–118.
- Grierson, D; Schuch, W. (1993). Control of ripening. *Phylogenetic Trans BiolSci* 342:241-250.
- Hardenburg, R. E; Watada, A. E; Wang, C. Y. (1990). The commercial storage of fruits vegetables and florist and nursery stocks. *Agricultural Handbook* 66. Ed. USDA. Washington. p. 130.
- Henríquez, J. M. (1973). Patrones de respiración de algunas frutas tropicales. *Proc. Tropical Región. Am. Soc. Hort. Sci.* 17:167–175.
- Hernández, M. M; Martínez, M. A; Alia, T. I; Hernández, H. L. U; Osorio, O. R; Colinas, L. M. T; López, M. V; Bautista, B. S; Valle, G. S. (2008). Estrés por impacto en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) durante el manejo Postcosecha. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol. 31. Núm. 3:61-66
- INEGI 2009, <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/17/17021.pdf>
- Kader, A. A. (2001). Quality assurance of harvested horticultural perishables. *Proc. 4th Int. Conf. On Postharvest Acta Horticulturae* 553, ISHS 2001
- Kader, A. A. (2002). Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A. A. (Ed.), *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California, Oakland, Publication 3311. pp. 39–47

- Kader, A. A; Saltveit, M. E. (2003) Atmosphere modification. *In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*. Bartz, J. A & Brecht, J. K. (Eds). University of Florida. Gainesville, Florida. Pp: 229-246.
- Katz, E; Fon, M; Lee, J. Y; Phinney, B. S; Sadka A; Blumwald, E. (2007). The citrus fruit proteome: insights into citrus fruit metabolism. *Planta* 226 (4):989-1005.
- Ladaniya, M. S. (2008). *Citrus fruits, Biology, Technology and Evaluation*. Elsevier-Academic Press. USA. 558 p.
- Lance, C; Moreau, F. (1992). Les effets métaboliques du froid. En: *Les végétaux et le froid*. Ed. D. Côme. Edit. Hermann. 2, 27-50.
- Lelievre, J. M; Latche, A; Jones, B; Bouzayen, M; Pech, J. C. (1997). Ethylene and fruit ripening. *PhysiolPlant* 101:727-739.
- Luchsinger, L. (1996). Quantification of peach fruit maturity, chilling injury and changes in cell wall composition during storage. Ph. D. Tesis. Univ. of Maryland. USA. p. 135.
- Lyons, J. M; Raison, J. K; Graham, D. (1979). Low temperature stress in crop plants-The role of the membrane. Academic Press. New York, NY, USA. p. 565.
- Lyons, J. M; Breindebach, R. W. (1990). Relation of chilling injury stress to respiration. *In: Chilling Injury of Horticultural Crops*. C Y Wang (Ed). CRC Press, USA. pp:223-233.
- Marcellin, P. (1992). Les maladies physiologiques du froid. En: *Les végétaux et le froid*. Ed. D. Come. Edit. Hermann. París. 53-105.
- Martínez, M. A; Alia, T. I; Colinas, L. M. T. (2006) Refrigeración de frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) h. E. Moore & Stearn] fruits Harvested on different dates in Tabasco, México. *Rev. Fitotec. Mex* 29: 51-57

- Martínez, M. A; Alía, T. I; Valle, G. S; Colinas, L. M. T; López, M. V. Bautista, B. S; Andrade, R, M; Villegas, T. O. G; & Guillén, S. D. (2008). Comportamiento de Frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) en Atmósferas con bajo O₂ y moderado CO₂. Rev. Fitotecnia México Vol. 31. Núm. 3: 53-59.
- Martínez-Téllez, M. A; Lafuente, M. T. (1993). Chilling-induced changes in phenylalanine ammonialyase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities in citrus flavedo tissue. Acta Horticulturae, 343:257-263.
- Medina-Suarez R, Manning, K; Fletcher, J; Aked, J; Bird, C; Seymour, G. B. (1997). Plant Physiology 115:4533-4561.
- Mercado-Silva, E. Cantwell, M. (1998).Quality changes in Jicama roots stored at chilling and non-chilling temperatures. J. Food Qual. 3:211-221.
- Minolta, 1998.Precise color communication.
- Morris, L. L. (1982). Chilling injury of horticultural crops: An overview. HortScience 17: 161-162.
- O'Neil S. D. (1997).Pollination regulation of flower development. Annu Rev PlantPhysiol. PlantMol Biol48:547-574.
- Parrilla, C. P. (2002). A través de los sentidos. Revista Énfasis Alimentación Latinoamérica. Año VIII. Edición N° 3 Junio-Julio 2002
- Pérez, T. G. O; Vargas, A. I; Díaz, P. J. C; Téllez, M. P. M. A. (1999). Actividad de polifenoloxidasas y peroxidasa en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) Rev. Iberoam. Tecnol. Poscosecha 1:120-125.
- Prasanna, V; Prabha, T. N; Haranthan, R. N. T. (2007). Fruit ripening phenomena-an Overview. Crit Rev Food SciNutr 47:1-19.
- Ramos, R. F. X; Alía, T.I; López, M. V; Colinas, L. M. T; Acosta, D. C. M; Tapia, D. A & Villegas, T. O. (2009). Almacenamiento de Frutos de zapote mamey

[*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] en atmosfera modificada. Revista Chapingo Serie Horticultura 15(1): pags. 17-23.

