

## CINÉTICA DE CRECIMIENTO FOLIAR Y DESARROLLO DE BROTES EN SELECCIONES INJERTADAS DE ZAPOTE MAMEY\*

### LEAF GROWTH KINETICS AND SHOOT DEVELOPMENT IN GRAFTED SELECTIONS OF MAMEY SAPOTE

Alejandro Ledesma Miramontes<sup>1</sup>, Ángel Villegas Monter<sup>1§</sup>, Víctor Arturo González Hernández<sup>2</sup>, Lucero del Mar Ruiz Posadas<sup>3</sup>  
y Antonio Mora Aguilera<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 36.5. C. P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1565. (aledesma@colpos.mx). <sup>2</sup>Fisiología Vegetal. Colegio de Postgraduados. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1565. (vagh@colpos.mx). <sup>3</sup>Botánica. Colegio de Postgraduados. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1300. (lucpo@colpos.mx). <sup>4</sup>Fitopatología. Colegio de Postgraduados. Tel. 01 595 9520200. Ext. 1611. (aguilera@colpos.mx). <sup>§</sup> Autor para correspondencia: avillega@colpos.mx.

#### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento de órganos vegetativos en seis selecciones de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), injertadas de tres y cuatro años en las condiciones edafoclimáticas de Alpayeca, Guerrero; para conocer el comportamiento de árboles procedentes de Yucatán y Alpayeca, Guerrero, se evaluaron: cinética del crecimiento foliar, crecimiento total del brote, índice de área foliar, peso específico de la hoja y grosor de la hoja. Los resultados mostraron que las hojas de mamey alcanzan el máximo desarrollo a 42 días, pero a 23 días tienen más de 80% del tamaño total y pueden ser fotosintéticamente autosuficientes. El crecimiento total de brotes durante un año en árboles de 3 años, fue de 62.9 a 72 cm, y el periodo de mayor crecimiento de junio a septiembre, mientras que en los de 4 años, fue de 40.7 a 44.1 cm y el periodo de mayor crecimiento de abril a agosto. 'El Regalo' seleccionado en Alpayeca, Guerrero; presentó valores mayores en índice de área foliar, peso específico y grosor de la hoja, mientras que en 'Dany 66' de Yucatán fueron los menores. El peso específico de la hoja es una variable que se modifica con la fenología de la planta, por lo que se debe evaluar mínimo en tres etapas para tener resultados confiables.

#### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the growth of vegetative organs in six selections of mamey sapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), grafted of three and four years in the soil's and climatic conditions of Alpayeca, Guerrero; in order to understand the behavior of trees from Alpayeca Yucatán, Guerrero, were evaluated: kinetics of leaf growth, total growth of shoot, leaf area index, leaf unit weight and thickness of the leaf. The results showed that mamey's leaves reach their maximum development at 42 days but, at 23 days they have 80% of their total size and can be photosynthetically self-sufficient. The total growth of buds on the 3 year old trees during one year was 62.9 to 72 cm, and the period of highest growth was from June to September, while in the 4-year old trees was of 40.7 to 44.1 cm and the period of highest growth from April to August. 'El Regalo' selected in Alpayeca, Guerrero, presented the highest values of leaf area index, specific leaf weight and thickness of the leaf, while 'Dany 66' from Yucatán had the lowest. The specific weight of the leaf is a variable that changes with the phenology of the plant, which should be evaluated at least three stages to get reliable results.

\* Recibido: enero de 2011  
Aceptado: agosto de 2011

**Palabras claves:** *Pouteria sapota*, grosor de hoja, índice área foliar, peso específico de hoja, Sapotaceae.

**Key words:** *Pouteria sapota*, leaf area index, leaf thickness, Sapotaceae, specific leaf weight.

## INTRODUCCIÓN

El zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn), es un frutal nativo de México y Centroamérica con alto potencial económico, ya que existe demanda de la fruta en varios países. Pero debido que la superficie cultivada en México no rebasa 1 500 ha, son pocos los trabajos que se han realizado para conocer la fenología y respuesta fisiológica a diversas prácticas de manejo. En general, cuando se evalúan arboles injertados, se analizan: crecimiento, rendimiento, calidad de la fruta, vigor, incidencia de plagas y enfermedades, adaptación al medio y contenido de elementos minerales en hojas (Figueiredo *et al.*, 2002; Quijada *et al.*, 2002).

Sin embargo, en pocas ocasiones se considera el efecto del portainjerto en el crecimiento de la planta (Ayala-Arreola *et al.*, 2010; Arrieta-Ramos *et al.*, 2010; Berdeja-Arbeu *et al.*, 2010). La edad de la hoja y su estado de desarrollo son importantes para determinar algunos procesos morfológicos y fisiológicos en las plantas (Horsley y Gottschalk, 1993). De igual forma, conocer el área foliar es fundamental en estudios de nutrición y crecimiento vegetal, porque se puede determinar acumulación de materia seca, metabolismo de carbohidratos, rendimiento y calidad de la cosecha, además es necesaria para evaluar la intensidad de asimilación de las plantas (Bugarin *et al.*, 2002).

El peso específico de la hoja (PEH), determina la cantidad relativa de tejido fotosintético tomando como base el peso de materia seca por unidad de área, el cual es afectado por la intensidad y duración de la luz, puede ser utilizada como una forma sencilla de medir fotosíntesis en plantas leñosas (Marini y Sowers, 1990). Además el grosor de la hoja puede relacionarse con el PEH debido al número de capas de células en empalizada y tamaño de estas, además el sombreado incrementa el tamaño de la hoja, disminuye el grosor y altera la estructura interna (Marini y Sowers, 1990).

Aun cuando el grosor de la hoja es afectado por la especie (Reyes-Santamaría *et al.*, 2000), el ambiente (Ibarra, 2005), y uso de portainjerto (Ayala-Arreola *et al.*, 2010), es importante conocerlo en zapote mamey, para que pueda ser empleado como referencia en futuras investigaciones. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el crecimiento

## INTRODUCTION

Mamey sapote (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) is a fruit native of Mexico and Central America with high economic potential, as there is demand for the fruit in several countries. But because the area under cultivation in Mexico does not exceed 1 500 ha, only a few studies have been conducted to determine the phenology and physiological response to various management practices. In general, when grafted trees are evaluated: growth, yield, fruit quality, vigor, incidence of pests and diseases, adaptation to the environment and mineral element content in the leaves are analyzed (Figueiredo *et al.*, 2002; Quijada *et al.*, 2002).

