

## ESTRÉS POR IMPACTO EN FRUTOS DE ZAPOTE MAMEY (*Pouteria sapota*) DURANTE EL MANEJO POSTCOSECHA

### IMPACT STRESS IN SAPOTE MAMEY (*Pouteria sapota*) FRUITS DURING POSTHARVEST HANDLING

Magdalena Hernández Molina<sup>1</sup>, Arturo Martínez Morales<sup>2</sup>, Irán Alía Tejacal<sup>3,\*</sup>, Luis U. Hernández Hernández<sup>2</sup>, Rodolfo Osorio Osorio<sup>2</sup>, Ma. Teresa Colinas León<sup>4</sup>, Víctor López Martínez<sup>3</sup>, Silvia Bautista Baños<sup>5</sup> y Salvador Valle Guadarrama<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Villahermosa. Carr. Villahermosa-Frontera, km 3.5. Cd. Industrial. 86010, Villahermosa, Tabasco. <sup>2</sup>División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Carr. Villahermosa-Teapa km. 25. <sup>3</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad Núm. 1001. 62209, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. <sup>4</sup>Departamento de Fitotecnia y <sup>5</sup>Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Carr. México-Texcoco. 56230, Chapingo, Edo. de México. <sup>6</sup>Centro de Desarrollo de Productos Bióticos, Instituto Politécnico Nacional. Carr. Yauatepec-Jojutla, Km. 8.5. 62731, San Isidro, Yauatepec, Morelos, México.

\* Autor para correspondencia (ijac96@yahoo.com.mx)

### RESUMEN

Se evaluó el efecto del estrés por impacto en frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] cosechados en Jalpa de Méndez, Tabasco, México, durante mayo y junio de 2006. Frutos de zapote mamey cosechados en madurez fisiológica fueron sometidos a impacto por caídas desde 0.0, 0.6, 1.2 y 1.8 m, y en ellos se midió velocidad de respiración y producción de etileno, pérdidas de peso y color (luminosidad, ángulo matiz y cromaticidad), en condiciones de laboratorio ( $30 \pm 2$  °C; 85 % HR). Los frutos utilizados como testigo mostraron el típico patrón climatérico con máximos de velocidad de respiración y producción de etileno entre 2 y 3 d después de la cosecha con valores de 65 a 66 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> y entre 34 y 48 µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente; la pérdida de peso fue de 8 % después de 6 d; la luminosidad y cromaticidad disminuyeron sus valores durante la maduración, mientras que el matiz mostró poco cambio. Los frutos cosechados en mayo mostraron una respiración mayor y valores mayores de matiz que los de junio; en el resto de las variables no se detectó efecto de la fecha de cosecha ( $P \leq 0.05$ ). Los frutos sometidos a caída de alturas mayores de 1.2 m mostraron valores mayores de CO<sub>2</sub> (entre 15 y 27 %) y de producción de etileno (entre 27 y 56 %) con respecto al testigo; también se detectó mayor pérdida de peso, en tanto que los valores de luminosidad y la cromaticidad fueron menores comparados con los frutos testigo, debido al oscurecimiento de la pulpa, y el ángulo matiz mostró pocos cambios. Los efectos negati-

vos del estrés por impacto se observaron en caídas mayores a 0.6 m.

**Palabras clave:** *Pouteria sapota*, daños por impacto, postcosecha.

### SUMMARY

Evaluations of impact stress in sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] were carried out in fruits harvested at Jalpa de Méndez, Tabasco, México, over two harvest dates: May and June of 2006. Sapote mamey fruits at physiological maturity were dropped from 0.0, 0.6, 1.2 and 1.8 m, and then evaluated regarding rate of respiration, ethylene production, weight loss and colour (lightness, hue angle and chroma) under laboratory conditions ( $30 \pm 2$  °C; 85 % RH). Untreated sapote mamey fruits showed the typical climacteric behaviour with peaks of respiration rate and ethylene production between 2 and 3 d after harvest, with values of 65 to 66 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> and 34 and 48 µL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectively; weight loss was of 8 % after 6 d, and lightness and chroma diminished with ripening. Fruits harvested in May showed higher respiration and hue angle values than those of June; the rest of evaluated variables did not showed statistical differences due to harvest date. Sapote mamey dropped from more than 1.2 m increased respiration (between 15 and 27 %) and ethylene production (between 27 and 56 %) compared to the control; they also had highest weight losses, while lightness and chroma values were lowest than control, and no statistical change occurred in hue angle. Negative effects of mechanical stress by impact were detected with drops greater than 0.6 m.

