



**Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Agropecuarias**

PROPAGACIÓN DEL CULTIVO DEL MAMEY (*Pouteria sapota* Jacq), EN JAGUEY GRANDE



Tesis en opción al Título de Especialista en Fruticultura Tropical

Autor: Ing. Yosvanis García Manes.

**Tutores: Dr. G. Ramón Liriano González
MSc. José Pérez Rodríguez**

**Matanzas
2013**



UNIVERSIDAD DE MATANZAS
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

TITULO: PROPAGACIÓN DEL CULTIVO DEL MAMEY (*Pouteria sapota*
Jacq) EN JAGUEY GRANDE

TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN
FRUTICULTURA TROPICAL

Autor: Ing. Yosvanis García Manes.

Tutores: Dr. C. Ramón Liriano González
MSc. José Pérez Rodríguez

Matanzas
2018

DEDICATORIA

- A mi familia, en especial a mis hijos.

AGRADECIMIENTOS

- A mis tutores Dr. C. Ramón Liriano González y MSc. José Pérez Rodríguez por sus valiosas orientaciones y su ocupación constante durante el desarrollo de la investigación.
- Al Dr. C. Miguel Aranguren González por sus recomendaciones y apoyo.
- A todos los profesores que han contribuido a mi superación técnica y profesional.

A todos

Muchas gracias.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar diferentes tratamientos que estimulen la germinación de las semillas y técnicas de injerto que permitan incrementar la producción de plántulas de mamey, para lo cual se desarrolló un experimento en el vivero perteneciente a la UEB Granja 4 de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” de Jagüey Grande, provincia Matanzas, durante el período comprendido entre abril del 2016 a noviembre del 2017. Se estudió la germinación de las semillas de mamey bajo diferentes tratamientos, se determinó el momento en que el patrón está listo para injertar, se evaluaron tres métodos de injerto del mamey en vivero y se efectuó una valoración de los costos en plantas de mamey injertadas. Los datos se procesaron con el programa STATISTICA, Versión 6.0, (Stat Soft, Inc., 2003). Los resultados obtenidos indican que la inmersión de las semillas en agua corriente por tres días y el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente hasta los 10 días favorecen la germinación de las semillas de mamey. El patrón de mamey está listo para injertar después de cuatro meses del trasplante cuando alcanza 1,5 cm de diámetro mínimo establecido. Con la técnica de injerto de chapa se lograron los mayores prendimientos (70% a 100%) y el mayor crecimiento de la yema durante todos los meses del año, en comparación con las técnicas de injerto tangencial y de hendidura. La disminución en tres meses del tiempo de permanencia de las plántulas de mamey en vivero favorece una reducción de los costos.

INDICE	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. El cultivo del mamey colorado	4
2.1.1. Origen y distribución	4
2.1.2. Importancia económica y alimenticia	4
2.1.3. Taxonomía.....	7
2.1.4. Características botánicas.....	7
2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos.....	9
2.1.6. Cultivares.....	10
2.1.7. Propagación.....	11
2.1.7.1. Aspectos generales sobre la propagación de frutales.....	11
2.1.7.2. Métodos de propagación del mamey.....	14
2.1.7.3. Propagación por semillas.....	14
2.1.7.4. Propagación por injerto.....	15
2.1.7.5. Tipos de injerto que se utilizan en mamey.....	17
2.1.8. Atenciones culturales y manejo de la plantación.....	20
2.1.8.1. Época y distancias de plantación.....	20
2.1.8.2. Riego.....	21
2.1.8.3. Fertilización.....	21
2.1.8.4. Podas.....	22
2.1.8.5. Plagas agrícolas y otras alteraciones.....	22
2.1.8.5.1. Insectos.....	22
2.1.8.5.2. Enfermedades.....	23
2.1.8.5.3. Otras alteraciones.....	23
2.1.9. Cosecha y poscosecha.....	24
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1. Ubicación geográfica y clima de la localidad.....	27
3.2. Germinación de las semillas de mamey bajo diferentes tratamientos.....	27
3.3. Determinación del momento en que el patrón está listo para injertar.....	28
3.4. Evaluación de tres métodos de injerto del mamey en vivero.....	28

3.4.1. Disponibilidad de varetas para el injerto durante el año.....	28
3.4.2. Prendimiento de los injertos según tiempo de preparación de la vareta.....	29
3.4.3. Prendimiento de los injertos según el tipo de injerto.....	29
3.4.4. Crecimiento de los brotes del mamey según el tipo de injerto.....	30
3.5. Valoración de los costos en plantas de mamey injertadas.....	31
3.6. Programas estadísticos empleados.....	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Germinación de las semillas de mamey bajo diferentes tratamientos.....	32
4.2. Determinación del momento en que el patrón está listo para injertar.....	34
4.3. Evaluación de tres métodos de injerto del mamey en vivero.....	36
4.3.1. Disponibilidad de varetas para el injerto durante el año.....	36
4.3.2. Prendimiento de los injertos según tiempo de preparación de la vareta.....	38
4.3.3. Prendimiento de los injertos según el tipo de injerto.....	39
4.3.4. Crecimiento de los brotes del mamey según el tipo de injerto.....	40
4.4. Análisis de los costos en plantas de mamey injertadas.....	42
5. CONCLUSIONES.....	44
6. RECOMENDACIONES.....	45
7. BIBLIOGRAFÍA.....	46

1. INTRODUCCIÓN.

Las frutas constituyen una fuente alimenticia muy rica por el contenido de vitaminas, proteínas, carbohidratos y minerales, así como una buena fuente de ingreso económico para los productores.

El mamey es una fruta muy apreciada por sus características organolépticas, y su consumo es básicamente a nivel familiar, mercado local y regional con una amplia distribución por el exquisito sabor de sus frutos y alto valor nutritivo (Aceves *et al.*, 2008). A pesar de la importancia de este valioso recurso genético, existen escasas investigaciones en torno a su diversidad, manejo agronómico, disponibilidad del material de propagación, demanda real en los mercados nacionales e internacionales, aprovechamiento de los frutos y poscosecha, por lo cual su cultivo y explotación comercial es escasa.

La dificultad de multiplicar de forma asexual por injerto ha limitado de forma significativa la difusión del cultivo (Mahatanatawee *et al.*, 2005). Además, ha provocado una fuerte erosión genética, pues los árboles dispersos son fácilmente eliminados por constituir obstáculos para el fomento de plantaciones de otras especies y el desarrollo urbano e industrial (García *et al.*, 2006).

Las limitaciones en la disponibilidad de plantas de mamey se deben en gran medida a que se encuentran dispersas en patios, fincas de campesinos y pequeñas parcelas, que reduce su aprovechamiento desde el punto de vista comercial. Además, se considera una de las plantas más difíciles de propagar por injerto como otras especies de la familia de las Sapotaceas (Villegas y Mora, 2008).

Como resultado de la propagación a partir de semillas, los árboles de mamey presentan una alta variedad de formas, peso, tamaño y sabor de los frutos, así como variabilidad en la productividad y período de juvenilidad. Los árboles propagados por semillas pueden tardar entre siete y 10 años para su entrada en producción, aunque se plantea que su período de juvenilidad puede durar de 10 a 20 años, en comparación con los propagados por injertos, los que entran en producción entre el tercer y cuarto año de edad. En tal sentido la Fundación Ishpingo (2012) coincide al señalar que para el zapote el tiempo de espera antes de la primera cosecha se reduce de 10 años a

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

solamente tres años para un zapote injerto. Además los arboles no pasarán de seis metros mientras que un zapote a partir de semillas puede sobrepasar los 15 metros, características estas que vuelven posible su cultivo que antes era muy difícil.

En el desarrollo de la multiplicación del mamey por injertos, aún existe desconocimiento en cuanto a las épocas de injertación, preparación de las varetas y de los patrones, así como de las técnicas de injerto que mejor se adecuan a las características de esta especie. Aunque algunos viveristas logran propagar el mamey por injerto no han obtenido los resultados que se alcanzan con el injerto en otras especies de frutales.

La propagación del mamey colorado en la provincia de Matanzas es limitada, sin embargo, a partir del establecimiento del programa de diversificación de los frutales en todo el país, se ha dado un impulso a esta tarea, por el interés en desarrollar este cultivo, a partir de la demanda de sus frutos por la población y en los Polos Turísticos de la provincia para el consumo en fresco o procesados.

Problema.

Escasa producción de plántulas de mamey (*Pouteria Sapota* Jacq) en los viveros comerciales debido a la pobre germinación de las semillas, lento crecimiento de los patrones y al bajo prendimiento de los injertos por la no utilización de las técnicas más adecuadas para la propagación de este frutal.

Hipótesis

Si se determina los porcentajes de germinación de las semillas, el crecimiento de las plántulas de mamey en vivero, con el empleo de diferentes tratamientos y técnicas de injerto, entonces se podrá incrementar las producciones en vivero.

Objetivo general.

Evaluar diferentes tratamientos que estimulen la germinación de las semillas y técnicas de injerto que permitan incrementar la producción de plántulas de mamey.

Objetivos específicos.

1. Determinar el porcentaje de germinación de las semillas de mamey colorado bajo diferentes tratamientos.
2. Establecer la edad en que el patrón de mamey está listo para injertar en vivero.
3. Evaluar diferentes técnicas de injerto durante la propagación del mamey en condiciones de vivero.
4. Valorar los costos en plantas de mamey injertadas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

2.1. El cultivo del mamey colorado.

2.1.1. Origen y distribución.

El mamey colorado o zapote (*Pouteria sapota* Jacq), es originario de las partes más bajas de América Central y México, desde Guatemala hasta Panamá y se introdujo en países de América como: Colombia, Venezuela, Ecuador, Brasil, Cuba, República Dominicana, Puerto Rico, Florida, Hawai, Bahamas y en países Asiáticos como: Malasia y Filipinas; con una distribución que va desde la región tropical-húmeda de América Central, México y algunos países de América del Sur (Balerdi *et al.*, 2005).

El ICUC [International Center for Underutilised Crops] (2005) sitúa su origen en las partes bajas de América Central y precisa que es un fruto exótico de clima tropical, que es considerado originario de las selvas del sur de México.

El hábitat natural del mamey se encuentra en el trópico, en la vertiente del Atlántico de México, desde el norte de Veracruz hasta la península de Yucatán, y en el Pacífico, desde Jalisco a Chiapas. Importantes centros de diversidad o regiones de cultivo comercial se han encontrado en Guatemala, Centro América, Islas del Caribe, Panamá y Venezuela, desde nivel del mar y hasta los 1300 m (Azurdia, 2006).

Fernández y Hernández (2009) plantean que su centro de origen se extiende entre el sur de México y el norte de Nicaragua y se cultiva en toda América Central, Caribe y norte de Sudamérica.

2.1.2. Importancia económica y alimenticia.

El mamey es una fruta muy apreciada por sus buenas características organolépticas, y se destina para el consumo nacional en los países productores, pero con potencial para la exportación cuando se procesa, sea en pulpa congelada o deshidratada (Pennington y Sarukhán, 1998 citados por SAGARPA [Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación], 2012).

El IITF (2011a) establece que el zapote se cotiza a un alto precio en el mercado nacional siendo uno de los frutos más balanceados desde el punto de vista dietético. Se

consume generalmente en forma de jugos, batidos y como fruta fresca, lo que obliga a que el fruto ofertado sea de alta calidad cosmética y buen sabor.

Lim (2013) señala que el mamey tiene una alta demanda y se cotiza a buen precio, debido a su alto valor nutritivo como alimento fresco y a su uso tradicional, pues todas las partes del fruto tienen un uso medicinal, la semilla presenta un aprovechamiento de la cual se obtienen aceites esenciales para la industria cosmetológica, la cáscara en el campo ambiental, y el sabor delicioso de la pulpa, por lo que se puede decir que el mamey es una fruta de uso integral, que puede fortalecer las actividades productivas y generar divisas.

La pulpa del mamey ha sido apreciada por su sabor característico y delicado, suave consistencia y su destacado aporte nutritivo en términos calóricos, de vitaminas, minerales y compuestos antioxidantes que ha sido establecida en diversas investigaciones (Nascimento *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2009; Murillo *et al.*, 2011; Yahia *et al.*, 2011).

