

CARACTERIZACIÓN DE FRUTOS DE ZAPOTE MAMEY (*Pouteria sapota*) EN EL SUROESTE DEL ESTADO DE MORELOS

A. Gaona-García¹; I. Alia-Tejaca¹;
V. López-Martínez¹; M. Andrade-Rodríguez¹;
M. T. Colinas-León²; O. Villegas-Torres¹

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Avenida Universidad Núm. 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. MÉXICO.
Correo-e: ijac96@yahoo.com.mx (¹Autor responsable).

²Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
Km. 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

RESUMEN

El zapote mamey es un frutal que se produce en el suroeste del estado de Morelos y representa un gran potencial para su explotación comercial; sin embargo, actualmente no se tienen variedades establecidas de esta especie en México. En el presente estudio se determinó la variabilidad en las características de los frutos, para trabajos posteriores en selección de materiales promisorios en la región Suroeste del estado de Morelos. Se evaluaron 19 materiales, con base en las dimensiones del fruto, índice de relación longitud/diámetro (L/D) del fruto, la masa del fruto, cáscara, semilla y pulpa, así como el grosor de la cáscara y pulpa, los componentes del color de la pulpa (luminosidad, cromaticidad y matiz) y el contenido de sólidos y azúcares solubles totales. El peso del fruto, cáscara y pulpa fueron las variables con mayor coeficiente de variación, entre 25 y 41 %, y junto con el número de semillas (CV: 46 %) ayudaron a la formación de seis grupos. Los grupos 1, 2 y 4 integraron a los materiales con mayor potencial hortícola. El grupo 1 se formó por los materiales pequeños, ovados (L/D: 1.5) y con valores altos de sólidos solubles y azúcares totales (24.5 °Brix y 123.4 mg·g⁻¹); los frutos del grupo 2 son pequeños, lanceolados (L/D: 1.9) con una sola semilla y de pulpa cercana al color rojo (ángulo matiz: 66.8); y los frutos del grupo 4 fueron de tamaño mediano, pulpa color naranja (ángulo matiz: 69.9) y con los valores mayores de sólidos solubles y de azúcares totales (30.2 °Brix y 131.2 mg·g⁻¹) de todos los materiales evaluados. La presencia de frutos de tamaño pequeño (300-500 g) y mediano (500-700 g) sugiere que existen materiales promisorios para diferentes mercados (fresco y procesado).

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: diversidad, Sapotaceae, recursos filogenéticos.

CHARACTERIZATION OF SAPOTE MAMEY FRUITS (*Pouteria sapota*), IN THE SOUTHWEST REGION OF MORELOS

ABSTRACT

Sapote mamey is a fruit tree grown in the southwest region of Morelos State, Mexico. Its fruit have a great commercial potential, however, there are none Mexican commercial cultivars. In this study, the fruit characteristics variability was evaluated, to use it later as a basis to continue studying the selection of potentially useful materials for that region. Nineteen materials were evaluated; based on fruit dimensions, fruit length/diameter ratio; fruit, seed, and pulp weight, as well as peel and pulp thickness, the pulp color components (luminosity, chrome and hue), total soluble solids, and total soluble sugars. Fruit, peel, and pulp weight were the variables with the highest variation coefficient, between 25 and 41 %, which together with seed number (CV 46 %) were responsible for the integration of 6 groups. Groups 1, 2 and 4 were created with the highest horticultural potential genotypes. Group 1 is formed by small fruits, ovoid (L/D: 1.5) and with the highest values in total soluble solids, and total soluble sugars (24.5 °Brix and 123.4 mg·g⁻¹); fruits in group 2 are also small, ovoid (L/D 1:6) with just one seed, color pulp closer to red (hue angle 66.8); and fruits from group 4 have medium size, orange pulp color (hue angle 69.9) and the highest values of all the materials evaluated in total soluble solids and total soluble sugars (30.2 °Brix and 131.2 mg·g⁻¹). The presence of small (300-500 g) and medium (500-700 g) fruits, suggests the existence of potential materials for different markets (fresh and processed).

ADDITIONAL KEY WORDS: diversity, Sapotaceae, plant genetic resources.

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-Borys, 2001). La investigación de los recursos fitogenéticos se ha convertido en una prioridad científica, sobre todo de aquellos poco estudiados y con potencial comercial (Nuñez-Colín *et al.*, 2004), una de estas especies es el zapote mamey de la cual se tienen establecidas 1,284 ha en el país, distribuidas en los estados de Yucatán, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Tabasco, Veracruz y Morelos (SIACON, 2004).