**Index words:** *Pouteria sapota*, impact damage, postharvest.

### INTRODUCCIÓN

Las frutas son organismos vivos y su vida útil es afectada por temperatura, humedad, composición de la atmósfera circundante, manejo durante y después de cosecha, ataque por organismos, entre otros (Thompson, 1996). Los impactos son la fuente de daño mecánico más común durante la venta de frutos (Knee y Miller, 2000), y es importante conocer el efecto que producen sobre la fisiología, bioquímica y calidad del producto.

Las frutas exóticas constituyen hoy día una fuente importante de riquezas por su aceptación, y por los elementos nutritivos que aportan a la salud humana. El zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] es una especie frutícola originaria de las zonas tropicales de México; forma parte de la flora en la selva alta perennifolia o se le encuentra cultivado con otros frutales (Popenoe, 1948). El zapote mamey se consume en fresco (Pennington y Sarukhán, 1998), lo que hace necesario conservar sus características organolépticas (Saucedo *et al.*, 2001). Sin embargo, durante la cosecha y comercialización sufre daños por impacto, compresión y abrasión, que probablemente afecten su calidad final. En el Estado de Tabasco la cosecha de frutos se hace en forma manual; los cortadores suben a los árboles y con ayuda de canastillas unidas a extensiones de madera cortan los frutos; los frutos son depositados en costales y

bajados al suelo donde son empacados en cajas de madera o costales, para transportarse al lugar de empaque y selección. Con frecuencia los frutos se lanzan hacia el suelo o a las cajas, y los frutos pueden caer desde alturas superiores a 10 m. Además, después de la cosecha los frutos pueden sufrir caídas de más de 60 cm durante el proceso de selección y empaque. La distribución hacia los puntos de venta se hace en costales, cajas y a granel.

Se ha identificado al daño mecánico como una causa potencial de maduración prematura en frutas y hortalizas al estimular la producción de bióxido de carbono y etileno (De Martino *et al.*, 2006) y la composición de compuestos fenólicos es afectada por tal estrés lo que resulta en oscurecimiento de la epidermis (Knee y Miller, 2000).

El fruto de zapote mamey es muy perecedero y su vida útil en Tabasco puede ser menor a 5 d (Martínez *et al.*, 2006). En esta región el árbol se usa comúnmente para dar sombra a las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.), y no cuenta con variedades establecidas. Tampoco existe una metodología pre- y postcosecha que ayude a disminuir las pérdidas en el manejo, principalmente las causadas por golpes mecánicos. Por ello, los objetivos del presente trabajo fueron estudiar las respuestas del zapote mamey al daño por impacto y aportar información elemental para mejorar los procedimientos postcosecha del zapote mamey.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 2006 se cosecharon 150 frutos de zapote mamey en madurez fisiológica en Jalpa de Méndez, Tabasco, en dos fechas: 20 de mayo y 30 de junio. Se usó el índice de cosecha de los productores, que se reconoce por el color naranja del mesocarpio al desprender una pequeña porción de la cáscara (Martínez *et al.*, 2006). Los frutos se manejaron cuidadosamente para minimizar el daño mecánico y se empacaron en cajas de 10 kg de capacidad para su traslado al lugar de investigación, en Villahermosa, donde se expusieron a  $30 \pm 2$  °C por 5 h para adaptarlos a las condiciones del lugar, y se hizo una selección por tamaño para disponer de material homogéneo.

Se formaron cuatro grupos de 24 frutos en cada fecha. Tres de ellos se asignaron a tratamientos de impacto por caída desde alturas de 0.6, 1.2 y 1.8 m de altura. Para ello los frutos se colocaron en soportes horizontales montados en un muro y se soltaron por turnos en forma súbita para caer en el piso, donde se colocó una capa delgada de cal que permitió identificar el lugar del golpe

(Ketsa y Atantee, 1998). El cuarto lote se mantuvo sin impacto y se tomó como testigo. Después los frutos se dejaron a  $30 \pm 2$  °C para evaluar el efecto de los tratamientos.