En la industria alimentaria, brinda una excelente alternativa para ser utilizado como ingrediente para obtener batidos de leche, helados, o bien para la realización de jaleas, pastas y conservas, mantecados, mermeladas jugos diversos dulces y pastelería e inclusive hasta saborizante de licores, aunque sus variantes alimenticias son muy vastas. La semilla se puede hervir finamente tostar y mezclar con cacao para hacer chocolate amargo y en el sur de México, la semilla en polvo se mezcla con maíz tostado, o harina de maíz, el azúcar y la canela y se prepara como una bebida nutritiva llamada "pozol" (Netzahuatl, 2008).

El alto contenido de lípidos del aceite de la semilla del zapote (45% a 60% de aceite b.s.) ha motivado la realización de varias investigaciones tendientes a conocer su proceso de extracción, composición química, características fisicoquímicas, aplicaciones y usos potenciales (Laiz-Saldaña *et al.*, 2009; Cravotto *et al.*, 2011; Cavalcante *et al.*, 2012; Parodi Nutra, 2013).

En la industria cosmética suele utilizarse el mamey por las propiedades suavizantes e hidratantes que se le atribuyen; además de su contenido de carotenos que le confiere la propiedad de antirradicales libres, y de manera popular se utiliza como materia prima

para la elaboración de shampoos, acondicionadores para cabello maltratado, reseco o sin cuerpo; al igual que para productos de belleza para manos y cuerpo, especialmente para cutis sensible o delicado (Gómez *et al.*, 2012).

El mamey se caracteriza por poseer un 75% de agua, fibra, grasa, hierro, calcio, proteína, sodio, carotenos, potasio e hidratos de carbono, por lo que es una excelente alternativa energética (Alia-Tejacal *et al.*, 2005). Los frutos son ricos en vitamina A y C, proteínas, carbohidratos, calcio y hierro, constituyendo una fruta promisoriosa en cuanto a su valor nutricional (SAGARPA, 2008).

El fruto de mamey por cada 100 g de porción comestible está compuesto según U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA) (2012) por 62,43 g de agua, energía 134 kcal (561 kJ), 2,12 g de proteína, lípidos totales (grasa) 0,60 g, ceniza 1,10 g, 33,76 g de hidratos de carbono (azúcares con poco o nada de almidón presente, glucosa, fructuosa y sacarosa); fibra (dietética total) 2,6 g, minerales, vitaminas, aminoácidos y constituyentes volátiles.

En comparación con otros frutales tropicales, en el zapote mamey se encuentran los mayores contenidos de azúcares totales como sacarosa. En sus hojas la concentración de azúcares de transporte, principalmente estaquiosa y sacarosa es mayor que la de glucosa y fructuosa. La estaquiosa es un azúcar no reductor que se transporta vía floema al igual que la sacarosa debido a que son menos reactivos que los azúcares reductores, la misma no ha sido estudiada en los frutales y está compuesta por una molécula de sacarosa y dos moléculas de galactosa, que se sintetizan en el mesófilo de la hoja y se difunden vía plasmodesmos. Se ha comprobado que en otras plantas protege las raíces de las heladas en invierno (Arellano, 2012).

En los frutos la cantidad de sacarosa es un factor importante para la estimación de la diversidad de accesiones de mamey. El contenido de azúcares en los frutos es variable y en climas tropicales y subtropicales es mayor que en los templados. Se plantea que el genotipo es un factor que determina la cantidad de azúcares (Arellano, 2012).

2.1.3. Taxonomía.

Reino: Plantae

Sub reino: Embryobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Dilleniidae

Super orden: Ericaneae

Orden: Ebenales

Familia: Sapotaceae

Género: Pouteria

Especie: *P. sapota* (Jacq.) H. Moore y Stearn

Nombre científico: *Pouteria sapota* (Jacq) H. Moore y Stearn.

El zapote tiene varios nombres comunes, dependiendo de la región: mamey, colorado, sapote (Balerdi y Crane, 2012).

La familia Sapotaceae incluye cerca de 40 géneros y 800 especies de árboles perennifolios y algunos arbustos. Entre los frutales más importantes de esta familia se destacan: Zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq), chico zapote (*P. fossicola*, Lin), caimito (*Chrisophyllum caimito*, Lin.), canistel (*P. campechiana*, Lin.), níspero (*Achras sapota*, Lin.) (Balerdi *et al.*, 2005).

2.1.4. Características botánicas.

Según Ochse (1986) citado por Balerdi *et al.* (2005) las plantas de mamey colorado cuentan con las siguientes características.

La raíz es típica profunda y leñosa. El tallo es leñoso con alturas que pueden alcanzar un promedio de 20 m, ramas gruesas de copa esférica. Sus hojas son entre ovaladas y lanceoladas, con un ápice obtuso a redondo, a veces apiculado y la base aguda con un promedio de 10 cm a 30 cm de largo por 4 cm a 10 cm de ancho. En el lado superior son verde oscuras y brillantes y en el inferior más claras, con las nervaduras reticuladas perpendiculares a los nervios laterales. Ledesma *et al.* (2011) señalan que en Alpoyecá,

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 autosuficientes fotosintéticamente.

Las flores de mamey brotan en grupos numerosos, de dos a seis flores cada una, en los nudos de las ramillas terminales inmediatamente de abajo del follaje nuevo. De ocho a 10 sépalos se encuentran dispuestos en forma de espiral y su tamaño disminuye progresivamente desde el más interno o basal; siendo más anchos que altos y a menudo recortados en ápice, la corola tubular amarillenta de nueve a 12 mm de largo, se abre en la parte superior en cinco segmentos o pétalos redondeados, saliendo de la base de cada uno de ellos un estambre. El pistilo mide unos nueve mm de largo; el ovario es muy pubescente normalmente con cinco celdas pero en la mayoría de los casos solo uno es fertilizado.

Fernández y Hernández (2009) manifiestan que las flores son pequeñas, de color blanco o amarillo pálido y se disponen agrupadas a lo largo de las ramas.

El fruto es una baya de forma variable considerablemente entre plantas de la misma población pueden ser fusiformes, elongadas y asimétricas, elipsoidales, o casi esféricas de 10 cm a 25 cm de largo por 8 cm a 12 cm de ancho. El mesocarpio varía considerablemente en textura y color rojo-anaranjado a grisáceo con contenidos de azúcares y sustancias aromáticas. El endocarpio es más pálido, fibroso y de consistencia más firme.

Bayuelo (2006) caracterizó morfológicamente al fruto de mamey, concordando con resultados obtenidos por Espinos *et al.* (2005) quienes realizaron una caracterización del fruto de mamey, teniendo como resultados que el mamey cuenta con un 81% a 83% de pulpa, índice de forma de 1,4 a 1,9; pulpa color rojo, sin fibra y con una semilla.

El fruto puede ser redondo o elíptico, de hasta 20 cm de largo, pudiendo sobrepasar los dos kg de peso. Tiene una piel áspera, gruesa, coriácea y de color marrón. La pulpa es cremosa y dulce, de color salmón rojizo. Contiene de una a cuatro semillas grandes, marrones, brillantes y en forma de huso (Fernández y Hernández, 2009). La pulpa del fruto maduro puede ser color salmón, naranja, roja con textura suave y uniforme a

finamente granulada. Por lo regular la pulpa tiene pequeñas cantidades de fibras (Balerdi y Crane, 2009).

Aguilar *et al.* (2015) al efectuar un estudio fenológico en zapote mamey en Guerrero, México, concluyeron que la apertura floral ocurre durante la noche, pero las anteras pueden derramar polen desde antes de la apertura. La formación de nuevas yemas inicia en enero, pero su más alta aparición ocurre entre julio y septiembre. En septiembre ocurre una fuerte caída de flores y frutos que es de 90% en los árboles de buen rendimiento. En los de bajo rendimiento, el aborto es de 99% o más. En los árboles de rendimiento medio o bueno, en promedio quedan de seis a nueve frutos por rama, hasta febrero. Los frutos crecen más en la parte media de la rama, que en sus extremos.

La semilla está formada por cotiledones y una plúmula muy pequeña, los cotiledones contienen una sustancia aromática y han sido utilizados tradicionalmente para preparar dulces o con fines medicinales.

Martínez (2006) plantea que la semilla es elipsoidal de aproximadamente 10 cm en el eje mayor por seis cm de ancho. El embrión carece de endospermo, los dos cotiledones son desarrollados y oleaginosos.

2.1.5. Requerimientos climáticos y edáficos.

El mamey está adaptado a las tierras bajas cálidas y húmedas, no obstante, crece muy bien en áreas cálidas y secas si se le proporciona humedad adecuada. El área potencial de producción es la tropical y subtropical. Las altitudes comúnmente van de 0 a 1300 msnm, pero las localidades ubicadas de 0 a 800 son óptimas para el cultivo. Se desarrolla mejor en suelos francos profundos y con pH de 5,5-6,5, con una temperatura de 20 °C a 30 °C y estaciones seca y lluviosa bien definidas. Durante la época seca deberá regarse especialmente durante los primeros dos a tres años de establecido. Debe tomarse en cuenta que es altamente sensible a suelos con mal drenaje (ICUC, 2005).

El IITF (2011a) afirma que es un árbol tropical, no tolera temperaturas por debajo de 0 °C. Se encuentra hasta 1500 m de altitud, pero su límite óptimo es 600 m. Se desarrolla

bien en condiciones de clima tropical húmedo y en zonas calurosas cercanas al nivel del mar, tiene buen comportamiento en sitios sombreados.

Requiere suelos profundos, fértiles, con alto contenido de materia orgánica y pH que oscile entre 5,5 y 6,5. Deben tener buen drenaje tanto interno como superficial, pues el cultivo es sensible a la asfixia radicular (IITF, 2011a).

Vázquez *et al.* (2015) al estudiar el efecto de la baja temperatura en el metabolismo de carbohidratos y calidad de frutos de zapote mamey concluyen que los frutos de zapote mamey almacenados a 10 °C durante más de 21 días son afectados negativamente en el metabolismo de azúcares reductores. Los frutos de zapote mamey almacenados a 10 °C entre siete y 28 días no afectan procesos de maduración como la firmeza, pérdida de masa, matiz y carotenoides totales.

2.1.6. Cultivares.

El comportamiento de cultivares de mamey puede variar según las condiciones climáticas y de suelo de las regiones de plantación, es por ello, que resulta de vital importancia la replicación de las colecciones en diferentes zonas del país para establecer la adaptación ecofisiológica de esta especie y su variabilidad en calidad y fechas de maduración de los frutos (García *et al.*, 2006).

El IITF (2011a) indica que existe gran variabilidad en cuanto al tamaño de los frutos, forma, calidad y color de la pulpa, a su vez destaca que se ha realizado una selección de cultivares en la provincia de Villa Clara con buen desarrollo, que pueden ser cosechados en diferentes épocas del año. Entre los cultivares seleccionados se encuentran: Manuel Acosta, Aniceto, Rafael Fariñas, Roberto Fariñas, Silvano Ferrer, José López, Tello 2, Díaz Cuevas 1, Díaz Cuevas 3, Sandino, Enrique, Correa y Briones 1, todos de excelente calidad y alto rendimiento. A partir de éstos se propone una selección de cultivares para la producción de mamey colorado todo el año (observar tabla 1).

Tabla 1. Cultivares con diferentes épocas de cosecha

Cultivares	Época de cosecha
INCA 1	Enero-Febrero
Manuel Acosta	Marzo-Abril
Aniceto	Mayo-Junio
Rafael Fariñas	Julio-Agosto
Correa	Septiembre-October
Enrique	Noviembre-Diciembre

Aranguren *et al.* (2015) al efectuar la prospección y caracterización de accesiones de mamey en el municipio Jagüey Grande, concluyeron que la especie *Pouteria sapota* (Jacq.) mostró una alta variabilidad en sus características morfológicas cuantitativas y cualitativas con calidad de los frutos que permiten la cosecha durante todo el año, la masa del fruto, de la semilla, época de cosecha, color del epicarpio y mesocarpio fueron los caracteres de mayor contribución a la formación de los grupos de diversidad entre las accesiones de mamey evaluadas, se prospectaron y caracterizaron 23 plantas de mamey, de las cuales 14 se encuentran en una colección *ex situ*, que representan el 4.1% del total muestreado, seleccionadas por los niveles de producción y características de calidad de la fruta que avalan su futura evaluación para su explotación comercial como frutos frescos y procesados.