However, the effect of rootstock on the plant's growth is rarely considered (Ayala-Arreola *et al.*, 2010; Arrieta-Ramos *et al.*, 2010; Berdeja-Arbeu *et al.*, 2010). The leaf age and state of development are important to determine some morphological and physiological processes in plants (Horsley and Gottschalk, 1993). Likewise, to knowing the leaf area is critical in studies of nutrition and plant's growth since it can determine dry-matter accumulation, carbohydrate metabolism, yield and quality of the harvest, it's also necessary to assess the degree of assimilation of the plants (Bugarin *et al.*, 2002).

The leaf specific weight (LSW), determines the relative amount of photosynthetic tissue based on the weight of dry-matter per unit area, which is affected by the intensity and duration of light, it can be used as a simple way to measure photosynthesis in woody plants (Marini and Sowers, 1990). Furthermore, the thickness of the leaf may be related to the LSW due to the number of layers of palisade cells and the size of these, plus shading increases the size of the leaf's thickness decreases and alters the internal structure (Marini and Sowers, 1990).

Even though, the thickness of the leaf is affected by the species (Reyes-Santamaría *et al.*, 2000), environment (Ibarra, 2005), and the use of rootstock (Ayala-Arreola *et al.*, 2010), it is important to know it in mamey sapote, so it can be used as a reference for future researches. Because of this, the aim of this study was to evaluate the growth of leaves and shoots in mamey sapote's selections in the soil

de hojas y brotes en selecciones de zapote mamey, en las condiciones edafoclimáticas de Alpoeyca, Guerrero; para conocer el comportamiento fisiológico de árboles injertados de zapote mamey, procedentes de Yucatán y Alpoeyca, Guerrero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en una huerta comercial con fertirrigación, en el municipio de Alpoeyca, Guerrero, México; ubicada entre las coordenadas 17° 31' y 17° 40' de latitud norte y 98° 01' y 98° 31' de longitud oeste y 1 030 m de altitud. El clima de la región es del tipo (A) C(w), clima semicalido subhúmedo con lluvias en verano con temperatura media anual de 22 °C y precipitación de 698 mm (García, 1973).

Se utilizaron árboles injertados de zapote mamey de tres años y cuatro años de seis selecciones: 'El Regalo', 'Alfonso 15' y 'Nidito de Amor', procedentes de Guerrero, México; mientras que 'Magaña 1', 'Magaña 2' y 'Dany 66' de Yucatán, México. Establecidos a 68 m, el manejo agronómico que el productor da a la huerta, consistió en riegos ligeros cada tercer día con aproximadamente 40 L de agua por árbol, fertilización semanal (10 g planta<sup>-1</sup>) con la fórmula 18-46-00 o bien con 17-17-17.

Los árboles no fueron podados para conocer su vigor. Los deshierbes se realizaron en forma manual alrededor del árbol, pero cuando la maleza fue abundante se aplicó glifosato (Faena®) a dosis de 1.5 mL por litro de agua. Las variables evaluadas en los brotes y hojas de las selecciones de zapote mamey fueron las siguientes características.

**Cinética de crecimiento foliar.** Para conocer el tiempo que requieren las hojas desde que aparecen hasta que alcanzan el máximo crecimiento, en cinco árboles de la selección 'Nidito de Amor' se marcaron 10 brotes uniformes (30 a 40 cm de largo) y dos hojas por brote (n= 20 hojas). Debido que las hojas de mamey emergen en grupos a partir del ápice, no fue posible medirlas en los primeros cinco días debido a que se dañarían; por esta razón, se eligieron hojas que tenían de cinco a seis días de emergidas. Con una regla graduada en milímetros, las hojas fueron medidas semanalmente en largo y ancho. El ancho se midió en la parte media de la hoja. Esta variable se evaluó durante enero de 2009. Con los datos se graficó la cinética de crecimiento foliar hasta alcanzar el tamaño máximo.

and climatic conditions in Alpoeyca, Guerrero, in order to understand the physiological behavior of grafted mamey sapote trees, from Yucatán and Alpoeyca, Guerrero.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in a commercial orchard with fertigation, in the municipality of Alpoeyca, Guerrero, Mexico, located between coordinates 17° 31' y 17° 40' north latitude and 98° 01' y 98° 31' west longitude and 1 030 m of elevation. The climate of the region is of type (A) C (w), semi-warm humid climate with rains in summer with an average temperature of 22 °C and precipitation of 698 mm (García, 1973).

Grafted mamey trees were used, of three and four years old from six selections: 'El Regalo', 'Alfonso 15' y 'Nidito de Amor', from Guerrero, Mexico, while 'Magaña 1', 'Magaña 2' y 'Dany 66' from Yucatán, Mexico. Set at 6\*8 m, the agricultural management that the producer gives to the orchard consisted of light irrigation every other day with approximately 40 L of water per tree, weekly fertilization (10 g plant<sup>-1</sup>) with the formula 18-46-00 or 17-17-17.

The trees were not pruned to know their vigor. Weeding was done manually around the tree, but when the weed was abundant, glyphosate was applied (Faena®) at doses of 1.5 mL per liter of water. The variables evaluated in the buds and leaves of mamey sapote's selections were the following features.

**Kinetics of leaf growth.** In order to know the time required for the leaves from the moment they appear until they reach full growth in five trees of the selection 'Nidito de Amor', ten uniform buds were marked (30 to 40 cm long) and two leaves per shoot (n= 20 leaves). Because the leaves emerge in groups from the apex, it was not possible to measure in the first five days because it would've been harmed; for this reason we chose leaves that had five to six days. With a ruler graduated in millimeters, the leaves were measured weekly throughout. The width was measured in the middle of the leaf. This variable was assessed in January 2009. With this data, the kinetics of leaf growth was plotted, until reaching its maximum size.