En cada lote se usaron cinco frutos para las pruebas no destructivas de respiración, producción de etileno y pérdida de peso, en forma diaria durante 6 d. Adicionalmente, se midió color mediante pruebas destructivas a los días 1, 3 y 6 d posteriores a las rutinas de impacto, en seis frutos por ocasión. La unidad experimental fue un fruto y todas las mediciones se hicieron con seis repeticiones.

La respiración y producción de etileno se midieron con un método estático, que consistió en colocar un fruto en un recipiente hermético de volumen conocido por 1 h. Luego, de cada recipiente se muestrearon 5 mL del espacio de cabeza y se almacenaron en tubos al vacío (Vacuntainer®). Todos los tubos se colocaron a -20 °C y se evaluaron después mediante un cromatógrafo de gases Varian Star 3400 provisto con una columna capilar empacada y fase estacionaria Poraplot Q y detectores de ionización de flama y de conductividad térmica. La temperatura del horno fue de 80 °C, la del inyector 150 °C y la de los detectores 170 °C. Se usó helio como gas de arrastre. La pérdida de peso se midió como lo indican Martínez *et al.* (2006), con una balanza digital y con evaluaciones diarias. Se reportó pérdida de masa acumulada con la fórmula  $[(P_i - P_f)/P_i \times 100]$ , donde:  $P_i$  = peso inicial, y  $P_f$  = peso final. La unidad experimental fue un fruto con seis repeticiones y las evaluaciones se hicieron diariamente durante 6 d.

El color de la pulpa se midió con un colorímetro (ColorTec PCM/PSM, USA), previo retiro de una pequeña porción de la cáscara en dos lados opuestos de la parte ecuatorial del fruto. Se registraron los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , y con éstos se calcularon el ángulo matiz ( $AM = \tan^{-1} b/a$ ) y la cromaticidad ( $\sqrt{a^2 + b^2}$ ) (Minolta, 1998; Diaz-Perez *et al.*, 2000).

Los datos se analizaron como un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 4, para fechas de muestreo y alturas de caída. Se hizo un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias mediante el método de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), con el paquete estadístico SAS® (SAS Institute, 1989). Los promedios de respiración y producción de etileno se graficaron junto con su error estándar con el programa SigmaPlot® (SPSS, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Respiración y producción de etileno

Se detectó interacción significativa y diferencias entre fechas de cosecha ( $P \leq 0.05$ ). Los frutos de los tratamientos testigo de ambas fechas mostraron el comportamiento típico de los frutos climatéricos. El material de mayo mostró el máximo respiratorio a los 3 d después de la cosecha, con  $66 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ , en tanto que en el material de junio esto ocurrió a los 2 d, con  $65 \text{ mg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  (Figura 1).

En mayo la velocidad de respiración fue mayor al incrementar la altura de caída; los frutos que cayeron de 1.20 y 1.80 m mostraron 27 y 15 % más respiración que los frutos testigo (Figura 1A); sin embargo, no se detectó diferencia entre los valores máximos de respiración ( $P \leq 0.05$ ). Los frutos cosechados en junio y sometidos a la prueba de impacto mostraron el pico de producción de  $\text{CO}_2$  después de 2 d para las alturas de 0.60 y 1.20 m (Figura 1B; Cuadro 1); en los frutos que cayeron de 1.80 m sólo se observó el postclimaterio, es decir, que el daño mecánico aceleró más el proceso de maduración que en el resto de frutos.