2.1.7. Propagación.

2.1.7.1. Aspectos generales sobre la propagación de frutales.

La producción de plántulas en cantidad suficiente y con la calidad requerida tanto desde el punto de vista sanitario como de otros atributos técnicos, constituye el paso inicial e ineludible para lograr éxitos en un programa de desarrollo frutícola. A esto se añade el hecho de que los resultados se observan después de un período relativamente largo y cuando ya se ha realizado la mayor parte de la inversión (IIFT, 2011b).

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

El vivero de plantas es el lugar en el cual permanecen las posturas durante los procesos de germinación, crecimiento, educación de los patrones e injerto hasta el momento de ser llevadas a plantación. Los viveros se pueden hacer directamente en la tierra o en envases. Si se emplean envases, éstos por lo general son de plástico de color oscuro, preferentemente negro. Los viveros en envases son los más empleados por sus múltiples ventajas (IIFT, 2011b).

Según IIFT (2011b) el vivero de frutales actual es parte integrante de un sistema de propagación de plantas que por lo general está constituido por:

- Pregerminador o germinadero.
- Vivero.
- Banco suministrador del material de propagación (semillas y yemas). Este cumple la función de una plantación demostrativa de los manejos tecnológicos, las bondades de los cultivares que se propagan y de la calidad de las posturas que se producen y ofertan.

El sustrato es el medio físico donde las raíces de las plantas se fijan y realizan la absorción de agua y nutrientes e intercambio gaseoso. Es por ello que sus propiedades inciden directamente en el desarrollo de las plantas. El sustrato que se utilice en el llenado de los envases estará compuesto por una mezcla en iguales proporciones, de suelo, materia orgánica y de ser necesario, arena de río u otro material adecuado para garantizar las propiedades que se requieren (Napoleón y Cruz-Vela, 2005).

IIFT (2011b) señala que en algunos casos el suelo puede ser totalmente excluido en la preparación del sustrato. Como fuente de materia orgánica se pueden emplear: estiércol vacuno, gallinaza, cachaza, humus de lombriz, otros, siempre bien descompuestos.

El suelo que se tomará para hacer el sustrato debe cumplir los requisitos siguientes: valores de pH comprendidos en el rango entre 5,0 y 7,0; de textura areno-arcillosa o arcillo arenosa, de buen drenaje y preferentemente con fertilidad natural que ayude al desarrollo rápido y a la fortaleza de las plántulas, libre de piedras y otros obstáculos que dificulten la germinación y el desarrollo de las raíces, libre de plagas.

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

Por lo general se recomienda para el llenado de los envases en el vivero un sustrato formado por capa vegetal, materia orgánica y se puede adicionar arena de río o zeolita, en iguales proporciones. La preparación del sustrato, independientemente de la proporción o tipo de componente, culmina con la desinfección, con lo cual se evitan las afectaciones provocadas por bacterias, hongos, nematodos, insectos y malas hierbas, la misma puede realizarse por métodos físicos, químicos y medios biológicos

Las dimensiones de las bolsas están en función del tiempo que se requiera para el proceso de producción de las plántulas y las necesidades de espacio para el crecimiento y desarrollo del sistema radicular de las mismas. Por lo general en la mayor parte de las especies que se injertan es recomendable emplear bolsas de color negro, perforadas en el fondo y de 26 cm de ancho x 36 cm de alto y entre 120 a 150 micrones de espesor, para los frutales injertados y de 14 cm x 24 cm y 75 micras para los no injertados (IIFT, 2011b).

La determinación de los cultivares para ser empleados como portainjertos o patrones debe responder según IIFT (2011b) a los criterios siguientes:

- Crecimiento rápido y uniforme.
- Compatibilidad con la especie o cultivar a injertar.
- Sistema radical fuerte y abundante.
- Capacidad de adaptación a los diferentes suelos.
- Afinidad e influencia en la talla que tomará el injerto sobre dicho patrón.
- Alto potencial de producción y parámetros de calidad que inducen a los frutos y resistencia a plagas y enfermedades.

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, 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).

Para el trazado del vivero, se pondrán cuatro estacas a 1,10 m y después se intercalarán otras cuatro, partiendo de la primera a 50 cm, quedando espacio para cuatro hileras dobles de bolsas y un pasillo de 60 cm. Constituido el bloque inicial se

procederá a dejar un espacio de 2,5 m a 3,0 m para calles de circulación y se comienza el segundo bloque con ocho hileras dobles con las mismas dimensiones. La terminación del campo debe ser igual que el comienzo, cuatro hileras. El largo de los bloques puede ser de 20 m a 25 m y se dejarán pasillos de 60 cm (IIFT, 2011b).

Según Campana y Ochoa (2007) se recomiendan tres técnicas de injerto para frutales: Tangencial, hendidura y chapa o enchapado.

2.1.7.2. Métodos de propagación del mamey.

El mamey se propaga comúnmente por semillas en muchas áreas; sin embargo, no se recomienda este método porque los árboles de semillas demoran siete o más años para comenzar a producir frutos y se corre el riesgo de que su calidad pueda ser mala. En la Florida, los árboles de semillas se utilizan como patrones para el injerto de variedades más convenientes (García *et al.*, 2006).

IIFT (2011a) expone que el mamey ha sido uno de los frutales más difíciles de propagar por medios vegetativos lo que ha provocado que la propagación por semillas sea el método más empleado. Sin embargo, este método de propagación, hace que se presenten dos grandes problemas: el largo período de juvenil del árbol (10 a 12 años), lo que no estimula la inversión comercial del cultivo y la variabilidad genética que se obtiene mediante la propagación por semilla.

ACPA [Asociación Cubana de Producción Animal] (2015) plantea que hasta hace pocos años la propagación de mamey colorado, se hacía únicamente por semilla. Sin embargo, se usan métodos de propagación vegetativa, particularmente, el que se realiza por injertación, con buenos resultados. Se introdujo como forma de mejorar las características de productividad y la precocidad de la planta, deseando frutos con pesos de un kilogramos a más, una o dos semillas, color rojo intenso y maduración completa.

2.1.7.3. Propagación por semillas.

Las semillas deben colectarse de árboles adultos y plantarse inmediatamente en un medio que posea buen drenaje. Ellas pierden la capacidad de germinar en un período

de siete a 14 días y no existe método bueno para almacenarlas. Las semillas que poseen una rajadura parecen germinar más rápidamente. Sin embargo, las que carecen de rajaduras también germinan satisfactoriamente. La cubierta de la semilla puede romperse si ésta se pone entre dos piezas de madera y se le presiona con cuidado hasta que se raje. Las plantas de semilla deben trasplantarse, si germinaron en canteros, a macetas a medida que crecen y deben estar listas para injertos después de seis a 18 meses, cuando los arbolitos tienen alrededor de un metro de altura (Crane y Balerdi, 2012).

Según el ICUC [International Center for Underutilised Crops] (2005) la germinación se puede realizar en camas o bien en bolsas de 40 cm de longitud y 20 cm de diámetro, con sustrato estéril y húmedo; para lo cual, se colocan las semillas limpias a 5 cm de profundidad, humedad constante y sombra de 50%. Si se utilizan camas, cuando las plántulas alcanzan los 10 cm a 15 cm de altura, deberán trasplantarse a bolsas de plástico hasta que alcancen 75 cm de altura y un cm de diámetro, antes de colocarlas en el sustrato definitivo en campo.

Normalmente las plantas de semillero no producen hasta los ocho a 10 años de edad y no necesariamente reproducen bien las cualidades de la fruta que le dio origen. Para garantizar la producción de buena fruta, es mejor propagarlo vegetativamente, de esta forma la producción comienza entre uno y ocho años dependiendo del cultivar.

2.1.7.4. Propagación por injerto.

Injerto, operación mecánica que consiste en adicionar en un punto determinado de una planta (patrón) una porción de un órgano dado de otra (injerto) de la misma especie o no, con la cual tenga afinidad, para que se pueda producir por fusión un único tejido celular que garantice la vida de ambas partes como si se tratara de una sola (IIFT, 2011b).

Medina y Perdomo (2013) lo definen, como un trozo de tallo o una yema que se fija al patrón para que se desarrolle y produzca la variedad de fruta deseada. Es la parte del conjunto que crecerá formando la estructura del árbol: tronco, ramas, ramos, hojas, flores y frutos. Reproduce en la fruta y en el árbol las características exactas de la

variedad que hemos escogido para injertar, tanto en la fruta como en el árbol, a su vez exponen como principales objetivos del injerto: acelerar la entrada en producción del árbol, hacerlo más productivo e influir en el vigor, obtener frutos con características concretas o cambiar la variedad de fruta, dar mayor resistencia a enfermedades por el uso de patrones e injertos resistentes y adaptar el crecimiento al sistema de conducción y marco elegido.

El empleo de la técnica de propagación por injerto requiere de una serie de pasos previos, que incluyen la preparación del patrón y de las varetas:

Preparación del patrón: Para garantizar buenos patrones o portainjertos se deben seleccionar semillas que provengan de árboles con buenas características, tales como vigor, buen estado sanitario, estructura y resistencia a plagas y enfermedades (García *et al.*, 2006).

Las semillas tardan entre 15 y 40 días en germinar y el trasplante se realiza cada semana a partir de las primeras germinaciones cuando los hipocotilos alcanzan una longitud aproximada de ocho cm. Se recomienda trasplantar las semillas germinadas en bolsas de polietileno color negro de 40 cm de longitud por 20 cm de diámetro. Las bolsas se llenaran con un sustrato que contenga suelo y materia orgánica a las siguientes proporciones (70-30 v: v) o (80-20 v: v). Las bolsas se colocan en dos o tres hileras (García *et al.*, 2006).

Preparación de las varetas: Los factores más importantes a considerar al injertar son la época del año y la preparación de las yemas o varetas. La mejor época es cuando los días son cálidos, las noches son frescas y la humedad relativa es baja. En México estas condiciones corresponden al período de marzo a mayo y de octubre a noviembre, sin embargo, algunos injertadores experimentados realizan los injertos durante el verano y algunos durante todo el año. El patrón debe estar en un rápido estado de crecimiento y los propagadores comerciales emplean comúnmente ramitas terminales y su preparación conlleva cortar un anillo de la corteza en la ramita, de 25,4 cm a 30,5 cm del extremo terminal, dos a tres semanas antes de realizar el injerto. La eliminación de las hojas, dejando una pequeña sección del pecíolo, estimulará el crecimiento de las yemas que se encuentran en las axilas y después de remover la vareta del árbol, esta

mantendrá la capacidad de realizar el injerto por un período de cinco a siete días, aunque se recomienda injertar lo más rápido posible (Morera, 1994; citado por Aranguren y Pérez, 2014)

Balerdi *et al.* (1996) citados por Aranguren y Pérez (2014) indican que la eliminación de la yema apical del patrón dentro de las 24 a 48 horas previas al injerto, aumenta las posibilidades de éxito en las estaciones más cálidas y húmedas del año como ocurre durante la primavera y el verano.

Pérez *et al.* (2015) al estudiar la propagación del mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) por injerto: disponibilidad de varetas durante el año, su preparación y crecimiento de los brotes concluyeron que el mejor período para la preparación de las varetas de mamey para el injerto en las condiciones de Jagüey Grande, se presenta entre los meses de noviembre a abril en que ocurre el reposo vegetativo. Las varetas de mamey se encuentran listas para el injerto entre 30 y 35 días después del anillado que se realiza en la planta madre, con mayores reservas de almidones que las no anilladas.