El fruto del árbol de zapote mamey es consumido en fresco y es muy apreciado por sus características organolépticas (Pennington y Sarukhán, 1998). Popenoe (1948) indica que el centro de origen del zapote mamey es el sur de México y las tierras bajas de Centroamérica. En México se encuentra distribuido en todas las zonas tropicales, como parte integrante de la selva alta perenifolia, o cultivado con otros frutales, en huertas de poca extensión (Toral, 1988). Los aspectos más estudiados en esta especie se han enfocado a su propagación vegetativa (Malo, 1970; Granados, 1990; Cen *et al.*, 1998), crecimiento del fruto (Arenas *et al.*, 2003; Sandoval *et al.*, 2006) y evaluación de la maduración poscosecha de los frutos (Arriola *et al.*, 1976; Villanueva-Arce *et al.*, 2000; Díaz-Pérez *et al.*, 2003; Alia-Tejacal *et al.*, 2000), tecnologías poscosecha como: refrigeración (Díaz-Pérez *et al.*, 2000; Alia-Tejacal *et al.*, 2002; Alia *et al.*, 2005 a y b; Martínez *et al.*, 2006), atmósferas modificadas (Ramos-Ramírez *et al.*, 2006) y controladas (Manzano, 2001); aceleradores (Saucedo-Veloz *et al.*, 2001) o inhibidores de su maduración (Ergun *et al.*, 2005); así como el control de plagas cuarentenarias que restringen la comercialización del fruto en fresco (Díaz-Pérez *et al.*, 2001; Granados-Friely y Villagran, 1996; Granados-Friely y Utrera-García, 1996; Yahia y Ariza, 2003).

También se han realizado trabajos relacionados con la caracterización de este recurso fitogenético en países centroamericanos (Azurdía *et al.*, 1995; Granados, 1995; Azurdía *et al.*, 1997; Gazel *et al.*, 1999) y en México en los estados de Michoacán (Bayuelo y Ochoa, 2006) y Guerrero (Espinos *et al.*, 2005). Bayuelo y Ochoa (2006) mencionan

de la importancia regional de este recurso genético, y de la escasa investigación en México en torno a su diversidad genética y manejo agronómico, por lo cual un mejor conocimiento de la diversidad genética de esta especie podría favorecer su cultivo.

En el estado de Morelos se cuenta con microclimas donde se desarrolla el zapote mamey, principalmente Coatlán del Río y Tetecala (Villanueva *et al.*, 2000), en esta región se tienen establecidas 26.28 ha, en su mayoría a pie franco y representa una entrada en la generación de divisas para la región (Gaona-García *et al.*, 2005). En Morelos no se han realizado trabajos de caracterización de los árboles con base en características morfológicas, físicas y químicas del fruto que ayuden a determinar materiales promisorios para su explotación comercial o con la finalidad de conocer la variabilidad existente en la región, por lo cual en el presente trabajo se evaluaron características morfológicas, físicas y químicas de los frutos de árboles de zapote mamey en el suroeste del estado de Morelos para identificar caracteres de importancia que ayuden a la formación de grupos a través de métodos multivariados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron colectas de frutos en la región suroeste del estado de Morelos, durante el periodo de noviembre de 2004 a abril de 2005, en total se colectaron frutos de 19 árboles distribuidos en las comunidades de Coatlán del Río (7), Tetecala (11) y Cuautlita (1) (Cuadro 1).

Los frutos se colectaron de árboles criollos, en huertas de productores que previamente tenían ubicados materiales con características del fruto atractivas para su comercialización. En cada árbol se cortaron manualmente entre 10 y 13 frutos en madurez fisiológica, se utilizó el índice de cosecha empleado por los productores de la región, que consiste en eliminar una pequeña porción de la cáscara en el ápice y base del fruto; cuando la pulpa muestra una coloración rosanaranja se cosecha y alcanzará madurez de consumo (Alia *et al.*, 2005a). Los frutos se transportaron al Laboratorio de Producción Vegetal de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, donde se maduraron en una incubadora a 25 °C y 80 % de HR.

CUADRO 1. Materiales de zapote mamey y localización geográfica del lugar de colecta.

Materiales	Localidad	Ubicación geográfica		
		Latitud	Longitud	Altitud
CIS1, CIS2, CIS3, CIS4, CV1, CV2, CFS1	Coatlán del Río	18° 44' 13'	99° 26' 1.3'	1,018
TUM1, TUM2, TUM3, TC1, TC2, TC3, TC4, TC5, TC6, TC7, TC8, TC9	Tetecala de la Reforma	18° 43' 25.3'	99° 23' 52.8'	980
C1	Cuautlita	18° 42' 11.4"	99° 22' 44.9"	969

En cada fruto se evaluó la longitud (mm), diámetro (mm), relación longitud/diámetro, peso de fruto, cáscara, pulpa y semilla (g), grosor de cáscara y pulpa (mm), número de semillas, sólidos solubles totales ($^{\circ}$ Brix) como lo indican Gazel *et al.* (1999). Se determinaron los componentes de color de la pulpa, brillantez o luz reflejada (L) (0 = negro puro, 100 = blanco puro), ángulo matiz (H) (0 = rojo puro, 90 = amarillo puro) y cromaticidad (C, intensidad desde el gris hacia el color cromático puro), con un espectrofotómetro portátil (X-rite Mod. 3290). Los azúcares totales se determinaron en tres muestras compuestas de los frutos evaluados de cada material, se utilizó el método descrito por Whitam *et al.* (1971), la cuantificación se determinó con una curva de calibración de glucosa, los resultados se expresan en $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco.