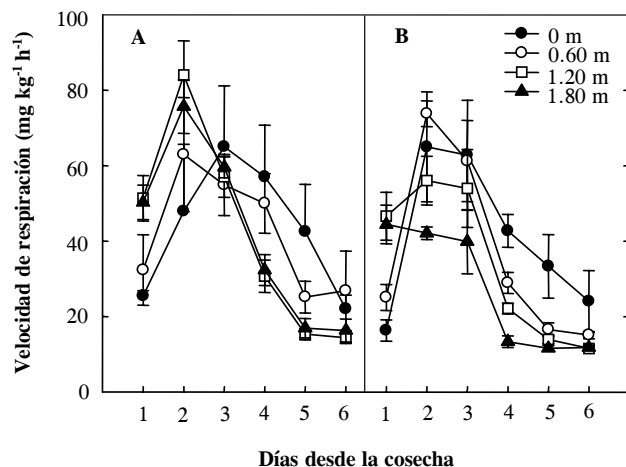


Figura 1. Velocidad de respiración en frutos de zapote mamey sometidos a estrés por impacto de caída, a tres alturas. Cada punto representa la media de seis observaciones  $\pm$  error estándar. A) Frutos cosechados en mayo de 2006. B) Frutos cosechados en junio de 2006. DSH fecha de cosecha = 6.0; DSH altura de caída = 8.6.

En tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) McLeod *et al.* (1976) reportaron que la producción de  $\text{CO}_2$  se incrementa proporcionalmente al número de caídas del fruto (entre 1 y 8) a partir de una altura de 0.4 m. El incremento en respiración se atribuye al hecho de que en tejidos dañados el oxígeno se difunde más rápidamente en el interior de las células y se incrementa su actividad metabólica (Watada *et al.*, 1996). Massey *et al.* (1982)

propusieron a la velocidad de respiración como indicador de daño mecánico en arándano (*Vaccinium macrocarpon*). Una mayor velocidad de respiración se relaciona con menor vida útil (Kader, 2002); así lo indicaron McLeod *et al.* (1976) al determinar menos días para alcanzar la maduración de consumo de frutos cosechados con color verde y sometidos a estrés por impacto.

La producción máxima de etileno en los frutos testigo se obtuvo al tercer día después de la cosecha, y los valores máximos fueron de 34 y  $48 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  para los frutos cosechados en mayo y junio, respectivamente (Figura 2; Cuadro 1). No se detectaron diferencias en la producción de etileno entre fechas de muestreo ( $P \leq 0.05$ ; Figura 2). Los frutos que cayeron de 0.60 m mostraron valores similares al testigo, mientras los que cayeron de alturas mayores mostraron un incremento significativo. Este comportamiento fue similar en ambas fechas de corte. El estrés por impacto adelantó en 1 d el pico climatérico (Figura 2). El análisis de los máximos de producción de etileno sólo mostró diferencias en los frutos de mayo (Cuadro 1). Según Abeles *et al.* (1992), la producción de etileno se incrementa por el estrés mecánico.

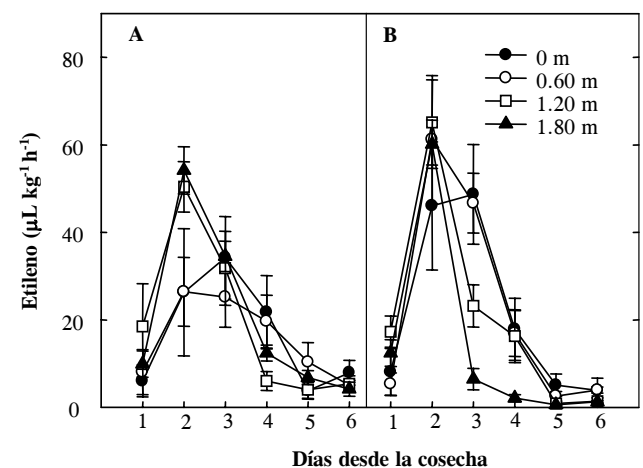


Figura 2. Producción de etileno en frutos de zapote mamey sometidos a estrés por impacto de caída, a tres alturas. Cada punto representa la media de cinco observaciones  $\pm$  error estándar. A) Frutos cosechados en mayo de 2006. B) Frutos cosechados en junio de 2006. DSH fecha de cosecha = 5.3; DSH altura de caída = 7.5.