2.1.7.5. Tipos de injerto que se utilizan en mamey.

Injerto tangencial: Se hace un corte superficial de 10,2 cm a 15,2 cm de longitud en la capa de cambio de la vareta, con cuidado de no cortar la parte leñosa, se corta de forma oblicua el lado contrario del esqueje y se hace un corte de similar longitud y diámetro en el patrón por encima de la línea del suelo. Se deja una pequeña porción de tejido en el corte del patrón para que cubra el corte oblicuo en el esqueje. Después que la vareta y el patrón estén unidos, se debe usar cinta de polietileno para envolver los cortes. La planta se pone en un sitio donde tenga un 50% de sombra y usualmente la unión de ambos tejidos se completará en tres a siete semanas, momento en que la cinta se debe remover gradualmente en aquellas yemas que hayan empezado a crecer. Después de esta operación las plantas injertadas pueden exponerse a una mayor radiación solar (García *et al.*, 2006).

Injerto de incrustación tangencial. EL IIFT (2011b) lo recomienda para diferentes especies de frutales entre las cuales se encuentra el sapote. Se puede realizar cortando y decapitando el patrón o sin decapitar, se da un corte longitudinal en el patrón de abajo

hacia arriba, se extrae un pedazo de corteza de seis cm a ocho cm de largo y un cm a dos cm de ancho afectando algo el cambium pero sin llegar nunca al leño. Una vez preparado el patrón para recibir el injerto se toma la yema elegida de acuerdo al diámetro de este y con un largo entre ocho cm y 10 cm, se practica un corte a bisel en ella de un largo entre seis cm y ocho cm, se coloca la cara de la yema sobre la cara del patrón y se procede a vendar ambas partes de abajo hacia arriba con una cinta de polietileno transparente, cubriéndose todos los cortes y dejando libre sólo el ápice de la yema. A partir de los 12 días de realizado el injerto debe ser revisado constantemente para detectar posibles engrosamientos del patrón y de ser necesario aflojar el amarre cuantas veces lo requiera. El injerto entre los 25 a 30 días debe estar completamente fusionado por lo que se eliminará definitivamente la cinta de polietileno.

Injerto de púa (hendidura): Seleccionar como varetas yemas terminales no endurecidas que posean de 5,1 cm a 10,2 cm de longitud y eliminar dos tercios de cada hoja. Para realizar el injerto, cortar completamente el patrón 15,2 cm a 20,3 cm por encima del suelo y efectuar un corte vertical a una longitud de 2,5 cm a 5,1 cm, para dividir parcialmente el patrón en dos partes y cortar el extremo de la yema en forma de cuña, colocar la cuña dentro del corte vertical en el patrón, apareando las dos capas de cambio. Envolver el injerto con cinta. La planta injertada puede cubrirse con una bolsa de polietileno y ponerse en un sitio con 50% de sombra, o en una cámara de neblina o nebulizadora intermitente (tres segundos de riego cada tres minutos) con un 50% de sombra hasta que el esqueje comience a crecer. Después que el injerto se haya formado y comience a crecer y alcance de 10,2 cm a 15,2 cm puede exponerse a una mayor radiación solar (Umaña, 2000).

Sobre el injerto de hendidura el IIFT (2011b) sugiere decapitar el patrón a una altura entre 15 cm y 20 cm por la zona herbácea, se eliminan las hojas vecinas al corte y se hace una abertura vertical por el centro del tallo por la cual se introduce una yema, lo más erecta posible y cortada, a partir de los tres cm del ápice, longitudinalmente a un largo de cuatro cm a cinco cm por ambas caras, seguidamente se amarra con cinta de polietileno transparente. A partir de los 15 días de realizado el injerto debe ser revisado

constantemente para detectar posibles engrosamientos del patrón y de ser necesario aflojar el amarre cuantas veces lo requiera.

Injerto de chapa: Consiste en fraccionar la vareta en pequeñas fracciones de cuatro cm aproximadamente, se le realiza un corte superficial a lo largo de la vareta sin llegar al leño y luego se realizan dos cortes a bisel en ambos extremos de la yema. En el patrón se realiza un corte de similar longitud y diámetro, y se dejan dos pequeñas porciones de corteza en cada extremo de los cortes del patrón para que cubra el corte oblicuo en el esqueje (García *et al.*, 2006).

EL IIFT (2011b) propone en el injerto de chapa practicar un corte de arriba hacia abajo en el sitio elegido del patrón, sacando un pedazo de corteza, debiendo dejar descubierto el cambium. Se asienta la yema en esa zona, y se procede a un vendaje o amarre, para lo cual se usan bandas transparentes de polietileno de 75 micras de espesor por dos cm o tres cm de ancho y de 15 cm a 20 cm de largo. La envoltura se realiza de abajo hacia arriba, tratando que el vendaje quede bien ajustado dejando la yema u ojo tapado o no, a elección del injertador.

Pérez *et al.* (2015) al investigar la propagación del mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) por injerto concluyeron que con el injerto de chapa se lograron los mayores prendimientos (70 - 100%) durante todo el año en comparación con el injerto tangencial y de hendidura.

Injerto de yemas: El mamey puede propagarse mediante injerto en T y de astilla, pero se necesita un nivel de habilidad mucho mayor para tener éxito. Otro sistema utilizado para injertar árboles adultos con variedades más deseables es el injerto de corona en ramas mayores de 2,5 cm, aunque es difícil no es imposible. Los árboles deben ser bien podados dejando sólo ramas principales de 75 cm a 100 cm; las ramas principales deben ser pintadas de blanco con una mezcla que contenga las mismas proporciones de agua y una pintura de látex soluble en agua. Esto impedirá que el tronco y ramas desnudas se quemen por el sol. Otro método es esperar a que varios brotes hayan crecido, entonces se seleccionarán algunos de ellos para ser sometidos a injertos laterales con los esquejes de la variedad deseada (Umaña, 2000).

Injertos de cuatro astillas y de aproximación: Son métodos usados en ocasiones por los propagadores con menor experiencia. A pesar de que estos métodos son exitosos pueden ser engorrosos. El cultivo de tejidos y los acodos no han tenido éxito y por lo tanto no se recomiendan (García *et al.*, 2006).

ACPA (2015) respecto al injerto de mamey colorado por la vía de cuña con patrón decapitado en cámara, señala que se debe cortar la yema del patrón con la luna en creciente y dejarlo en reposo durante dos o tres minutos antes de ejecutar la operación de insertar la cuña o corona. Se une la yema con el patrón mediante el vendaje. Regar con abundante agua las bolsas hasta su capacidad de campo. Se tapa el injerto con nylon transparente, se colocan las plantas a la sombra, preferiblemente 50% de luz y se espera 35 - 40 días hasta que el injerto este bien brotado.

2.1.8. Atenciones culturales y manejo de la plantación.

2.1.8.1. Época y distancias de plantación.

El IIFT (2011a) afirma que está determinada por la etapa de lluvia de mayo a octubre. De disponer de riego, se puede plantar durante todo el año.

La separación entre árboles debe estar en correspondencia con las dimensiones que ocupe el mismo para proveerle espacio suficiente para el crecimiento, que ocurrirá normalmente al pasar varios años. Cuando las distancias entre árboles son muy grandes, las primeras cosechas serán reducidas, sin embargo, si las distancias son muy pequeñas cuando no hay un buen manejo de las podas, la competencia entre plantas puede ser un problema lo que podría reducir considerablemente las cosechas (Rodríguez *et al.*, 2011).

El marco de plantación es variable ya que depende de las condiciones edafoclimáticas del lugar y puede oscilar desde cinco m x cinco m hasta 10 m x 10 m. Cuando se siembra en marco estrecho se debe ralea en la medida que el crecimiento de las plantas lo indique hasta dejar una plantación de 10 m x 10 m al final. Se puede asociar con algunos cultivos (yuca, habichuela, plátano, etc.) mientras el tamaño de los árboles lo permita (IIFT, 2011a).

2.1.8.2. Riego.

Una adecuada humedad en el suelo es esencial, especialmente durante el primer año de crecimiento. El arbolito recién plantado debe regarse inmediatamente después de la siembra y en días alternos durante las primeras cuatro a seis semanas, a menos que existan abundantes lluvias. Nunca se debe permitir que los árboles se marchiten, pero demasiada agua puede dañar las raíces, especialmente en los suelos con poco drenaje. Los árboles adultos deben ser regados una o dos veces por semana con 2,5 cm³ de agua durante los períodos en que las lluvias no son abundantes. El riego durante la floración y las primeras etapas de la formación del fruto constituye uno de los factores más importantes para lograr los frutos. Se pueden emplear varios métodos de riego que incluyen a aspersores, microaspersores y sistemas de goteo (Cruz, 2002).

El sapote generalmente no se cultiva bajo riego, pero de ser necesario, la frecuencia de riego será cada cinco a 10 días en dependencia del tipo de suelo y la edad de la plantación, evitando el exceso de humedad (IIFT, 2011a y IIFT, 2011c).

2.1.8.3. Fertilización.

El IIFT (2011a) manifiesta que en el momento de la siembra se recomienda hacer una aplicación de materia orgánica. Las aplicaciones de fertilizantes se deben realizar de forma circular, separadas unos 30 cm del tronco en el área de goteo de la planta. La época de aplicación es el período de lluvias y la dosis a aplicar depende de la edad de la planta (observar tabla 2).

Tabla 2. Recomendación de fertilización según la edad de la planta.

Edad de la planta	Dosis en kg por planta	
	Formula completa	Nitrogenado
1 año	0,70	0,06
2 año	1,15	0,09
3 año	1,60	0,13
4 año	2,10	0,17
5 años o más	2,50	0,20

2.1.8.4. Podas.

IIFT (2011a) recomienda una poda de formación y una poda de mantenimiento, en el primer caso se le realiza una poda de la yema apical a 70 cm de altura, para formar una estructura en V, dejar siempre las ramas más fuertes. Cuando crezcan muchas ramas cerca unas de las otras, se recomienda eliminar algunas de ellas, para formar una correcta estructura, en caso de la poda de mantenimiento indica hacer una poda de «Topping» para controlar el tamaño de la planta y facilitar la cosecha. Después de la cosecha se eliminan las ramas dañadas, muertas y enfermas.

2.1.8.5. Plagas agrícolas y otras alteraciones.

2.1.8.5.1. Insectos.

El taladrador *Diaprepes abbreviatus* es un peligro potencial ya que existe en Florida y ataca a una amplia variedad de plantas que incluyen al mamey. Aunque este insecto se alimenta de las hojas cuando es adulto, su larva lo hace de las raíces, causando que el árbol se marchite o aun muera en casos severos. Varias productores de escamas como *Pseudaulacaspis pentagona*, *Philephedra sp.*, *Coccus viridis*, *Palinaspis quohogiformis*, *Pulvinaria psidii*, *Eucalymnatus tessellatus*, y *Ceroplastes sp.*, se encuentran ocasionalmente, pero sus daños rara vez son lo suficientemente serios como para requerir su control. Los ácaros rojos (*Tetranychus bimaculatus*) pueden infestar las

hojas. Las larvas de una especie de lepidóptero no identificado han sido observadas causando daños a la floración y los saltos de hojas causan algún daño a las hojas jóvenes (Vásquez-López *et al.*, 2009).

IIFT (2011a) destaca a los cóccidos y ácaros como plagas en el mamey. Los cóccidos succionan la savia de las ramitas y los brotes tiernos causando la muerte a las partes más tiernas, debilitando la plantación y los ácaros (*Tetranychus* y *Brevipalpus*) raspan y succionan la savia, afectando el área foliar disminuyendo la capacidad fotosintética por lo que disminuye la producción.

2.1.8.5.2. Enfermedades.

La antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) puede dañar las hojas jóvenes, flores y frutos, pero usualmente no es un problema serio en La Florida. El alga roja (*Cephaleuros virescens* Kunze) puede atacar las ramitas y las hojas causando la muerte regresiva, si las condiciones de alta humedad se mantienen continuamente por un largo período. Las raíces pueden ser atacadas por varios hongos (*Rhizoctonia* sp., *Pythium splendens*) que ocasionan un declinamiento general en el vigor del árbol (Pereyda, 2009).

