



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS**

---

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales  
durante el crecimiento del fruto de zapote mamey  
(*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn)**

**TESIS**

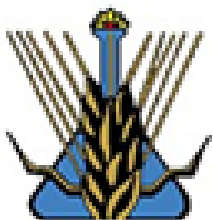
**MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**

**P R E S E N T A:**

**RAÚL SAUCEDO HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. Irán Alía Tejacal**



**Cuernavaca, Morelos, Diciembre de 2018**

***Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey (Pouteria sapota (Jacq.) H. E. Moore & Stearn)***

Tesis realizada por el **Ing. Raúl Saucedo Hernández** bajo la Dirección del Comité asesor Indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el Título de:

**MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**

**Director: Dr. Irán Alía Tejacal**

---

**Revisor: Dr. Porfirio Juárez López**

---

**Revisor: Dra. Gloria Alicia Pérez Arias**

---

**Revisor: Dr. Víctor López Martínez**

---

**Revisor: Dr. Dagoberto Guillén Sánchez**

---

## **AGRADECIMIENTOS**

A **Consejo Nacional De Ciencia y Tecnología (CONACYT)** por el apoyo otorgado mediante la beca de maestría con numero de becario **604967**

A la Universidad Autónoma del Estado de Morelos por haberme permitido estudiar un posgrado en sus instalaciones.

A la facultad de Ciencias Agropecuarias por brindarme las herramientas adecuadas durante mi formación en el posgrado.

A mi director de tesis el Dr. Irán Alia Tejacal por su apoyo incondicional durante toda mi investigación y durante mi estancia en la maestría.

A mi comité revisor por sus observaciones a mi investigación para lograr mejores resultados.

## RESUMEN

Se evaluó en arboles de zapote mamey criollos, el crecimiento del fruto, desde el cuajado de fruto hasta madurez de consumo. El periodo de crecimiento estimado del crecimiento del fruto fue de 600 días y 12 días en poscosecha. Los resultados indican cambios fisiológicos, bioquímicos, físicos y funcionales de los frutos de zapote mamey durante su desarrollo. La velocidad de producción de respiración ( $\text{CO}_2$ ) durante el desarrollo del fruto tuvo dos máximos a los 300 y 520 días después de la floración, con valores entre 66 y 78  $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  y en poscosecha mostro el patrón de un fruto climatérico. El diámetro polar, ecuatorial y la masa se incrementaron significativamente durante el desarrollo, alcanzado en promedio 160 mm, 80 mm y 505 g, respectivamente. En poscosecha los frutos perdieron 21 % durante 12 días. La luminosidad y cromaticidad en la cascara del fruto disminuyo durante el desarrollo, en tanto que el matiz pocos cambios; en la pulpa la luminosidad y cromaticidad se incrementó, en tanto que el matiz disminuyo en la pulpa los cambios de color fueron más evidente y se ajustaron a modelos polinomiales ( $r^2= 0.46^*-0.81^{**}$ ). Los sólidos solubles totales y acidez titulable, y el índice de sabor mostraron cambios importantes en el desarrollo y poscosecha del fruto, el índice de sabor fue el parámetro que mejor ajuste mostro a modelos polinomial cubico ( $r^2=0.33^{**}-0.72^{**}$ ). Pocos cambios se observaron del pH de la pulpa en el desarrollo y poscosecha. Los carotenoides y fenoles totales, tuvieron incremento y disminución, respectivamente de sus concentraciones en la pulpa en el desarrollo y poscosecha, ajustándose a modelos sigmoidal o polinomial de tercer orden ( $r^2=0.71-0.92$ ). Las actividades antioxidantes y la vitamina C, disminuyeron durante el desarrollo y poscosecha, a excepción de ABTS y FRAP, que en poscosecha se incrementaron durante la maduración. El análisis de correlación indico que durante el desarrollo del fruto de zapote mamey ocurren cambios físicos y químicos que se pueden utilizar para desarrollar un índice de cosecha, como lo es la luminosidad, cromaticidad y matiz en cascara y pulpa y el contenido de fenoles y carotenoides totales. En poscosecha el etileno es un factor preponderante para mantener la calidad del fruto, ya que se asocia a variables de calidad y aporte de metabolitos funcionales.

**Palabras clave:** índice de cosecha, sólidos solubles totales, carotenoides totales, fenoles totales, matiz

## SUMMARY

The growth of the fruit was evaluated in sapote mamey criollos trees, from fruit set to consumption maturity. The estimated growth period of the fruit was 600 days and 12 days postharvest. The results indicate physiological, biochemical, physical and functional changes of the mamey sapote fruits during their development. The speed of production of respiration (CO<sub>2</sub>) during the development of the fruit had two maximums at 300 and 520 days after flowering, with values between 66 and 78 mL kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> and in post-harvest it showed the pattern of a fruit climacteric. Polar, equatorial diameter and mass increased significantly during development, reaching an average of 160 mm, 80 mm and 505 g, respectively. In post-harvest the fruits lost 21% during 12 days. The luminosity and chromaticity in the shell of the fruit diminished during the development, while the shade few changes; in the pulp the luminosity and chromaticity increased, while the hue decreased in the pulp the color changes were more evident and were adjusted to polynomial models ( $r^2 = 0.46^* - 0.81^{**}$ ). The total soluble solids and titratable acidity, and the flavor index showed important changes in the development and post-harvest of the fruit, the taste index was the parameter that better fit showed cubic polynomial models ( $r^2 = 0.33^{**} - 0.72^{**}$ ). Few changes were observed in the pH of the pulp in the development and post-harvest. Carotenoids and total phenols had an increase and decrease, respectively, in pulp concentrations in development and post-harvest, adjusting to sigmoidal or third-order polynomial models ( $r^2 = 0.71-0.92$ ). Antioxidant activities and vitamin C decreased during development and post-harvest, except for ABTS and FRAP, which increased during ripening during post-harvest. The correlation analysis indicated that during the development of the zapote mamey fruit there are physical and chemical changes that can be used to develop a harvest index, such as luminosity, chromaticity and hue in the skin and pulp, and the content of phenols and carotenoids. totals In postharvest the

ethylene is a preponderant factor to maintain the quality of the fruit, since it is associated to variables of quality and contribution of functional metabolites.

**Key words:** harvest index, total soluble solids, total carotenoids, total phenols, nuance

# Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. OBJETIVO.....	10
3. HIPÓTESIS .....	10
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	11
4.1. Localización y material vegetal .....	11
4.2. Diseño experimental .....	11
4.3. Variables evaluadas.....	11
4.3.1. Variables físicas .....	11
4.3.2. Variables fisiológicas .....	12
4.3.3. Variables químicas.....	12
4.4. Análisis de datos.....	14
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
5.1. Diámetro polar y ecuatorial .....	15
5.2. Masa del fruto .....	17
5.3. Color de cascara y pulpa .....	18
5.3.1. Color en cascara .....	18
5.3.2. Color en pulpa .....	20
5.4. Velocidad de respiración.....	23
5.5. Producción de etileno .....	24
5.6. Sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de sabor .....	25
5.7. pH .....	28
5.8. Carotenoides totales .....	29
5.9. Fenoles totales .....	30
5.10. Actividad antioxidante: DPPH. ABTS y FRAP .....	32
5.11. Vitamina C .....	35
5.12. Correlaciones durante el desarrollo del fruto .....	36
5.13. Correlaciones en poscosecha .....	38
6. CONCLUSIONES.....	40
7. LITERATURA CITADA .....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

México presenta gran potencial frutícola, actualmente cuenta con 63 especies de frutas comercializadas y 220 especies con potencial, de las cuales está documentada su utilidad (Borys y Leszczyńska, 2001). Entre las especies con potencial de desarrollo, se considera al zapote mamey; ya que los frutos de estos árboles son consumidos generalmente en fresco y son muy apreciados por sus características sensoriales (Pennington y Sarukhán, 2005). El área de origen del zapote mamey es la parte sur de México hasta el norte de Nicaragua en América Central (Morton, 2013). En México se tienen establecidas alrededor de 1650 hectáreas, con un rendimiento promedio de 13.23 t ha<sup>-1</sup>, y los principales Estados productores son: Yucatán, Guerrero y Michoacán que acumulan el 64 % de la superficie total establecida (SIAP, 2017).

Alia-Tejacal *et al.* (2007), indican que el fruto de zapote tiene concentraciones altas en vitaminas (A y C), minerales (Ca y K) y energía (5066-5610 kJ kg<sup>-1</sup>). Recientemente se ha indicado que frutos del zapote mamey aportan importantes cantidades de carotenoides y fenoles, los cuales debido a su capacidad antioxidante se han relacionado con la prevención de algunas enfermedades crónicas, sugiriendo que el consumo de este fruto es recomendable (Alia *et al.*, 2005 c; Torres *et al.*, 2011; Yahia *et al.*, 2011).

El fruto de mamey es una baya monosperma (García-Villanueva *et al.*, 2007). La forma del fruto puede ser ovoide, elíptica o redonda, entre 8 a 23 cm de largo y entre 10 a 16 cm de diámetro, con peso entre 230 a 2300 g (Paull y Duarte, 2012). El color de la pulpa varía desde naranja, naranja salmón, roja, roja oscura hasta amarilla oscura. En madurez de consumo la pulpa es dulce y suave con un sabor almendrado y cantidad variable de fibra de acuerdo con el cultivar (Paull y Duarte, 2012). El periodo de la antesis a la madurez de fruto es entre 13 y 24 meses (Sandoval *et al.*, 2006; García-Villanueva *et al.*, 2007; Paull y Duarte, 2012). En general el periodo de antesis a cosecha de los frutos puede variar debido a factores como las condiciones climáticas, variedad y época del año (Henrique *et al.*, 2013).



El análisis del desarrollo del fruto se basa en los cambios físicos, químicos, fisiológicos o anatómicos, que ocurren durante las diferentes fases del crecimiento del mismo, y que pueden ser evaluadas a intervalos regulares. La información obtenida es esencial para apoyar las prácticas culturales del cultivo, de tal manera que se conozcan los periodos críticos del desarrollo del fruto que posibiliten la producción en cantidad y en la época adecuada (Salomao *et al.*, 2006). En el zapote mamey se han realizado estudios para conocer el crecimiento del fruto de algunas variedades, evaluando características básicas como dimensiones del fruto (Davenport y O'Neal, 2001; Sandoval *et al.*, 2006), y algunas características físicas, químicas y fisiológicas después de cierta edad del fruto, con la finalidad de determinar un índice de cosecha objetivo en esta especie (Villanueva-Arce *et al.*, 2000; Arenas-Ocampo *et al.* 2003).

Sin embargo, aún no se ha realizado un seguimiento durante el periodo de desarrollo y en poscosecha, de cambios en el color de la cascara y pulpa, los cambios en acidez titulable, sólidos solubles totales y su relación o índice de sabor, la respiración y producción de etileno, además de cambios en carotenoides, fenoles y actividad antioxidante; y no se ha establecido las relaciones entre dichos parámetros, que pudieran ayudar a conocer con mayor precisión el desarrollo del fruto de zapote mamey. Este conocimiento, es básico y puede ser utilizado para proponer índice de cosecha objetivo del fruto, así como la realización de algunas prácticas de manejo agronómico.

Considerando lo anterior, en el presente estudio se determinaron algunos cambios físicos, químicos y fisiológicos del zapote mamey durante el crecimiento del fruto en árboles criollos cultivados en Morelos, México, con la finalidad de generar conocimiento básico que apoye el desarrollo de índice de cosecha y manejo agronómico de la especie.

## **2. OBJETIVO**

Evaluar los cambios físicos, químicos, fisiológicos y de moléculas funcionales durante el desarrollo y poscosecha del zapote mamey cultivado en Morelos, México.

## **3. HIPÓTESIS**

Durante el desarrollo del fruto existen fases definidas donde los cambios físicos, fisiológicos, bioquímicos y de moléculas funcionales determinan la calidad organoléptica y nutricional del zapote mamey evaluada.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Localización y material vegetal

Se seleccionaron seis árboles de zapote mamey injertados de materiales criollos de la región, con una edad de 9 años. Los árboles seleccionados se ubicaron en huertas comerciales de Coatlán del río, Morelos (Sandoval *et al.*, 2012). Los análisis físicos, químicos y fisiológicos se realizaron en el Laboratorio de Producción Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

### 4.2. Diseño experimental

Se seleccionaron seis árboles los cuales fueron marcados y geoposicionados para su subsecuente visita. Los árboles tuvieron como característica similar el diámetro del tallo y dimensiones de las ramas. En cada árbol se tomaron de la parte media de las ramas de cada punto cardinal, cinco frutos, los cuales eran colocados inmediatamente en un recipiente con hielo para reducir la velocidad del metabolismo de los frutos y transportados al laboratorio donde se evaluaban, en muestras simples o compuestas, las variables físicas, fisiológicas, bioquímicas y de metabolitos funcionales. Se realizaron muestreos cada 30 días durante el desarrollo del fruto y cada tres días en poscosecha. El inicio de los muestreos se estimó después de 150 días de la floración, considerando lo reportado por Sandoval *et al.* (2006).

### 4.3. Variables evaluadas

#### 4.3.1. Variables físicas

Se determinó el **diámetro polar y ecuatorial** de cada fruto colectado con ayuda de un vernier 6071 Truper® con una sensibilidad de 0.01 mm. En esos mismos frutos se determinó su **masa** con ayuda de una balanza digital OHAUS® con sensibilidad de 0.01 g.