Al parecer el daño mecánico induce una respuesta general de las plantas a través de la activación de ACC sintasa y ACC oxidasa (Kakarut y Huber, 2003). En higo (*Ficus carica*) el daño por vibración incrementa la producción de etileno, la velocidad de respiración y la salida de electrolitos, lo que sugiere una mayor susceptibilidad al deterioro durante el transporte y almacenamiento (Mao *et al.*, 1995). En ciruela (*Prunus salicina*) cv. 'Blackstar' la producción de etileno se incrementó

después del daño mecánico por compresión, por lo que este indicador puede ser un marcador fisiológico del estrés mecánico (Serrano *et al.*, 2004)

### Pérdida de peso

No hubo diferencias significativas en la pérdida de peso de los frutos por efecto de la fecha de cosecha en ninguna de las seis evaluaciones (Cuadro 2). No así para el estrés por impacto por fecha de evaluación, donde los frutos sometidos a caídas mayores de 1.20 m perdieron más peso. Estas diferencias se detectaron después del segundo día de evaluación y se mantuvieron hasta el día 4; posteriormente, las pérdidas de peso fueron similares (Cuadro 2). El manejo postcosecha brusco puede ocasionar daño a la integridad del fruto al aumentar la velocidad de pérdida de agua hacia el ambiente (Ben-Yehoshua y Rodov, 2003). El estrés por impacto generalmente es ocasionado cuando ocurre una caída de una altura suficiente para causar un daño al producto (Kays y Paull, 2004). En el presente trabajo el daño por impacto ocasionó ruptura celular que permitió liberación de agua al exterior de la célula y posteriormente al ambiente, sobre todo en frutos que cayeron de más de 1.20 m.

También el incremento de la respiración debido al daño por impacto pudo contribuir a la pérdida de peso, dado que durante la respiración el órgano cosechado produce CO<sub>2</sub> que se difunde al ambiente y cuenta como parte de la pérdida de peso. La velocidad de pérdida de peso es proporcional a la velocidad de respiración y varía normal-

mente entre 3 y 5 % del total de peso perdido (Ben-Yehoshua y Rodov, 2003). En condiciones de humedad relativa, temperatura alta y baja velocidad en flujo del aire, prácticamente el total de la pérdida de peso del producto es debida al calor de respiración y pérdida de carbono (Ben-Yehoshua y Rodov, 2003).

### Color de pulpa

La luminosidad de los frutos, tanto de los tratados con impacto como en los testigos, disminuyó durante la maduración (Cuadro 3) debido principalmente al oscurecimiento de la pulpa, al igual que lo reportado por otros autores (Díaz-Pérez *et al.*, 2000; Alía-Tejaca *et al.*, 2002). Hubo diferencias por la época de cosecha sólo en el primer día, y posteriormente los datos fueron similares entre tratamientos. En los frutos que tuvieron caídas mayores a 1.20 m, los valores de luminosidad fueron significativamente menores después de 3 d de aplicado el tratamiento (Cuadro 3). En frutos de manzana (*Malus domestica* Borkh.) el magullado ocasiona oscurecimiento del área dañada después de unos minutos, pero la intensidad del color se desarrolla sólo después de 10 a 20 h, presumiblemente como resultado de la oxidación de fenoles y de la salida excesiva de agua del tejido (Samin y Banks, 1993). En el presente trabajo el estrés por impacto ocasionó oscurecimiento, como lo mostraron los menores valores de luminosidad, pero ocurrió después de 3 d de aplicado el estrés, por lo que hay que considerar durante el manejo postcosecha el efecto negativo en la calidad del fruto se observará hasta la comercialización.

**Cuadro 1. Días para alcanzar los máximos de CO<sub>2</sub> (mg kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) y de producción de etileno (μL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) en frutos de zapote mamey sometidos a estrés por impacto de caída a tres alturas.**

Tratamiento	Mayo				Junio			
	Respiración	Día	Etileno	Día	Respiración	Día	Etileno	Día
0 m	65 a <sup>†</sup>	3	34 ab	3	65 ab	2	48 a	3
0.60 m	65 a	2	26 b	2	73 a	2	61 a	2
1.20	84 a	2	50 a	2	56 b	1	65 a	2
1.80	76 a	2	54 a	2	44 b	1	60 a	2
DSH	36		21		25		46	

<sup>†</sup>Letras similares en las columnas indican similitud estadística (Tukey, 0.05). DSH=Diferencia significativa honesta.

