

## CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE SAPOTE MAMEY [*Pouteria sapota* (Jacquin) H. E. Moore & Stearn] DEL CENTRO OCCIDENTE DE MICHOACÁN, MÉXICO

## MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SAPOTE MAMEY [*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn] IN THE CENTRAL-WESTERN REGION OF MICHOACÁN, MÉXICO

Jeannette Sofía Bayuelo-Jiménez<sup>1\*</sup> e Iván Ochoa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Km. 9.5 Carr. Morelia-Zinapécuaro, C.P. 58880. Tarímbaro, Mich., México. Tel y Fax: 01 (443) 295-8324, Correo electrónico: jsbayuelo@hotmail.com <sup>2</sup> Department of Horticulture, The Pennsylvania State University. University Park, PA 16802.

\* Autor para correspondencia

### RESUMEN

En este estudio se caracterizaron genotipos de sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn] de la región subtropical del Centro-Occidente de Michoacán, México, con base en parámetros morfológicos cualitativos y cuantitativos, que se analizaron mediante análisis de conglomerados y componentes canónicos. Se detectaron así seis grupos con 6, 5, 11, 13, 6 y 3 árboles de sapote mamey, respectivamente. Las variables peso, longitud y diámetro del fruto, espesor y peso del mesocarpio, la relación longitud y diámetro del fruto, forma, aroma y textura, resultaron ser las más importantes para diferenciar los grupos. La variable canónica CAN1 explicó 92 % de la variación acumulada entre los grupos evaluados. El peso del fruto, el espesor del mesocarpio y el peso del mesocarpio fueron las características morfológicas dominantes de la variable canónica CAN1 con coeficientes canónicos estandarizados de 4.09, -3.9 y 1.78, respectivamente; por tanto, serían las variables más importantes para usarse como criterio de selección de genotipos de mamey con frutos de uniforme y mayor calidad para consumo en fresco o productos procesados. Las pruebas de F y de  $\chi^2$  confirmaron la variabilidad entre dichos grupos, aunque no se observó una relación entre el origen de los materiales y el grupo en el cual se clasifican. Estos resultados proveen el primer estudio sobre la diversidad morfológica de frutos de mamey y su potencial para producción en el estado de Michoacán, México.

**Palabras clave:** *Pouteria sapota*, análisis discriminatorio, análisis canónico, fruto, morfología.

### SUMMARY

The objective of this study was to evaluate quantitative and qualitative characteristics of 44 genotypes of sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn] of the Central-Western region of Michoacán, México. Clusters analysis of data indicated six distinct groups with 6, 5, 11, 13, 6 and 3 trees. Canonical discriminant analysis along with F and  $\chi^2$  tests detected the most important variables affecting group differentiation. These were fruit weight, length, and diameter, mesocarp width and weight, fruit length to diameter ratio, fruit shape, texture and flavor. The first canonical discriminant function (CDF1) explained 92 % of the accumulated varia-

tion among groups. Fruit weight, mesocarp width and mesocarp weight were dominant on the CDF1 (standardized canonical coefficient = 4.09, -3.9 y 1.78, respectively), therefore these morphological variables should be used as parameters for selecting mamey trees with uniform fruit quality for either direct consumption or processing. The origin of the genetic materials, however, was not related to the obtained classification. These results provide the first reported in-depth insights into the genetic diversity of sapote mamey for fruit production in Michoacán.

**Index words:** *Pouteria sapota*, canonical discriminant analysis, cluster analysis, fruit, morphology.

### INTRODUCCIÓN

En México crecen aproximadamente 712 especies frutales pertenecientes a 75 familias y 169 géneros. De ese total sólo 32 especies nativas son aprovechadas comercialmente, 14 son objeto de comercio aunque no figuran en la lista de estadística oficial, y 620 son cultivadas localmente en los huertos familiares y están sujetas a recolección (Borys y Borys, 2001). Estas cifras señalan el enorme potencial del material nativo para la industria viverista, alimenticia, silvícola, frutícola y hortícola ornamental a nivel local, nacional e internacional.

Las condiciones que prevalecen en regiones climáticas tropicales y subtropicales del estado de Michoacán hacen factible el mejoramiento e incremento de la producción de varias especies frutícolas, particularmente de la familia Sapotaceae (Escobar *et al.*, 1996). Entre las especies de sapotáceas con excelentes proyecciones de aprovechamiento comercial destacan el sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacquin) H. E. Moore & Stearn] y el chicozapote [*Manilkara zapota* (L.) van Royen], las cuales se cultivan en

huertos familiares en nueve municipios de la región Centro-Occidente de Michoacán (SEDAGRO, 2003).

El sapote mamey es ampliamente utilizado por el exquisito sabor de sus frutos y por tener alto valor nutritivo (Borys, 1999). Sin embargo, su consumo se da básicamente a nivel familiar, mercado local y algunas veces a nivel regional. A pesar de la importancia regional de este valioso recurso genético, existen escasas investigaciones realizadas en México en torno a su diversidad genética, manejo agronómico y poscosecha. También se desconoce la disponibilidad del material de propagación, la demanda real en los mercados nacionales e internacionales y las diversas formas de aprovechamiento, por lo cual su cultivo y uso no ha llegado a mayor escala (Morera, 1992). Un mejor conocimiento de la diversidad genética de esta especie podría favorecer su cultivo.