Se determinaron **los parámetros de color**, luminosidad ( $L^*$ ),  $a^*$  y  $b^*$  en el epicarpio de tres puntos en la zona ecuatorial de la epidermis y pulpa de los frutos de zapote mamey por medio de un espectrofotómetro manual (X-Rite 3290®),

USA). Los valores de  $a^*$  y  $b^*$  se transformaron a **ángulo matiz** ( $h = \arctan^{-1} b^*/a^*$ ) y **cromaticidad** ( $C^* = (a^2 + b^2)^{1/2}$ ) (Neguerula, 2012).

#### 4.3.2. Variables fisiológicas

La **velocidad de producción de respiración (CO<sub>2</sub>) y producción de etileno** se cuantificó mediante un sistema estático (Salveit, 2016) que consistió en colocar dos frutos de masa conocida en recipientes de vidrio con capacidad de 145 mL, cerrados herméticamente durante 2 horas. Posteriormente, se tomó 1 mL de gas del espacio de cabeza a través de la septa de los frascos, para inyectarlo a un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890A GC), con una columna tipo abierta con empaque de capa porosa de sílica conectada simultáneamente a un detector de ionización de flama (FID) a una temperatura de 170°C y otro de conductividad térmica (TCD) a 170 °C, como gas acarreador se utilizó N<sub>2</sub> (2 mL min<sup>-1</sup>). El inyector y horno del cromatógrafo mantuvo a una temperatura de 150 y 80 °C respectivamente durante las mediciones. Para la cuantificación se utilizaron estándares de CO<sub>2</sub> (460 mg L<sup>-1</sup>) y etileno (100 mg L<sup>-1</sup>) (Quark INFRA®). La unidad experimental en esta variable fueron cuatro, dos o un fruto dependiendo de las dimensiones del mismo en un frasco y se tuvieron seis repeticiones.

#### 4.3.3. Variables químicas

Los **sólidos solubles totales** se determinaron después de moler 1 g de pulpa con 10 mL de agua destilada, se filtró y del filtrado se colocaron dos gotas en un refractómetro ATAGO PAL-1® (Japón) los resultados se reportaron en °Brix. La **acidez titulable** se determinó en 5 mL del filtrado, colocando tres gotas de fenolftaleína y realizar una titulación con NaOH 0.1 N, los resultados se expresaron como porcentaje de ácido málico. Previamente en el filtrado se determinó el **pH con un potenciómetro** (Marca y modelo). El **índice de sabor (IS) se obtuvo de la relación de los sólidos solubles totales (°Brix) y acidez titulable.**

La concentración de **fenoles totales** se realizó conforme a la metodología de Folin-Ciocalteu (Singleton *et al.*, 1999). Se homogenizó un gramo de pulpa en un tubo de ensayo con ayuda de un Ultra Turrax (IKA®), con 15 mL de agua destilada y posteriormente se filtró. Se tomó 0.5 mL del filtrado y se mezcló con

2.5 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (1:10) después de 5 min se adicionaron 2 mL de carbonato de sodio (7.5 % p/v) y se dejaron reposar durante 2 horas, posteriormente las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro (HACH DR 5000<sup>®</sup>) a 760 nm. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (EAG) 100 g<sup>-1</sup> peso fresco.

Para la extracción y cuantificación de **carotenoides totales** se utilizó la metodología descrita por Rodríguez-Amaya y Kimura (2004). A un gramo de muestra se le adicionaron 15 mL de acetona fría y se homogenizó utilizando un Ultra Turrax (IKA<sup>®</sup>) se filtró y se agregaron 30 mL de hexano y 100 mL de agua destilada, se dejó reposar hasta observar la separación de dos fases, la fase acuosa (fase inferior) se desechó, quedando en el embudo solo la fase superior (extracto que contenía los carotenoides), se agregaron 100 µL de NaOH (10 N) y se lavaron cuatro veces con 100 mL de agua destilada, finalmente tras los lavados el extracto se filtró, usando papel filtro que contenía una capa de Sulfato de sodio anhidro para eliminar residuos de agua. Se midió el volumen final y se tomó la lectura de la absorbancia en un espectrofotómetro (DR- 5000 HACH<sup>®</sup>) a 452 nm. Los valores de absorbancia de las muestras estuvieron en el intervalo de 0.2 y 0.8, sí las muestras presentaban una absorbancia superior a este rango, se realizaron diluciones con hexano en proporciones de 1:1. El dato obtenido se utilizó para calcular el contenido total de carotenoides mediante la fórmula:

$$\text{Contenido total de carotenoides} = \frac{A \times \text{volumen (mL)} \times 10^4}{A_{1\text{cm}}^{1\%} \times \text{peso muestra (g)}}$$

Dónde: A= absorbancia, volumen = volumen total del extracto,  $A_{1\text{cm}}^{1\%}$  = coeficiente de absorción de β-caroteno en hexano (2592). La cuantificación de carotenoides totales se expresó como µg·100 g<sup>-1</sup> de peso fresco.

Para la obtención de los extractos de muestra y evaluación de la actividad antioxidante por tres métodos se pesó 1 g de pulpa, se homogenizó con agua destilada (1:10) obteniendo las muestras para determinar las variables a estudiar.

Para el primer método se utilizó la metodología propuesta por Brand-Williams *et al.* (1995), con mínimas modificaciones, este método consistió en colocar una celda de cuarzo de 3 mL de una solución de **DPPH** metanólica  $6.1 \times 10^{-5}$  M (Sigma Aldrich, USA) y se hizo reaccionar con 100  $\mu$ L de solución de muestra, la mezcla se dejó reposar en la oscuridad durante 30 min y se tomó la lectura a 517 nm el cambio de absorbancia. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA)  $100 \text{ g}^{-1}$  y  $\mu$ M equivalente Trolox (TE)  $100 \text{ g}^{-1}$  peso fresco.

En el segundo método se preparó **ABTS** (Sigma-Aldrich) 7mM y persulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) a 2.45 mM y se mezclaron 1:1, se dejó reposar durante 16 h. Se diluyó con etanol 20 % hasta alcanzar una absorbancia de  $0.7 \pm 0.02$  a 734 nm. Se agregaron 3 mL de ABTS con 50  $\mu$ L de muestra y se dejó reaccionar durante 15 min se tomó la lectura de la absorbancia a 734 nm. Los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA)  $100 \text{ g}^{-1}$  peso fresco y  $\mu$ M equivalente Trolox (TE)  $100 \text{ g}^{-1}$  peso fresco (Re *et al.*, 2005).

Finalmente en el tercer método, se empleó la metodología desarrollada por Benzie y Strain, (1996): se preparó el reactivo **FRAP** (TPTZ,  $\text{FeCl}_3$  y tampón acetato) se mezcló 1.8 mL de FRAP con 140  $\mu$ L de agua destilada y 60  $\mu$ L de muestra, se dejó reaccionar durante 30 min a  $37^\circ \text{C}$  y transcurrido el tiempo de reacción se tomó la lectura de la absorbancia a 593 nm los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido ascórbico (EAA)  $100 \text{ g}^{-1}$  peso fresco y  $\mu$ M equivalente Trolox (TE)  $100 \text{ g}^{-1}$  peso fresco.

Las variables de fenoles, carotenoides totales y la evaluación de la actividad antioxidante se evaluaron en seis muestras compuestas; es decir se tomó muestra de cuatro, dos y un fruto dependiendo de las dimensiones del fruto y se consideró una unidad experimental y se tuvieron seis repeticiones.

#### **4.4. Análisis de datos**

Con los datos obtenidos se graficaron los promedios de cada muestreo con su error estándar y al completar el ciclo de crecimiento se determinó a que modelo

de los indicados en la librería de Sigma Plot® v. 2.15 se ajustó, considerando los valores del coeficiente de correlación.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1. Diámetro polar y ecuatorial**

El diámetro polar y ecuatorial del fruto de zapote mamey se ajustó a un modelo sigmoideal (Figura 1 A y B). A los 150 días después de la floración, el diámetro polar fue de 22 mm, mientras que el diámetro ecuatorial fue de 19 mm; después de 600 días o en la cosecha el diámetro polar y ecuatorial fue de 160 y 80 mm, respectivamente (Figura 1 A y B). Los resultados confirman que el patrón de crecimiento del zapote mamey es sigmoideal. Este patrón consta de tres etapas: la primera es la de división celular general del ovario y rudimento seminal, seguida por la de crecimiento rápido o de expansión celular y finalmente, la tercera de maduración del fruto con crecimiento lento, en zapote mamey se ha reportado anteriormente este patrón (Arenas-Ocampo *et al.*, 2003; Sandoval *et al.*, 2006; García-Villanueva *et al.*, 2007).

Diferentes autores indican que, desde la floración hasta la cosecha de frutos, se tiene un periodo de 13 a 20 meses (Arenas-Ocampo *et al.*, 2003; Sandoval *et al.*, 2006; García-Villanueva *et al.*, 2007; Paull y Duarte, 2012). En los árboles evaluados, el periodo de floración hasta cosecha fue de 20 meses, lo que coincide con un reporte previo realizado en la región por Sandoval *et al.* (2006).

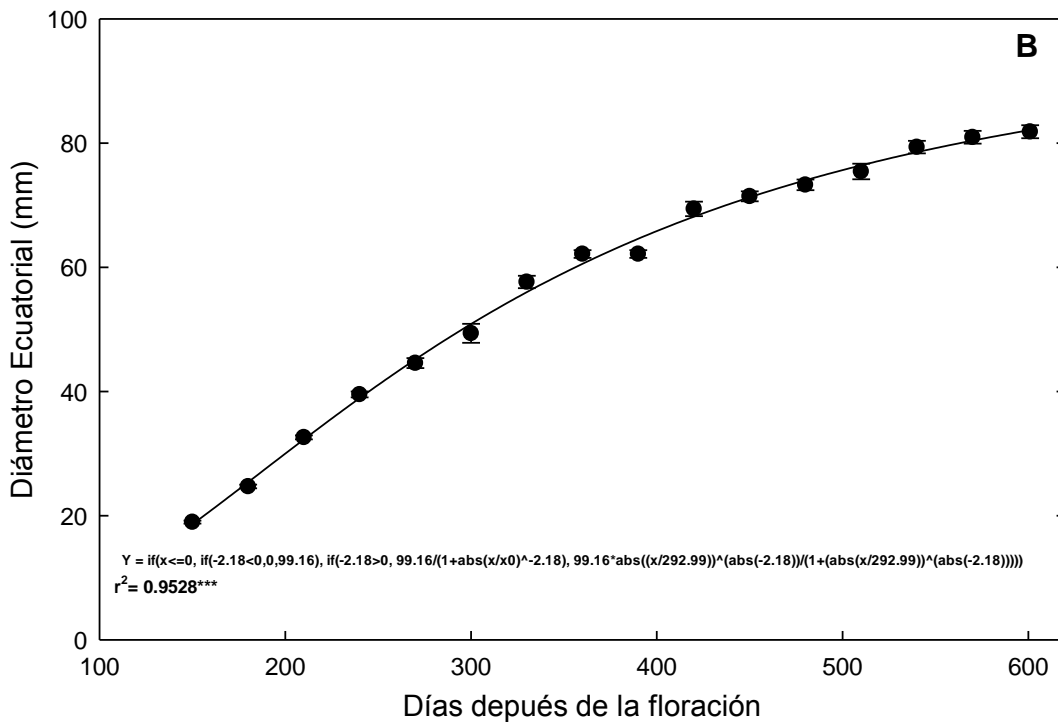
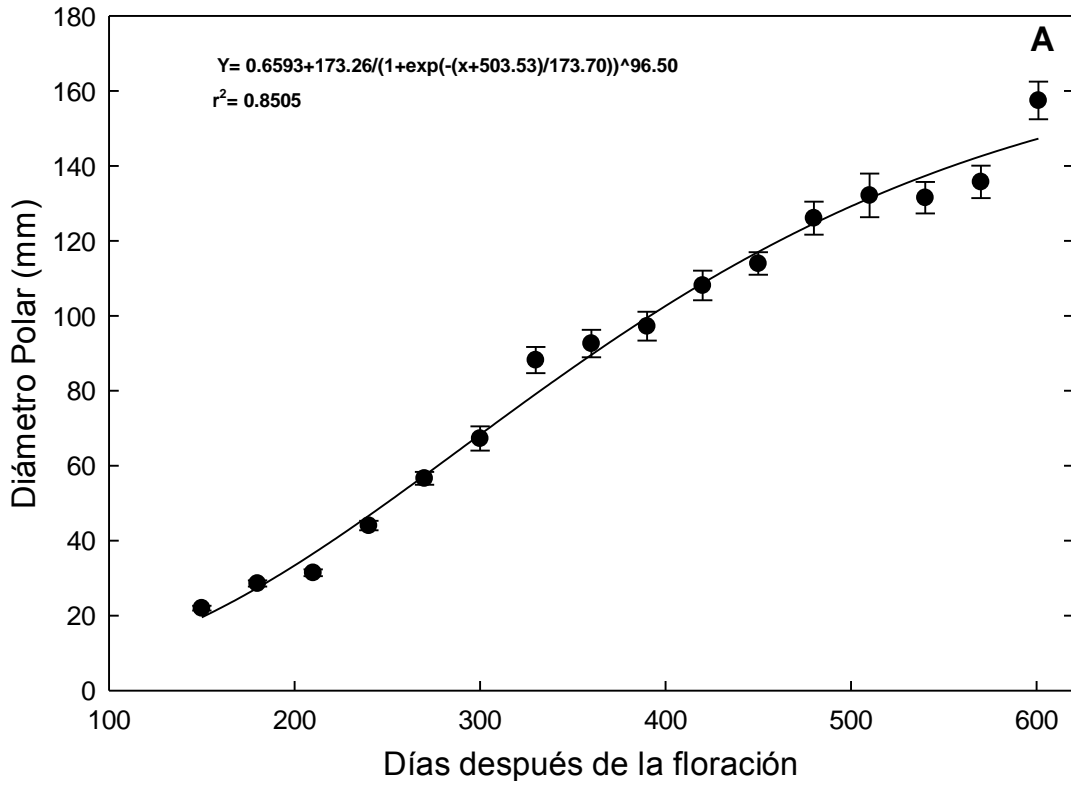


Figura 1. Diámetro polar y ecuatorial durante el desarrollo del fruto de zapote mamey. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.