Con los datos obtenidos se hicieron análisis de estadística descriptiva de la población evaluada, con el procedimiento UNIVARIATE de SAS (SAS, 1998), posteriormente los datos se estudiaron con el análisis multivariado de agrupación y ordenación, utilizando el Sistema Taxonómica Numérica (NTSYSpc 2.1); para el agrupamiento se utilizó el método de agrupamiento Secuencial, Aglomerativo, Jerárquico y Anidado (SHAN), con el que se construyó el respectivo dendograma de agrupamiento, obtenido con el método de ligamento promedio (UPGMA) y el coeficiente de correlación cofenética. En el análisis de ordenación se utilizó el de componentes principales con la matriz de correlación entre caracteres estandarizados, con este análisis se identificaron los caracteres que más contribuyen para diferenciar los materiales de zapote mamey evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadística descriptiva

El peso promedio de fruto, cáscara, pulpa y semilla, número de semillas y la concentración de azúcares totales son las variables con los coeficiente de variación (CV) mayores (entre 28.8 y 45.9 %) (Cuadro 2), en promedio la pulpa del fruto representó el 70 % del total del peso del fruto, mientras que la cáscara y semillas representaron 30 %, resultados similares se han reportado en algunas selecciones de Florida, USA y Alpoeyca y Tlaquiltepec, Guerrero, México (Serafín, 1982; Figueroa-Uribe, 1988, Campbell *et al.*, 1997), aunque recientemente Espinos *et al.* (2005) realizaron una evaluación de 11 árboles en Huamuxtitlán, Guerrero reportando valores entre 77.6 y 83.9 %, mientras que en Guatemala, Granados (1995) reporta similares valores de 77 %.

Por otra parte, las características de las dimensiones del fruto (longitud y diámetro), mostraron bajo coeficiente de variación (entre 10 y 15 %). Similar comportamiento se detectó con la relación longitud/diámetro (20 %); esta relación proporciona información sobre la forma del fruto, una característica importante para la comercialización, para el zapote mamey se reportan preferencias por una relación de 1.8, lo que indica frutos lanceolados y elípticos (Figueroa-Uribe, 1988). En el presente trabajo se encontraron valores entre 1.3 y 2.1; por su parte, Espinos *et al.* (2005) determinaron relaciones longitud/diámetro entre 1.7 y 2.4 en materiales evaluados de Guerrero, México mientras que en Michoacán, México; Bayuelo y Ochoa (2006) encontraron frutos con valores entre 1.2 y 1.7.

CUADRO 2. Descriptores de características cuantitativas y parámetros estadísticos de la muestra de frutos de *Pouteria sapota*.

Variable	Media	s ²	r	Mínimo	Máximo	CV (%)
Peso fruto (g)	426.1	123.1	705.8	242.6	948.4	28.8
Longitud de fruto (mm)	130.4	20.5	145.6	94.4	240.0	15.7
Diámetro de fruto (mm)	78.2	7.9	35.5	63.6	99.1	10.0
Grosor de pulpa (mm)	18.7	4.7	27.7	6.2	33.9	25.3
Longitud/ancho	1.6	0.24	1.4	1.1	2.6	14.8
Grosor de cáscara (mm)	1.9	0.32	1.8	1.0	2.8	17.0
Peso de cáscara (g)	62.7	18.0	112.2	34.8	147.0	28.8
Peso de pulpa (g)	294.1	90.1	559.7	157.4	712.1	30.6
Peso de semilla (g)	63.2	26.1	156.2	22.1	178.0	41.3
Semillas (número)	1.4	0.64	3.0	1.0	4.0	45.9
Luminosidad	48.8	5.4	33.8	33.5	67.3	11.0
Matiz	68.7	3.8	20.1	61.0	81.1	5.5
Cromaticidad	37.7	6.1	38.5	20.3	58.9	16.3
SST ($^{\circ}$ Brix)	23.7	5.4	28.3	8.5	36.8	22.0
Azúcares totales ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	122.7	40.8	196.0	18.1	214.4	33.2

n: 190; S²: Desviación estándar; r: rango de variación; CV: Coeficiente de Variación.

Un aspecto poco considerado en el estudio de los frutos de zapote mamey son las características de la cáscara; en el presente trabajo, el grosor de la cáscara varió entre 1.0 y 2.8 mm (Cuadro 2), lo que sugiere diferencias en el comportamiento poscosecha, aspecto que se debe estudiar para la tecnología de empaque; Bayuelo y Ochoa (2006) mencionan valores entre 1.7 y 2.3 mm en frutos de Michoacán que son valores similares a los observados en el presente trabajo (Cuadro 2). El grosor de pulpa es otro factor importante a considerar en estudios de selección dado que es una característica importante en la calidad de este fruto, el coeficiente de variación en esta variable fue alto (25.3%) (Cuadro 2).