El objetivo de este estudio fue caracterizar genotipos de *Pouteria sapota* en la región subtropical del Centro-Occidente de Michoacán con base en variables morfológicas del fruto y diferenciar grupos de variación morfológica entre materiales genéticos utilizando técnicas de análisis multivariado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estudiaron materiales genéticos de *Pouteria sapota* de la región subtropical del Centro-Occidente de Michoacán, en los municipios de Ziracuaretiro (Z), Taretan (T) y Nuevo Urecho (N) (Figura 1.) de diciembre de 2002 a junio de 2003. Los municipios de Ziracuaretiro y Taretan forman parte de la región agrícola de la Sierra Purépecha localizada en la porción central del estado de Michoacán, entre los 18° 58' y 19° 54' de LN y 100° 00' y 102° 29' de LO. El clima predominante en estos municipios es semicálido subhúmedo A (C) w<sub>1</sub>, con zonas altitudinales que varían entre 1500 y 1900 m de altitud, con una precipitación anual entre 1000 y 1630 mm y una temperatura media anual entre 29 y 34 °C. El municipio de Nuevo Urecho pertenece a la región del Valle de Tepalcatepec localizada al sudoeste del estado entre 18° 37' y 19° 22' de LN y 100° 39' y 103° 03' de LO. En esta región predominan los climas cálido subhúmedo seco A (W) w<sub>0</sub>, y el semiseco muy cálido BS<sub>1</sub> (h'). La precipitación pluvial varía entre 500 y 900 mm y la temperatura media anual fluctúa entre 24 y 29 °C (Escobar *et al.*, 1996; García, 1980).

Las fase metodológica del presente proyecto incluyó la exploración ecogeográfica e identificación del recurso genético en huertos familiares y la caracterización *in situ* de 44 árboles de sapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn]. La estrategia de exploración, identificación y muestreo se basó en la revisión de la lista de

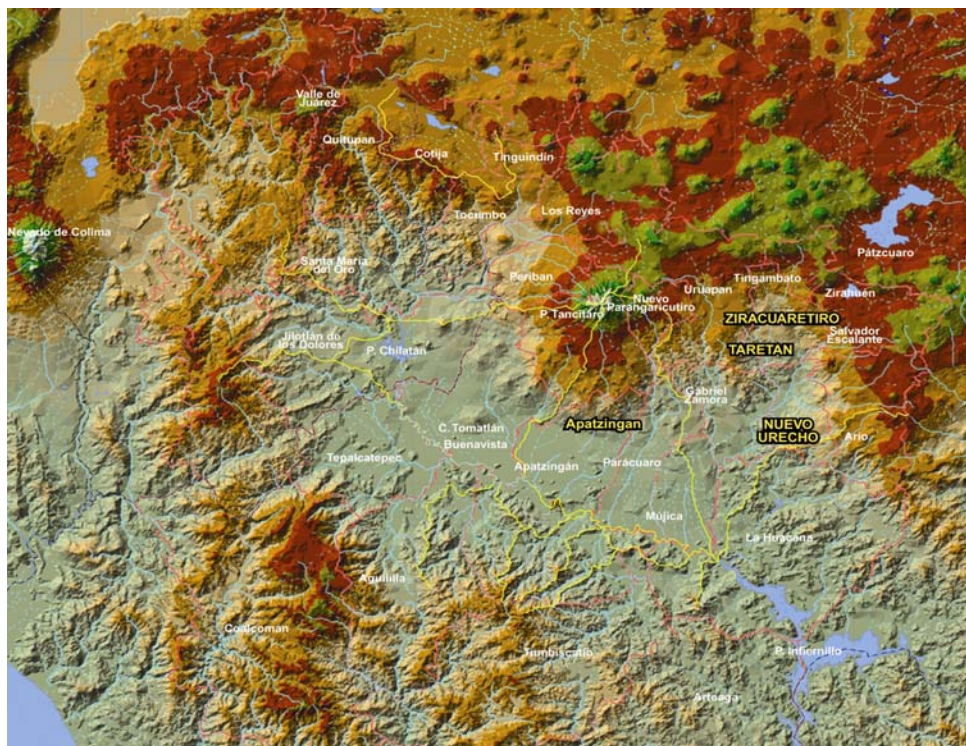
localidades descritas en la Flora Neotrópica (Pennington, 1990) y ubicación de regiones donde se encuentra la especie objetivo de este estudio. Los 44 árboles, se distribuyeron como siguen: 17 en el municipio de Nuevo Urecho, 18 en Taretan y 9 en Ziracuaretiro. El muestreo incluyó árboles de tres huertos por municipio. De cada árbol se colectaron un máximo de 10 frutos para su posterior análisis. Para verificar el estado de madurez del fruto se removió una muesca de la superficie externa de la cáscara (epicarpio) y se cotejó que la capa adyacente de los frutos maduros haya cambiado de una coloración verde a naranja-rojiza. Los frutos cosechados se envolvieron en papel y se almacenaron en el laboratorio por un lapso de 24 h hasta que alcanzaron el punto adecuado de madurez.

Para la caracterización morfológica se determinó el peso, longitud y diámetro del fruto; peso y espesor del epicarpio; forma del fruto; sabor, aroma, textura, consistencia, color y espesor del mesocarpio, número, longitud, diámetro y peso de la semilla. Para la caracterización morfológica se usaron los descriptores adaptados por Arzudia *et al.* (1997). La relación longitud y diámetro del fruto (L: D) y relación peso de fruto y semilla (PF: PS) se calcularon con las variables antes mencionadas. El color externo e interno del fruto y la semilla se registró con la tabla de colores de Munsell (Munsell, 2000). Asimismo, se determinó la altura y el diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles.

El promedio general de cada variable morfológica se utilizó para hacer un análisis de conglomerados con el programa estadístico SYSTAT (1992). Previo al análisis de conglomerados, las variables fueron estandarizadas mediante el valor de Z, calculado como  $Z = (X_b - X_m) \cdot s^{-1}$ , donde Z es el valor estandarizado,  $X_b$  es el valor original de la variable,  $X_m$  es el promedio general para dicha variable y  $s^{-1}$  es el inverso de su desviación estándar. El análisis de conglomerados se hizo con la distancia euclidiana y las introducciones se agruparon mediante el método Ward, que calcula la varianza entre conglomerados y la minimiza (E) (Rommerburg, 1984). El número óptimo de grupos se determinó por el índice de suma de cuadrados (E) (Rommerburg, 1984). Para verificar el agrupamiento formado por el análisis de conglomerados y la variabilidad de las muestras caracterizadas se utilizó un análisis discriminatorio canónico (ADC) con el procedimiento CANDISC de SAS (1995). En el análisis de conglomerados se incluyeron 12 variables continuas o cuantitativas y cinco variables discretas o cualitativas, mientras que para el análisis ADC sólo fueron consideradas las variables continuas previamente mencionadas.