La antracnosis causada por el hongo (*Colletotrichum gloeosporioides* Penn.), se favorece con temperatura y humedad relativa altas. La enfermedad se presenta como áreas necróticas en las hojas, flores y los frutos nuevos, estos caen disminuyendo drásticamente los rendimientos hasta un 30% (IIFT, 2011a).

En el cultivo del zapote mamey, se ha reportado a *Botryosphaeria* spp., *Hypoxyylon* sp. y a *Lasiodiplodia theobromae* provocando el síndrome de muerte descendente, rajadura de corteza y cancro del tallo (Vásquez-López *et al.*, 2009).

2.1.8.5.3. Otras alteraciones.

La caída de frutos grandes es un problema en algunas estaciones. Se sospecha que las sequías y enfermedades sean las causas de este problema. La rajadura de los frutos en el árbol es un problema menor y su causa no se conoce. La maduración irregular de

algunas variedades como Magaña por ejemplo, hace la cosecha y mercadeo más difícil (Pereyda *et al.*, 2009).

2.1.9. Cosecha y poscosecha.

Los frutos de mamey son climatéricos y deben cosecharse cuando hayan alcanzado su madurez fisiológica; de lo contrario no madurarán adecuadamente y pierden su valor comercial. Según Alia-Tejacal *et al.* (2005) el fruto estará maduro si al remover la corteza la capa de pulpa expuesta tiene un color rosado-carmelitoso, naranja o rojo. El fruto debe ser removido cuidadosamente cortándolo o retorciéndolo. Se deben evitar golpes y arañazos que cambien su apariencia y provoquen madurez irregular y un tiempo de almacenamiento corto. Los frutos inmaduros se vuelven blandos y su pulpa adquiere un color carmelita oscuro y no son comestibles.

Los frutos de mamey son altamente perecederos y su maduración se caracteriza por la disminución de la firmeza y los fenoles e incremento de los azúcares, carotenoides totales y la actividad de las enzimas como catalasa, polifenol oxidasa y peroxidasa, además, presentan grandes pérdidas de peso debido a la transpiración lo que conlleva a una reducción del valor comercial (Rodríguez *et al.*, 2011).

El IIFT (2011a) señala que el periodo de floración es de mayo-agosto y la cosecha oscila en los meses de marzo a agosto según el clon que se siembre. La cosecha se realiza generalmente por cosecheros que suben a los árboles con una vara larga en cuyo extremo se amarra una funda de tela o saco y una cuchilla. El fruto debe ser cosechado en el estado de desarrollo apropiado para que madure satisfactoriamente, y esto requiere cierta experiencia. Un método usado comúnmente para saber si el fruto está listo para cosecharse consiste en hacer un pequeño rasguño en la superficie del fruto para remover solamente la cubierta rugosa. El fruto estará maduro si la capa de pulpa expuesta tiene un color rosado-carmelitoso, naranja o rojo. El fruto debe ser removido cuidadosamente cortándolo o retorciéndolo. Se deben evitar golpes y arañazos que cambien su apariencia y que provocarán madurez irregular y un tiempo de almacenamiento corto. Los frutos inmaduros se tornarán blandos y su pulpa adquiere un color carmelita oscuro y no son comestibles.

Cuando los frutos se cosechan con propósitos comerciales deben recogerse cuando la pulpa comienza a tornarse rosada, pero para usos caseros debería esperarse a que esté rojiza. El fruto madurará en un período de unos pocos días a una semana, si se recoge apropiadamente. Los frutos maduros se pueden almacenar bien en el refrigerador a 10 °C a 13 °C. Los frutos deben transportarse a una temperatura de 13 °C (IIFT, 2011a).

En la poscosecha las magulladuras constituyen el daño mecánico más común en la mayoría de las frutas, que resulta del impacto y vibración durante el embalaje, transporte y almacenamiento (Zeebroeck *et al.*, 2006).

Los daños mecánicos provocados por impactos favorecen el oscurecimiento de pulpa en frutos de mamey, lo cual es atribuido a una alta concentración de fenoles totales y a su interacción con enzimas oxidativas como la polifenol oxidasa y peroxidasa (Hernández *et al.*, 2008).

Alia-Tejagal *et al.* (2007) realizaron estudios de calidad poscosecha del mamey, donde observaron los cambios ocurridos durante la maduración en firmeza, actividad enzimática de pectinmetilesterasa, color, acidez, sólidos solubles totales y pérdida de peso.

La disminución drástica de la firmeza, tal y como lo mencionaron Alia-Tejagal *et al.* (2007) y Pérez-López *et al.* (2009) es un comportamiento observado en frutos de mamey cuando se mantienen a temperaturas de entre 20 °C y 27 °C. Dicha disminución se atribuye a varios factores, entre los que se destaca la hidrólisis de almidón, pérdida de agua por transpiración, incremento en la producción de etileno y respiración, y a la degradación de las pectinas de la pared celular de los tejidos de parénquima de la pulpa (Gómez *et al.*, 2012). Estos autores al estudiar el manejo poscosecha de zapote mamey y su impacto en la calidad de la fruta concluyeron que los frutos manejados sin golpes y empacados en caja tuvieron el menor deterioro y en consecuencia la mayor vida de anaquel. El deterioro del fruto se asoció con el grado de golpeo al momento de bajar los frutos del árbol, así como con el rozamiento ocurrido durante el empaque, por lo que el lanzar los frutos al suelo y empacarlos a granel causó el mayor deterioro. El mayor daño del fruto ocurrió entre los días tres y cinco de almacenamiento debido a

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

que la firmeza, el brillo y el ángulo de tono disminuyeron drásticamente, en tanto que los sólidos solubles totales y la actividad de pectinmetilesterasa aumentaron. Sin embargo, la diferencia entre efectos de tratamientos se observó principalmente a los siete y nueve días donde los mejores tratamientos fueron T2 (frutos capturados en costal de yute y empacados a granel en una caja de plástico) y T3 (Frutos lanzados a un colchón sobre el suelo y empacados a granel en una caja de plástico), los cuales sólo difirieron con respecto al testigo en la variable firmeza.

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación geográfica y clima de la localidad.

El estudio se desarrolló en el vivero perteneciente a la UEB Granja 4 de la Empresa Agroindustrial “Victoria de Girón” de Jagüey Grande, provincia Matanzas, durante el período comprendido entre abril del 2016 a noviembre del 2017. El clima de la zona se caracteriza por una temperatura media anual de 24 °C con una temperatura media del mes más frío de 14,4 °C y una media del mes más cálido de 33,4 °C. La precipitación media anual es de 1 494,2 mm y la humedad relativa media superior al 80% (Aranguren, 2009).

Los suelos son del tipo Ferralítico Rojo Típico con rocosidad y profundidad entre mediana y alta, según la nueva clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999) y catalogados como Ferralsol Rhodic y Nitisol Rhodic en correlación con el World Reference Base (Hernández *et al.*, 2004).

3.2. Germinación de las semillas de mamey bajo diferentes tratamientos.

Para la determinación del porcentaje de germinación de las semillas se realizaron dos experimentos. Para el primer experimento se recolectaron 100 frutos en estado de madurez fisiológica, se les extrajo la semilla, se partió la testa para favorecer la germinación y se distribuyeron en cinco grupos de 20 semillas que se sometieron a los siguientes tratamientos:

- I. Semillas sembradas el mismo día de su extracción (0).
- II. Semillas sembradas a los siete días de su extracción (7).
- III. Semillas sembradas a los 15 días de su extracción (15).
- IV. Semillas sembradas a los 30 días de su extracción (30).

Para el segundo experimento se recolectaron 100 frutos en estado de madurez fisiológica, se les extrajo la semilla, se partió la testa para favorecer la germinación y se distribuyeron en cuatro grupos de 25 semillas que se sometieron a los siguientes tratamientos:

- I. Semillas sembradas el mismo día de su extracción sin remojar (0).
- II. Semillas sembradas después de tres días de remojo en agua (3).
- III. Semillas sembradas después de siete días de remojo en agua (7).
- IV. Semillas sembradas después de 15 días de remojo en agua (15).

Se realizaron con frecuencia semanal evaluaciones de las semillas germinadas (%) y a los 30 días se realizaron observaciones de las causas de la no germinación de las mismas.

Con los datos de germinación se realizó un análisis de varianza simple donde los datos en porcentaje se transformaron a la función \sqrt{P} y las diferencias entre las medias se establecieron con el Test de Tuckey a un nivel de significación de $p \leq 0,05\%$.

3.3. Determinación del momento en que el patrón está listo para injertar.

Para evaluar el crecimiento del patrón en la fase de vivero, se plantaron 100 semillas de mamey en semillero y después de germinadas se pasaron a bolsas de 6 L de capacidad con un sustrato 70:30 (suelo ferralítico rojo: cachaza como materia orgánica). Las evaluaciones se realizaron a partir del trasplante con frecuencia mensual hasta los seis meses, en que los patrones estaban listos para el injerto y se determinaron la altura, perímetro del patrón y número de hojas.

Se tomó como referencia para considerar el patrón listo para el injerto, las indicaciones de Umaña (2000) de ocho a 10 meses de edad, un diámetro entre 1,5 cm a 2,0 cm y altura de 1,0 m.

3.4. Evaluación de tres métodos de injerto del mamey en vivero.

3.4.1. Disponibilidad de varetas para el injerto durante el año.

La disponibilidad de varetas de mamey durante el año se determinó con observaciones del estado fenológico de las plantas seleccionadas en los periodos de reposo vegetativo, brotación vegetativa, floración, fructificación y maduración de los frutos. En 20 plantas con edades entre 12 y 15 años del cultivar Pio-1 se determinó el estado fenológico en que se encontraban las plantas por observación de la copa de las plantas

una vez cada mes en todo el año, y se clasificaron los estadios fenológicos en: reposo, brotación vegetativa, floración, fructificación y maduración del fruto. Se realizaron observaciones de las ramas para establecer la posibilidad de la colecta de las varetas para injertar.

3.4.2. Prendimiento de los injertos según tiempo de preparación de la vareta.

La comparación del prendimiento de los injertos de chapa y tangencial en función del tiempo en que se tomaron las varetas después de preparadas en las plantas, tuvo en cuenta ocho momentos: 0, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 50 días después de realizado el anillado en la rama. Se utilizó un diseño completamente al azar con ocho plantas por tratamiento que incluye tiempo de preparada la vareta y tipo de injerto.

Las varetas utilizadas para los injertos se prepararon a principio del mes de noviembre del 2016, siguiendo el procedimiento de Umaña (2000) que comprende, la estimación del estado fisiológico de las ramas seleccionadas, las cuales pueden estar desde el estado de dormancia total (cuando hay reposo vegetativo), hasta el estado juvenil de desarrollo (después que se pierden las hojas y comienza la brotación), la selección de ramas libres de plagas y enfermedades con 10 o más varetas a las cuales se les realiza un anillado de 4 mm a 5 mm. El prendimiento de los injertos de las varetas se evaluó a los 30 días y los datos se expresaron en porcentaje. Se realizó un análisis de comparación de proporciones a un nivel de significación de $p \leq 0.05\%$.

3.4.3. Prendimiento de los injertos según el tipo de injerto.

Para la comparación de los tres tipos de injerto realizados en el mamey durante todo el año, se sembraron en vivero 500 semillas como patrones y el injerto se realizó a los seis meses de su crecimiento. Se tomaron para cada tipo de injerto 10 varetas previamente anilladas entre 30 y 35 días. Los injertos se realizaron con una frecuencia mensual. Los tipos de injerto utilizados fueron: tangencial sin patrón decapitado, cuña o hendidura y chapa (observar figura 1).



Injerto tangencial



Injerto de hendidura



Injerto de chapa

Figura 1. Tipos de injertos realizados para la multiplicación de plantas de mamey.

En los injertos de chapa se quitó la corteza sin llegar al leño para evitar dañar lo menos posible la zona de cambium y el resto de los tratamientos de injerto se realizaron según recomendaciones de García *et al.* (2006). Las atenciones culturales se ejecutaron según las indicaciones del IIFT (2011a).