**Bud growth.** Seven buds were measured every month during one year (35 to 60 cm), distributed in the periphery of the canopy of four trees of each selection. The shoots were

**Crecimiento de brotes.** Se midieron mensualmente durante un año 7 brotes (35 a 60 cm), distribuidos en la periferia del dosel de cuatro árboles de cada selección. Los brotes se marcaron con listones para identificarlos fácilmente. Con un flexómetro se midió la longitud del brote (cm), desde la base hasta el ápice, el dato de crecimiento en cada mes se obtuvo restando el dato de cada mes, al del mes anterior. Con los datos se graficó el crecimiento de los brotes durante el año.

**Peso específico de la hoja.** Se midió en los meses de junio, agosto y octubre (2009), en 12 hojas completamente desarrolladas, sanas y maduras provenientes de cuatro árboles (3 hojas por árbol), de cada selección. Se envolvieron en papel húmedo, se colocaron en bolsas de plástico y se trasladaron al laboratorio. El área foliar se midió con un integrador LICOR-3100® (LICOR, Inc. Lincoln, NE, USA), y el peso de materia seca (PMS) se determinó después de secar por 48 h a 80 °C. Con los datos de área foliar y peso de materia seca, el PEH se calculó con la ecuación: PEH= peso seco (mg)/área foliar (cm<sup>2</sup>).

**Grosor de la hoja.** Se midieron 10 hojas completamente sanas, desarrolladas y maduras, en cada una de las selecciones evaluadas. Las hojas se lavaron con agua destilada, se realizó un corte en la parte media, de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup>. Cada muestra se colocó en un micrótopo de congelación, se le agregó agua y se le aplicó CO<sub>2</sub> para solidificar la muestra. Posteriormente, el material se cortó con un micrótopo rotatorio de congelación (Spencer, Mod 820® American Optical Company; Massachusetts, USA).

En cada hoja se hicieron seis cortes, los cuales se colocaron en agua, se extendieron y se pusieron en portaobjetos; las mediciones de estos cortes se realizaron en la parte media, con un microscopio óptico (Carl Zeiss® SMT, Inc., New York, USA) con el objetivo de 10X y con un micrómetro ocular. El grosor se calculó con la fórmula: grosor de la hoja= unidad ocular\*7.5µm; donde: unidad ocular= valor observado en campo de 10X; 7.5 µm= factor para hacer los cálculos en campo de 10X.

Se realizaron análisis de varianza simple con base en un modelo completamente al azar. La comparación de medias se hizo con base a Tukey a nivel de significancia de  $\alpha \leq 0.05$ . Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9.0 (SAS, 2002).

marked with ribbons for easy identification. With a tape, the shoot's length (cm) from the base to the apex was measured; the growth data in each month was obtained by subtracting the data for each month of the previous month. The data was plotted on buds growth during the year.

**Specific weight of the leaves.** Measured in the months of June, August and October (2009), 12 fully developed leaves, healthy and mature trees from four trees (three leaves per tree) of each selection, wrapped in moist paper, placed in plastic bags and moved to the laboratory. The leaf area was measured with a LICOR-3100® integrator (LICOR, Inc. Lincoln, NE, USA), and the weight of dry-matter (DMW) was determined after drying for 48 h at 80 °C. With the data of leaf area and dry matter, the LSW was calculated with the equation: LSW= dry weight (mg)/leaf area (cm<sup>2</sup>).

**Thickness of the leaf.** Ten completely healthy leaves were measured, developed and mature in each of the evaluated selection. The leaves were washed with distilled water, making a cut in the middle, about 1 cm<sup>2</sup>. Each sample was placed in a freezing microtome, adding water and applying CO<sub>2</sub> to solidify the sample. Subsequently, the material was cut with a freezing rotary microtome (Spencer, Mod 820® American Optical Company, Massachusetts, USA).

In each leaf, six cuts were made, which were placed in water, spread and placed on slides; the measurements of these cuts were made in the middle, with a light microscope (Carl Zeiss® SMT, Inc., New York, USA) with a 10X objective and an ocular micrometer. The thickness was calculated using the formula: leaf thickness= 7.5µm ocular unit, where: ocular unit= value observed in the field of 10X; 7.5µm= factor for field calculation of 10X.

The analysis of variance was simple, based on a completely random model. The comparison of means was made based on Tukey significance level  $\alpha \leq 0.05$ . Analyses were performed using the SAS statistical package (Statistical Analysis System) version 9.0 (SAS, 2002).

## RESULTS AND DISCUSSION

**Kinetics of leaf growth.** In Alpayeca, Guerrero, mamey sapote's leaves reach maximum size between 35 and 42 days after emergence. In selecting 'Nidito de Amor', at 7 days

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

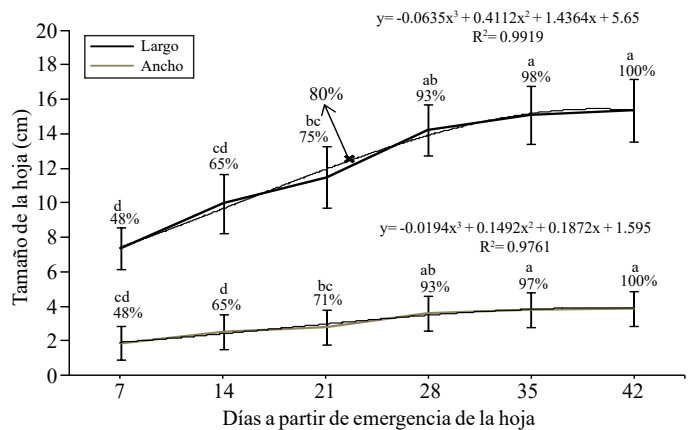
**Cinética de crecimiento foliar.** En Alpoeyca, Guerrero, las hojas de zapote mamey alcanzan el tamaño máximo entre 35 y 42 días después de la emergencia. En la selección ‘Nidito de Amor’, a 7 días las hojas ya tenían 48% del tamaño final y a 28 días el 93% (Figura 1). El tamaño máximo se alcanzó a cuatro semanas, a partir de ese momento no presentó diferencias ( $p \leq 0.05$ ). El promedio de largo de las hojas evaluadas fue de 15.4 cm y el ancho de 3.9 cm. Las ecuaciones polinómicas de tercer orden que relacionan el largo y ancho con la edad de la hoja presentaron alto valor de bondad de ajuste ( $R^2 \geq 0.99$  para largo y  $R^2 \geq 0.97$  para ancho).