### ÁREA DE ESTUDIO



**Ziracuaretiro (Z)**  
19°25' LN; 101° 54' LO  
altitud 1384 m

**Taretan (T)**  
19°19' LN; 101° 55' LO  
altitud 1170 m

**Nuevo Urecho (N)**  
19°10' LN; 101° 52' LO  
altitud 700 m

Figura 1. Área de estudio de *Pouteria sapota* del Centro-Occidente de Michoacán. N= Nuevo Urecho, T= Taretan, Z= Ziracuaretiro.

El ADC identifica las funciones lineales de las variables cuantitativas que maximizan la separación de dos o más grupos de individuos formados *a priori* y minimiza la variación dentro de dichos grupos (Cruz *et al.*, 1994). Con el objeto de verificar las diferencias significativas de las variables cuantitativas y cualitativas entre los diferentes grupos formados, se hicieron pruebas de F y  $\chi^2$ , respectivamente, por medio de los procedimientos GLM y FREQ

de SAS; asimismo, se utilizó la prueba de distancia de Mahalanobis mediante la opción DISTANCE del procedimiento CANDISC de SAS para comparar las diferencias entre grupos identificados en el ADC (SAS 1995). La correlación entre las variables canónicas producidas por el análisis discriminatorio canónico y las variables originales se utilizó para resumir la información sobre la influencia de las variables cuantitativas en la formación de grupos.

## RESULTADOS

### Formación de conglomerados y similitud morfológica entre materiales genéticos

El índice de suma de cuadrados (E) indicó la formación de seis grupos con 6, 5, 11, 13, 6 y 3 árboles (Figura 2), los cuales fueron identificados como Grupos I, II, III, IV, V y VI, respectivamente. Los Grupos I, IV y VI estu-

ron representados por árboles predominantemente de los municipios de Nuevo Urecho y Taretan; los Grupos II y V con genotipos provenientes, en su mayoría, de los municipios de Ziracuaretiro y Taretan; y el Grupo III con genotipos de los municipios de Nuevo Urecho, Taretan y Ziracuaretiro.

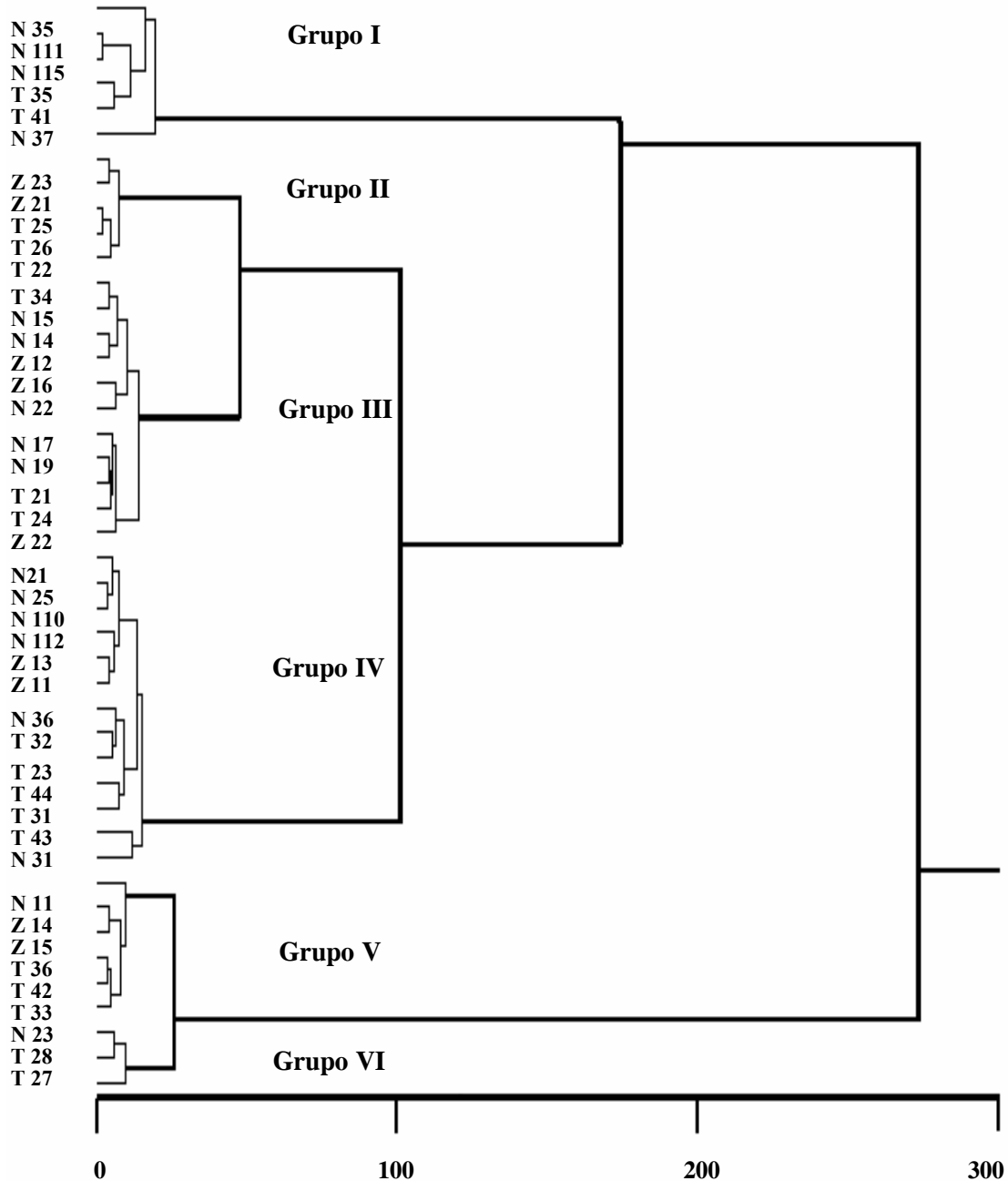


Figura 2. Dendrograma de varianza mínima de Ward que muestra la similitud morfológica entre 44 materiales genéticos de *Pouteria sapota* del Centro-Occidente de Michoacán. N= Nuevo Urecho, T= Taretan, Z= Ziracuaretiro.