El prendimiento de los injertos se evaluó a los 40 días y se expresó en porcentaje de injertos brotados. El diseño experimental fue totalmente al azar con un total de 30 plantas por mes y 10 por tipo de injerto. Se realizó un análisis de comparación de proporciones a un nivel de significación de $p \leq 0,05\%$.

3.4.4. Crecimiento de los brotes del mamey según el tipo de injerto.

Las evaluaciones de crecimiento de los brotes se ejecutaron con frecuencia semanal durante 60 días hasta que las plantas estuvieron listas para su plantación cuando el injerto alcanzó entre 15 y 20 cm de altura. Los datos se agruparon por técnica de injerto en cada fecha de evaluación para cada variable de crecimiento.

Se realizaron análisis de varianza de clasificación simple y de comparación de medias por el Test de Tukey (0,05%) para establecer las diferencias entre tratamientos. Los datos en porcentaje y conteos se transformaron a la función $\sqrt{\%}$ para su estandarización.

3.5. Valoración de los costos en plantas de mamey injertadas.

Para la valoración de los costos de plantas de mamey obtenidas por injerto en vivero, se tuvo en cuenta el costo de una plántula de mamey, que incluye bolsas, materia orgánica, salario, productos fitosanitarios y fertilización entre otros, así como el precio de venta.

Se analizaron los costos.h⁻¹, que incluyó los costos directos incurridos en la materia prima, materiales e insumos del vivero y los costos indirectos por gastos generales y de administración, salarios, distribución y venta, seguro, e impuesto por utilización de la fuerza de trabajo.

3.6. Programas estadísticos empleados

Los datos se procesaron con el programa STATISTICA, Versión 6.0, (Stat Soft, Inc., 2003).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Germinación de las semillas de mamey bajo diferentes tratamientos.

Al evaluar la longevidad de las semillas de mamey o el tiempo en que pueden permanecer viables y germinar antes de la siembra (figura 2) se pudo observar que desde la extracción y hasta los diez días de almacenaje a temperatura ambiente, se alcanzó una germinación del 96% y 72%, lo que según los instructivos técnicos para este frutal se consideran buena. A partir de los 15 días hubo una caída brusca de la misma hasta llegar a ser nula entre los 25 y 30 días, lo que pudo estar dado por la deshidratación de los cotiledones y el embrión con la pérdida de la viabilidad.

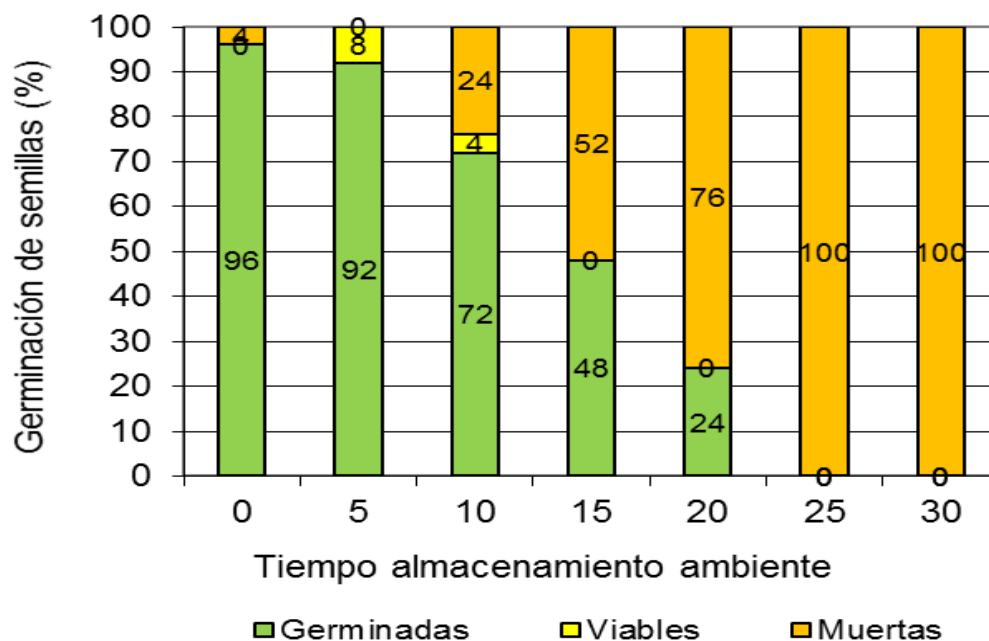


Figura 2. Germinación de las semillas de mamey almacenadas al ambiente antes de la siembra en vivero durante un periodo de 30 días.

Cruz (2002) plantea que no existen métodos satisfactorios para mantener la viabilidad de las semillas de mamey y al evaluar la conservación de las semillas de mamey con diferentes tratamientos de temperatura observó que a partir de la segunda semana a temperatura ambiente disminuyó la germinación en un 70%, y la disminución de la

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

germinación de las semillas está asociada a la pérdida de humedad en los cotiledones entre un 30% a 40%, lo que se corrobora con los resultados en este trabajo.

En la figura 3 se muestran los resultados obtenidos en la germinación de las semillas rajadas y sometidas a diferentes tiempos e inmersión en agua corriente, donde las semillas con tres días de remojo alcanzaron el mayor porcentaje de germinación con un 90%, seguidas de las no tratadas y sembradas el mismo día de la extracción con un 70%, que se atribuye a la hidratación de los cotiledones y del embrión, además de la pérdida de las sustancias inhibidoras de la germinación que se encuentran de forma natural en las semillas.

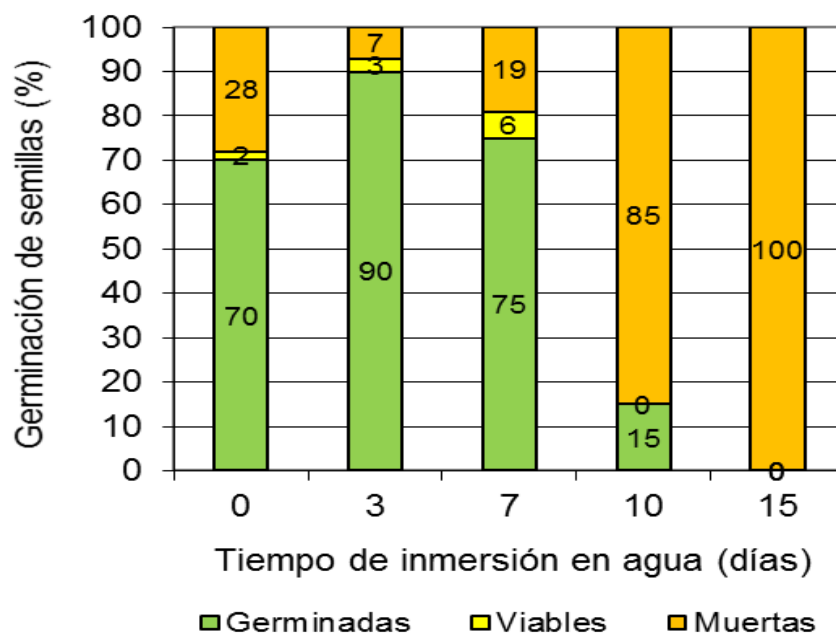


Figura 3. Germinación de las semillas de mamey tratadas con diferentes tiempos de inmersión en agua antes de la siembra en vivero.

Cruz (2002) obtuvo resultados similares al evaluar la germinación en semillas de mamey tratadas con agua y ácido giberélico, quitando la testa o rasgando la misma y plantea que las semillas sin la testa son vulnerables al ataque de hongos e insectos que pueden influir en el porcentaje de germinación de las semillas, resultados que se corresponden con las observaciones realizadas en este trabajo. En el diagnóstico visual

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

realizado a las semillas (figura 4) se observó la presencia de un micelio blanco algodonoso en ocasiones de color negro o grisáceo asociado a una alta presencia de ácaros limpiadores sobre el micelio y larvas de moscas.



Figura 4. Pudriciones presentes en las semillas de mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.))

Después de siete hasta los 15 días de las semillas mantenidas en agua se manifiesta una disminución de la germinación que se hace nula a los 15 días, este comportamiento se puede atribuir a que la inmersión de las semillas por más de una semana en agua, hace que pierdan su viabilidad por la falta de oxígeno que se vuelve una limitante de la germinación.

4.2. Determinación del momento en que el patrón está listo para injertar.

Teniendo en cuenta las recomendaciones de Umaña (2000) quien plantea que los patrones de mamey están listos para ser injertados cuando alcanzan un diámetro entre los 1,5 cm y 2,0 cm, se aprecia en la figura 5, que esta variable se alcanza después del cuarto mes del trasplante, momento a partir del cual se puede comenzar a injertar en un patrón de calidad. En el análisis estadístico donde se comparan el diámetro y la altura

Propagación del cultivo del mamey (*Pouteria sapota* Jacq) en Jagüey Grande.

en los diferentes meses durante el crecimiento del patrón mostro diferencias significativas entre las evaluaciones lo que era de esperar producto de esta variable en el tiempo.

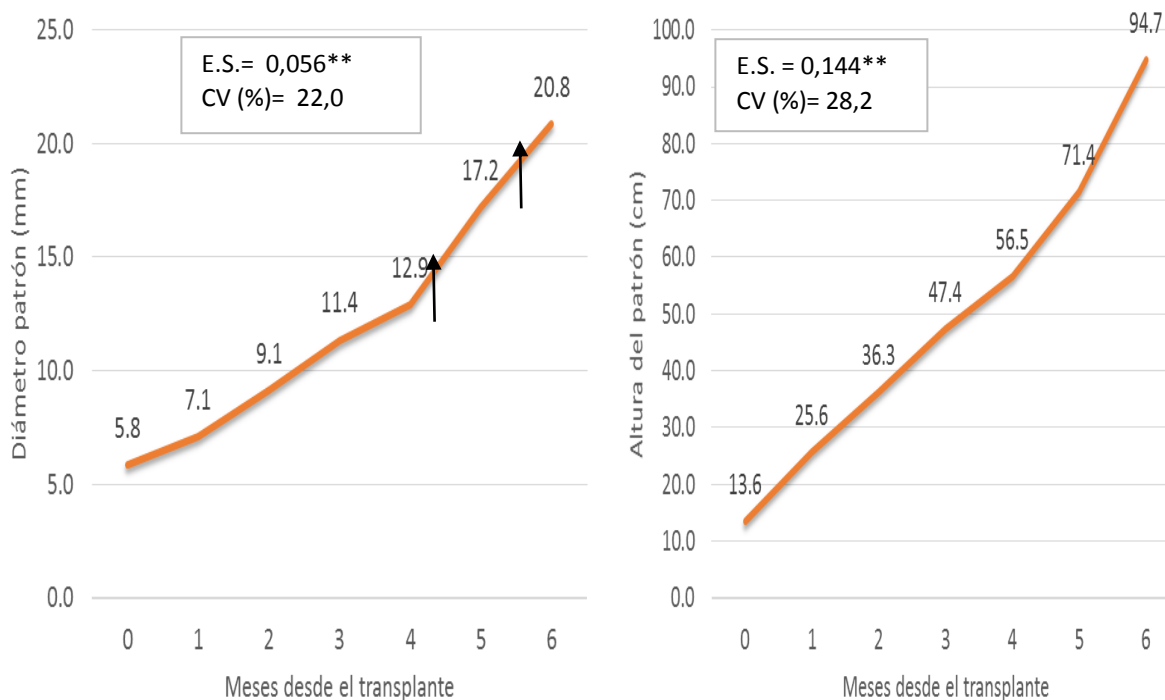


Figura 5. Crecimiento del patrón de mamey en diámetro y altura después de seis meses del trasplante en vivero.

Las varetas de mamey utilizadas para el injerto tienen un diámetro promedio de 1,0 cm a 2,0 cm por lo tanto el patrón debe tener dimensiones similares o superiores para hacer coincidir las zona de cambium y lograr buenos prendimientos.

Se observa que a partir del cuarto mes la tasa de crecimiento se hace más rápida por el incremento de la pendiente que se aprecia en la curva de crecimiento tanto para el diámetro como para la altura del patrón, este incremento en la dinámica de crecimiento se atribuye al incremento de las lluvias y las temperaturas a partir del mes de abril que coincide con el cuarto mes de las plantas en crecimiento.