Si consideramos lo indicado por Kennedy y Johnson (1981) en manzano y por Whiley (1990) en aguacate, se espera que las hojas de zapote mamey sean autosuficientes fotosintéticamente a 23 días cuando alcanzan 80% del tamaño. Es importante mencionar que esta variable se evaluó en enero, donde las temperaturas son menores que en la época de mayor crecimiento; por lo que, es posible que en otras épocas del año requiera de menos tiempo.

**Crecimiento de brotes.** El zapote mamey tiene crecimiento vegetativo principalmente en la parte terminal del brote, lugar donde se ubican las hojas, las cuales caen al final de cada ciclo en árboles adultos; por lo que, esta especie se considera caducifolia en condiciones de Alpoeyca, Guerrero. En la Figura 2 se observa que el crecimiento vegetativo de los árboles de tres años es constante durante el año. La selección ‘Magaña 1’ fue la que presentó mayor crecimiento (72 cm), seguida de ‘Magaña 2’ (65 cm) y finalmente ‘El Regalo’ con 62 cm. Los meses donde los brotes crecieron más fue de junio a septiembre para los tres materiales, esto coincide con la época de lluvias y con incremento de temperatura.

Como el crecimiento vegetativo no había sido evaluada en esta especie, se consideró la información de otros frutales. En mango, Avilan *et al.* (2000) observaron que el crecimiento de brotes es rítmico con tres o cuatro flujos vegetativos de 30 a 40 días de duración cada uno, en un año; pero esta característica puede ser modificada por la poda, ya que árboles podados, desarrollaron hasta cuatro flujos de crecimiento en nueve meses, mientras que los árboles sin poda presentaron de uno a dos flujos. En aguacate el crecimiento también ocurre en forma de flujos vegetativos

the leaves had 48% of the final size and, at 28 days, 93% (Figure 1). The maximum size is reached four weeks later from that time; presenting no difference at all ( $p \leq 0.05$ ). The average length of the leaves was assessed 15.4 cm and width of 3.9 cm. The third-order polynomial equations relating the length and width with the leaf's age showed high value of adjustment ( $R^2 \geq 0.99$  for length and  $R^2 \geq 0.97$  for width).



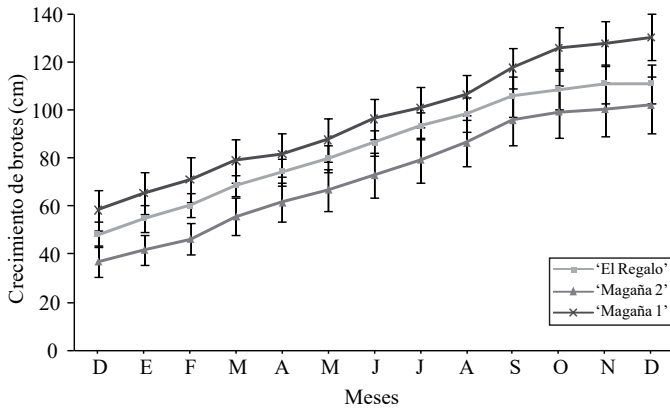
**Figura 1. Cinética del crecimiento en hojas de zapote mamey, selección ‘Nidito de Amor’. Alpoeyca, Guerrero 2009 (n= 20 hojas).** Medias con la misma letra en cada punto, no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ). (x= 80% del tamaño de la hoja).

**Figure 1. Kinetics of leaf growth in mamey, selection ‘Nidito de Amor’. Alpoeyca, Guerrero 2009 (n= 20 leaves).** Means with the same letter in each point are not significantly different ( $p \leq 0.05$ ). (X= 80% the size of the leaf).

Consider that indicated by Kennedy and Johnson (1981) in apple and, Whiley (1990), in avocado, is expected that mamey's leaves would be photosynthetically self-sufficient at 23 days when reaching 80% of its size. It is noteworthy that, this variable was assessed in January, where temperatures are lower than in the period of greatest growth, so it is possible that in other seasons requires less time.

**Bud growth.** Mamey sapote is primarily of vegetative growth at the end of the bud, where the leaves lie, which falls at the end of each cycle in adult trees: therefore, this species is considered deciduous in Alpoeyca, Guerrero. The Figure 2 shows that, the natural growth of the 3-year old trees is constant throughout the whole year. The selection ‘Magaña 1’ presented the highest growth (72 cm), followed by ‘Magaña 2’ (65 cm) and finally ‘El Regalo’ with 62 cm. The months where the buds grew best were from June to September for the three materials; this coincides with the rainy season and with increasing temperature.

y dependiendo de las condiciones climáticas, así como de la carga de fruto en el árbol, se pueden presentar de dos a cuatro flujos al año (Salazar-García *et al.*, 2006).



**Figura 2. Crecimiento de brotes vegetativos en árboles injertados de zapote mamey de tres años, Alpoeyca, Guerrero, 2009.**

**Figure 2. Vegetative bud growth in three year old mamey grafted trees Alpoeyca, Guerrero, 2009.**

Al igual que en las especies anteriores, en zapote mamey el crecimiento de brotes ocurre en dos flujos de crecimiento al año, presentándose: uno en junio-septiembre y el otro de diciembre a febrero y las plantas no se defolían. Sin embargo, Ibarra (2005) reportó que en Alpoeyca, Guerrero. El crecimiento vegetativo se presenta de enero a mayo una vez que los árboles renovaron sus hojas.