Las características del fruto y mesocarpio fueron las que determinaron la mayor variabilidad entre grupos (Cuadro 1). En el Grupo I los materiales genéticos se distinguen por sus frutos de mayor peso, con epicarpio grueso, de una sola semilla y color rojo intenso del mesocarpio. En los Grupos II, III y IV los árboles presentaron mayor porte con frutos medianos y peso intermedio, que contienen una semilla por fruto. Los Grupos V y VI producen frutos de peso y diámetro menores, de una sola semilla pequeña y epicarpio delgado (Cuadro 1).

Se distinguieron 6 tipos de forma del fruto; las más abundantes fueron las formas ovada (49.6 %), subglobosa (22.6 %) y globosa (10.7 %); las menos frecuentes fueron obovada (9.9 %), elíptica (3.2 %) y oblongo-elíptica (4 %). Las formas subglobosa y elíptica fueron las predominantes en los Grupos I y IV mientras que la ovada fue la más frecuente en los Grupos II, III y VI. Los frutos del Grupo V presentaron similar proporción de formas ovada y obovada. En el caso de la pulpa del fruto, se identifica-

ron cinco colores, donde los colores rojizo (5YR 7/8) y amarillo rojizo (2.5 YR 5/8) fueron los más frecuentes. La pulpa de la mayoría de los frutos de los Grupos I, IV y V fueron de color rojizo y amarillo rojizo.

### Prueba de F para las variables cuantitativas

De las 15 variables morfológicas, el peso del fruto, longitud y diámetro del fruto, longitud de la semilla, peso y espesor del mesocarpio, peso del epicarpio y relación peso del fruto y de semilla y longitud/diámetro del fruto, fueron significativas en los agrupamientos formados (Cuadro 2). El peso del fruto y peso del mesocarpio presentaron los mayores valores de F y los menores coeficientes de variación (Cuadro 2). En particular, los materiales genéticos del Grupo I, destacaron significativamente del resto de los grupos en el peso del fruto y peso del mesocarpio.

Cuadro 1. Características morfológicas por grupo de 44 árboles de *Pouteria sapota* del Centro-Occidente de Michoacán.

| Variable          | Grupo* (número de árboles por grupo) |                  |              |                      |                     |               |
|-------------------|--------------------------------------|------------------|--------------|----------------------|---------------------|---------------|
|                   | I (6)                                | II (5)           | III (11)     | IV (13)              | V (5)               | VI (3)        |
| <b>Árbol</b>      |                                      |                  |              |                      |                     |               |
| Altura (m)        | 12.7 a                               | 14.9 a           | 12.7 a       | 13.4 a               | 13.4 a              | 10.6 a        |
| DAP† (m)          | 0.6 a                                | 0.8 a            | 0.7 a        | 0.7 a                | 0.6 a               | 0.5 a         |
| <b>Fruto</b>      |                                      |                  |              |                      |                     |               |
| Peso (g)          | 458.3 a                              | 393.5 b          | 359.0 c      | 311.5 d              | 247.0 e             | 200.9 f       |
| Longitud (mm)     | 128.6 a                              | 109.9 a          | 108.0 a      | 104.1 a              | 99.2 ab             | 83.7 b        |
| Diámetro (mm)     | 79.1 ab                              | 81.0 a           | 78.7 a       | 74.3 ab              | 69.4 bc             | 65.4 c        |
| RL: D             | 1.7 a                                | 1.4 b            | 1.3 b        | 1.3 b                | 1.2 b               | 1.2 b         |
| RPF: PS           | 11.8 a                               | 10.4 ab          | 10.6 ab ab   | 9.6 ab               | 8.1 b               | 7.5 b         |
| Forma             | Elíptica Subglobosa                  | Ovada Subglobosa | Ovada        | Elíptica Subglobosa  | Ovada Obovada       | Ovada Globosa |
| Núm. semillas     | 1.3 a                                | 1.1a             | 1.4 a        | 1.3 a                | 1.3 a               | 1.2 a         |
| <b>Semilla</b>    |                                      |                  |              |                      |                     |               |
| Peso (g)          | 42.1 a                               | 39.6 a           | 35.9 ab      | 36.3 a               | 33.0 ab             | 30.2 b        |
| Longitud (mm)     | 72.9 a                               | 71.2 a           | 68.1 ab      | 68.2 ab              | 63.1 bc             | 58.3 c        |
| Diámetro (mm)     | 35.3 a                               | 34.3 a           | 33.4 a       | 33.2 a               | 35.0 a              | 33.5 a        |
| <b>Mesocarpio</b> |                                      |                  |              |                      |                     |               |
| Peso (g)          | 339.8 a                              | 291.6 b          | 251.5 c      | 219.0 d              | 167.8 e             | 136.2 f       |
| Espesor (mm)      | 40.7 ab                              | 46.7 a           | 45.4 a       | 41.2 ab              | 34.4 b              | 31.8 b        |
| Color             | 5 YR 7/8<br>2.5 YR 5/8               | 2.5 YR 5/8       | 5YR 6/8      | 5YR 6/8<br>2.5YR 5/8 | 5YR6/8<br>2.5YR 4/8 | 2.5 YR 5/8    |
| Textura           | Lisa                                 | Lisa fibrosa     | Lisa fibrosa | Lisa                 | Lisa                | Lisa          |
| Aroma             | Fuerte                               | Suave fuerte     | Suave fuerte | Fuerte               | Fuerte              | Fuerte        |
| <b>Epicarpio</b>  |                                      |                  |              |                      |                     |               |
| Peso (g)          | 79.9 a                               | 76.8 a           | 69.1 ab      | 59.7 b               | 46.2 b              | 43.6 c        |
| Espesor (mm)      | 2.2 a                                | 2.0 a            | 2.3 a        | 2.1 a                | 1.7 b               | 1.9 ab        |

† Diámetro a la altura del pecho. \*Grupos identificados por análisis de conglomerados. Datos entre paréntesis indican el número de árboles por grupo. Medias con las letras iguales en cada columna son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, 0.05).