Entre los cuatro y seis meses de crecimiento la planta alcanza entre 57 cm y 95 cm de altura, esto permite que si el injerto se realiza a una altura de 20 cm a 30 cm sin

decapitar el patrón (chapa o tangencial) da la posibilidad de aprovechar el patrón en el reinjerto con el empleo de las tres técnicas de injerto utilizadas en mamey.

4.3. Evaluación de tres métodos de injerto del mamey en vivero.

4.3.1. Disponibilidad de varetas para el injerto durante el año.

La selección de las plantas de mamey para la toma de varetas destinadas a realizar los injertos, estuvo sustentada en el comportamiento del desarrollo fenológico (brotación vegetativa y floración) durante el año. Las observaciones en el cultivar de mamey Pio-1 mostraron que la brotación vegetativa se presenta entre abril y mayo, que en cierta medida limita la disponibilidad de varetas para realizar los injertos tangencial y por hendidura que utilizan las yemas apicales. En el injerto de chapa se utilizan yemas axilares que se encuentran en una sección del tallo lignificado que no está en crecimiento, y por lo tanto tiene mayor disponibilidad de reservas para su prendimiento y desarrollo.

Posterior a esta fase de brotación vegetativa se presenta una pequeña floración en los meses de junio y julio con el cuajado de estos frutos en agosto y una segunda floración más intensa en los meses de octubre a noviembre con su periodo de cuaje de los frutos en diciembre. La presencia de la floración limita la disponibilidad de varetas para el injerto de chapa, ya que el mamey florece en los tallos lisos y lignificados (figura 6) y en esta etapa cuando se realiza el anillado se estimula la floración, por lo tanto la disponibilidad de varetas es mayor para realizar los injertos de hendidura y tangencial que utilizan yemas apicales.



Figura 6. Estadios fenológicos de floración y fructificación en plantas de mamey.

En México Ledesma *et al.* (2011) refieren que las plantas de mamey presentan la floración principal en los meses de junio, julio y agosto con la presencia de frutos del año anterior en desarrollo sobre la planta, por lo tanto se encuentran dos oleadas de frutos unos con 14 meses de edad y otros pequeños en desarrollo.

Los periodos de floración expuestos por estos autores, no se corresponden en la totalidad con el observado en las plantas de mamey del cultivar Pio-1, donde la floración máxima se presenta en Jagüey Grande, Cuba, en los meses de octubre a noviembre. Estas diferencias se pueden atribuir a las variaciones genéticas, culturales, en los factores ambientales (temperaturas y precipitaciones), tipos de suelo y situación geográfica entre los diferentes países y regiones analizadas.

La mayor disponibilidad de varetas del cultivar Pio-1 en Jagüey Grande, para la propagación del mamey por injerto, se corresponde con el período que comprende los meses de noviembre a abril, en que ocurre el reposo vegetativo y se encuentra una mayor cantidad de plantas en la fase fenológica de crecimiento y maduración de los frutos con una cosecha pequeña en octubre y la masiva en junio. En esta etapa se presentan además, frutos pequeños en crecimiento de la siguiente cosecha, pero no limita las posibilidades de injerto.

4.3.2. Prendimiento de los injertos según tiempo de preparación de la vareta.

El mayor prendimiento de los injertos de mamey se logró cuando se realizó el injerto con varetas mantenidas en la planta por 30-35 días después de anilladas y resultó superior en plantas injertadas por el método de chapa en comparación con el empleo del tipo de injerto tangencial (figura 7). Este prendimiento superior en este período se atribuye a que en este tiempo se acumulan mayores reservas y las yemas axilares y apicales se encuentran más estimuladas para brotar. Períodos anteriores y posteriores al indicado, las yemas no se encuentra estimuladas para la brotación o las reservas fueron movilizadas para la brotación.

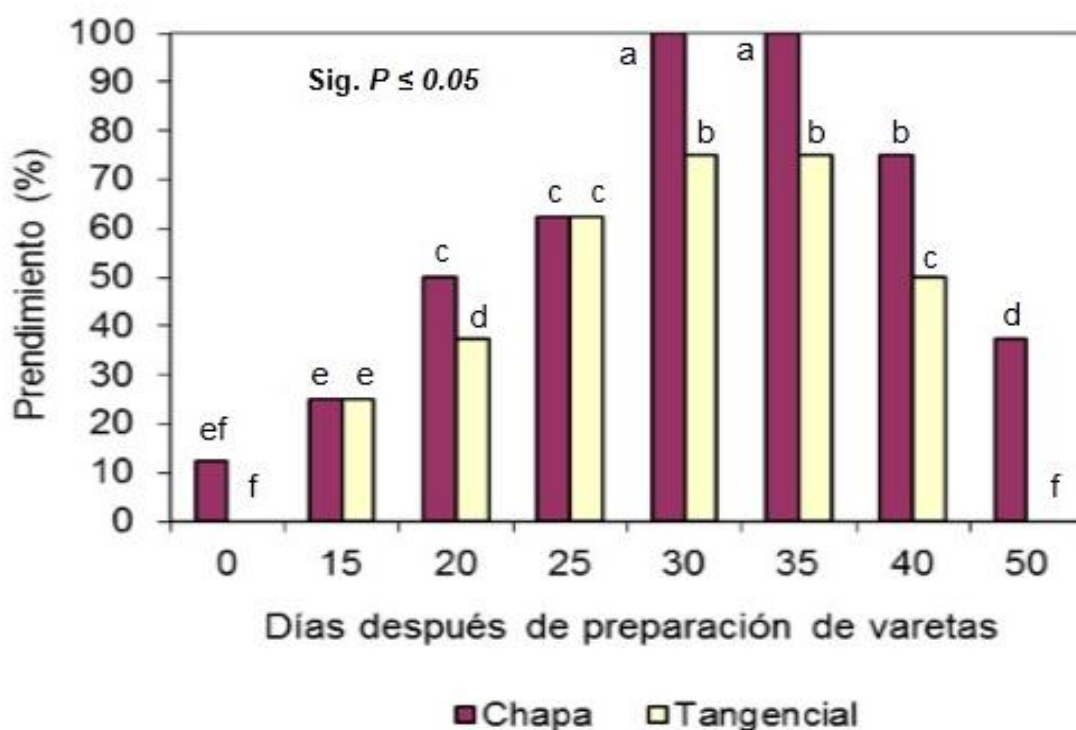


Figura 7. Prendimiento de los injertos de chapa y tangencial en función del tiempo de preparación de las varetas para injertar.

Umaña (2000) plantea que los mejores resultados en el prendimiento de injertos de mamey se han obtenido cuando las varetas se toman de árboles en estado de reposo o de varetas preparadas en árboles con follaje maduro. Se logró de un 80% a 90% de

prendimiento en comparación con un 40% cuando las varetas provienen de árboles con follaje nuevo.

4.3.3. Prendimiento de los injertos según el tipo de injerto.

En el análisis de las posibilidades de realizar el injerto del mamey durante todo el año, se encontró que el prendimiento por meses, estuvo determinado por el tipo de injerto y el estadio fenológico de la planta fuente de las varetas. En la figura 8, se aprecia que los injertos de chapa fueron los de mayor prendimiento (70% a 100%), con independencia del mes.

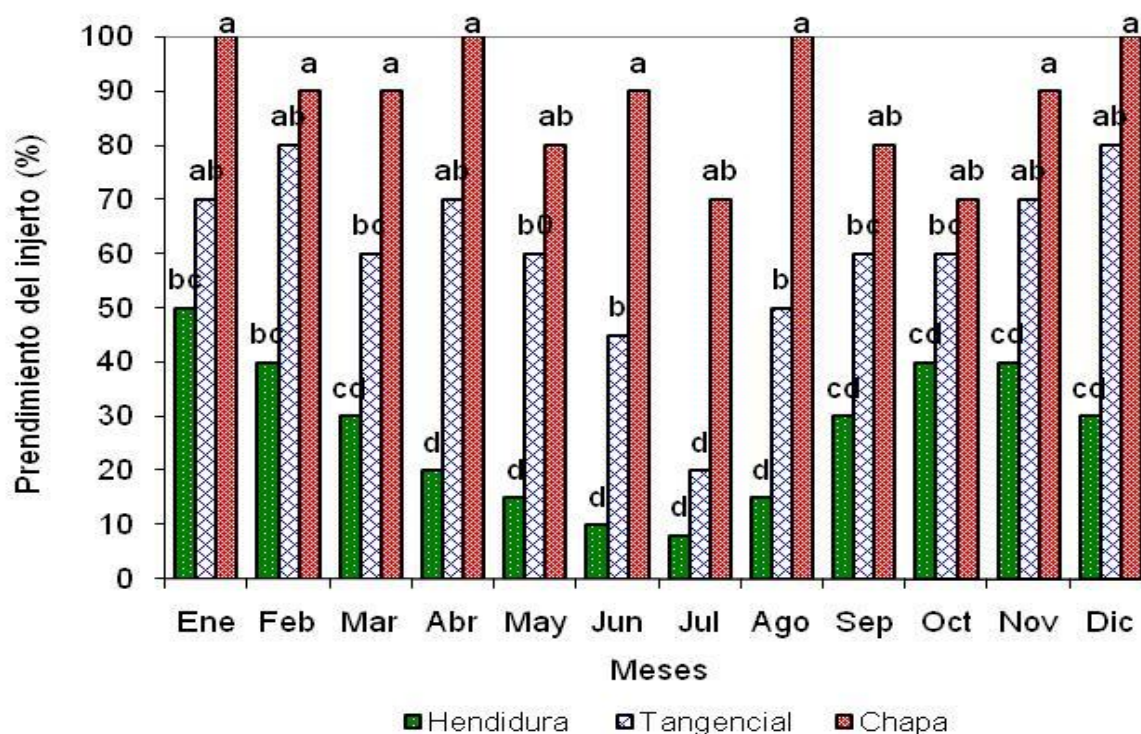


Figura 8. Prendimiento de los injertos de mamey realizados por diferentes métodos durante diferentes meses del año en vivero.

Con el injerto tangencial se lograron prendimientos entre 20% a 80%, mientras que el injerto de hendidura, mostró los valores más bajos 8% a 50%, con una menor eficiencia durante los meses de primavera, influenciado por el inicio de la brotación, las precipitaciones y el aumento de las temperaturas. Lobato (1998) al comparar el injerto

de chapa con el de hendidura, encontró diferencias significativas con un 50% en prendimiento en el de chapa con respecto a un 25% en el de hendidura.

El mejor resultado obtenido con el injerto de chapa se atribuye a las modificaciones realizadas a esta técnica con respecto a la utilizada por otros autores (García *et al.*, 2006), que emplean para este tipo de injerto secciones de las varetas divididas a la mitad por el leño. En este trabajo se realizó un corte superficial de la corteza lateral en la sección de la vareta utilizada y queda un mayor área de tejido de crecimiento en contacto con los tejidos del patrón que favorece la formación del callo y un mayor prendimiento, además, el follaje protege al injerto de las radiaciones solares en comparación con los otros tipos de injerto en que este se elimina con la poda como un procedimiento necesario para el injerto.

Los bajos prendimientos con el injerto de hendidura se atribuyen, a que en el procedimiento para realizar este injerto se decapita el patrón y se injerta la yema en la parte superior que al no estar protegida por las hojas del patrón, queda expuesta a la incidencia de la radiación solar, los vientos y daños mecánicos. En este injerto se realizan dos cortes profundos en la vareta para formar la cuña y esto reduce el área de formación de callo y el prendimiento. En tal sentido García *et al.* (2006) plantean que para obtener buenos prendimientos con el injerto de hendidura, es necesario garantizar un grupo de condiciones como: sombreado al 50%, humedad relativa al 80%, desinfección de las yemas y patrones entre otros requerimientos.