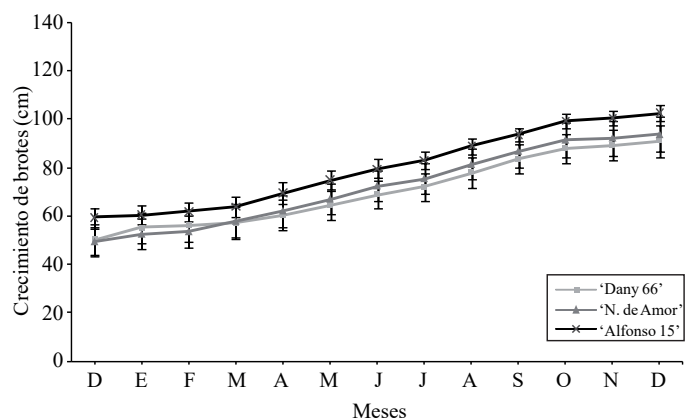
Las selecciones de 4 años, tuvieron comportamiento diferente, 'Nidito de Amor' creció más (44 cm), seguido de 'Alfonso 15' (43 cm) y finalmente 'Dany 66' (40 cm), estas selecciones detuvieron el crecimiento entre enero y marzo, posteriormente fue constante hasta diciembre (Figura 3). Esto se debió que el crecimiento de los brotes es afectado por otros órganos que demandan carbohidratos como los frutos, siendo los competidores más fuertes, al reducir el crecimiento vegetativo, tal como lo observaron Sanz *et al.* (1987) en hojas de naranjo 'Navel' donde ocurren cambios en elementos minerales y carbohidratos durante el crecimiento vegetativo.

Otros factores, pueden ser las reservas de la planta, agua y nuevos fotosintetizados, además del ambiente, temperatura, luz y fotoperíodo (Sanz *et al.*, 1987). Generalmente hay una etapa de crecimiento acelerado que después decae y finalmente cesa, por fenómenos correlativos

Since the vegetative growth was not evaluated in this species, we considered the information from other fruit. In mango, Avilan *et al.* (2000) observed that, the bud growth is rhythmic with three or four vegetative flows from 30 to 40 days of duration each year, but this feature can be modified by pruning, since pruned-trees develop up to four growth streams in nine months, while non-pruned trees had one or two streams. In avocado, growth also occurs as vegetative flows depending on weather conditions and the load of fruit on the tree, there may be two or four flows per year (Salazar-García *et al.*, 2006).

As in the previous species, in mamey sapote the buds growth occurs in two growth streams per year, presenting, one in June-September and the other from December to February and the plants do not defoliate. However, Ibarra (2005) reported that in Alpoeyca, Guerrero, vegetative growth occurs from January to May when the trees renewed their leaves.

The 4 year old selections had a different behavior, 'Nidito de Amor' grew faster (44 cm), followed by 'Alfonso 15' (43 cm) and finally 'Dany 66' (40 cm), these selections stopped growing between January and March, then was constant until December (Figure 3). This is due that the buds growth is affected by other organisms that require carbohydrates like the fruits, being the strongest competitors, reducing vegetative growth, as observed by Sanz *et al.* (1987) in leaves of orange 'Navel' where changes occur in minerals and carbohydrates during vegetative growth.



**Figura 3. Crecimiento de brotes vegetativos en árboles injertados de zapote mamey de cuatro años, Alpoeyca, Guerrero, 2009.**

**Figure 3. Vegetative bud growth in four year old mamey grafted trees, Alpoeyca, Guerrero, 2009.**

como competencias e inhibiciones relacionadas con hojas, engrosamiento de tallo, brotes, tejidos de ramas, crecimiento de raíces y frutos o por condiciones ambientales desfavorables y acortamiento de los días (Forshey *et al.*, 1987). Cabe indicar que en cítricos, durante la primavera se presenta floración y crecimiento vegetativo simultáneamente (Reyes *et al.*, 2000).

En zapote mamey durante la primavera solo ocurre crecimiento vegetativo (Davenport y O'Neal, 2001), Cabe indicar que durante junio, julio y agosto, las plantas de zapote mamey presentan floración y tiene frutos del año anterior en desarrollo y desde septiembre hasta la cosecha, las plantas tienen frutos del año anterior (más de 14 meses) y frutos en desarrollo de 2 a 4 cm de diámetro, esta etapa fenológica en Alpoyecá, Guerrero, coincide con la detención del crecimiento y defoliación de las plantas, que dependiendo de la selección puede ocurrir desde diciembre hasta abril.

También se observó que los árboles de tres años presentaron mayor crecimiento de brotes que en árboles de cuatro años. En ambos casos se aprecia el efecto de la edad ya que Ibarra (2005), en árboles sin injertar de zapote mamey de 12 a 20 años, en Alpoyecá, Guerrero; encontró que el mayor crecimiento fue de enero a mayo, y puede ser de dos formas, el primero ocurre gradualmente mientras avanza la defoliación, y el segundo inicia hasta que la rama está completamente defoliada.

La longitud de brotes que observó fue de 3 cm hasta 22 cm durante seis meses de evaluación. Por otra parte, Granados (1995), en el Peten, Guatemala, observó longitudes entre 14 y 31.6 cm en la misma especie, esto puede deberse que las condiciones climáticas en donde se desarrollaron las plantas son más favorables para su crecimiento, ya que es uno de los sitios de origen del zapote mamey, mientras que Alpoyecá, Guerrero; se encuentra a mayor altitud (1 050 m) y latitud lo que puede afectar negativamente el desarrollo de las plantas.

El mayor crecimiento vegetativo en las plantas de tres años, se presentó en el periodo comprendido de junio a septiembre, mientras que las de 4 años en los meses de abril a agosto, lo cual puede estar relacionado con la floración que se presenta durante este mes. Damián-Nava *et al.* (2004) observaron en guayabo que la brotación de primavera (abril a junio) fue mínima, comparada con la de invierno que fue máxima. Además detectaron tres puntos importantes de brotación vegetativa en el año; dos en verano, y el mayor en invierno.