Cuadro 2. Resultado de la prueba de F y separación de promedios realizados para las características cuantitativas de los grupos identificados en 44 materiales genéticos de Pouteria sapota del Centro-Occidente de Michoacán.

| Característica               | Promedio | C V  | Valor de F |
|------------------------------|----------|------|------------|
| Altura del árbol             | 13.1     | 51.6 | 0.4 ns     |
| Diámetro del tronco          | 0.8      | 36.7 | 1.2 ns     |
| Peso del fruto               | 335.7    | 4.3  | 213.4***   |
| Longitud del fruto           | 105.1    | 12.5 | 2.6*       |
| Diámetro del fruto           | 75.9     | 9.1  | 3.6**      |
| Número de semillas           | 1.3      | 21.7 | 0.3 ns     |
| Peso de la semilla           | 36.4     | 9.0  | 1.5 *      |
| Longitud de la semilla       | 67.8     | 8.3  | 4.0**      |
| Espesor de la semilla        | 34.3     | 9.7  | 0.7 ns     |
| Peso del mesocarpio          | 240.8    | 5.3  | 180.4***   |
| Espesor del mesocarpio       | 41.7     | 19.1 | 2.9*       |
| Peso del epicarpio           | 64.0     | 14.7 | 13.3***    |
| Diámetro del epicarpio       | 2.1      | 19.5 | 2.1 *      |
| Longitud: Diámetro del fruto | 9.4      | 13.9 | 2.9*       |
| Peso fruto: peso semilla     | 9.9      | 25.1 | 2.1*       |

\*  $P \leq 0.05$ , \*\*  $P \leq 0.01$ , \*\*\*  $P \leq 0.001$ , ns = No significativo.

### Prueba de $\chi^2$ para las variables cualitativas

La prueba de  $\chi^2$  indicó que de las cinco variables cualitativas evaluadas, solamente la forma del fruto ( $\chi^2 = 380.9$ ; 25 gl), aroma del fruto ( $\chi^2 = 97.5$ ; 5 gl) y textura del fruto ( $\chi^2 = 97.5$ ; 5 gl) presentaron diferencias significativas entre los seis grupos formados. La proporción de aroma fuerte y textura lisa (12.6, 24.6, 31.3, 13.4 y 6.7 %) predominaron en los Grupos I, III, IV, V y VI, respectivamente, mientras que el Grupo II presentó aroma fuerte y suave y textura fibrosa y lisa en similar proporción (11.4 %).

### Prueba de $\chi^2$ para el origen de los árboles en la formación de los grupos

De los 44 árboles incluidos en este estudio, 17 son originarios del municipio de Nuevo Urecho, 18 de Taretan y nueve de Ziracuaretiro. El resultado obtenido ( $\chi^2 = 9.6$ ; 10 gl) mostró que no existe relación entre el origen del árbol y los grupos formados. Sin embargo, se observa predominancia de árboles de Nuevo Urecho y Taretan en los Grupos I y VI (13.6 y 6.8 %); en el Grupo II con árboles provenientes de los municipios de Ziracuaretiro y Taretan (11.3 %); los grupos restantes se forman con genotipos de los municipios de Nuevo Urecho, Taretan y Ziracuaretiro (25, 29.6 y 13.6 %), respectivamente.

### Formación de grupos de acuerdo con las variables canónicas

En el Cuadro 3 se presentan los resultados del análisis discriminario de variables canónicas. La variable canónica CAN1 explicó 95.2 % de la variación acumulada entre los grupos evaluados. Las otras cuatro variables canónicas

explicaron la variación remanente. Dado que las variables CAN2, CAN3 y CAN4 contribuyeron con una mínima proporción de la variación entre grupos, sólo se analizó la variable canónica CAN1, la cual fue significativa ( $P \leq 0.01$ ).

Los coeficientes canónicos estandarizados más importantes que influenciaron la variación entre grupos fueron el peso y espesor del mesocarpio, diámetro, peso y longitud del fruto y la relación longitud/diámetro del fruto (Cuadro 3). En particular, la discriminación entre grupos se basó en los altos valores de los coeficientes canónicos y coeficientes de correlación del peso y espesor del mesocarpio y peso del fruto, los cuales identifican a grupos con plantas que presentan frutos de mayor peso y menor espesor del mesocarpio.

Cuadro 3. Coeficiente canónico estandarizado (CCE) y coeficientes de correlación ( $r$ ) entre funciones canónicas discriminantes (FCD<sub>1</sub>, FCD<sub>2</sub>) para características morfológicas del fruto de 44 materiales de Pouteria sapota de Michoacán, México.

| Variable                | FCD <sub>1</sub> |               | FCD <sub>2</sub> |               |
|-------------------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
|                         | CCE1             | $r^{\dagger}$ | CCE2             | $r^{\dagger}$ |
| Peso del fruto          | 1.78             | 0.99          | -5.23            | 0.00          |
| Longitud del fruto      | 1.51             | 0.45          | -5.99            | 0.10          |
| Diámetro del fruto      | 1.78             | 0.44          | 4.41             | 0.45          |
| Peso de la semilla      | 1.22             | 0.37          | 1.50             | -0.00         |
| Longitud de la semilla  | 0.51             | 0.57          | -0.10            | 0.14          |
| Diámetro de la semilla  | -1.35            | 0.10          | 0.34             | -0.23         |
| Número de semillas      | 0.28             | 0.00          | 0.00             | 0.07          |
| Peso del mesocarpio     | 4.09             | 0.98          | 2.57             | 0.00          |
| Espesor del mesocarpio  | -3.90            | 0.35          | 1.98             | 0.50          |
| Peso del epicarpio      | 0.31             | 0.78          | 1.14             | 0.19          |
| Espesor del epicarpio   | -0.14            | 0.30          | 0.82             | 0.22          |
| Longitud/diámetro fruto | -1.36            | 0.16          | 6.06             | -0.26         |
| Peso fruto/peso semilla | 1.26             | 0.43          | 0.53             | 0.04          |
| Correlación canónica    | 0.99             |               | 0.75             |               |
| Variación explicada (%) | 95.20            |               | 2.30             |               |
| Eigen value             | 54.00            |               | 1.30             |               |

$^{\dagger}$  Correlación entre variables y su respectiva variable canónica (FCD).