El número de semillas en el zapote mamey puede ser entre 1 y 4 (Morton, 1987), en algunos de los materiales evaluados se observó este aspecto (Cuadro 2). La flor del zapote mamey tiene cinco lóculos y en cada lóculo un óvulo; después del periodo de polinización es probable que exista aborto de óvulos, lo que origina variación en el número de semillas; al respecto no se han realizado estudios relacionados con estos fenómenos. El número de semillas es un factor importante al seleccionar frutos para consumo en fresco dado que se prefieren aquellos con una semilla de tamaño pequeño; sin embargo, también son importantes árboles con un número de semillas mayor, mismos que pueden ser utilizados para propagación de portainjertos. El análisis de correlación simple indicó cierta relación entre el número de semillas y el índice de longitud/diámetro de fruto, donde se detectó una correlación negativa baja ($r = -0.35^{**}$) y positiva con el diámetro del fruto ($r = 0.43^*$), lo que sugiere que frutos de forma redonda se asocian con mayor número de semillas.

El color de la pulpa de zapote mamey es uno de los principales factores de aceptación por el consumidor, en general se prefiere el color rojo; en la región de estudio el color de la pulpa fue entre rojo y naranja (matiz entre 61.0 y 81.1; luminosidad entre 33.5 y 67.3, y pureza entre 20.3 y 58.9) (Cuadro 2); estos últimos parámetros probablemente están influenciados por la gran pérdida de agua durante la maduración y también por la oxidación de compuestos fenólicos (Díaz-Pérez *et al.*, 2000). En estas variables se observaron bajos coeficientes de variación, entre 5.4 y 16.0 % (Cuadro 2). Diversos investigadores han evaluado el parámetro de color en la pulpa de zapote mamey con tablas de color Munsell (Bayuelo y Ochoa, 2006), Methuen Handbook Colour (Gazel *et al.*, 1999) o colorímetros (Espinosa *et al.*, 2005), y en el presente trabajo con un espectrofotómetro, por lo cual es difícil realizar comparaciones dados los diferentes sistemas de evaluación.

La cantidad de azúcares totales presenta un CV de 33.2 %, y los valores máximos indican que algunos materiales presentan un buen contenido de carbohidratos (Cuadro 2), similares a los reportados en trabajos anteriores en frutos de la misma región (Villanueva *et al.*, 2000; Alia-Tejagal *et al.*, 2002, Alia *et al.*, 2005 a) y de otras regiones

como Costa Rica (Gazel *et al.*, 1999). Un parámetro muy relacionado con la calidad del fruto es el contenido de sólidos solubles, el cual se incrementa durante la maduración en los frutos (Díaz-Pérez *et al.*, 2000); en el presente trabajo se detectaron valores desde 9 hasta 36 °Brix, lo que indica gran variación entre los árboles evaluados. Los sólidos solubles totales se relacionan con los azúcares totales en otros frutos como mango, cítricos, etc., sin embargo, Kader *et al.* (2003) indican que cuando se evalúan los sólidos solubles totales también se cuantifican ácidos orgánicos, fenoles, aminoácidos, etc. por lo cual este parámetro se debe correlacionar con otras evaluaciones como las determinaciones químicas de los azúcares totales.

Hidalgo (2003), menciona que las variables con coeficientes de variación menores de 20 % indican poca variabilidad en estos caracteres, no obstante el grado de variabilidad de un carácter no indica necesariamente la magnitud de su utilidad desde el punto de vista del cultivo, ya que esto depende del uso de la especie.

Formación de conglomerados y análisis de componentes principales

El análisis de conglomerados indicó que con un índice de Distancia Taxonomica Media de 1.18 se formaron siete grupos, el fenograma mostró un valor de correlación cofenética de 0.77 (Figura 1). En el primer grupo se ubicaron 11 materiales: CIS1, CIS2, CIS4, TC4, TC5, CV2, CFS1, TC1, TC8, TUM3 y TC6. Carrara *et al.* (2002) agruparon variedades de zapote mamey en tres categorías: pequeño (300-500 g), mediano (500-700 g) y grande (> 700 g), en el presente estudio los frutos ubicados en el grupo 1 fueron de tamaño pequeño (Cuadro 3), con un índice longitud/diámetro bajo, es decir, frutos de forma ovada. Además, mostraron valores de sólidos solubles totales cercanos a 25 °Brix (Cuadro 3), los cuales son muy similares a los reportados por Azurdía (2006) en colectas realizadas en Guatemala. Este tipo de frutos son aceptados ampliamente en el mercado regional.