## 5.2. Masa del fruto

La variable masa se ajustó a un modelo del tipo polinomial cubico durante el desarrollo de fruto (Figura 2). A los 150 días después de la floración los frutos solo tenían el 4.5 % de la masa que alcanzaron 600 días después de la floración o cosecha; es esta etapa los frutos alcanzaron en promedio 505 g (Figura 2). La masa del fruto de zapote mamey se reporta entre 230 y 2300 g, y estas diferencias se atribuyen a la variedad y condiciones de crecimiento. En poscosecha, la masa del fruto disminuyó significativamente, así después de 12 días los frutos perdieron 21.7 % con respecto a la masa que presentaron al momento de la cosecha (Figura 2), considerando lo anterior los frutos de zapote mamey mostraron una velocidad de perdida de masa de 1.8 % d<sup>-1</sup>(Figura 2), Alia-Tejacal (2007) indican que el fruto de zapote mamey tiene perdida de masa entre 1.8 y 2.1 % d<sup>-1</sup>.

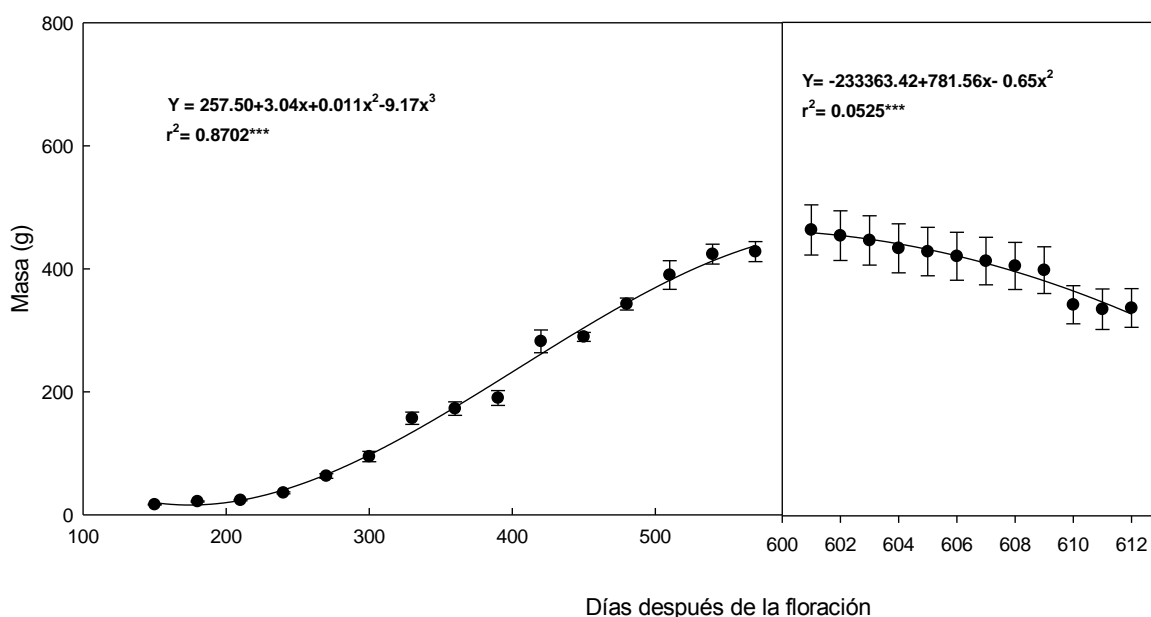


Figura 3. Masa durante el desarrollo y poscosecha del fruto de zapote mamey. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### **5.3. Color de cascara y pulpa**

#### **5.3.1. Color en cascara**

La Luminosidad ( $L^*$ ) en la cáscara del zapote mamey se ajustó a un modelo polinomial cubico (Figura 4 A), durante el desarrollo del fruto. Al inicio de los muestreos la luminosidad fue de  $L^*= 54.3$ , después de 420 días después de la floración la luminosidad disminuyó en 27.8% con respecto al inicio de los muestreos, y posteriormente, se incrementó en 12.8% para el día 600. En poscosecha los frutos no se ajustaron a ningún modelo, y los cambios fueron poco detectable, la luminosidad se mantuvo entre  $L^*= 50$  y 54 (Figura 4 B) La cromaticidad de la cascara del fruto de zapote mamey durante su desarrollo mostró un comportamiento que se ajusta a un modelo de tipo polinomial cubico (Figura 4 C). En el muestreo inicial, se alcanzaron valores de  $C^*= 35$ , que fueron disminuyendo 35.7 % con respecto al valor inicial en el día 420 después de la floración (Figura 4 C). Sin embargo, a partir de ese día y hasta la cosecha los valores de cromaticidad se incrementaron en 10.5 % ,con respecto al día 420 (Figura 4 C). En poscosecha los frutos no se ajustaron a ningún modelo de crecimiento y los valores de cromaticidad fueron entre  $C^*= 30$  y 34 (Figura 4 D). El matiz (Hue) en cáscara de zapote mamey durante su desarrollo mostró valores entre  $h= 60$  y 64, no se ajustó a ningún modelo de crecimiento debido a su  $r^2$ , podemos observar que las diferencias entre los muestreos son muy sutiles y no siguen un patrón. Esto sugiere que el ángulo matiz de la cáscara no muestra cambios significativos desde el inicio del crecimiento del fruto hasta que está listo para consumirse. (Figura 4 E). En poscosecha no se observaron cambios significativos en los valores de matiz, estos se encontraron entre  $h= 60$  y 62 (Figura 4 F). Considerando los valores de los componentes del color, la cáscara del zapote mamey muestra una tendencia al color naranja vivo y opacidad media ( $h=60$ ,  $C^*=35$  y  $L^*=54$ ) al inicio del desarrollo y cambia hacia un color naranja menos vivo y opaco ( $h=60$ ,  $C^*=30$  y  $L^*=50$ ; Figura 4). Los resultados indican que algunos componentes del color en la cascara de zapote mamey pueden utilizarse en el desarrollo de un índice de color objetivo, utilizando equipos de detección de

esos cambios de parámetros. Sin embargo, estos resultados se deben validar con otras variedades y en otras condiciones de cultivo.

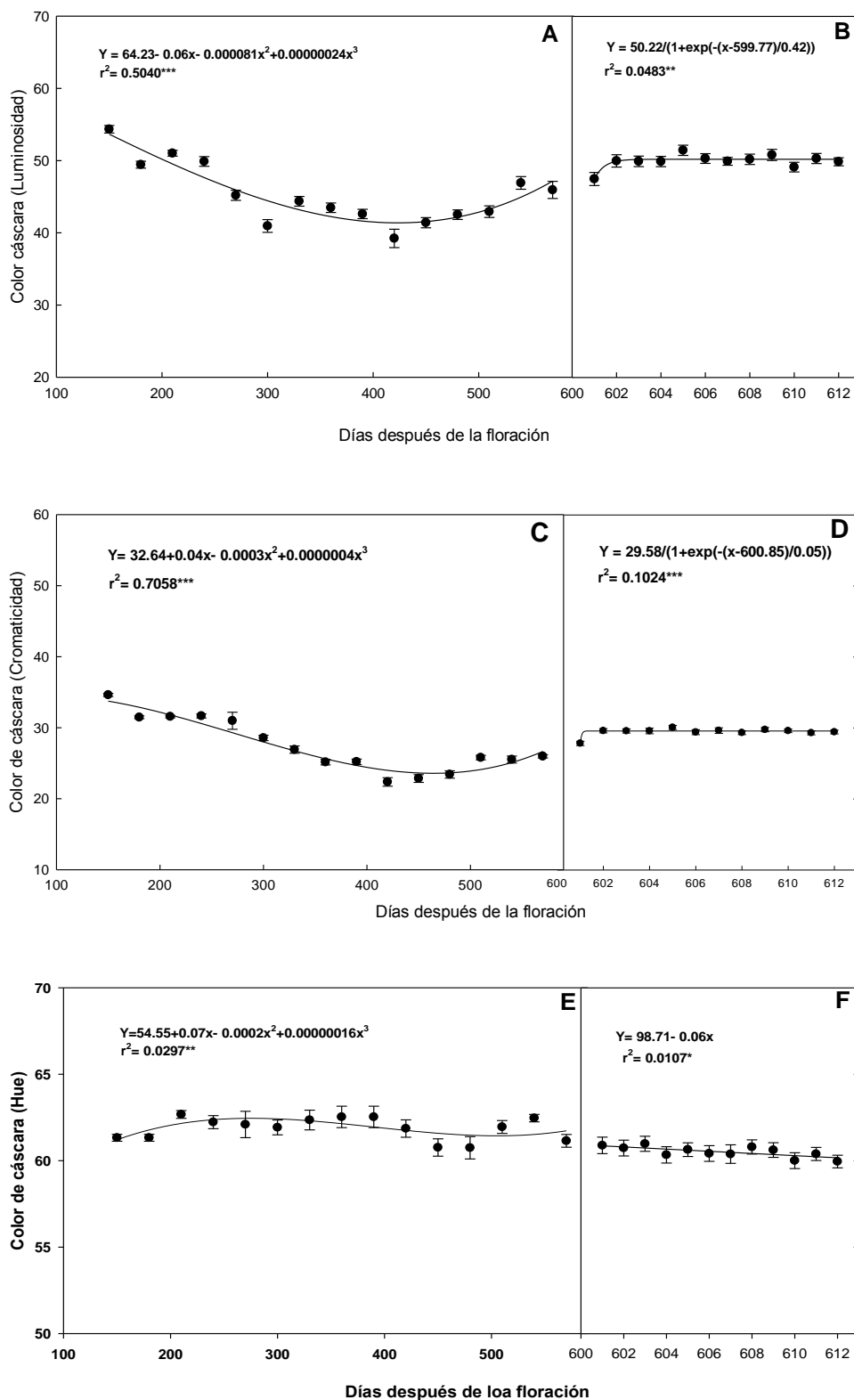


Figura 4. Componentes del color en la cascara del fruto de zapote mamey durante su desarrollo y poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### 5.3.2. Color en pulpa

La Luminosidad de la pulpa de los frutos de zapote mamey inició con valores de  $L = 59.8^*$ , y se incrementó hasta  $L = 80.2^*$  el día 420 después de la floración y posteriormente disminuyó hasta valores de  $L^* = 70.2$  para el día 570, este comportamiento se ajustó a un modelo de crecimiento polinomial cuadrático (Figura 5 A). En poscosecha la luminosidad disminuyó de valores iniciales de  $L^* = 70$  hasta  $L^* = 60$ , ajustándose a un modelo polinomial de segundo orden (Figura 5 B). Torres-Rodríguez *et al.* (2011) reportan que la luminosidad de la pulpa de frutos de zapote mamey cambio de  $L^* = 67.9$  a  $42.0$ , asociándolo a cambios en compartimentalización de organelos, favoreciendo el contacto entre enzimas, como polifenol oxidasa y fenoles, generando oscurecimiento en la pulpa.

La cromaticidad en la pulpa durante el desarrollo del fruto de zapote mamey se ajustó a un comportamiento polinomial cubico (Figura 5 C), los muestreos iniciales mostraron valores de  $C^* = 23$ , y se incrementó a  $C^* = 27.4$ , después de 240 d de la floración; posteriormente la cromaticidad disminuyo hasta  $C^* = 21.8$  para el día 420 después de la floración y después a la cosecha, 570 días después de la floración, alcanzó valores de  $C^* = 30.8$  (Figura 5 C). En poscosecha la cromaticidad disminuyó  $C^* = 35$  hasta  $C^* = 18$  después de 12 días (Cuadro 5 D). Alia-Tejacal *et al.* (2002), indican que la cromaticidad de la pulpa conforme madura es más opaco debido al oscurecimiento del fruto, reportando cambios en valores de  $C^* = 35$  a  $25$ . Por otra parte Perez-López *et al.* (2017) al evaluar frutos de zapote mamey de forma redonda observo poca disminución en la cromaticidad de,  $C^* = 46.9$  a  $45.4$ , en tanto que en frutos lanceolados, el cambio fue de  $C^* = 46.9$  a  $34.1$ , sugiriendo que los cambios de cromaticidad, se asocian a factores endógenos de la variedad.

El matiz de la pulpa de zapote mamey en el desarrollo y en poscosecha se ajustó a un modelo de crecimiento de tipo polinomial cubico (Figura 5 E y F). Al inicio de los muestreos el color fue tendiente al naranja-amarillo  $h= 80$  grados, después de 420 días después de la floración el matiz mostró mayor tendencia al amarillo, alcanzando valores de  $h= 88.5$ , posteriormente los valores de matiz disminuyeron hasta  $h= 72.8$  para el día 570 después de la floración alcanzado un color cercano al naranja (Figura 5 E). Actualmente el índice de cosecha del zapote mamey es usando es realizado un corte en la cascara del fruto y si se observa un color naranja o tendiente al naranja, el fruto es cosecha y alcanzara la maduración (Alia *et al.*, 2005). Sin embargo, este método causa daño al fruto y acelera sus procesos de maduración y la percepción cambia con cada persona que realiza la actividad. Por lo que la asociación con otras variables ayudara a proporcionar un método más objetivo.