La prueba de comparación de las distancias de Mahalanobis reveló que todos los grupos identificados en el análisis canónico difieren significativamente entre sí (Cuadro 4). Los materiales genéticos del Grupo I se diferenciaron del resto de los grupos en las características del fruto y mesocarpio; los frutos de estos materiales son mayores en longitud (128.6 mm) y peso promedio (458.3 g) y con un mayor peso del mesocarpio (339.8 g) pero presentan valores intermedios en el diámetro del fruto (75.1 mm) y espesor del mesocarpio (40.7 mm). Los materiales de los Grupos II y III presentaron valores menores en las características del fruto y mesocarpio comparados con el Grupo I pero mayores a los valores identificados en el resto de los grupos. Los materiales de los Grupos V y VI, por el contrario presentaron los mayores valores negativos de la variable CAN1, lo que correspondieron a los valores más

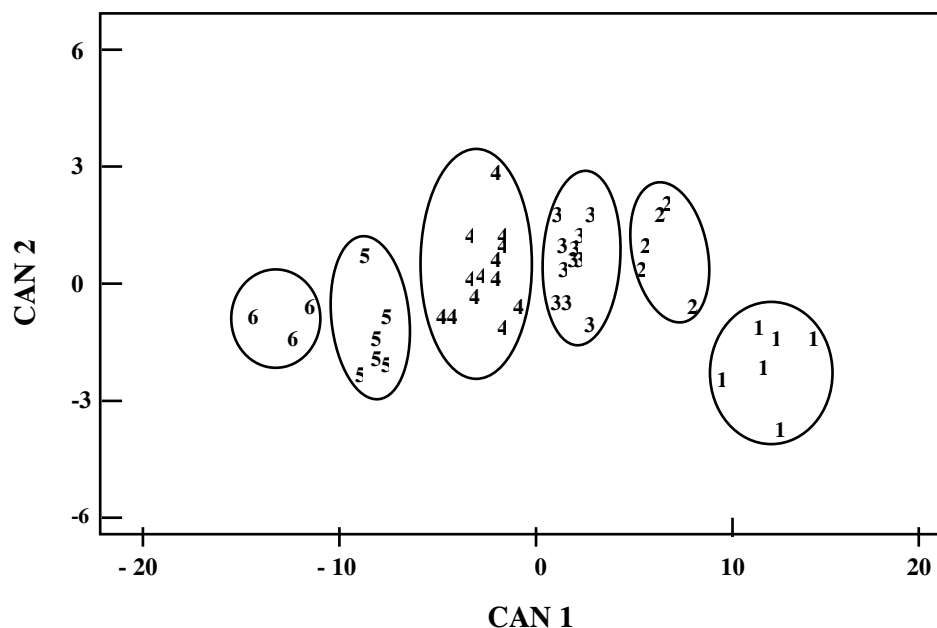


Figura 3. Formación de conglomerados de 44 materiales genéticos de *Pouteria sapota* del Centro-Occidente de Michoacán de acuerdo con las variables canónicas CAN2 y CAN1. Los números representan los grupos previamente identificados. 1= Grupo I, 2= Grupo II, 3= Grupo III, 4= Grupo IV, 5= Grupo V, 6= Grupo VI.

y ancho promedio del fruto (69.4 mm y 6.45 mm), así como menor peso (167.8 y 136.2 g) y espesor del mesocarpio (34.4 y 31.8 mm), respectivamente. La relación longitud/diámetro del fruto fue una fuente importante de variabilidad para discriminar genotipos entre grupos. Dicha relación es mayor en el Grupo I (1.7) y menor en el resto de los grupos (entre 1.2 y 1.3). En la Figura 3 se presenta la formación de los grupos de acuerdo con las variables canónicas CAN2 y CAN1, en la que se visualiza la división de los seis grupos previamente definidos en el análisis de conglomerados.

### DISCUSIÓN

En los árboles de sapote mamey ubicados en el Centro-Occidente de Michoacán existe variabilidad bajos de peso (247 y 200.9 g), longitud (99.2 y 83.7 mm) morfológica en la arquitectura del árbol, forma del fruto, color, textura y sabor del mesocarpio, por lo cual es necesario diferenciar la variabilidad de dicho material genético.

Los parámetros más significativos para discriminar variabilidad entre grupos son diámetro, longitud y peso del fruto, espesor y peso del mesocarpio y la relación longitud/diámetro del fruto. Los materiales identificados en los Grupos I y II provenientes del municipio de Nuevo Urecho (N 3-5, N 1-11, N 1-15, N 3-7) y Taretan (T 2-2, T 2-5, T 2-6 T 3-5, T 4-1), son árboles medianos de porte erecto

que tienen frutos con mesocarpio de color rojo, fruto grande con una sola semilla de tamaño mediano, cuya parte comestible representa 74 % del peso promedio total del fruto. Estas características dan como resultado ser preferidos en el mercado local. Los árboles que producen frutos pequeños y con menor peso de pulpa son poco aceptados por el consumidor, quien generalmente busca la fruta grande y de mesocarpio grueso. Los altos valores del coeficiente canónico estandarizado y del coeficiente de correlación confirman que los árboles que producen frutos grandes y de mayor peso del mesocarpio, son los más promisorios para su comercialización dentro y fuera del estado.