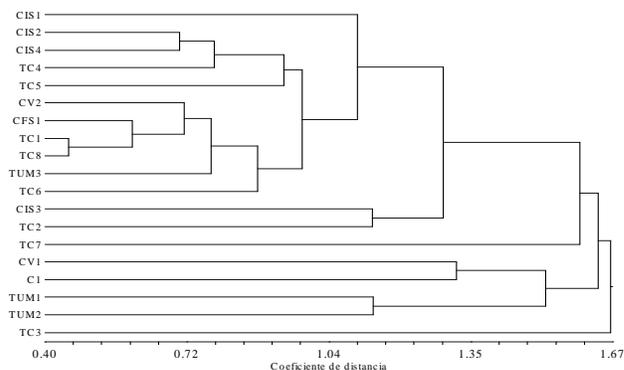


FIGURA 1. Dendrograma de 19 materiales de zapote mamey (*Pouteria sapota*), construido por el método de UPGMA (ligamiento promedio) a partir de 15 atributos del fruto. Correlación cofenética $r = 0.77$. El coeficiente distancia se refiere a la Distancia Taxonomica Media.

CUADRO 3. Valores promedio de las variables evaluadas en los seis grupos formados por el análisis de conglomerados de 19 materiales de zapote mamey en el suroeste del estado de Morelos.

Grupo	PF	LF	AF	L/D	GP	GC	PC	PP	PS	NS	L	H	C	SST	AT
1	407.7	123.5	78.8	1.5	18.6	1.9	58.3	284.6	61.1	1.4	48.6	67.9	39.4	24.5	123.4
2	323.8	131.5	68.8	1.9	17.0	1.8	52.9	231.2	42.9	1.0	49.0	66.9	38.1	23.1	105.0
3	367.2	108.3	80.0	1.3	13.3	1.6	50.5	216.9	95.9	2.1	50.7	70.6	32.2	16.9	87.6
4	531.1	140.0	84.3	1.6	14.9	2.0	79.8	360.3	90.0	1.9	48.1	69.9	39.0	30.24	131.2
5	481.3	163.5	76.7	2.1	17.8	1.9	73.2	325.8	78.8	1.4	48.0	73.2	35.0	27.2	204.7
6	567.8	146.9	85.6	1.7	16.3	1.5	74.4	409.2	65.0	1.5	48.6	68.8	36.1	21.4	129.4
7	483.9	133.1	84.3	1.5	22.2	2.0	65.3	352.9	59.3	1.2	41.2	68.1	27.4	18.7	78.2

PF: Peso de fruto (g); LF: longitud de fruto (mm); AF: ancho de fruto (mm); L/D: relación longitud/diámetro de fruto; GP: grosor de pulpa (mm); GC: grosor de cáscara (mm); PC: peso de cáscara (g); PP: peso de pulpa (g); PS: peso de semilla (g); NS: número de semillas; L: luminosidad (0: blanco; 100: negro); H: ángulo matiz (0 = rojo; 90: amarillo); C: cromaticidad (del gris); SST: sólidos solubles totales; AT: azúcares totales (mg·g⁻¹).

En el segundo grupo se ubicó un material de Coatlán (CIS3) y uno de Tetecala (TC2); son los frutos de menor peso, de forma lanceolada (L/D: 1.9), con una sola semilla y poco peso de semilla (Cuadro 3). La integración de materiales de Coatlán del Río y Tetecala en los grupos 1 y 2 (Figura 1; Cuadro 1), hacen suponer flujo genético o migración genética de materiales de zapote mamey entre los dos municipios evaluados debida a la comunicación e interacción de los productores.

En el tercer grupo se ubicó un material de Tetecala (TC7), que mostró los frutos de tamaño menor, de forma redonda, con gran proporción de semilla (26 % del peso total del fruto) y poca pulpa, además de los valores menores de sólidos solubles y azúcares totales (Cuadro 3), las características físicas y químicas de los frutos en esta colecta lo hacen poco competitivo para la venta en fresco, sin embargo, la gran proporción de semilla hace pensar que pueda proveer de material para la obtención de patrones para la propagación vegetativa del zapote mamey. El cuarto grupo se integró por un material de Coatlán del Río (CV1), el cual se ubica entre los materiales de tamaño mediano, mayor grosor del epicarpio, lo cual indicaría una mayor resistencia al manejo en poscosecha; también mostró los valores mayores de sólidos solubles totales (Cuadro 3), Díaz-Pérez *et al.* (2000) indica valores superiores a 30 °Brix en la misma región de estudio, este es otro material con potencial para su comercialización en fresco

En el quinto grupo se ubicó el material de Cuautlita (C1), estos frutos fueron medianos, pero con la mayor longitud del fruto y peso de cáscara alto y en promedio una semilla por fruto, pulpa de color tendiente al naranja (H=73.2), y mayor concentración de azúcares totales (Cuadro 2). Los frutos presentaron la mayor proporción L/D con un valor de 2.1, muy superior a valores reportados por Bayuelo y Ochoa (2006), quienes en materiales de Michoacán determinaron índices entre 1.2 y 1.7 indicando que esto determina variabilidad morfológica entre grupos.