En poscosecha los frutos en la cosecha, mostro un color más cercano al naranja  $h= 61.5$  y después de 10 días su valor descendió hasta  $h= 47$  que se encuentra con tendencia al rojo (Figura 5 D). Torres-Rodríguez *et al.* (2011) reportan valores de  $h= 56.4$  en madurez fisiológica o cosecha, y después los valores de matiz se ajustan a un comportamiento sigmoideal, donde se observa un súbito descenso del matiz después de 11 o 12 días en postcosecha y alcanzaron valores de  $h= 46.3$ . Similar comportamiento se observó en el presente trabajo. El cambio súbito, se asocia a una mayor síntesis de pigmentos como carotenoides (Torres-Rodríguez *et al.*, 2011).

Durante el desarrollo del fruto de zapote mamey el color de la pulpa cambio de amarillo vivido y opaco ( $h=80$ ,  $C^*=23$ ,  $L^*=60$ ) a un color tendiente al amarillo naranja vivido y con mayor luminosidad ( $h=72.8$ ,  $C^*=30.8$  y  $L^*=70$ ). En poscosecha el color de la pulpa de zapote mamey fue naranja vivido y de opacidad media ( $h=60$ ,  $C^*=35$  y  $L^*=70$ ), cambiando hasta un color rojo vivido de mayor opacidad ( $h=47$ ,  $C^*=18$  y  $L^*=60$ ). Estos resultados sugieren que para determinar un índice objetivo se pueden evaluar técnicas espectrofotométricas que puedan detectar con certeza el color o los pigmentos que se asocian al mismo en la pulpa.

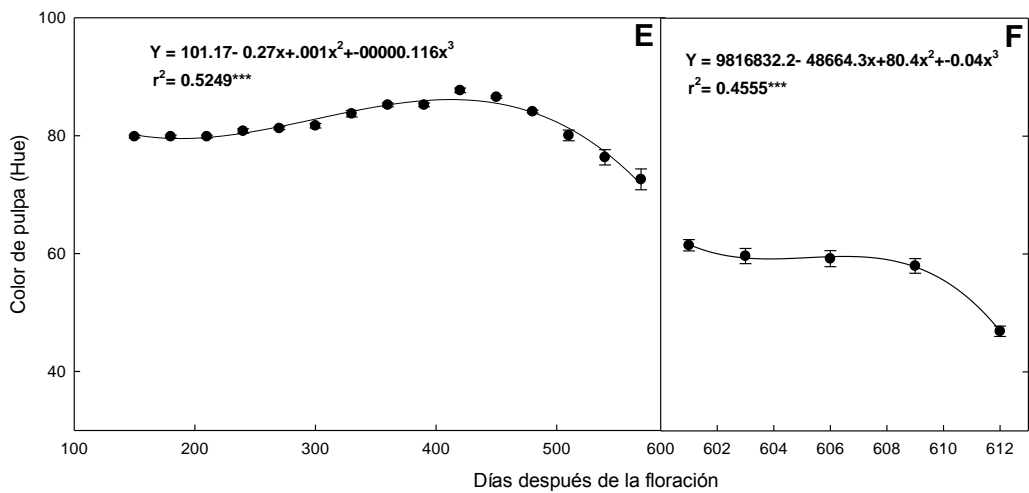
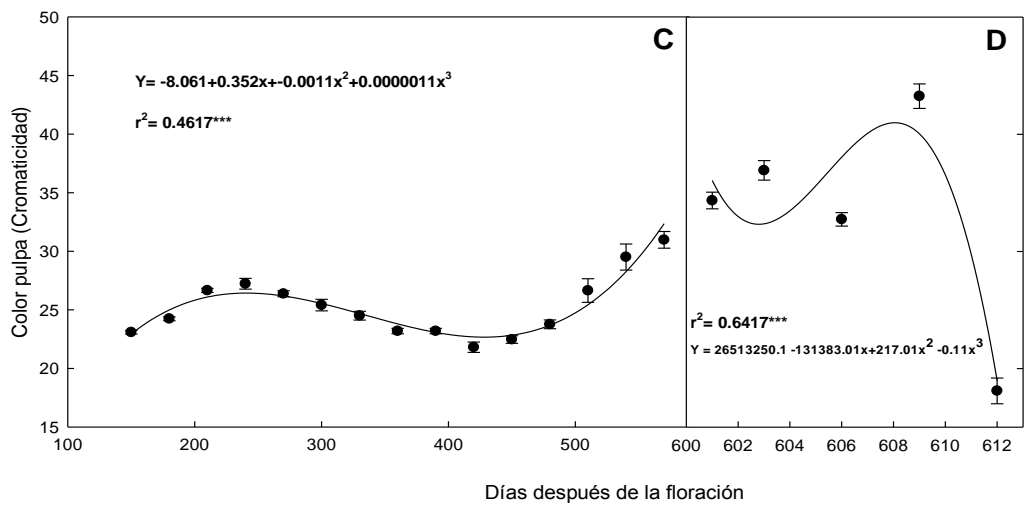
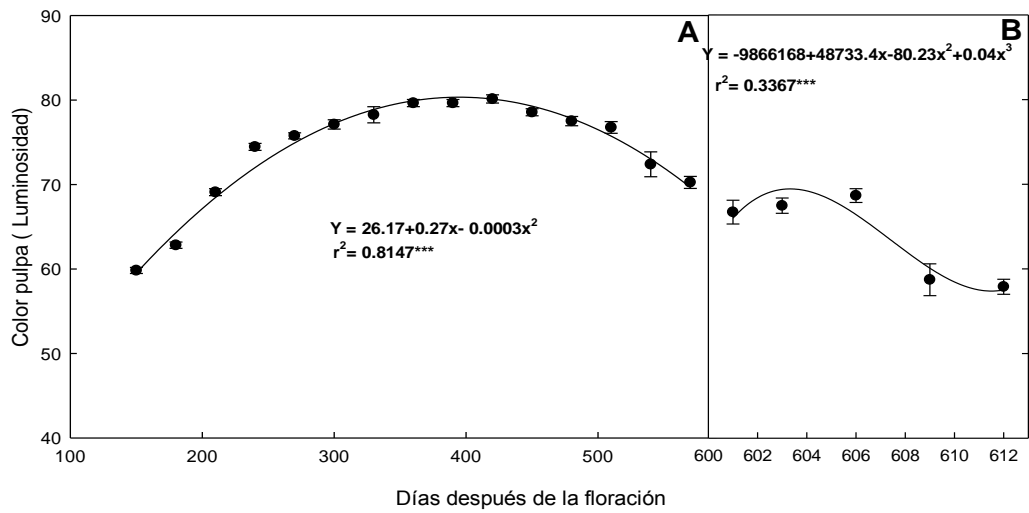


Figura 5. Componentes del color en la cascara del fruto de zapote mamey durante su desarrollo y poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

#### 5.4. Velocidad de respiración

La velocidad de producción de respiración ( $\text{CO}_2$ ) no se ajustó a ningún modelo durante el desarrollo del fruto o poscosecha (Figura 6). Sin embargo, durante el desarrollo del fruto se detectaron dos máximos de producción a los 300 y 520 días después de la floración, con valores entre 66 y 78  $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , esto corresponde a los meses febrero y septiembre (Figura 6 A), que según Sandoval *et al.* (2006) en septiembre el desarrollo de las diferentes estructuras del fruto está alcanzando sus proporciones máximas.

En poscosecha los frutos de zapote mamey mostraron valores cercanos a 82  $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ , alcanzado el máximo climaterio a los 11 días con valores de 95  $\text{mL kg}^{-1} \text{h}^{-1}$  (Figura 6 B). Alia-Tejacal *et al.* (2007) indican que el fruto de zapote mamey en poscosecha muestra un comportamiento climaterico en la velocidad de respiración.

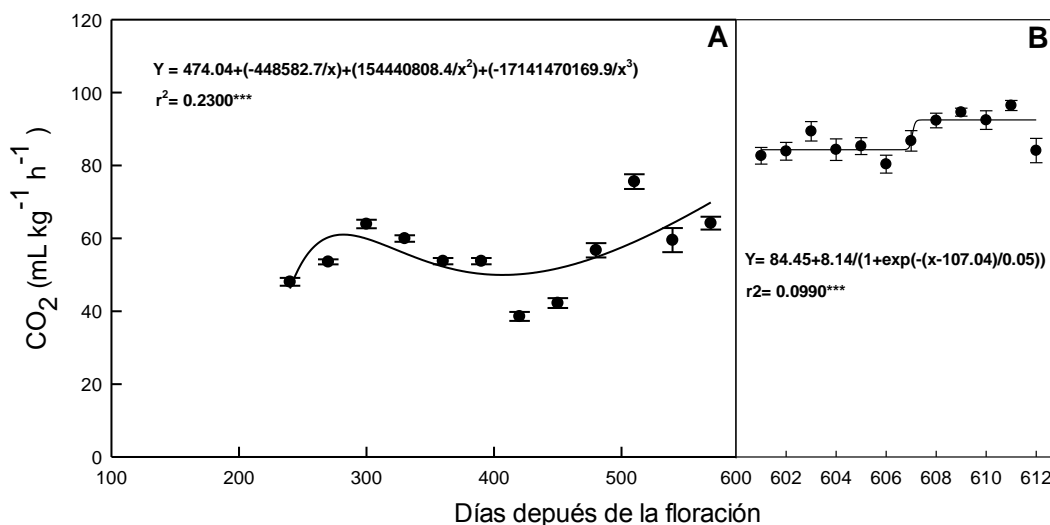


Figura 6. Velocidad de respiración del fruto de zapote mamey durante su desarrollo y poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### 5.5. Producción de etileno

La producción de etileno en el desarrollo del fruto, no fue detectable solo en poscosecha y mostró incremento en la producción de este gas, sin embargo no se ajusto a algún modelo de la librería sigmaplot v. 13.2 (Figura 7).

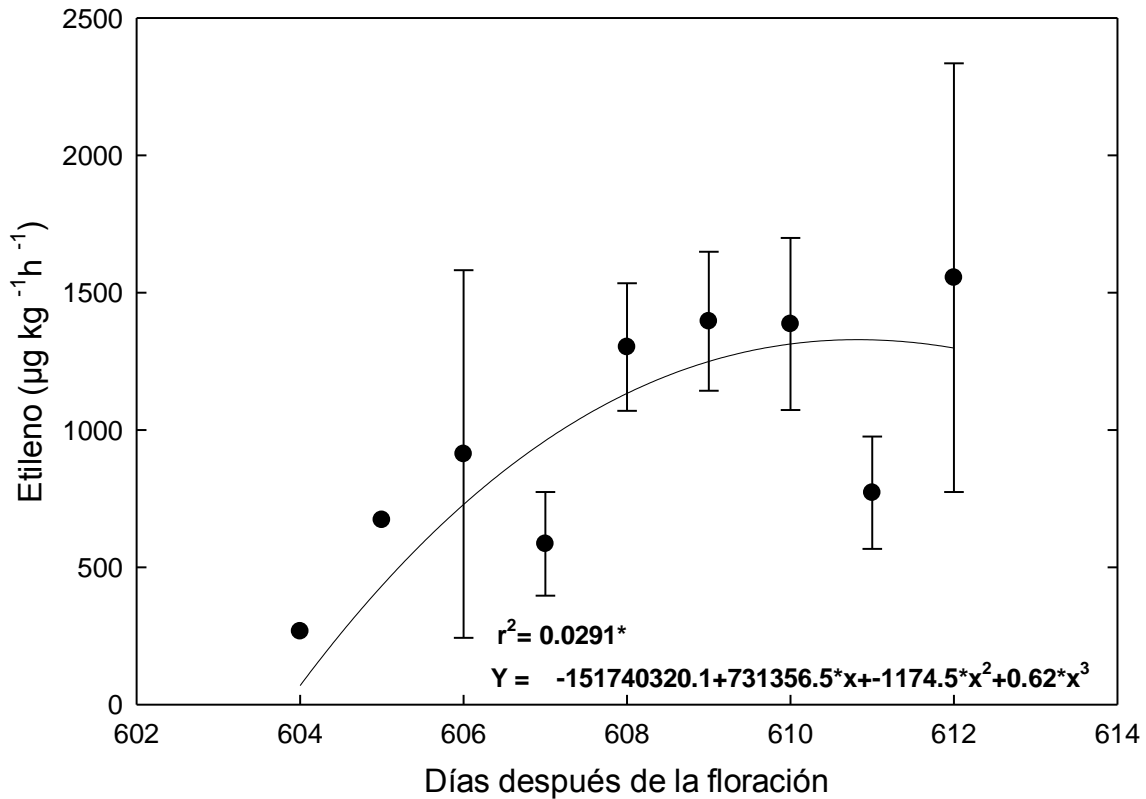


Figura 7. Comportamiento de producción de Etileno durante el desarrollo del fruto de zapote mamey. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.