Other factors may be the reserves of the plant, water and new photoassimilates, besides the environment, temperature, light and photoperiod (Sanz *et al.*, 1987). There is usually a stage of accelerated growth that eventually declines and finally ceases, due correlative phenomena such as competitions and inhibitions associated with leaves, thickened stems, buds, tissues of branches, roots and fruit growth or unfavorable environmental conditions and shortening days (Forshey *et al.*, 1987). It is noteworthy that, in citrus during the spring, flowering and vegetative growth are simultaneously presented (Reyes *et al.*, 2000).

In mamey, during the spring only occurs the vegetative growth (Davenport and O'Neal, 2001) it is noteworthy that during June, July and August, mamey plants have are flowering and develop fruits from September to the harvest, the plants bear fruit from the last year (more than 14 months) and develop fruits from 2 to 4 cm in diameter, this phenological stage in Alpoyecá, Guerrero, coincides with the growth termination and defoliation of the plants, depending on selection may occur from December to April.

It was also noted that, three year old trees had a higher bud growth than the 4 year old. In both cases the age effect it's shown, as Ibarra (2005), in un-grafted trees of mamey sapote, 12- 20 years old in Alpoyecá, Guerrero; found that, the highest growth was from January to May, and it can be in two different ways, the first one occurs gradually with the defoliation progresses, and the second one starts until the branch is completely defoliated.

The bud length was observed by 3 cm to 22 cm for six-month of the evaluation. On the other hand, Granados (1995), in the Peten, Guatemala, observed lengths between 14 and 31.6 cm in the same species, this may be due the more favorable climatic conditions where the plants are developed, as it is one of the sites of origin of mamey sapote, while Alpoyecá, Guerrero is found at a higher elevation (1 050 m) and latitude, which may adversely affect the plant's growth.

The highest vegetative growth on three year old plants appeared in the period from June to September, while the four year old plants in the months from April to August, which may be related to flowering that occurs during this month. Damián-Nava *et al.* (2004) observed in guava that, the sprout in spring (April to June) was minimal compared to the winter, which was the highest. Three major points of vegetative growth in the year were also detected; two in summer and the highest in Winter.

Las tasas más altas de alargamiento de brotes se registraron en septiembre (0.32 cm d<sup>-1</sup>) y de diciembre a febrero (0.28 cm d<sup>-1</sup>). Con base en lo anterior, para la evaluación de esta variable se deben considerar, edad de la planta, condiciones donde se desarrolla y manejo agronómico. En zapote mamey es importante que se evaluara en plantas injertadas con desarrollo en condiciones ambientales favorables, para definir número de flujos y tamaño de los mismos, dado que este aspecto es fundamental para el manejo de la especie.

**Peso específico de la hoja.** En el Cuadro 1 se observa que en el índice de área foliar (IAF), peso de materia fresca (PMF) y seca (PMS), ‘El Regalo’ fue superior ( $p \leq 0.01$ ) a las demás selecciones. Para el PEH ‘Magaña 2’ fue igual a ‘Magaña 1’, ‘El Regalo’ y ‘Alfonso 15’ pero diferentes a ‘Nidito de Amor’ y ‘Dany 66’ ( $p \leq 0.01$ ); el cual presentó el menor valor en todas las variables mencionadas. El IAF y PEH pueden ser modificadas por el portainjerto (Arrieta-Ramos *et al.*, 2010; Berdeja-Arbeu *et al.*, 2010) y por la época del año (Castillo-González *et al.*, 1998), por lo que es conveniente conocer el comportamiento de la especie respecto a las etapas fenológicas, para poder realizar los muestreos en épocas más apropiadas.

The highest rates of elongation of buds were recorded in September (0.32 cm d<sup>-1</sup>) and from December to February (0.28 cm d<sup>-1</sup>). Based on this, for the evaluation of this variable should be considered, the plant’s age, conditions where it develops and the agronomic management. In mamey is important to evaluate the development in grafted plants under favorable environmental conditions, to define the number of flows and their size, as this aspect is fundamental for the management of the species.

**Leaf specific weight.** The Table 1 shows that the leaf area index (LAI), fresh matter weight (FMW) and dry (DMW), ‘El Regalo’ was higher ( $p \leq 0.01$ ) to the other selections. For the LSW ‘Magaña 2’ was equal to ‘Magaña 1’, ‘El Regalo’ and ‘Alfonso 15’ but different ‘Nidito de Amor’ and ‘Dany 66’ ( $p \leq 0.01$ ), which had the lowest value of all the variables. The LAI and LSW may be modified by the rootstock (Arrieta-Ramos *et al.*, 2010; Berdeja-Arbeu *et al.*, 2010) and by the age of the year (Castillo-González *et al.*, 1998), making it desirable to know the behavior of the species for phenological stages, in order to make the most appropriate sampling in time.

**Cuadro 1. Comparación de medias de 36 hojas en seis selecciones injertadas de zapote mamey en Alpoeyca, Guerrero.**  
**Table 1. Mean comparisons of 36 leaves in six grafted selections the mamey sapote in Alpoeyca, Guerrero.**

Selección	IAF (cm <sup>2</sup> )	PMF (g)	PMS (g)	PEH (mg cm <sup>2</sup> )
‘El Regalo’	170.8 a	5.9 a	2.3 a	13.3 abc
‘Magaña 1’	143.5 b	5 b	2 b	13.6 ab
‘Nidito de Amor’	134.3 bc	4.39 cd	1.7 bc	12.8 bc
‘Alfonso 15’	133.7 bc	4.4 bcd	1.8 b	13.2 abc
‘Magaña 2’	126.2 c	4.4 bc	1.8 b	14.2 a
‘Dany 66’	120.4 c	3.7 d	1.5 c	12.4 c
$\bar{X}$	138.1	4.6	1.8	13.3
CV (%)	15.8	20.5	21.1	12.4
DMS	14.8	0.6	0.3	1.1

IAF= índice de área foliar; PMF= peso de materia fresca; PMS= peso de materia seca; PEH= peso específico de la hoja. Medias con distinta letra en la misma columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Estos resultados difieren de los obtenidos por Ibarra (2005), en hojas de zapote mamey sin injertar de 12 a 20 años encontró PEH de 5.6 a 10.8 mg cm<sup>2</sup>, los cuales son inferiores a los obtenidos en esta investigación. Es importante señalar que Ibarra (2005) no menciona la época en que realizó las evaluaciones, debido que PEH es una variable que se modifica con la época del año, se debe evaluar de 3 a 4 veces para observar el comportamiento.