En el grupo 6 se ubicaron dos materiales de Tetecala (TUM1 y TUM2), que fueron frutos de mayor peso, más

anchos, mayor peso de pulpa así como de semilla (Cuadro 3). Estos materiales mostraron la mayor proporción de pulpa (74.5 %), Sandoval *et al.* (2006) indicaron que un fruto maduro de zapote mamey tiene 70 % de pulpa; Bayuelo y Ochoa (2006) determinaron valores de 74 % en frutos provenientes de Michoacán y es una de las características que dan como resultado una mayor preferencia en el mercado local.

El último grupo se conformó por un solo material de Tetecala (TC3), el de mayor grosor de cáscara, pulpa más oscura y valores bajos de sólidos solubles y azúcares totales (Cuadro 3), lo que sugiere un material con pocas perspectiva para competir en el mercado en fresco.

El análisis de componentes principales indica que el CP1, CP2 y CP3 explicaron respectivamente el 32.5, 19.8 y 17.2 % de la variabilidad, de tal forma que juntos explicaron cerca del 70 % de la variabilidad total (Cuadro 4). El CP1 es definido directamente por variables de las dimensiones del fruto y el peso del fruto y sus estructuras (Cuadro 5). El CP2 está definido inversamente por la masa y número de semillas (Cuadro 5), así como inversamente por el grosor de la pulpa, la cantidad de azúcares y las características de color (luminosidad, matiz y cromaticidad). Finalmente el CP3 se definió por el índice longitud/diámetro del fruto y la cantidad de sólidos solubles totales (Cuadro 3). Bayuelo y Ochoa (2006), indican que las características del fruto y mesocarpio son las que determinan la mayor variación entre grupos de materiales evaluados en Michoacán. Por otra parte, Carrara *et al.* (2002) indican que cada clase de tamaño de fruto tiene sus ventajas, por ejemplo: los frutos pequeños son utilizados para el mercado de consumo en fresco, mientras que los frutos grandes son más utilizados para el procesamiento de la pulpa, aunque hay que considerar otros factores de calidad.

CONCLUSIONES

El análisis de las características de los frutos detectó alta variabilidad en los árboles de zapote mamey en la región Suroeste del estado de Morelos. Se identificaron siete grupos

CUADRO 4. Valores propios y proporción de la varianza total explicada por los componentes principales, con base en la matriz de correlación aplicada a 15 características morfológicas de 19 materiales de zapote mamey en Morelos.

Componente principal	Valor propio	Proporción de la varianza explicada (%)	
		Absoluta	Acumulada
1	4.87	32.51	32.51
2	2.97	19.81	52.32
3	2.58	17.20	69.53
4	1.59	10.63	80.16
5	1.10	7.38	87.55
6	0.76	5.10	92.65
7	0.48	3.21	95.90
8	0.27	1.83	97.73
9	0.16	1.11	98.85

CUADRO 5. Vectores propios y grado de participación de 15 variables en los 3 primeros componentes principales, con base en la matriz de correlación de 19 genotipos de zapote mamey (*Pouteria sapota*).

Variable original	Vectores propios		
	CP1	CP2	CP3
Longitud	0.7578	0.0185	0.0349
Ancho	0.7537	0.1340	0.4716
Masa	0.9645	0.1008	0.0349
Masa de semilla	0.4724	-0.6360	0.5114
Masa de cáscara	0.9080	-0.1247	-0.2004
Masa de pulpa	0.9035	0.3063	-0.0692
Grosor de pulpa	-0.3053	0.7944	-0.1874
Grosor de cáscara	-0.3053	-0.0463	-0.2246
Numero de semilla	0.2616	-0.6539	0.5607
Luminosidad	-0.3096	-0.5532	-0.0883
Matiz	0.4823	-0.4514	-0.4360
Cromaticidad	-0.3567	-0.4749	-0.4360
SST	0.0279	-0.5103	-0.5521
Azúcares	0.4063	-0.6089	-0.4649
Relación longitud y diámetro del fruto	0.2663	-0.0502	-0.7696