Ronen, G; Carmel, G. L; Zamir, D; Hirschberg, J. (2000). An alternative pathway to beta-carotene formation in plant chromoplasts discovered by map-based cloning of beta and old-gold color mutations in tomato. Proc Natl Acad Sci USA 97:11102-11107.

Salvador, A; Cuquerella, J; Navarro, P. (2000). Susceptibility of Ortanique citrus fruit harvested in Valencia to chilling injury during cold storage. En: Intern. Institute of Refrigeration. Eds: F. Artés, M. I. Gil y M. A. Conesa. II: 498-505.

Sandoval, M. E; Nieto, A. E; Alia, T. I; López, M. V; Colinas, L. M. T; Martínez, M. A; Acosta, D. C. M; Andrade, R. M; Villegas, T. O Guillen, S. D. (2006) Crecimiento del fruto de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) h. E. Moore & Stearn]. Revista Fitotecnia Mexicana, 29 (2):59-62.

Sarry, J. E; Sommerer, N; Sauvage, F. X, Bergoin, A; Rossignol, M; Albagnac, G; Romieu, C. (2004). Grape berry biochemistry revisited upon proteomic analysis of the mesocarp. Proteomics, 4:201-215.

Saucedo, V; C; Martínez, M. A; Chávez, F. S. H; Soto, H. R. M. (2001). Maduración de Frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) h. E. Moore & Stearn] tratados con etileno. Revista Fitotecnia Mexicana 24: 231-234.

Seymour, G; Taylor, J; Tucker, G. (1993). Biochemistry of fruit ripening. Chapman & Hall, London UK.

Shewfelt, R. L. (1993). What is quality? Postharvest Biology and Technology 15 (1999) 197-200

SIAP. (2008). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*.

Tanksley, S. D. (2004). The genetic, developmental and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. Plant Cell 16 Suppl: S181-189.

- Téllez, P. P; Saucedo, V. C; Arévalo, G; Valle, G. S. (2009). Maduración de frutos de mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) tratados con 1-Metilciclopropeno y refrigeración. *Journal of Food*.Vol.7.No. 1. Pags.45-51.
- Theologis, A. (1992). One rotten apple spoils the whole bushel: the role of ethylene in fruit ripening. *Cell* 70:181-184.
- Tucker, G. A; Brady, C. J. (1987). Silver ions interrupt tomato fruit ripening. *J PlantPhysiol*127:165-169.
- Tucker, G. A; Grierson, D. (1987).Fruit ripening. In: *The Biochemistry of Plants*. PK Stumpfand y EE Conn (Eds). Academia Press, Inc. Vol 12, pp 265-313.
- Tucker, G. A. (1993). Introduction. In: *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman & Hall, London, pp. 1–55.
- Vázquez, D. E; Martínez, J. J. M; Monteverde, A. (1998). Ethylene, phenylalanine ammoniolyase and electrolyte leakage on lemons or mandarins as affected by chilling stress.COST915 Conference. Madrid, Spain. October.
- Velarde, G. A. (1991). *Tratado de Arboricultura frutal. Morfología y Fisiología del árbol frutal*. Ediciones Mundi-Prensa Madrid. Vol. I. p. 103.
- Villanueva, A. R; Lozano, S. E; Ocampo, M. L. A; Pérez, J. C. D; Bautista, B. S. (1998). Índices de cosecha del mamey (*Pouteria sapota*) cultivado en Coatlán del Río, Morelos. Primer Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agro exportaciones. ACTAS, Hermosillo, Son, México.
- Villanueva, A. R; Lozano. E. V; Arenas, M. L. O; Díaz, P. J. C. (2000). Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y poscosecha del mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6:63-72.
- Vorstermans, B; Creemers, P. (2007). Screening preharvest/postharvest strategies to prevent fruit rot decay. *Commun Agric Appl BiolSci*72 (4):909-15.
- Wang, C. Y. (1982). Physiological and biochemical responses of plants to chilling stress. *HortScience* 17: 173-186.

- Wang, C. Y. (2000). Postharvest techniques for reducing low temperature injury in chilling-sensitive commodities. En: Improving Postharvest Technologies for Fruits, Vegetables and Ornamentals. Edit. Intern. Institute of Refrigeration Eds: F. Artés, M.I. Gil y M.A. Conesa. II: 467-473.
- White P. J. (2002). Recent advances in fruit development and ripening: an overview J Exp Bot, 53:377.
- Yahia, E. M., Ariza, R. (2003). Postharvest hot air treatments effect on insect mortality and quality of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota*). Acta Horticulturae 604:691–695.
- Yang, S. F; Hoffman, N. (1984). Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. Ann Rev Plant Physiol 35:155-189.