These results differ from those obtained by Ibarra (2005), in leaves of un-grafted mamey, 12 to 20 years old found LSW from 5.6 to 10.8 mg cm<sup>2</sup>, which are lower than those obtained in this investigation. Importantly, Ibarra (2005) does not mention the time he made the assessments, because that LSW is a variable that changes over time and should be assessed from three to four times to observe the behavior.



Reyes-Santamaría *et al.* (2000) en dos cultivares de naranjo ('Valencia' y 'Mars') observaron que ambas presentaron variación anual similar en el PEH, y que el mayor valor se observó en los meses de octubre a febrero, época en la cual la planta debió acumular mayor cantidad de carbohidratos para utilizarlos en la diferenciación floral, crecimiento vegetativo inicial y fructificación como lo sugieren, Marini y Sowers (1990) en manzano (*Malus pumila* Mill) y Castillo-González *et al.* (1998) en aguacate (*Persea americana*).

**Grosor de hoja.** En el Cuadro 2, se observa que 'El Regalo' fue igual ( $p \leq 0.01$ ) a 'Magaña 2' y 'Magaña 1' pero diferentes a las demás selecciones, 'Dany 66' presentó el menor valor. En trabajos previos, en plantas de zapote mamey sin injertar, Ibarra (2005) encontró que el grosor de las hojas oscilaban entre 203.9 y 250.3  $\mu\text{m}$ , en este caso el grosor fue de 249.6 a 291.6  $\mu\text{m}$ , las diferencias pueden ser atribuidas a la edad de las plantas y al manejo, ya que los materiales utilizados en esta investigación fueron regados dos veces por semana y fertilizados con mayor frecuencia. Mientras que los utilizados por Ibarra (2005) se regaban cada 15 días y no eran fertilizados.

Reyes-Santamaría *et al.* (2000) mencionan que el grosor de la hoja varía entre especies (297.6 y 347.6  $\mu\text{m}$ ). Otro factor que modifica las características anatómicas de la hoja, es la injertación, tal como lo observaron Ayala-Arreola *et al.* (2010) en aguacate, encontraron que el grosor de la epidermis superior e inferior y el parénquima en empalizada, se incrementó significativamente con el uso de portainjertos e interinjertos.

Si consideramos que el PEH puede relacionarse con el grosor de la hoja, debido al número de capas de células en empalizada y tamaño de estas (Marini y Sowers, 1990), entonces se puede decir que 'Dany 66' posee menor cantidad de tejido fotosintético por hoja, debido que es la selección que presentó menor grosor; en consecuencia, debería presentar menor tasa fotosintética, mientras que 'El Regalo' presenta el valor más alto, debería tener mayor tasa fotosintética, es necesario observar cómo se comportan estos materiales injertados en producción, ya que 'El Regalo' es un árbol muy productivo y 'Dany 66' ha tenido crecimiento lento y aun no entra en producción.

## CONCLUSIONES

En Alpoeyca, Guerrero, las hojas de zapote mamey alcanzan el tamaño máximo a los 42 días; no obstante, después de los 23 días tienen más de 80% del tamaño y pueden ser

Reyes-Santamaría *et al.* (2000) in two orange cultivars ('Valencia' and 'Mars') found that both had similar annual variation in the LAI, and the highest value was observed in the months of October to February, at the time when the plant had a greater quantity of carbohydrates to use in floral differentiation, early vegetative growth and fruiting as suggested, Marini and Sowers (1990) in apple (*Malus pumila* Mill) and Castillo-González *et al.* (1998) in avocado (*Persea americana*).

**Leaf thickness.** The Table 2 shows that 'El Regalo' was equal ( $p \leq 0.01$ ) to 'Magaña 2' and 'Magaña 1' but different from the other selections, 'Dany 66' had the lowest value. In previous works, in plants without grafting mamey, Ibarra (2005) found that the thickness of the leaves ranged between 203.9 and 250.3 microns, in this case the thickness was 249.6 to 291.6  $\mu\text{m}$ , the differences can be attributed to age plant and management, as the materials used in this research were watered twice a week and fertilized more frequently. While used by Ibarra (2005) were irrigated every 15 days and were not fertilized.

### Cuadro 2. Comparación de medias para grosor de hojas ( $\mu\text{m}$ ) en seis selecciones injertadas de zapote mamey en Alpoeyca, Guerrero.

Table 2. Mean comparisons for leaf thickness ( $\mu\text{m}$ ) in six grafted mamey sapote selections in Alpoeyca, Guerrero.

Tratamiento	Grosor de hojas ( $\mu\text{m}$ )
'El Regalo'	291.6 a
'Magaña 2'	289.5 a
'Magaña 1'	288.1 a
'Nidito de Amor'	255.6 b
'Alfonso 15'	255 b
'Dany 66'	249.6 b
$\bar{X}$	271.6
CV (%)	9.1
DMS	13

Medias con distinta letra en la columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

Reyes-Santamaría *et al.* (2000) mentioned that, the thickness of the leaves vary between species (297.6 and 347.6  $\mu\text{m}$ ). Another factor that modifies the anatomy of the leaf is the grafting, as observed by Ayala-Arreola *et al.* (2010) in avocado, found that the thickness of the upper and lower epidermis and palisade parenchyma was significantly increased with the use of.

autosuficientes fotosintéticamente. Los brotes de plantas juveniles tienen mayor crecimiento que las plantas en producción. El mayor crecimiento de brotes en plantas juveniles es de junio a septiembre, mientras que en plantas adultas es de abril a agosto. 'El Regalo' colectado en Alpoyecá, Guerrero; presentó los mejores valores de área foliar, peso de materia fresca y seca, así como grosor de hoja, 'Dany 66' de Yucatán, los valores menores. El PEH se modifica con la época del año, por lo que se debe evaluar de tres a cuatro veces para tener resultados confiables.