A pesar que en México no se distinguen diferentes variedades en la comercialización de frutos de sapote mamey, los valores obtenidos en diámetro, longitud y peso del fruto de los genotipos del Grupo I son comparables a las dimensiones y peso de los cultivares 'AREC 3', 'Pantín' y 'Tazumal' establecidos en huertos comerciales de Florida, EE.UU (Morton, 1987) y de 'Zapote Valiente' y 'Zapote Rivera' del CENTA (Colecciones de Campo de Especies Frutales) en San Andrés, El Salvador (Cruz, 1999). Estos cultivares, al igual que los genotipos identificados y caracterizados en el presente estudio, alcanzan un peso promedio por fruto de 0.5 kg con una semilla por fruto, características que son altamente deseables para su comercialización.

Cuadro 4. Medias de los coeficientes canónicos estandarizados (CCE) de las funciones canónicas discriminantes  $FCD_1$  y  $FCD_2$  para características morfológicas del fruto de los grupos identificados en 44 materiales genéticos de *Pouteria sapota* de Michoacán, México.

| Grupos | Coeficientes canónicos estandarizados (CCE) |          |
|--------|---|----------|
|        | $FCD_1$                                     | $FCD_2$  |
| 1      | 11.76 a                                     | - 1.86 b |
| 2      | 6.29 b                                      | 1.18 a   |
| 3      | 1.61 c                                      | 0.84 a   |
| 4      | - 2.33 d                                    | 0.43 a   |
| 5      | - 8.47 e                                    | - 1.17 b |
| 6      | -12.85 f                                    | - 0.84 b |

Separación de medias en columnas con la Prueba de la distancia de Mahalanobis ( $P \leq 0.001$ ).

Con el análisis canónico fue posible reconocer la relación longitud/diámetro del fruto como otro índice importante que determina variabilidad morfológica entre grupos. Los genotipos del Grupo I se distinguieron por la alta relación, mientras que lo opuesto se registró en los grupos restantes. Lo anterior significa que a mayor longitud del fruto, menor será el diámetro del mismo. Así, los frutos alargados tienen un índice  $> 1$  y frutos redondos un índice  $\leq 1$ . La forma elíptica es distintiva del Grupo I mientras que la ovada es la más frecuente en el resto de los grupos. El valor de dichas relaciones son comparables con los valores registrados en selecciones de 'Zapote Magaña' (1.7) y 'Zapote Rivera' (1.3) de El Salvador (Cruz *et al.*, 1999) y materiales cultivados 'REU 08' (1.68) y 'ES 24' (1.3) de Guatemala (Azurdia *et al.*, 1997). Las formas descritas en el presente estudio también son similares a aquellas formas de fruto previamente caracterizadas (Azurdia *et al.*, 1997; Cruz, 1999; Gazel Filho *et al.*, 1999; Pohlen *et al.*, 2002).

De las características cualitativas incluidas en este estudio, la textura y aroma del mesocarpio constituyeron parámetros para diferenciar variabilidad morfológica entre grupos. Con respecto a la textura y aroma del mesocarpio, se visualizó una relación con los grupos formados. En términos generales, 86.6 % de los frutos poseen una textura suave y aroma fuerte, mientras que el resto de los frutos poseen una pulpa fibrosa y sin aroma. No se encontraron estudios químicos que evidencien los compuestos que confieren el característico aroma en esta especie.

Otro aspecto importante en la caracterización de los materiales genéticos fue que la región subtropical del Centro-Occidente de Michoacán presenta condiciones ambientales favorables para el crecimiento del mamey, aún cuando no existe una aparente relación entre el origen del árbol y los grupos formados. En particular, existe un gradiente climático que propicia una mayor variabilidad morfológica en esta especie. El mamey prospera en ambientes cálidos y

húmedos donde la precipitación es abundante (Pennington, 1990).

En este estudio se comprobó que los mejores genotipos de sapote mamey (Grupos I y II) se ubican en las localidades de Nuevo Urecho y Taretan donde prevalecen condiciones climáticas tropicales subhúmedas a altitudes menores de 1000 m (Escobar *et al.*, 1996). En altitudes mayores de 1500 m, donde el clima es del tipo semicálido subhúmedo como las registradas en el municipio de Ziracuaretiro, los frutos son más pequeños y de menor peso.

Las condiciones climáticas de Nuevo Urecho y Taretan, sin embargo, no explican la reducida variabilidad morfológica de los genotipos restantes. Es evidente que la morfología de los árboles y frutos esta influenciada por otros factores ambientales diferentes a la temperatura y precipitación y/o prácticas de manejo. La evaluación de la variación genética, ambiental y su interacción son aspectos importantes que deben considerarse en posteriores estudios, ya que esto conducirá a una mejor caracterización de la diversidad de la especie y su futuro aprovechamiento.

De similar forma, las condiciones climáticas regulan, entre otros factores, los eventos fenológicos de la especie. La época de fructificación varía según la localidad (municipio) e incluso en una misma localidad. En general, se observó que en la región de estudio, la floración ocurre durante el periodo de agosto a septiembre y el de fructificación de marzo a abril en el municipio de Taretan, de septiembre a octubre y mayo a julio para el municipio de Ziracuaretiro y de julio a agosto y diciembre a marzo en el municipio de Nuevo Trecho, respectivamente.

La variación en los eventos de la floración y fructificación del mamey son altamente susceptibles a las condiciones ambientales, particularmente de temperatura. La duración de la apertura floral es mayor durante los meses más templados del año (otoño e invierno) y decrece en verano. En los árboles cuya antesis ocurre en los meses de menor temperatura hay menor producción de frutos que en los árboles cuya apertura floral ocurre durante el verano (Davenport y O'Neal, 2000). Es posible que la temperatura que se registra en los municipios de Nuevo Urecho, Taretan (29-34 °C) y Ziracuaretiro (24-29° C) influya diferencialmente en los eventos de floración y fructificación de esta especie y, esto a su vez, determine la producción de frutos. Es evidente que la época de fructificación ofrece la ventaja de seleccionar materiales genéticos que produzcan en diferentes épocas del año y así diversificar la oferta del fruto disponible en el mercado. Particularmente, los árboles del Grupo I tienen la ventaja que sus frutos maduran en la época invernal cuando la mayoría de los árboles de los



municipios restantes ya han dejado de producir en la región.