de árboles de zapote mamey. Las variables que más ayudaron a su separación estuvieron relacionadas con las dimensiones y peso del fruto así como el número y peso de semillas, concentración de azúcares y grosor de pulpa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de los proyectos SEP-PROMEP (103.5/04/1359 y 103.5/03/1134) y al Proyecto "Caracterización, Colección (*in situ*), Conservación, Evaluación (*ex situ*) y Utilización de Sapotáceas de México" apoyado por el SINAREFI, para la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- ALIA-TEJACAL, I.; SAUCEDO-VELOZ, C.; MARTÍNEZ-DAMIÁN, M. T.; COLINAS-LEÓN, M. T. 2000. Temperaturas de almacenamiento y maduración en frutos de mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn). Revista Chapingo Serie Horticultura 6(1): 73-78.
- ALIA-TEJACAL, I.; COLINAS L., M. T.; MARTÍNEZ D., M. T.; SOTO-HERNÁNDEZ, M. R. 2002. Factores fisiológicos, bioquímicos y de calidad en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq. & Stearn) durante postcosecha. Revista Chapingo Serie Horticultura 8(2): 263-271.
- ALIA-TEJACAL, 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.
- ALIA-TEJACAL, I.; COLINAS L., M. T.; MARTÍNEZ D., M. T.; HERNÁNDEZ S., R. M.; 2005b. Daños por frío en zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn). II. Fenoles totales y actividad enzimática. Rev. Fitotecnia Mex. 28, 25-32.
- ARENAS-OCAMPO, M. L.; EVANGELISTA-LOZANO, S.; ARANA-ERRASQUÍN, R.; JIMÉNEZ-APARICIO, A. R.; DÁVIL-ORTÍZ, A. G. 2003. Softening and biochemical changes of zapote mamey fruit (*Pouteria sapota*) at different development and ripening stages. J. Food Biochem. 27: 91-107
- ARRIOLA M., C.; MENCHÚ J., F.; ROLZ, C. 1976. Caracterización y almacenamiento de algunas frutas tropicales. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. Guatemala. 93 p.
- AZURDIA, C.; MARTÍNEZ, E.; AYALA, H. 1995. Algunas sapotáceas de Petén, Guatemala. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 39: 119-126.
- AZURDIA, C.; MARTÍNEZ, E.; AYALA, H. 1997. Distribución, variabilidad y riesgo de erosión genética de algunas sapotáceas en Guatemala. Revista de Ciencia y Tecnología 1: 81-101.
- AZURDIA, C. 2006. Tres especies de Zapote en América Tropical (*Pouteria campechiana*, *P. sapota* y *P. viridis*). Southampton centre for Underutilised Crops, Universidad de Southampton. Southampton, UK. 216 p.
- BAYUELO-JIMÉNEZ, J. S.; OCHOA, I. 2006. Caracterización morfológica de sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn] del centro occidente de Michoacán, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29: 9-17.
- BORYS, M. W.; LESZCZYŃSKA-BORYS, H. 2001. El Potencial Frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín, CICTAMEX. Toluca, México. 99 p.
- CAMPBELL, R. J.; ZILL, G.; MAHDEEM, H. 1997. New mamey zapote cultivars from tropical america. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture 41: 219-222.
- CARRARA, S.; LEDESMA, N.; WASIELESKI, J.; CAMPBELL, R. J. 2002. Morphological diversity of mamey zapote at Fairchild Tropical Garden, Florida, USA. Proc. Interamer. Trop. Hort. 46: 32-34.
- CEN, C. F.; CITUK, C. D.; TUN, S. J.; PINZÓN, L. L. 1998. Inducción del prendimiento del injerto en mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) Merr], mediante técnicas agronómicas en vivero. Horticultura y Ganadería Tropical 7(18): 1-7.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA, S.; VILLANUEVA, R. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. Postharvest Biol. Technol. 18: 67-73.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; MEJÍA, A.; BAUTISTA, S.; ZAVALA, R.; VILLANUEVA, R.; LÓPEZ-GÓMEZ, R. 2001. Response of

- sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) fruit to hot water treatments. *Postharv. Biol. Technol.* 22: 159-167.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA, S.; VILLANUEVA, R.; LÓPEZ-GÓMEZ, R. 2003. Modeling the ripening of sapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn) fruit at various temperatures. *Postharvest Biology and Technology* 28: 199-202.
- ERGUN, M.; SARGENT, S. A.; FOX, A. J.; CRANE, J. A.; HUBER, D. J. 2005. Ripening and quality responses of mamey sapote fruit to postharvest wax and 1-methylcyclopropene treatments. *Postharvest Biology and Technology* 36: 127-134.
- ESPINOS Z., S.; SAUCEDO V., C.; VILLEGAS M., A.; IBARRA E., M. E. 2005. Caracterización de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn) en Guerrero, México. *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 48: 135-138.
- FIGUEROA-URIBE, R. G. 1988. Selección de tipos criollos de chicozapote (*Achras sapota* L.) y Mamey (*Calocarpum mammosum* L.) en base a sus características físicas y químicas para consumo en fresco. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. 78 p.
- GAONA-GARCÍA, A.; ÁLVAREZ-VARGAS, J. E.; ALIA-TEJACAL, I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ACOSTA-DURÁN, C. M. 2005. El cultivo del zapote mamey en la región suroeste del estado de Morelos. *Inv. Agrop.* 2: 14-19.
- GAZEL F., A. B.; MORERA, J.; FERRERIA, P.; LEÓN, J.; PERÉZ, J. 1999. Diversidad genética de la colección de zapote [*Pouteria sapota* (Jacquin) H. E. Moore & Stearn] de CATIE. *Plant Genetic Resources Newsletter* 117: 37-42.
- GRANADOS F., J. C. 1990. Efecto de los reguladores de crecimiento en la injertación del zapote (*Calocarpum sapota*). *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 36: 40-42.
- GRANADOS F., J. C. 1995. Algunas selecciones de zapote (*Pouteria sapota*) en Guatemala. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 39: 115-118.
- GRANADOS-FRIELY, J. C.; UTRERA-GARCÍA, L. A. 1996. Comportamiento de la temperatura interna en frutos de zapote (*Pouteria sapota*) sometidos a tratamiento hidróttermico. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 40: 181-183.
- GRANADOS-FRIELY, J. C.; O. VILLAGRÁN, R. 1996. Efecto del tratamiento hidróttermico sobre la maduración del zapote (*Pouteria sapota*) *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 40: 184-187.
- HIDALGO, R. 2003. Variabilidad Genética y Caracterización de Especies Vegetales. pp. 2-26. *In: Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos*. FRANCO, T. L.; HIDALGO, R. (eds.). Boletín técnico Núm. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia, 89 p.
- KADER, A.; HESS-PIERCE, B.; ALMENAR, E. 2003. Relative contribution of fruit constituents to soluble solids content measured by refractometer. *HortScience* 38: 833.
- MANZANO E., J. 2001. Caracterización de algunos parámetros de calidad en frutos de zapote mamey (*Calocarpum sapota* (Jacq.) Merr. en diferentes condiciones de almacenamiento. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 43: 53-56.
- MARTÍNEZ M., A.; ALIA T., I.; COLINAS L., M. T. 2006. Refrigeración de frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] cosechados en diferentes fechas en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 51-57.
- MALO, E. S. 1970. Propagation of the mamey sapote. *Amer. Soc. Hort. Sci. Trop. Reg. Proc.* 14: 157-174.
- MORTON, J. 1987. *Fruits of Warm Climates*. Julia F. Morton. Miami, FL. USA. 505 p.
- NUÑEZ-COLÍN, C. A.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, J. E.; NIETO-ÁNGEL, R.; BARRIENTOS-PRIEGO, A. F. 2004. Construcción de dendogramas de taxonomía numérica mediante el coeficiente de distancia X²: una revisión. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 10(2): 229-237.
- PENNINGTON, T. D.; SARUKHÁN, J. 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.
- POPENOE, W. 1948. *Manual of tropical and Subtropical fruit*. Collier-Macmillan Publishers. New York, London. 520 p.
- RAMOS-RAMÍREZ, F. X.; ALIA-TEJACAL, I.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; COLINAS-LEÓN, M. T.; ACOSTA-DURÁN, C. M.; TAPIA-DELGADO, A.; VILLEGAS-TORRES, O. 2006. Almacenamiento de frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] en atmósfera modificada. *Revista Chapingo Serie Horticultura (En Prensa)*.
- ROHLF, J. 2000. NTSYS pc Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System Version 2.1. Exeter Software, NY, USA 38 p.
- SANDOVAL M., E.; NIETO A., E.; ALIAT, I.; LÓPEZ M., V.; COLINAS L., M. T.; MARTÍNEZ M., A.; ACOSTA D., C. M.; ANDRADE R., M.; VILLEGAS T., O.; GUILLEN S., D. 2006. Desarrollo del fruto de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] en Coatlán del Río, Morelos, México. *Rev. Fitotecnia Mex.* 29: 59-62.
- SAUCEDO-VELOZ, C.; MARTÍNEZ-MORALES, A.; CHÁVEZ-FRANCO, S. H., SOTO-HERNÁNDEZ, R. M., 2001. Maduración de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn) tratados con etileno. *Rev. Fitotecnia Mex.* 24: 231-234.
- SERAFÍN G., J. 1982. Selección de tipos criollos de mamey (*Calocarpum mammosum* L.) Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, 70 p.
- SAS. 1998. *SAS User's guide: Statics*. Version 6.12. SAS Institute, Cary, N. C. 1848 p.
- SIACON. 2004. Sistema Integral de Información Agroalimentaria y Pesquera. En línea [Consultado 20 mayo de 2005: http://w3.siap.sagarpa.gob.mx:8080/siiap_apb/].
- TORAL J., J. O. 1988. El cultivo de mamey (*Calocarpum sapota*). Escuela Nacional de Fruticultura. Xalapa, Veracruz, México, D. F. 40 p.
- WHITAM, F. F.; BLAYDES, D. F.; DEVLIN, R. M. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold C. New York, USA, 245 p.
- VILLANUEVA-ARCE, R.; EVANGELISTA, L. S.; ARENAS-OCAMPO, M. L.; DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA B., S. 2000. Cambios bioquímicos y físicos durante el desarrollo y postcosecha del mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H. E. Moore & Stearn). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 63-72.
- YAHIA, E. M.; ARIZA, R. 2003. Postharvest hot air treatments effects on insect mortality and quality of sapote fruit (*Pouteria sapota*). *Acta Horticulturae* 604: 691-693.