**Cuadro 2. Pérdida de peso de frutos de zapote mamey almacenados a temperatura ambiente previo estrés por impacto por caída de tres alturas.**

Nivel de factor	Pérdida de peso acumulada (%)				
DDT <sup>§</sup>	2	3	4	5	6
<b>Fecha de cosecha (FC)</b>					
Mayo	2.1 a	3.9 a	5.7 a	7.0 a	8.1 a
Junio	2.0 a	3.9 a	5.7 a	7.0 a	8.0 a
DSH	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
<b>Altura de caída (AC)</b>					
0 m	1.8 b	3.6 b	5.5 b	6.8 a	8.0 a
0.6 m	2.0 ab	3.8 ab	5.7 ab	6.9 a	8.0 a
1.2 m	2.3 a	4.1 a	6.0 a	7.1 a	8.2 a
1.6 m	2.1 a	4.1 a	5.8 a	6.9 a	8.0 a
DSH	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
FC x AC	ns	ns	ns	ns	ns

Letras iguales en cada columna dentro de cada factor indican similitud estadística (Tukey, 0.05). DSH = Diferencia significativa honesta; <sup>§</sup>DDT = Días después del tratamiento; ns = No significativo (Tukey, 0.05).

**Cuadro 3. Comportamiento de los componentes del color en frutos de zapote mamey sometidos a diferentes niveles de estrés por impacto.**

Nivel en Factor DDT <sup>§</sup>	Luminosidad			Cromaticidad			Matiz		
	1	3	6	1	3	6	1	3	6
<b>Fecha de cosecha (FC)</b>									
Mayo	44.0 b	40.3 a	35.8 a	31.3 a	30.3 a	24.6 a	67.8 a	65.0 a	73.4 a
Junio	46.8 a	39.3 a	34.0 a	51.4 a	30.8 a	24.6 a	58.4 b	60.2 b	63.6 b
DSH	2.4	2.1	2.1	53	2.1	2.8	5.5	2.4	2.6
<b>Altura de caída (AC)</b>									
0	42.3 b	42.1 a	37.2 a	31.9 a	31.3 a	28.9 a	66.9 a	64.0 ab	66.8 b
0.6	47.6 a	39.7 a	34.8 ab	26.8 a	31.3 a	25.8 ab	61.8 a	60.0 c	73.3 a
1.2	46.2 a	38.8 b	32.8 b	27.3 a	30.3 b	21.5 c	63.3 a	60.9 bc	66.9 b
1.6	45.6 ab	38.7 b	32.8 b	79.6 a	29.1 b	22.3 bc	60.4 a	65.4 a	66.9 b
DSH	3.4	3.0	2.9	76.1	3.1	4.0	7.8	3.4	3.7
FC x AC	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

Letras iguales en las columnas dentro de cada factor indican similitud estadística (Tukey, 0.05). DSH = Diferencia significativa honesta. <sup>§</sup>DDT = Días después del tratamiento; ns = No significativo (Tukey, 0.05).

Los valores de cromaticidad disminuyeron durante la maduración de los frutos testigo (Cuadro 3), comportamiento que también se ha reportado previamente (Alia-Tejacal *et al.*, 2002). Se observó una disminución de la cromaticidad en frutos sometidos a estrés por impacto, pero sólo se detectó diferencia significativa cuando la caída de los frutos fue mayor a 1.2 m, y hasta después de 3 d de aplicado el impacto. Estos resultados sugieren que el impacto favorece el oscurecimiento de los frutos de zapote mamey.

El ángulo matiz mostró valores mayores en los frutos cosechados en mayo que en los cosechados en junio (Cuadro 3). En Tabasco los frutos cosechados en mayo han mostrado valores menores que los cosechados en junio, los cuales tienen un mayor grado de madurez (Martínez *et al.*, 2006). Así, los resultados del presente trabajo sugieren un mayor avance en la maduración de los frutos colectados en junio. El ángulo de matiz también disminuye con la maduración de los frutos de zapote mamey (Díaz-Pérez *et al.*, 2000). El matiz medido a los 3 d fue menor en los frutos que cayeron de 0.6 m que en los que cayeron de 1.2 ó 1.6 m.