## LITERATURA CITADA

- Arrieta-Ramos, B. G.; Villegas-Monter, A.; Hernández-Bautista, A.; Rodríguez-Mendoza, Ma.; Ruiz-Posadas, L. y García-Villanueva, E. 2010. Estomas y vigor de naranjo 'Valencia' injertado en portainjertos tolerantes al virus de la tristeza de los cítricos. *Rev. Fitotec. Mex.* 33:257-263.
- Avilan, L.; Marín, C.; Rodríguez, M. y Ruíz, J. 2000. Comportamiento de los brotes de mango en plantas tratadas con diferentes intensidades de poda, paclobutrazol y nitrato de potasio. *Agronomía Tropical.* 50:347-360.
- Ayala-Arreola, J.; Barrientos-Priego, A.; Colinas-León, M. T.; Sahagún-Castellanos, J. y Reyes-Alemán, J. C. 2010. Relaciones injerto-interinjerto y características anatómicas y fisiológicas de la hoja de cuatro genotipos de aguacate. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 16:147-154.
- Berdeja-Arbeu, R.; Villegas-Monter, A.; Ruíz-Posadas, L. M.; Sahagún-Castellanos, J. y Colinas-León, M. T. 2010. Interacción lima persa-portainjertos, efecto en características estomáticas de hoja y vigor de árboles. *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 16:91-97.
- Bugarin, M. R.; Spínola, A. G.; García, P. S. y Paredes, D. G. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. *Terra.* 20:401-409.
- Castillo-González, A. M.; Colinas-León, M. T.; Ortega-Delgado, M. L.; Martínez-Garza, A. y Avitia-García, E. 1998. Variación estacional de carbohidratos en hojas e inflorescencias de aguacatero (*Persea americana* Mill.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* 4:13-18.
- If we consider that the LSW may be related to the thickness of the leaf, due to the number of layers of palisade cells and size of these (Marini and Sowers, 1990), then it can be said that 'Dany 66' has a lower amount of photosynthetic leaf tissue, because the selection is thinner, and therefore it would have a lower photosynthetic rate, meanwhile 'El Regalo' presents the highest value, presenting a greater photosynthetic rate necessary to observe how these materials behave in the grafted production as 'El Regalo' is a very productive tree and, 'Dany 66' has had slow growth and is not yet in production.

## CONCLUSIONS

In Alpoyecá, Guerrero, mamey sapote's leaves reach a maximum size at 42 days; however, after 23 days they've got more than 80% of their final size and can be photosynthetically self-sufficient. Buds of young plants have a higher growth in production plants. The greatest growth of buds in young plants from June to September, while in adult plants from April to August. 'El Regalo' collected in Alpoyecá, Guerrero, presented the best values of leaf area, fresh weight and dry matter and leaf thickness, 'Dany 66' from Yucatán, had the lower values. The LSW is changed over time, so it's necessary to assessed three to four times to get more reliable results.

*End of the English version*



- Damián-Nava, A.; González-Hernández, V. A.; Sánchez-García, P.; Peña-Valdivia, C. B.; Livera-Muñoz, M. y Brito-Guadarrama, T. 2004. Crecimiento y fenología del guayabo (*Psidium guajava* L.) cv. 'Media China' en Iguala, Guerrero. *Rev. Fitotec. Mex.* 27:349-358.
- Davenport, T. L. and O'Neal, J. 2001. Flowering and fruit development patterns of five mamey sapote cultivars in South Florida. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 44:56-59.
- Figueiredo, J.; Sánchez, S.; Donadio, L.; Sobrinho, J.; Laranjeira, F.; Pio, M. y Sempionato, O. 2002. Porta-enxertos para a lima-ácida-Tahiti na região de Bededouro, sp. *Revista Brasileira de Fruticultura.* 24:155-159.

- Forshey, C.; Weires, R. and Van-Kir, J. 1987. Seasonal development of the leaf canopy of 'Macspur McIntosh' apple trees. *HortScience*. 20:881-883.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. D. F., México. 246 pp.
- Granados, F. 1995. Algunas selecciones de zapote (*Pouteria sapota*) en Guatemala. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 39:115-118.
- Horsley, S. B. and Gottschalk, K. 1993. Leaf area and net photosynthesis during development of *Prunus serotina* seedlings. *Tree Physiology*. 12:55-69.
- Ibarra, E. M. E. 2005. Morfología de hojas y fenología en selecciones de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) de Alpoyeca, Guerrero y Cazonas Ver. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 60 p.
- Kennedy, R. A. and D. Johnson. 1981. Changes in photosynthetic characteristics during leaf development in apple. *Photosynth. Res.* 2:213-223.
- Marini, R. P. and D. L. Sowers. 1990. Net photosynthesis, specific leaf weight and flowering of peach as influenced by shade. *HortScience*. 25:331-334.
- Quijada, O.; Jiménez, O.; Matheus, M. y Monteverde, E. 2002. Evaluación de limero 'Tahiti' sobre 10 portainjertos en la planicie de Maracaibo. *Rev. Fac. Agron.* 19:173-184.
- Reyes-Santamaría, M.; Villegas-Monter, A.; Colinas-León, M. T. y Calderón-Zavala, G. 2000. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. *Agrociencia*. 34:49-55.
- Salazar-García, S.; Cossio, L.; Lovatt, C.; González, J. and Pérez, M. H. 2006. Crop load affects vegetative growth flushes and shoot age influences irreversible commitment to flowering of 'Hass' avocado. *HortScience*. 41:1541-1546.
- Sanz, A.; Monerri, C.; González-Ferrer, J. and Guardiola, J. L. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruit set. *Plant Physiol.* 69:93-98.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2002. SAS software release 9.0 SAS Institute Inc. Cary NC. USA.
- Whiley, A. W. 1990. CO<sub>2</sub> assimilation of developing shoots of cv. Hass avocado (*Persea americana Mill.*) a preliminary report. *South African Avocado Growers Association. Yearbook.* 13:28-30.