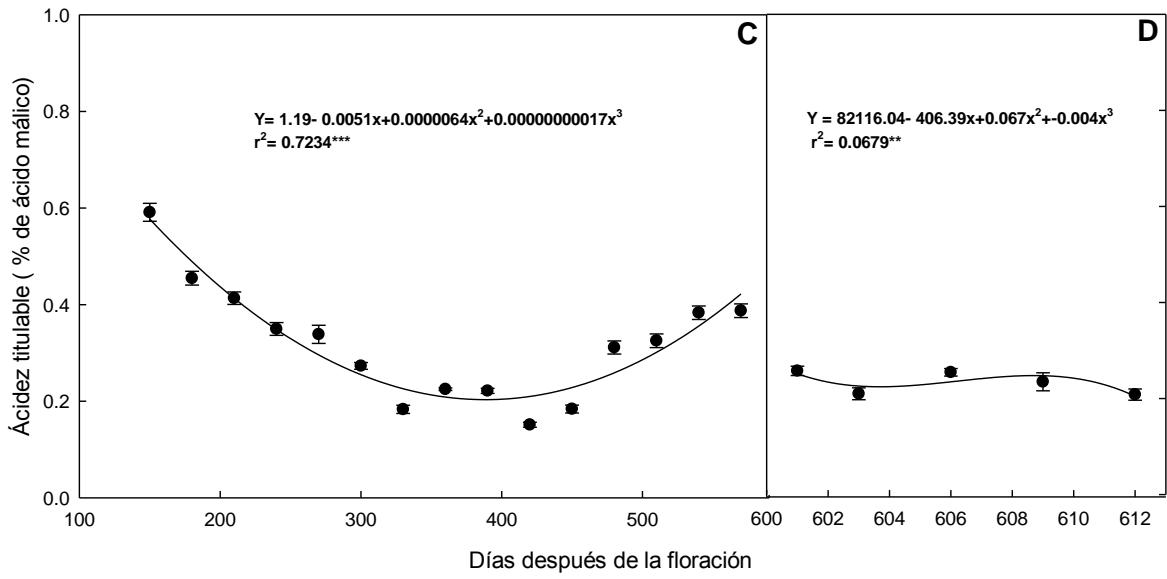
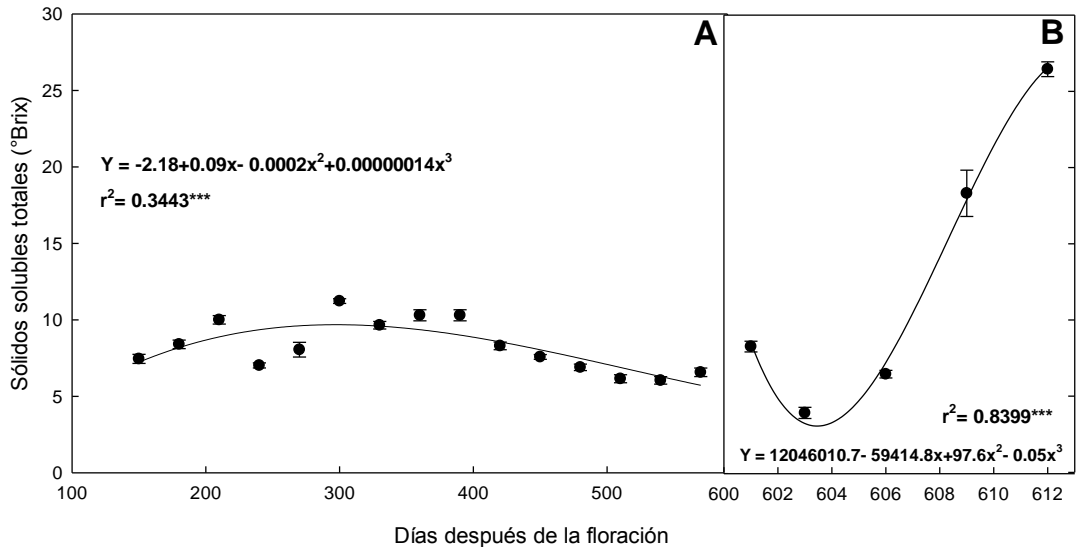
## **5.6. Sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de sabor**

Los sólidos solubles totales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey se mantuvieron entre 7.5 y 11.5 °Brix durante los 300 días después de la floración, posteriormente los sólidos solubles totales disminuyeron hasta 6.7 °Brix en el día 570 (Figura 8 A). Villanueva-Arce *et al.* (2000) reportan que cosecharon frutos durante dos temporadas de cultivo en Coatlán del Río, con una edad estimada entre 340 (11.3 meses) y 460 (15.3 meses) días después de la floración, estos frutos tenían entre 10 y 12 °Brix, a excepción de frutos cosechados después de 460 días después de floración en la última cosecha donde se cuantificaron 13.8 °Brix. Díaz-Pérez *et al.* (2003) reporta que cosechando fruto entre 10 y 12 °Brix, los frutos maduraran adecuadamente alcanzado hasta 30 °Brix. Los resultados obtenidos en el presente trabajo y lo reportado por diversos autores, indican que los frutos de zapote mamey requieren un mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa para alcanzar una adecuada maduración. En poscosecha, los sólidos solubles totales se incrementaron y se ajustaron a un modelo polinomial cubico; así entre los 601 y 606 después de la floración los valores se encontraban en 4.0 y 8.2 °Brix, en los días siguientes los sólidos solubles alcanzaron 26.5 °Brix en madurez de consumo 612 días después de la floración (Figura 8 B). Arenas-Ocampo *et al.* (2003) reportan que los sólidos solubles totales se incrementan significativamente entre la fase climatérica (12.7 °Brix) y la fase postclimaterica (32.2 °Brix), similar comportamiento se observó en el presente estudio. Arenas-Ocampo *et al.* (2003) cosecharon frutos entre 428 (14.2 meses) y 470 días (15.6 meses).

La acidez titulable durante el crecimiento del fruto mostro un comportamiento del tipo polinomial cubico (Figura 8 C). Al inicio de los muestreos la acidez registraba en promedio valores de 0.59 %, después de 420 días la acidez disminuyo en 74.5 % con respecto al valor inicial y posteriormente la acidez se incrementó alcanzados valores de 0.40 % (Figura 8 C). Villanueva-Arce *et al.* (2000) reportan que la acidez disminuye conforme los frutos alcanzan la fase de

cosecha, lo que coincide con lo observado en el presente trabajo. En poscosecha los frutos de zapote mamey no se ajustaron a ningún modelo y mostraron valores constantes entre 0.25 y 0.20 % (Figura 8 D). Arenas *et al.* (2003) no reportan cambios durante la maduración en poscosecha de frutos de zapote mamey, entre 0.11 y 0.17 °Brix. Por otra parte, Alia-Tejacal *et al.* (2002) indican que frutos de zapote mamey madurados a temperatura ambiente, la acidez disminuye de 0.3 a 0.20 %. Se considera que el mamey presenta baja acidez.

El índice de sabor se ajustó a un modelo de máximo de Gauss (Figura 8 E). Después de 150 días de la floración la relación entre los sólidos solubles y la acidez titulable fue de 22, después de 350 días se alcanzó hasta 50 y posteriormente disminuyó hasta 30 cercano a la cosecha (Figura 8 E). Durante el desarrollo se observa que los cambios en acidez son los que afectan en mayor medida el índice de sabor. En poscosecha el fruto de mamey mostró valores entre 45 y 48 en índice de sabor los primeros seis días de evaluación, posteriormente se observó un incremento súbito en los sólidos solubles totales, alcanzándose valores de índice de sabor tres veces mayores esto es, 140 en la madurez de consumo. En la etapa de poscosecha el comportamiento del índice de sabor fue del tipo polinomial cubico (Figura 8 F). En la etapa de poscosecha, debido a la baja acidez del fruto y pocos cambios detectados, son los sólidos solubles los que determinan los cambios del índice de sabor. El índice de sabor se puede asociar a los cambios en el desarrollo y maduración del fruto.



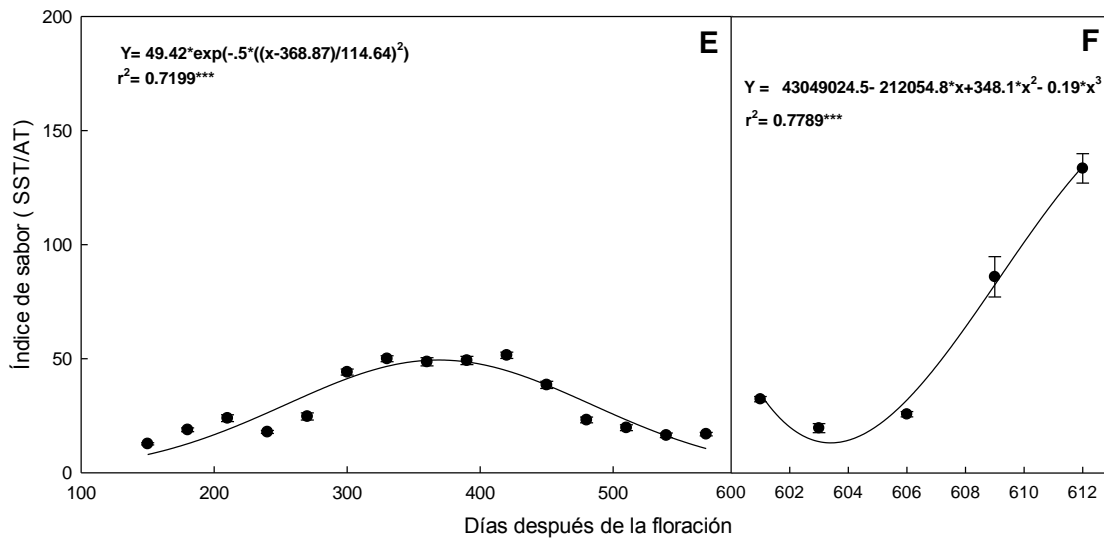


Figura 8. Sólidos solubles totales, acidez titulable e índice de sabor durante el desarrollo del fruto de zapote mamey y durante poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### 5.7. pH

El pH no se ajustó a ningún modelo durante el desarrollo y en poscosecha (Figura 9). Durante el desarrollo del fruto, se detectaron valores entre 5.1 y 5.8 (Figura 9 A). durante poscosecha el pH se determinó entre 5.0 y 6.0, sin observando algún patrón de comportamiento (Figura 9 B). Lo anterior sugiere que el pH no es un buen indicador de los cambios durante el desarrollo y maduración de los frutos de zapote mamey.

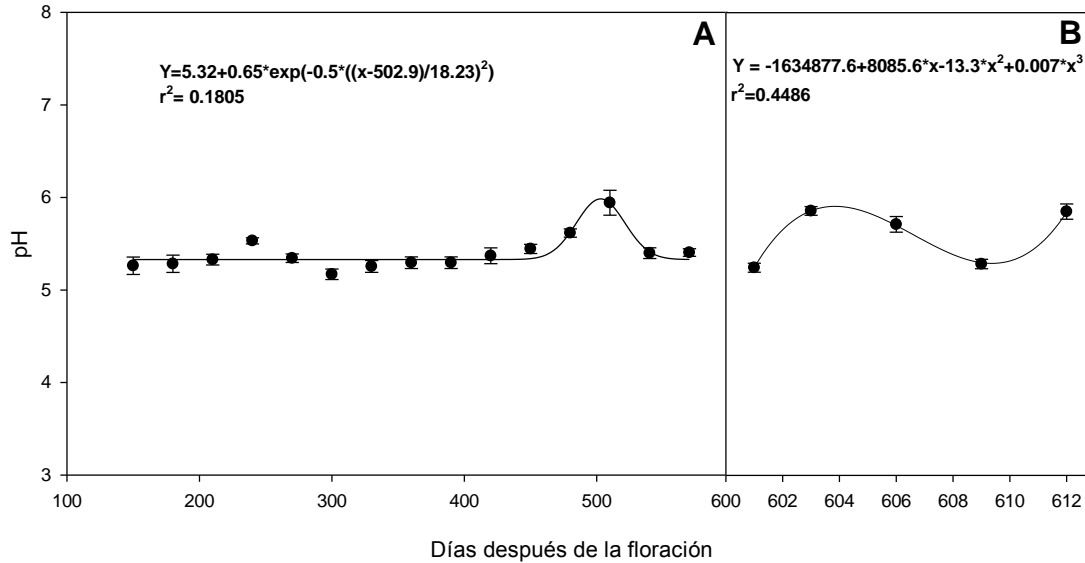


Figura 9. Comportamiento del índice de sabor durante el desarrollo del fruto de zapote mamey y durante poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### 5.8. Carotenoides totales

Los carotenoides totales se ajustaron a un modelo de crecimiento de tipo sigmoideal durante el desarrollo del fruto (Figura 10 A). Al inicio de los muestreos los valores fueron de  $0.6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  de peso fresco y después de 450 días después de la floración se incrementó más de  $0.9 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  de peso fresco y alcanzó  $3 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  de peso fresco (Figura 10 A). Este incremento en carotenoides indica que es un indicador de un cambio importante hacia la cosecha del fruto y que se puede asociar como un indicador objetivo. En poscosecha el contenido de carotenoides se incrementó de 3 a  $4 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  de peso fresco después de 12 días (Figura 10 B). Villanueva-Arce et al. (2000) reporta entre 11.3 y  $37.0 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$  de peso fresco en frutos de zapote mamey en madurez óptima, en tanto que Alia-Tejacal et al. (2002) reportan que los carotenoides totales cambian entre 28.9 y  $69.9 \text{ mg } \text{g}^{-1}$  de peso fresco. Las discrepancias en los valores de concentración, se atribuyen a las metodologías utilizadas y a las diferentes

variedades evaluadas. Sin embargo, se observa un claro cambio en la concentración de carotenoides totales durante poscosecha, a pesar de que no se encontró un ajuste alto a un modelo polinomial de tercer orden (Figura 10 B).