Otros aspectos relevantes en la producción de frutos del mamey se relacionan con las condiciones de crecimiento del árbol. En particular, las condiciones que se consideran podrían optimizar el crecimiento de árboles de *P. sapota*, incluyen el estado nutricional (alta relación de calcio/magnesio en las hojas), la apertura relativa del dosel (60 %), la altura inicial de las plántulas y el tamaño de la semilla (Ricker *et al.*, 2000). En *P. sapota* las semillas más grandes favorecen significativamente la altura de las plántulas y, esto a su vez, a un rápido y mayor crecimiento de la planta (Ricker *et al.*, 2000). Las diferencias en la productividad de la planta del mamey, por tanto, son resultado de las condiciones del sitio de crecimiento y de las diferencias genéticas de la especie. Así que en términos de selección y manejo de este frutal, sería importante considerar no sólo las características promisorias del fruto sino también las de tamaño de las semillas y las plántulas.

A partir de la diversidad morfológica existente, se pueden seleccionar materiales promisorios para ser impulsados en la producción agrícola de la región en estudio. En este contexto, el cultivo del mamey podría orientarse a la producción de fruta fresca, o a subproductos como pulpa congelada, deshidratados, envasados, etc. En el primer caso se requiere la producción de frutos pequeños como los del Grupo V y VI, mientras que para el segundo objetivo son los frutos grandes los más recomendables (Grupos I y II). De esta manera, con base en el peso y dimensiones del fruto y mesocarpio, la forma, textura y aroma del mesocarpio, para la elaboración de subproductos del mamey se recomienda a los genotipos de los Grupos I y II de los municipios de Nuevo Urecho y Taretan.

## CONCLUSIONES

El Centro-Occidente de Michoacán posee una alta variabilidad morfológica de *Pouteria sapota*, la cual se manifiesta en aspectos morfológicos del fruto (forma, tamaño, textura y aroma del mesocarpio). El análisis discriminatorio canónico explica la variabilidad observada entre los grupos definidos por el análisis de similitud, y determina que peso del fruto, espesor y peso del mesocarpio fueron las características morfológicas dominantes. La variabilidad observada entre grupos podría servir como criterio para seleccionar en la región, los genotipos con mayor calidad y aceptación por el consumidor y que respondan a la creciente demanda de fruto fresco y pulpa en los mercados locales, regionales e internacionales.

## AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo financiero otorgado durante el año 2003 al proyecto de investigación 6.11 "Diversidad, Conservación y Aprovechamiento de Recursos Genéticos Frutícolas de Michoacán".

## BIBLIOGRAFÍA

- Azurdia C, E Martínez, H Ayala, V Martínez (1997) Sapotáceas del Sur-Occidente de Guatemala. Ciencia y Tecnol. 1:35-56.
- Borys W M (1999) Lo Trascendente de los Frutales. Fundación Sánchez Colín, CICTAMEX, S. C. Coatepec Harinas, México. 79 p.
- Borys MW, H L Borys (2001) El Potencial Genético Frutícola de la República Mexicana. Fundación Salvador Sánchez Colín, Coatepec Harinas, México. 48 p.
- Cruz-Castillo J G, R Ganesanandam, B R MacKay, G S Lawes, C R O Lawoko, D J Wooley (1994) Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. Hortscience 29:1115-1119.
- Cruz P E (1999) Recolección y Establecimiento de las Colecciones de Campo de Especies Frutales en Estación Experimental del CEN-TA. La Libertad, El Salvador. 37 p.
- Davenport L T, J T O'Neal (2000) Flowering and fruit of mamey sapote [*Calocarpum sapota* (Jacquin) Merr.] cv. Magaña in South Florida. Sci. Hort. 83:61-70.
- Escobar M D A, J Romero P, J Andrés A, M Nuñez V, J Vence G, D Rivera M (1996) Regiones Agrícolas de Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. CRUCO, Morelia, Michoacán, México. 98 p.
- García E (1988) Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. México, D.F. 213 p.
- Gazel F A B, J Morera, P Ferreira, J León, J Pérez (1999) Diversidad genética de la colección zapote [*Pouteria sapota* (Jacquin) H.E. Moore & Stearn] del CATIE. Plant Gen. Res. Newsl. 117:37-42.
- Morera J A (1992) Zapote (*Pouteria sapota*). In: Cultivos Marginados: Otra Perspectiva de 1492. J E Hernández, J León (eds). Colección FAO: Producción y Protección Vegetal No. 26. Rome, Italia. pp:101-107.
- Morton J (1987) Sapote: In: Fruits of Warm Climates. J F Morton (ed). Miami, USA. pp:207-209.
- Munsell Color Co (2000) Munsell Color Charts for Plant Tissues. Munsell Color Company. New Windsor, New York.
- Pennington T D (1990) Flora Neotropica. Monograph 52 Sapotaceae. The New York Botanical Garden. pp:493-497.
- Pohlan J, J Borgman, R Gehrke V (2000) Perspectives of Sapotaceae species for fruit production in the Soconusco region, Chiapas, Mexico. Acta Hort. 531:45-52.
- Ricker M, C Siebe, S Sanchez B, K Shimada, B C Larson, M Martínez R, F Montagnini (2000) Optimising seedling management: *Pouteria sapota*, *Diospyros dygina*, and *Cedrela odorata* in a Mexican rainforest. For. Ecol. Manag. 139:63-67.
- Romerburg H C (1984) Cluster Analysis for Researchers. Lifetime Learning Publications Belmont, California. 277 p.
- SAS (1995) SAS User's guide: Statistics. 5th ed. SAS Institute, Cary, NC.
- SYSTAT (1992) 'Statistics.' (SYSTAT, Inc.: Evanston, IL). 560 p.
- SEDAGRO (2003) Anuario Estadístico de Agricultura en Michoacán. Secretaría de Desarrollo Agropecuario. México, D. F.