### CONCLUSIONES

El daño por impacto incrementó significativamente la respiración, producción de etileno y pérdida de peso en frutos de zapote mamey. La luminosidad y cromaticidad de la pulpa de los frutos de zapote mamey fueron afectadas negativamente por el impacto, al ocasionar oscurecimiento en la pulpa, pero el matiz no mostró un patrón claro por efecto del daño mecánico. El estrés por caída a alturas superiores 0.60 m causa efectos negativos en la maduración y calidad del fruto de zapote mamey.

### AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por su apoyo para la realización de los estudios de maestría del primer autor, y a la Secretaría de Educación Pública por el apoyo parcial a través de los proyectos SEP-PROMEP (20080643 y 103.5/04/1359).

### BIBLIOGRAFÍA

- Abeles F B, P W Morgan, M E Salveit Jr (1992) Ethylene in Plant Biology. Academic Press, San Diego, California, USA. 414 p.
- Alia Tejacal T I, M T Colinas L, Martínez D M T, Soto H R M (2002) Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] en postcosecha. Rev. Chapingo S. Hort. 8:263-281.
- Ben Yehoshua S, V Rodov (2003) Transpiration and water stress. In: Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables. J A Bartz, J J Brecht (eds). Marcel Dekker, New York, USA. pp:111-159.
- De Martino G, R Massantini, R Botondi, F Mencarelli (2006) Temperature affects impact injury on apricot fruit. Postharv. Biol. Technol. 25:145-149.
- Díaz Pérez J C, S Bautista, R Villanueva (2000) Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. Postharv. Biol. Technol. 18:67-73.
- Kader A A (2002) Postharvest biology and technology: an overview. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops, A A Kader (ed). University of California. Agriculture and Natural Resources. Publication 3311. pp:145-148.
- Karakut Y, D J Hubert (2003) Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya. Postharv. Biol. Technol. 28:219-229.
- Kays S J, R E Paull (2004) Postharvest Biology. Exon Press, Athens, GA, USA. 568 p.
- Ketsa S, S Atantee (1998) Phenolics, lignin, peroxidase activity and increased firmness of damaged pericarp of mangosteen fruit after impact. Postharv. Biol. Technol. 14:117-124.
- Knee M, A R Miller (2000) Mechanical injury. In: Fruit Quality and its Biological Basis. M Knee (ed). CRC Press. Sheffield, UK. pp:157-179.

- Martínez M A, I Alia T, M T Colinas L (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.
- Mao L, T Ying, Y Xi, Y Zhen (1995)** Respiration rate, ethylene production, and cellular leakage of fig fruit following vibrational stress. HortScience 30:145.
- Massey L M Jr, B R Chase, M S Starr (1982)** Effect of rough handling on CO<sub>2</sub> evolution from 'Howes' cranberries. HortScience 17:57-58.
- McLeod R F, A A Kader, L L Morris (1976)** Stimulation of ethylene and CO<sub>2</sub> production of mature-green tomatoes by impact bruising. HortScience 11:604-606.
- Minolta (1998)** Precise Color Communication. Minolta. Tokio, Japan. 59 p.
- Pennington T D, J Sarukhán K (1998)** Árboles Tropicales de México. Manual de Identificación de la Principales Especies. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. D. F. México. 518 p.
- Popenoe W (1948)** Manual of Tropical and Subtropical Fruits. Collier-MacMillan Publishers. New York, USA. pp:340-343
- SAS Institute (1989)** SAS/STAT® User's Guide. Version 6. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Samin W, N H Banks (1993)** Color changes in apple bruises over time. Acta Hort. 343:304-306.
- Saucedo V C, A M Martínez, S H Chávez F, R M Hernández S (2001)** Maduración de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) tratados con etileno. Rev. Fitotec. Mex. 24:231-234.
- Serrano D, D Martínez-Romero, S Castillo, F Guillén, D Valero (2004)** Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. Postharv. Biol. Technol. 34:155-167.
- SPSS (2004)** SigmaPlot V. 9.0. User's Manual. Systat Software Inc., Point Richmond, Calif. USA. 852 p.
- Thompson A K (1996)** Postharvest Technology of Fruit and Vegetable. Blackwell Science. Oxford, UK. 410 p.
- Watada A E, N P Ko, D A Minott (1996)** Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. Postharv. Biol. Technol. 9:115-125.