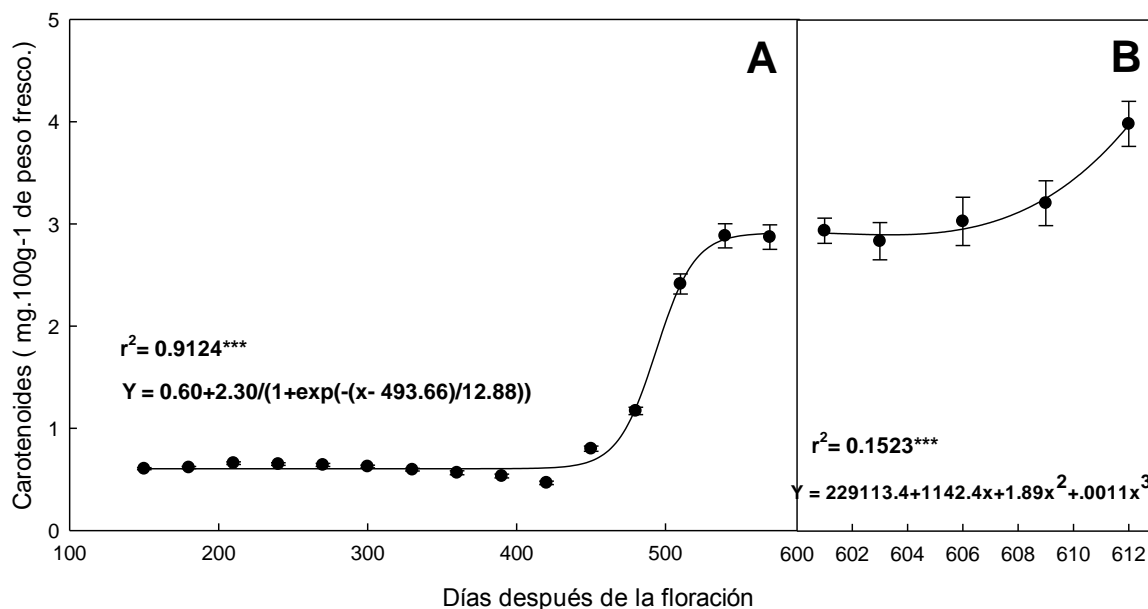


Figura 10. Comportamiento de los Carotenoides totales (A) durante el desarrollo del fruto de zapote mamey y (B) durante poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### 5.9. Fenoles totales

Los fenoles totales en el crecimiento del fruto del zapote mamey se ajustaron a un modelo de tipo polinomial cubico (Figura 11 A), al inicio de los muestreos se cuantificaron 2.3 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco, alcanzado un máximo de 2.9 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco a los 330 días después de la floración, posteriormente se observó una disminución hasta 1.8 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco después de 570 días después de la floración (Figura 11 A). Mirdeghan y Rahemi (2007) reportan que

durante el desarrollo del fruto de granada (*Punica granatum* L.) el contenido de fenoles totales se incrementa durante las primeras etapas de crecimiento del fruto, tanto en la cascara como en los arilos y posteriormente disminuye hasta la fase final de desarrollo del fruto, alcanzado en la cascara y arilos valores de 50.22 y 3.7 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco, el periodo de flora a fruto en granada es de 60 a 100 días. Similar comportamiento se observó en el zapote mamey, aunque el periodo de crecimiento del fruto es mucho mayor. En frutos de noni (*Morinda citrifolia* L.) los fenoles se acumulan durante la fase final del crecimiento del fruto y proveen una función de defensa durante la maduración del fruto en el árbol (Lin *et al.*, 2014). En el fruto de zapote mamey los fenoles es probable tengan una función de protección durante el desarrollo del fruto y al final disminuyan para favorecer la acción de los dispersores de semillas.

En poscosecha los frutos se ajustaron a un modelo polinomial cubico, en el día 601 se tenían valores de 1.5 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco el cual fue disminuyendo con el transcurso de los días hasta llegar a la madurez de consumo en el día 612 quedando con un valor de 0.5 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco (Figura 11 B). Torres-Rodríguez *et al.* (2011). determinaron disminución significativa en el contenido de fenoles totales de 2.5 mg g<sup>-1</sup> en madurez fisiológica a 0.23 mg g<sup>-1</sup> peso fresco en madurez de consumo. Alia *et al.* (2005) determinaron disminución de fenoles totales de 1.65 mg g<sup>-1</sup> en madurez fisiológica y 0.646 mg g<sup>-1</sup> de peso fresco en madurez de consumo. La disminución de los fenoles totales se asocia a un incremento en la actividad enzimática y oscurecimiento de la pulpa (Torres-Rodríguez *et al.*, 2011).

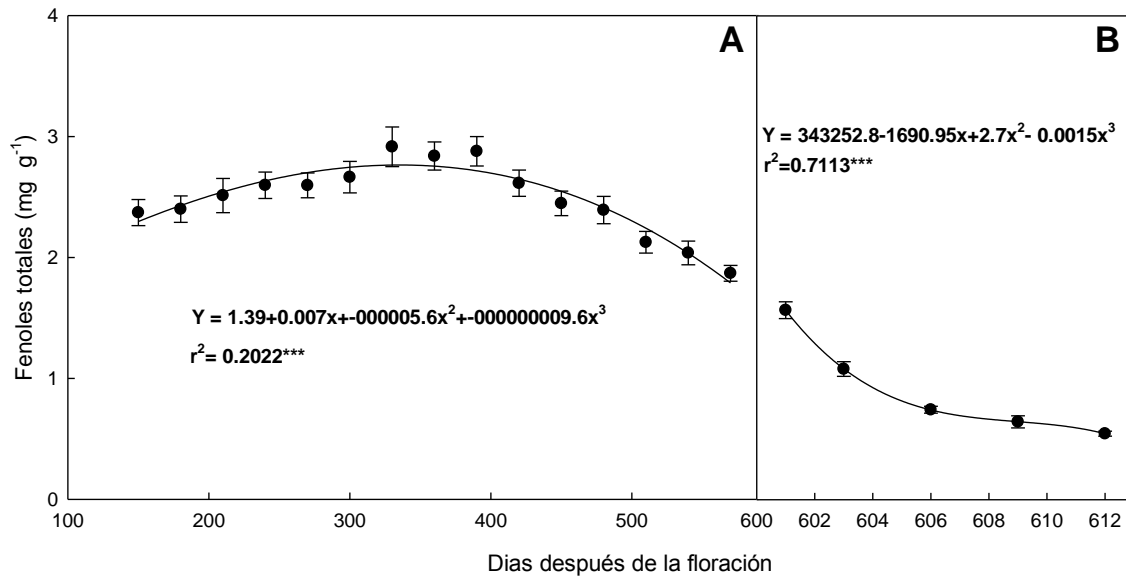


Figura 11. Comportamiento de los fenoles totales (A) durante el desarrollo del fruto de zapote mamey y (B) durante poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### 5.10. Actividad antioxidante: DPPH, ABTS y FRAP

La actividad antioxidante durante los 150 y 420 días después de la floración se mantuvo alrededor de los 200 mg 100g<sup>-1</sup> de peso fresco, posteriormente disminuyó hasta alcanzar 75 mg de 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco después de 570 días después de la floración (Figura 12 A). La actividad antioxidante por el método de ABTS mostro similar actividad antioxidante, entre 130 y 150 mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco, durante los 150 y 470 días después de la floración, posteriormente existió una súbita disminución hasta alcanzar valores de 60 mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco (Figura 12 C). En el caso de la actividad antioxidante por el método de FRAP, está disminuyó de 200 mg 100 g<sup>-1</sup> de peso fresco al inicio de los muestreos a 140 mg 100g<sup>-1</sup> de peso fresco, después de 300 días después de la cosecha, posteriormente se incrementó hasta 230 mg 100g-e de peso fresco a los 450 días después de floración, disminuyendo nuevamente a valores de 70 mg 100g<sup>-1</sup> de peso fresco a los 570 días después de la floración (Figura 12 E). Gaviria *et al.* (2012) al evaluar los cambios en la actividad antioxidante en frutos de mortiño



(*Vaccinium meridionale* Sw.) determinaron que la actividad antioxidante por el método de DPPH, ABTS y FRAP se incremento durante las primeras semanas, alcanzado un valor máximo al día 36, disminuyendo al avanzar el desarrollo del fruto, las variaciones en la actividad antioxidante se atribuyen a las transformaciones metabólicas que ocurren durante el proceso de desarrollo y maduración. La actividad antioxidante por el método de FRAP se ajusto a un modelo polinomial de tercer orden, en tanto que los otros dos métodos no mostraron ajuste a algún modelo.

En poscosecha la actividad antioxidante por el método de DPPH se mantuvo en valores de 50 mg 100g<sup>-1</sup> de peso fresco durante los 12 días de evaluación (Figura 12 B), esto coincide con lo reportado por Torres-Rodríguez *et al.*(2011), quienes determinaron que el IC<sub>50</sub> determinado por el método de DPPH, permanece sin cambios en tres fases de la maduración de frutos de zapote mamey, entre 12.1 y 14.9 µg mL<sup>-1</sup>, sugiriendo que la actividad antioxidante depende, tanto de la cantidad como de la composición de los compuestos fenólicos. En la evaluación por el método de ABTS y FRAP, la actividad se incrementó después del día 604 después de la floración alcanzado valores cercanos a 80 mg 100g<sup>-1</sup> y 100 mg 100g<sup>-1</sup> de peso fresco a los 612 días después de la floración, respectivamente (Figura 12 B, D y F). Los resultados sugieren que durante el proceso de maduración algunas moléculas son sintetizadas o están disponibles para reaccionar y por lo tanto la actividad antioxidante se incrementa significativamente. Los resultados sugieren mayor presencia de moléculas que pueden favorecer el consumo de este fruto.

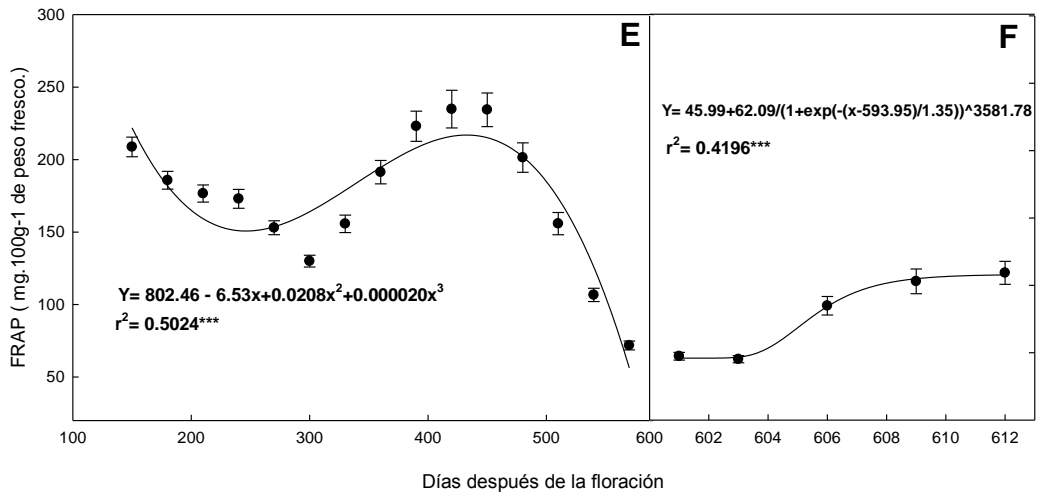
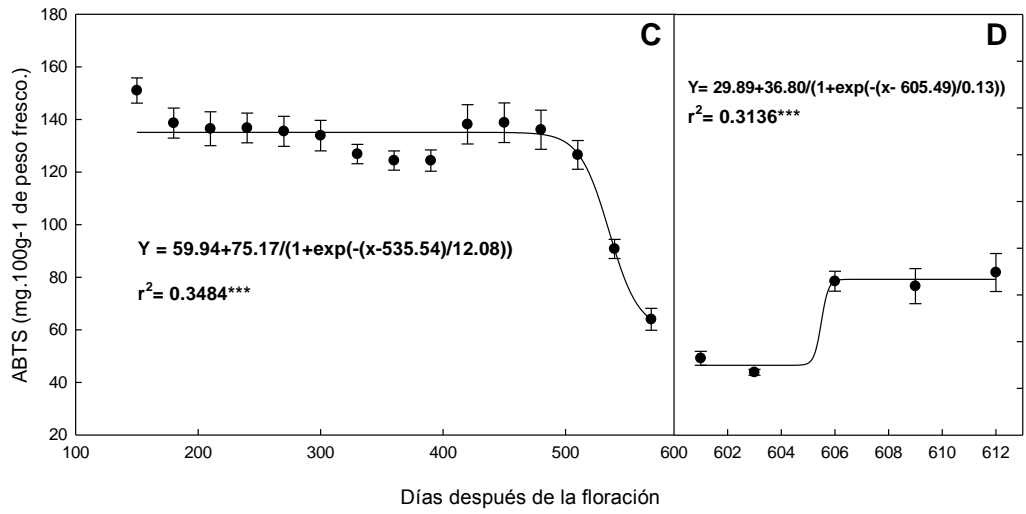
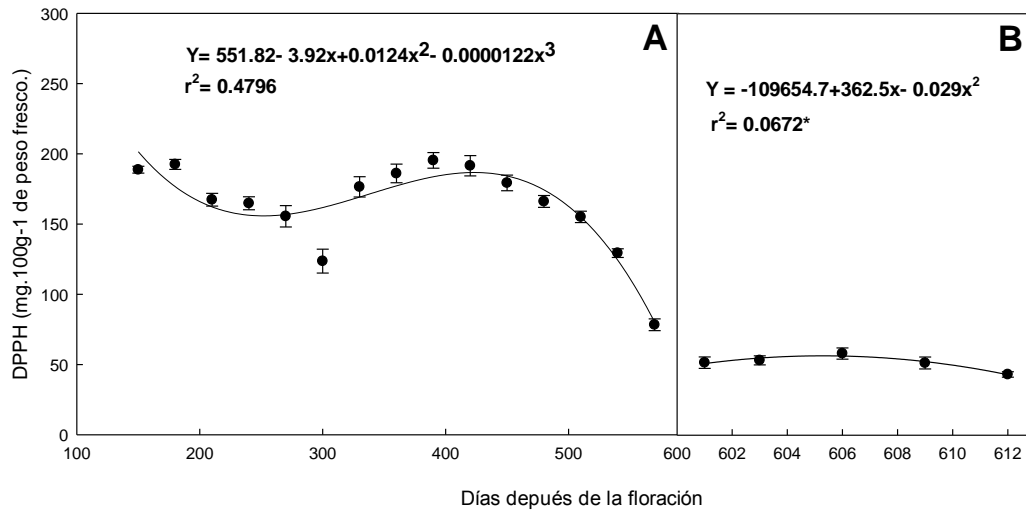


Figura 12. Comportamiento de la actividad antioxidante: DPPH, DPPH y FRAP (A, C y D) durante el desarrollo del fruto de zapote mamey y (B, D y F) durante poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### 5.11. Vitamina C

La vitamina C durante el desarrollo crecimiento de los frutos de zapote mamey se mantuvo entre 0.23 y 0.25  $\mu\text{g}$  de ácido ascórbico hasta los 420 días después de la floración, posteriormente disminuyó significativamente hasta alcanzar 0.20  $\mu\text{g}$  de ácido ascórbico (Figura 12 A). En a la cosecha de los frutos, 600 días después de la floración la vitamina C, ya había disminuido hasta 0.15  $\mu\text{g}$  de ácido ascórbico y durante el proceso de maduración disminuyó de acuerdo con un patrón polinomial de tercer orden, llegando hasta 0.05  $\mu\text{g}$  de ácido ascórbico en la maduración de consumo (Figura 12 B). La vitamina C, es una molécula importante ya que interviene en varios procesos bioquímicos como un potente antioxidante. En el zapote mamey, después de la cosecha su disminución es drástica, por lo que es necesario evaluar algunas tecnologías postcosecha para evitar su rápida degradación.

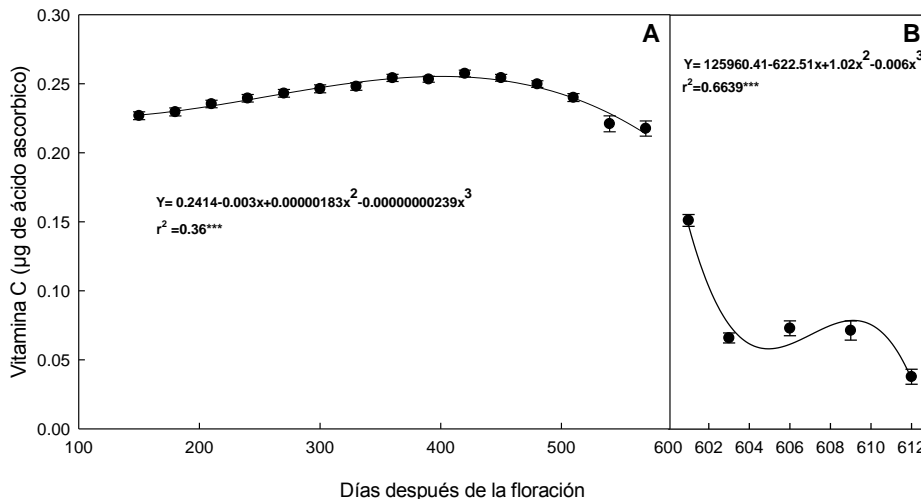


Figura 12. Comportamiento de la actividad antioxidante: DPPH, DPPH y FRAP (A, C y D) durante el desarrollo del fruto de zapote mamey y (B, D y F) durante

poscosecha. Cada punto representa la media de 24 observaciones y su error estándar.

### **5.12. Correlaciones durante el desarrollo del fruto**

Las dimensiones del fruto, diámetro polar y ecuatorial y la masa se correlacionaron positivamente con la luminosidad de pulpa, pero negativamente con la luminosidad de la cáscara (Cuadro 1). La luminosidad y cromaticidad de cascara se correlacionaron negativamente con la luminosidad de pulpa y positivamente con la acidez titulable e índice de sabor (Cuadro 1).

La respiración mostró correlaciones positivas con la cromaticidad de pulpa, actividad antioxidante por DPPH y negativas con el color y concentración de carotenoides en la pulpa y actividad antioxidante por FRAP (Cuadro 1). La acidez titulable mostró las correlaciones negativas con las dimensiones del fruto, la luminosidad y cromaticidad en pulpa y el índice de sabor. Pero positivas con la luminosidad y cromaticidad de cascara (Cuadro 1).

El índice de sabor mostró asociación positiva con la luminosidad y matiz de pulpa y negativa con cromaticidad y luminosidad de cascara; negativa con el índice de sabor y positiva con la vitamina C (Cuadro 1).

Los carotenoides totales se asociaron positivamente con la masa y dimensiones del fruto y cromaticidad de pulpa y negativamente con el matiz, índice de sabor y la actividad antioxidante por los tres métodos evaluados (Cuadro 1). Los fenoles totales, se asociaron positivamente con matiz en pulpa, los sólidos solubles totales, el índice de sabor, la actividad antioxidante por DPPH y ABTS, además de vitamina C. En forma negativo con la cromaticidad de pulpa y carotenoides totales (Cuadro 1).

Las actividades antioxidantes se correlacionaron positivamente con el matiz en pulpa, pero negativamente con las dimensiones del fruto y la cromaticidad de pulpa (Cuadro 1). Solo la actividad de ABTS y FRAP se asociaron de forma positiva (Cuadro 1). Finalmente la vitamina C se asoció positivamente con la

luminosidad, matiz de pulpa e índice de sabor y negativamente en la cromaticidad de pulpa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Correlaciones simples entre las variables en el desarrollo del fruto de zapote mamey.

Correlación	r	Correlación	r	Correlación	r
DP*DE	0.98***	SST*IS	0.72	CAROT*ABTS	-0.80**
DP*Masa	0.96***	SST*pH	-0.67	CAROT*FRAP	0.82**
DP*LP	0.58*	SST*CAROT	0.62	FEN*Masa	-0.56*
DE*Masa	0.94***	AT*DP	-0.5	FEN*CP	-0.66**
DE*LP	0.65***	AT*DE	-0.57	FEN*HP	0.75**
LP*HP	0.60*	AT*LP	-0.9	FEN*SST	0.73***
HP*CP	-0.91***	AT*HP	-0.65	FEN*IS	0.76***
LC*DP	-0.65**	AT*LC	0.75**	FEN*CAROT	-0.86***
LC*DE	-0.68**	AT*CC	0.74**	FEN*DPPH	0.60*
LC*Masa	-0.54*	AT*IS	-0.8	FEN*ABTS	0.57*
LC*LP	-0.74**	IS*LP	0.72**	FEN*VITC	0.60*
CC*DP	-0.88***	IS*CP	-0.61	DPPH*CP	-0.8**
CC*DE	-0.90***	IS*HP	0.75**	DPPH*HP	0.72**
CC*Masa	-0.79**	IS*LC	-0.5*	ABTS*DP	-0.60*
CC*LP	-0.74**	IS*CC	-0.52*	ABTS*DE	-0.60*
LC*CC	0.78**	IS*CAROT	-0.52*	ABTS*Masa	-0.65**
LC*IS	-0.50*	IS*VITC	0.62*	ABTS*CP	-0.74**
LC*AT	0.75**	pH*Masa	0.53*	ABTS*HP	0.66**
CC*AT	0.74**	CAROT*DP	0.75**	FRAP*CP	-0.88***
CC*IS	-0.52*	CAROT*DE	0.58*	FRAP*HP	0.84***
RESP*CP	0.55*	CAROT*Masa	0.76*	ABTS*FRAP	0.69*
RESP*HP	-0.61*	CAROT*CP	0.75**	VITC*LP	0.52*
RESP*CAROT	-0.60*	CAROT*HP	-0.72**	VITC*CP	-0.51*
RESP*DPPH	0.56*	CAROT*IS	-0.52*	VITC*HP	0.59*
RESP*FRAP	-0.74**	CAROT*DPPH	-0.68*	VITC*IS	0.92*

DP y DE: Diámetro polar y ecuatorial, LP y LC: Luminosidad en pulpa y cascara, HP: matiz en pulpa y cascara, CC: Cromaticidad en pulpa y cascara, Resp: respiración, CAROT: Carotenoides totales, DPPH, FRAP y ABTS: actividad antioxidante por el método de ADPPH, FRAP y ABTS, IS= Índice de sabor, FEN: Fenoles totales, VITC: vitamina C

Las correlaciones entre las diferentes variables durante el desarrollo del fruto, indican que las dimensiones del fruto, masa del fruto, los parámetros de color luminosidad y cromaticidad de cascara, y matiz en pulpa, así como la acidez titulable, el índice de sabor, los carotenoides, fenoles, la actividad antioxidante y vitamina c, son variables que pueden ayudar a desarrollar un índice de cosecha objetivo en el fruto de zapote mamey. Las variables color en cascara y pulpa (16), los carotenoides (11) y fenoles (9) mostraron el mayor número de correlaciones (Cuadro 1), por lo que se pueden proponer como variables objetivas para desarrollar un índice de cosecha en el zapote mamey.

### **5.13. Correlaciones en poscosecha**

En poscosecha, la masa del fruto se asocio positivamente con la cromaticidad de la cascara y negativamente con el etileno, luminosidad de pulpa, acidez titulable y actividad antioxidante por el método de DPPH (Cuadro 2). El color de la cascara mostro ciertas a asociaciones con el color de pulpa y acidez titulable y producción de etileno (Cuadro 2). Los sólidos solubles totales se correlacionaron positivamente con la masa del fruto, el matiz de la cascara, la acidez titulable y el pH (Cuadro 2). El pH se correlaciono positivamente con la luminosidad de pulpa, pero negativamente con la masa (Cuadro 2). Los carotenoides mostraron asociaciones negativas con la luminosidad del pulpa, etileno y vitamina C (Cuadro 2).

Por otra parte, la vitamina C se correlaciono positivamente con acidez titulable, actividad antioxidante por FRAP y el etileno y luminosidad de pulpa, pero negativamente con la masa del fruto (Cuadro 2). Finalmente, la actividad por DPPH, se correlaciono con la luminosidad de pulpa y el índice de sabor, positiva y negativa, respectivamente (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Correlaciones simples durante poscosecha de frutos de zapote mamey**

Correlación	r	Correlación	r	Correlación	r
Masa*HC	0.92*	SST*Masa	0.94*	VITC*AT	0.86*
Masa*Etil	-0.90*	SST*HC	0.88*	VITC*FRAP	0.95*
Masa*LP	-0.97**	SST*AT	0.86*	VITC*Masa	-0.9
Masa*AT	-0.90*	SST*pH	0.89*	VITC*Etil	0.99*
Masa*DPPH	-0.97**	pH*Masa	-0.92*	VITC*LP	0.96**
LC*CC	-0.97	pH*LP	0.89*	DPPH*HC	-0.89
HC*LP	-0.87	CAROT*LC	-0.87	DPPH*LP	0.94
CP*AT	-0.95	CAROT*Etil	-0.89	FRAP*Etil	0.96**
CP*pH	0.94*	CAROT*LP	-0.91	FRAP*LP	0.86
Etil*LP	0.96**	CAROT*VITC	0.87*	DPPH*CP	-0.73
AT*LP	0.88*			DPPH*SST	-0.95

HC: matiz de cascara, Etil: producción de etileno, LP y LC: Luminosidad de pulpa y cascara, CP: cromaticidad de pulpa, SST: Sólidos solubles totales, CIT C: vitamina C, CAROT: carotenoides totales, actividad antioxidante por el método de DPPH y FRAP.

En poscosecha las asociaciones entre el etileno, el color de la pulpa y cascara, así como los sólidos solubles totales, carotenoides, vitamina C y actividad antioxidante por los métodos de FRAP y DPPH, mostraron el mayor numero de correlaciones (Cuadro 2) Sugiriendo, que las tecnologías de conservación se deben enfocar, hacia no afectar procesos donde se involucra el etileno, ya que pueden afectar la calidad en el sabor y propiedades funcionales que puede aportar el fruto.

## **6. CONCLUSIONES**

Durante el desarrollo del fruto de zapote mamey ocurren cambios físicos y químicos que se pueden utilizar para desarrollar un índice de cosecha, como lo es la luminosidad, cromaticidad y matiz en cascara y pulpa y el contenido de fenoles y carotenoides totales. En poscosecha el etileno es un factor preponderante para mantener la calidad del fruto, ya que se asocia a variables de calidad y aporte de metabolitos funcionales.



## 7. LITERATURA CITADA

- Arenas-Ocampo, M. L., S. Evangelista-Lozano, R. Arana-Errasquín, A. Jiménez-Aparicio, G. Dávila-Ortíz. 2003. Softening and biochemical changes of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota*) at different development and ripening stages. *Journal of Food Biochemistry* 27(2): 91-107.
- Alia-Tejagal, I., M. T. Colinas-León, M. T. Martínez-Damián, M. R. Soto-Hernández. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn) durante poscosecha. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 8(2): 263-281.
- Alia Tejagal, I.; Colinas L., M. T.; Martínez D., M. T.; Hernández S., R. M. 2005a. Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and stearn). I. Comportamiento de volátiles, firmeza y azúcares totales. *Rev. Fitotecnia Mex.* 28, 17–24.
- Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A., Legret, P., 1994. Standardisation dun extrait de propolis et identification des principaux constituants. *J. Pharm. Belgique* 49: 462-468.
- Alia-Tejagal, I., Villanueva-Arce, R., Pelayo-Zaldívar C., Colinas-León M.T., López-Martínez V., Bautista-BAños S. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). *Postharvest Biology and Technology* 45: 285-297
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 1995. Official methods of analysis. (16<sup>a</sup> ed). Virginia, USA.

- Benzie, I.F., Strain, J.J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay. *Analytical Biochemistry* 239: 70-76.
- Borys M., H. Leszczyńska-Borys. El potencial genético frutícola de la república mexicana. México: Fundación Sánchez Colín, CICTAMEX, 2001. 99 p.
- Brand-Williams, W., Culivier, M.E., Berset, C., 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft and Technologie. Food Science Technology* 28 (1): 25-30.
- Cruz L. A., A. Pita D. y A. G. Gutiérrez J. 2012. Acercamiento a la diversidad de las ciruelas mexicanas. *In: Jocotes, Jobos, Abales o Ciruelas Mexicanas.* Cruz L. A, A. Pita D., B Rodríguez A. (eds.). Universidad Autónoma Chapingo. pp: 39-62
- Cruz L. A., A. Pita D. y A. G. Gutiérrez J. 2012. Acercamiento a la diversidad de las ciruelas mexicanas. *In: Jocotes, Jobos, Abales o Ciruelas Mexicanas.* Cruz L. A, A. Pita D., B Rodríguez A. (eds.). Universidad Autónoma Chapingo. pp: 39-62.
- Davenport, T. L., J. T. O'Neal. 2000. Flowering and fruit set of mamey sapote [*Calocarpum sapota* (Jacq.) Merr.] cv. Magaña in South Florida. *Scientia Horticulturae* 83: 61-70.
- Davenport, T. L., J. T. O'Neal. 2001. Flowering and fruit development patterns of five mamey sapote cultivars in south Florida. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 44: 56-59.
- Gaviria, M. C., J. D. Hernández A., M. Lobo A., C. I. Medina C., B. Alberto R. 2012. Cambios en la actividad antioxidante en frutos de Mortiño (*Vaccinium meridionale* Sw.) durante el Desarrollo de su maduración. *Revista Facultad de Agronomía - Medellín* 65(1): 6487-6495.

- García-Villanueva, E., M. Cautelán E., L. Domínguez-Ordoñez. 2007. Mamey (*Pouteria sapota*) evidencias anatómicas acerca del tipo de fruto e implicaciones fisiológicas. In: Memorias del XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Amador, R. M. D., J. A, Zegbe D., L. R. Reveles T., J. Mena C., A. Serna P. Zacatecas, Zacatecas, México. Pp: 90-91.
- Glew, R. H., F. A. Ayaz, C. Sanz, D. J. Vanderlag, H.-S. Huang, L. T. Chuang, M. Strnad. 2003. Changes in sugars, organic acids and aminoacids in medlar (*Mespilus germanica* L.) during fruit development and maturation. Food Chemistry 83: 363-369.
- Henrique, M. M. P., D. Lopes de S., L. C. Chamhum S., S. D. Pereira Da S., P. R. Cecon. 2013. Desenvolvimento dos frutos de lulo (*Solanum quitoense* LAM), en viciosa-MG. Revista Brasileira de Fruticultura 35(1): 131-142.
- Hooper, L. y Cassidy, A., 2006. A review of the health care potential of bioactive compounds. Journal of the Science of Food and Agriculture, 86, 1805-1813.
- Isabelle, M., Lee, B. L., Lim, H.T., Koh, W-P., Huang, D. y Ong, C.N. 2010. Antioxidant activity and profiles of Common Fruits in Singapore. Food Chemistry, 123: 77-84.
- Kozioł M. J. y M. J. Macía. 1998. Chemical composition, nutritional evaluation, and economic prospects of *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). Economic Botany 52: 373-380.
- Lin, S.-Y., Y.-Y. Liao, S. F. Roan, I.-Z. Chen, P.-A. Chen. 2014. Growth of noni fruits (*Morinda citrifolia* L.) and accumulation of phenolic compounds during fruit development. Scientia Horticulturae 178: 168-174.
- Mendoza-Willson A.M.R., Baéz-Sañudo., 2000. Medición de la tasa respiratoria en sistema cerrado en melón cantaloupe. Horticultura Mexicana 8: 158-163.

- Mirdehghan S.H., Rahemi M. 2007. Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. *Scientia Horticulturae* 111: 120-127.
- Morton, F. J. 2013. *Fruits of Warm Climate*. Echo Point Books & Media. USA. 505 p.
- Neguerula, I. A. 2012. Is the Color Measured in Food the color that we see? *In: Color in Food. Technological and Psychophysical aspects*. Caivano, J.L., M. del . P Buera. (eds.) CRC Press-Taylor & Francis Group. Boca Raton, Florida, USA. pp: 81-91.
- Niva, M., 2007. "All foods affect health": Understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. *Appetite* 48: 384-393
- Oliveira de, G. A., F. de Castilhos, C. M- G. Claire R., y S. Burear. 2014. Comparison of NIR and MIR spectroscopic methods for determination of individual sugars, organic acids and carotenoids in passion fruit. *Food Research International* 60: 154-162.
- Opara U., L. 2000. Fruit growth measurement and analysis. *Horticultural Reviews* 24: 373-431.
- Pérez-López, A., I. Alía-Tejagal, Cano-Vázquez A., Rangel-Fajardo D. M., Valle-Guadarrama S., Villaseñor-Perea C. A., López-Blancas E., Pérez-Arias G. A. 2017. Color y estrés oxidativo en la maduración de zapote mamey (*Pouteria sapota*) previa compresión mecánica. *Revista Bio Ciencias* 4(3): 189-201.
- Paull, R. E., O. Duarte. 2012. *Tropical Fruits*. V. 2. CABI. Cambridge, USA. 371 p.
- Prior, R.L, Wu, X., Schaich, K., 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal Agricultural Food Chemistry* 53: 4290 – 4302.
- Ramírez H., B., C., E. Pimienta B., J. Z. Castellanos R., A. Muñoz U., G. Palomino H. y E. Pimienta B. 2008. *Sistemas de producción de Spondias purpurea*

- (Anacardiaceae) en el centro-occidente de México. *Revista Biología Tropical* 56: 675-687.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C., 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine* 26: 1231-1337.
- Rodríguez-Amaya, D.B. Kimura M. 2004. Harvest Plus Handbook for Carotenoid Analysis. Harvest Plus Technical Monograph 2. Washington DC y Cali. International Food Policy Research Institute and International Center For Tropical Agriculture, 35-36
- Ruenes-Morales, M., R., A. Casas., J. J. Jiménez-Osornio., y J. Caballero. 2010. Etnobotánica de *Spondias purpurea* L. (Anacardiaceae) en la península de Yucatán. *Interciencia* 35: 247-254.
- Pennington, T. D., J. Sarukhán, 1998. Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. Universidad Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. D. F., México. 518 p.
- Salveit, M. E. 2016. Respiratory metabolism. In: Postharvest Ripening Physiology of Crops. Pareek, S. (ed.). CRC Press. Taylor & Francis. Boca Raton, Florida. USA. pp: 139-156.
- Sandoval, E. M., E. Nieto A. I. Alia T., V. López M., M. T. Colinas L., A. Martínez M., C. M. Acosta D., M. Andrade R., O. Villegas T., D. Guillén S. 2006. Crecimiento del fruto de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] en Morelos, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(Núm. Esp. 2): 59-62.
- Salomao, L. C. C., Siqueira D. L. de, Pereira M. E. C. 2013. Desenvolvimento do fruto da lichiera (*Litchi chinensis* Sonn.) 'Bengal'. *Revista Brasileira de Fruticultura* 28(1): 11-13.

- Shao, X., Zhu, Y., Cao S., Wang, H. y Song, Y. 2012. Soluble sugar content and metabolism as related to the heat-induced chilling tolerance of loquat fruit during cold storage. Food Bioprocess. Technol. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-012-1011-6>.
- Singleton V. L., Orthofer R., Lamuela-Raventos R.M., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymology 299: 152-178.
- Solorzano-Moran, S., I. Alia-Tejacal, F. Rivera-Cabrera, V. López-Martínez, L. J. Pérez-Flores, C. Pelayo-Zaldívar, D. Guillén-Sánchez, F. D. de León-Sánchez, Y. I. Maldonado-Astudillo. 2015. Quality attributes and functional compounds of Mexican plums (*Spondias purpurea* L.) fruit ecotypes. Fruits: In press.
- Tang, M., Z-I. Bie, M-Z. Wu, H-P. Yi, y J-X- Feng. 2010. Changes in acids and acid metabolism enzymes in melón fruit during development. Scientia Horticulturae 123: 360-365.
- Torres-Rodríguez, A., Y. Salinas-Moreno, S. Valle-Guadarrama, I. Alia-Tejacal. 2011. Soluble phenols and antioxidant activity in mamey sapote (*Pouteria sapota*) in postharvest. Food Research International 44: 1956-1961.
- Valero, D. y M. Serrano. 2010. Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality. CRC Press. 269 p.
- Vargas-Simón, G., R. Hernández-Cúpil., y E. Moguel-Ordoñez. 2011. Caracterización morfológica de ciruela (*Spondias purpurea* L.) en tres municipios del estado de Tabasco, México Bioagro 23: 141.
- Villanueva-Arce, R., S. Evangelista-Lozano, M. L. Arenas-Ocampo, J. C. Díaz-Pérez, S. Bautista-Baños. 2000. Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn 6(1): 63-72.

Villegas M. A., A. Mora A. 2008. Propagación de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). *In*: El zapote mamey en México: Avances de Investigación. Alia T. I., A. Villegas M., V. López M., M. Andrade R., C. M. Acosta D., O. G. Villegas T., D. Guillén S. (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Morelos. pp: 1-16.



Cuernavaca, Mor., a 28 de noviembre de 2018.

**M. en C. JOSÉ EDUARDO BAUTISTA RODRÍGUEZ**  
**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente informo a Usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn).** Que presenta él: **ING. RAÚL SAUCEDO HERNÁNDEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente  
*Por una humanidad culta*  
*Una universidad de excelencia*

**DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ**  
Comité Evaluador

C.c.p. Archivo





Cuernavaca, Mor., a 28 de noviembre de 2018.

M. en C. JOSÉ EDUARDO BAUTISTA RODRÍGUEZ  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL  
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a Usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn).** Que presenta él: **ING. RAÚL SAUCEDO HERNÁNDEZ**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente  
*Por una humanidad culta*  
*Una universidad de excelencia*

DR. IRAN ALÍA TEJACAL  
Comité Evaluador

C. p. Archivo



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



Jefatura de programas educativos de posgrado

Cuernavaca, Mor., a 28 de noviembre de 2018.

M. en C. JOSÉ EDUARDO BAUTISTA RODRÍGUEZ  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL  
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a Usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn).** Que presenta él: **ING. RAÚL SAUCEDO HERNÁNDEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente  
*Por una humanidad culta*  
*Una universidad de excelencia*

*Gloria Alicia Pérez Arias*

DRA. GLORIA ALICIA PÉREZ ARIAS  
Comité Evaluador

C.p. Archivo

Av. Universidad 1001 Col. Chamiza, Cuernavaca Morelos, México, 62208  
Tel: (777) 329 70 46; 329 70 00, Ext. 3011 / [tagropecuarias@uaem.mx](mailto:tagropecuarias@uaem.mx)

**UA  
EM**

*Una universidad de excelencia*

RECTORÍA  
2017-2021



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado



Cuernavaca, Mor., a 28 de noviembre de 2018.

M. en C. JOSÉ EDUARDO BAUTISTA RODRÍGUEZ  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL  
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a Usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn).** Que presenta él: **ING. RAÚL SAUCEDO HERNÁNDEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente  
*Por una humanidad culta*  
*Una universidad de excelencia*

DR. DAGOBERTO GUILLÉN SÁNCHEZ  
Comité Evaluador

C.P. Activo

Av. Universidad 1001 Col. Chamopa, Cuernavaca Morelos, México, 62209  
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00. Ext. 3211 / fagropecuarias@uaem.mx

UA  
EM

Una universidad de excelencia

RECTORÍA  
2017-2021



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado




Cuernavaca, Mor., a 28 de noviembre de 2018.

**M. en C. JOSÉ EDUARDO BAUTISTA RODRÍGUEZ**  
**DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS**  
**AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**  
**P R E S E N T E.**

Por medio del presente informo a Usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Cambios físicos, químicos, fisiológicos y funcionales durante el crecimiento del fruto de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn).** Que presenta él: **ING. RAÚL SAUCEDO HERNÁNDEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Maestro en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente  
*Por una humanidad culta*  
*Una universidad de excelencia*

  
**DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ**  
Comité Evaluador

Ciudad Antiles

Av. Universidad 1001 Col. Chamiplá, Cuernavaca Morelos, México, 62209  
Tel. (777) 329 70 46, 329 70 00, Ext. 3211 / [facagropecuarias@uaem.mx](mailto:facagropecuarias@uaem.mx)

**UA  
EM**

*Una universidad de excelencia*

RECTORÍA  
2017-2023