4.3.4. Crecimiento de los brotes del mamey según el tipo de injerto.

Con relación a la evaluación del crecimiento de los injertos de mamey realizados en vivero, se observa en la tabla 3, que a los 27 días no se presentan diferencias significativas en la longitud de los brotes de los tres tipos de injertos, no obstante a los 53 días se inicia un crecimiento acelerado de los brotes en los injertos de chapa y se alcanzan valores de 13,5 cm a los 68 días del injerto con diferencias significativas con respecto a los injertos tangencial sin patrón decapitado y de cuña o hendidura que no superan los 7,5 cm de largo.

Tabla 3. Crecimiento de los brotes de mamey en los tres tipos de injertos realizados en condiciones de vivero.

Variables	Tratamientos	Días desde el injerto	
		27	68
Diámetro del brote en la base (mm)	Tangencial	8,5 a	10,3 a
	Hendidura	8,7 a	10,0 a
	Chapa	2,3 b	6,2 b
	E.S.x	0,13*	0,067*
	CV (%)	28,7	12,4
Longitud de los brotes (cm)	Tangencial	1,5 a	7,3 b
	Hendidura	1,4 a	7,0 b
	Chapa	1,2 a	13,5 a
	E.S.x	0,017*	0,009*
	CV (%)	8,16	16,7
Número de hojas	Tangencial	4 a	14 a
	Hendidura	4 a	13 a
	Chapa	2 b	12 b
	E.S.x	0,076*	0,038*
	CV (%)	23,0	5,31

En las plantas injertadas el crecimiento de los brotes, mostró su mayor velocidad de desarrollo a partir de los 46 días, con independencia del tipo de injerto. El comportamiento diferente en el crecimiento de los brotes a partir de yemas apicales y axilares, se atribuye a la presencia diferenciada de promotores del crecimiento (auxinas) en los tejidos utilizados en cada tipo de injerto y al mayor o menor grado de lignificación del tejido vegetativo utilizado para la propagación.

La eliminación de la dominancia apical del patrón cuando se realiza el injerto de chapa permite un mayor desarrollo de las yemas axilares, lo que corrobora la hipótesis de Acosta *et al.* (2000) de que la supresión de la yema apical principal favorece el crecimiento de las yemas laterales. Se ha reconocido también que las auxinas producidas en el ápice del brote apical generan señales que inhiben el desarrollo de las

yemas axilares y si las primeras se eliminan se estimula el desarrollo de las laterales (Opik y Ralfe, 2005).

Estas observaciones pueden explicar porque las yemas axilares utilizadas en el injerto de chapa se desarrollan a una mayor velocidad que las yemas apicales colocadas en los injertos, tangencial y de hendidura donde el crecimiento se atribuye al reinicio de la acumulación de las auxinas promotoras del desarrollo.

El crecimiento en diámetro de los brotes en los injertos tangencial sin patrón decapitado y de cuña o hendidura, resulto superior y con diferencias significativas con respecto al alcanzado con el injerto de chapa, tanto a los 27 como a los 68 días del injerto. Estos resultados indican que en el injerto tangencial sin patrón decapitado y de cuña o hendidura, se parte de una yema terminal con un crecimiento más lento y estable en el tiempo que en el de chapa, que utiliza una yema axilar que crece a un ritmo más acelerado.

Con el empleo del injerto de chapa se logra una planta lista para llevar a campo de forma más rápida y un mayor aprovechamiento del material vegetativo, teniendo en cuenta que la disponibilidad de material de propagación en el mamey es limitada. En el cultivo del mamey es importante que se evalúe el desarrollo de los brotes en plantas injertadas, en condiciones ambientales favorables, para definir el número de flujos y su tamaño, dado que este aspecto es fundamental para el manejo de la especie (Ledesma *et al.*, 2011).

4.4. Análisis de los costos en plantas de mamey injertadas.

La producción de plántulas de mamey injertadas según referencias de Umaña (2000) requiere de un periodo aproximado de 12 a 14 meses en vivero para ser llevado a las plantaciones; en las condiciones de Jagüey Grande a partir de los resultados de esta trabajo el tiempo se redujo en tres meses y se observó que en solo nueve meses las plántulas estaban listas para llevarse al campo. Esta disminución de tiempo en el vivero representa una reducción de los costos y proporciona un ahorro en salarios, energía, plaguicidas agrícolas y fertilizantes (observar tabla 4).

Tabla 4. Análisis de los costos en vivero de mamey en Jagüey Grande.

OBJETOS DE GASTO	Tiempo en vivero			
	Antes (12 meses)		Después (9 meses)	
	MN	CUC	MN	CUC
1. Costos directos	6,64	10,23	5,20	8,67
Materia Prima, Materiales e Insumos	5,73	6,23	4,30	4,67
Insumos	1,87	0,20	1,40	0,15
Combustibles	0,06	0,03	0,045	0,023
Energía eléctrica	0,02	0,00	0,015	0,00
Agua	0,02	1,00	0,015	0,75
Salarios	3,32	2,00	2,49	1,5
Estimulación	0,44	3,00	0,33	2,25
Otros Gastos Directos	0,91	4,00	0,91	4,00
2. Costos indirectos	1,81	0,18	1,45	0,13
Gastos Generales y de Administración	0,78	0,11	0,59	0,08
Salarios	0,30	0,00	0,23	0,00
Gastos de Distribución y Venta	0,17	0,06	0,13	0,05
Salarios	0,08	0,00	0,06	0,00
Combustibles	0,01	0,005	0,01	0,00
Gastos Indirectos (Seguro)	0,30	0,00	0,30	0,00
Impuesto Utilización Fuerza Trabajo	0,17	0,00	0,13	0,00
Costo total.	8,45	10,41	6,65	8,80

Las plantas de mamey injertadas alcanzan los mayores precios entre las plantas de frutales a la venta por injerto, a partir de su escasa presencia y dificultades con su propagación. Con el desarrollo y mejora de la propagación asexual por injerto del mamey se pueden proyectar planes de desarrollo de este cultivo en todo el país, con los cultivares seleccionados.

5. CONCLUSIONES.

1. La inmersión de las semillas en agua corriente por tres días y el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente hasta los 10 días favorecen la germinación de las semillas de mamey.
2. El patrón de mamey está listo para injertar después de cuatro meses del trasplante cuando alcanza 1,5 cm de diámetro mínimo establecido.
3. Con la técnica de injerto de chapa se lograron los mayores prendimientos (70% a 100%) y el mayor crecimiento de la yema durante todos los meses del año, en comparación con las técnicas de injerto tangencial y de hendidura.
4. La disminución en tres meses del tiempo de permanencia de las plántulas de mamey en vivero favorece una reducción de los costos.

6. RECOMENDACIONES.

1. Utilizar el remojo de las semillas durante tres días y la técnica de injerto de chapa para la propagación del mamey en los viveros a escala comercial.
2. Determinar la influencia de estimuladores de la germinación de las semillas (físicos o químicos) durante la propagación del mamey.

7. BIBLIOGRAFIA.

Aceves, L.; Juárez, J. y Palma, D. J. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) en el estado de Tabasco. Manual de AGROCLIM 1.0. Colegio de Postgraduados. H. Cárdenas Tabasco. p. 28.

Acosta, M.; Sánchez, J. y Bañón, M. 2000. Auxinas. Fisiología Vegetal. Cap 19. Ed. Azcón-Vieto, España. p. 305-323.

ACPA (Asociación Cubana de Producción Animal). 2015. Mamey Colorado un futuro promisorio y durante todo el año. ACPA 1: 19.

Aguilar, C.; González, V. A.; Mora, J. A. y Villegas, A. 2015. Estudio fenológico en zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn] Guerrero, México. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 18: 71 - 79

Alia-Tejagal, I.; Soto-Hernández, R. M.; Colinas-León, M. T. y Martínez-Damián, M. T. 2005. Análisis preeliminar de carotenoides y compuestos fenólicos en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn). Chapingo Serie Horticultura. 11(2): 225-231.

Alia-Tejagal, I.; Villanueva-Arce, R.; Pelayo-Zaldívar, C.; Colinas-León, M. T.; López-Martínez, V. y Bautista-Baños, S. 2007. Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore and Stearn. Postharvest Biology and Technology. 45: 285-297.

Aranguren, M. 2009. Pronósticos de madurez y otras especificaciones de calidad para el ordenamiento de la cosecha en los cítricos de Jagüey Grande. La Habana. Tesis en

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical.

Aranguren, M. y Pérez, J. 2014. El mamey colorado (*Pouteria sapota* Jacq): generalidades y aspectos de su cultivo. Conferencia. Ministerio de la Agricultura. Unidad Científico Tecnológica de Base Jagüey Grande. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Cuba. 25 p.

Aranguren, M.; Pérez, J.; Luzbet, R.; Puentes, Alina y Rodríguez, Jenny. 2015. Prospección y caracterización de accesiones de mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) en el municipio Jagüey Grande, provincia de Matanzas. CitriFrut. 32(2): 42-53.

Arellano, Nely. 2012. Caracterización morfológica, estudio molecular y determinación de azúcares en Zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore & Stearm). México. Tesis en opción al título de Máster. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Arrieta-Ramos, B. G.; Villegas-Monter, A.; Hernández-Bautisa, A.; Rodríguez-Mendoza, M.; 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. Fitotecnia Mexicana. 33:257-263

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. Chapingo. Serie Horticultura. 16:147-154

Azurdia, C. 2006. Tres Especies de Zapote en América Tropical. Southampon Centre for Underutilised Crops, Universidad de Southampon, Southampon, UK. 216 p.

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

Balerdi, C. F.; Crane, J. H. and Maguire, I. 2005. Mamey sapote growing in the Florida home landscape [en línea]. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/MG331>. [Consulta: enero, 22 2018].

Balerdi, C. y Crane, J. 2009. El mamey sapote en Florida. Departamento de Ciencias Hortícolas. Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida. Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas. Universidad de Florida. Estados Unidos. 10 p.

Balerdi, C. y Crane, J. 2012. El mamey sapote en Florida. University of Florida. IFAS Servicio de Extensión. Gainesville, Florida. Estados Unidos. 8 p.

Bayuelo, J. S. 2006. Caracterización morfológica del sapote mamey (*Pouteria sapota*) del centro occidente de Michoacan, México. Universidad Autónoma de Michoacan. San Nicolás de Hidalgo.

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. Chapingo. Serie Horticultura. 16: 91-97.

Campana, B. y Ochoa, M. J. 2007. Propagación vegetativa o agámica de especies frutales. En: G. Sozzi (ed.); Árboles frutales; ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. p. 133-197.

Cavalcante, Í. H. L.; Cavalcante, L. F., de Sousa Miranda, J. M. and Martins, A. B. G. 2012. Physical and chemical characteristics of tropical and non-conventional fruits. Food Industrial Processes: Methods and Equipment, ed. by Valdez B. InTech, Rijeka, Croatia.

Crane, J. y Balerdi, C. 2012. University of Florida IFAS Extensión [en línea]. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/HS/HS28500.pdf>. [Consulta: enero, 22 2018].

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

Cravotto, G.; Binello, A. and Orio, L. 2011. Green extraction techniques for high-quality natural products. *Agro-Food Industry Hi-Tech*. 22: 57-59.

Cruz, C. D. 2002. Efectos de almacenaje, deshidratación y del ácido giberélico en la germinación de las semillas de mamey sapote (*Pouteria sapota* Jacq). Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Samorano,

Cruz, E. 2002. Caracterización de variedades de zapote. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Boletín Técnico No.6. p. 3-13.

Espinos, S.; Saucedo, C.; Viltegas, A.; Ibarra, M. A. 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.

Fernández, D. y Hernández, P. M. 2009. El Mamey colorado. Departamento de Fruticultura Tropical. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Gobierno de Canarias. 2 p.

Figueiredo, J.; Sánchez, S.; Donadio, L.; Sobrinho, J.; Laranjeira, F.; Pio, M. y Sempionato, O. 2002. Porta-enxertos para a lima-ácida-Tahiti na regio de Bededouro, sp. *Brasileira de Fruticultura*. 24: 155-159.

Fundación Ishpingo. 2012. Guía práctica para el cultivo de frutales. Recolección de semillas, manejo de vivero, agroforestería y técnicas en fruticultura. Fichas técnicas de las principales especies frutales nativas y exóticas. Alto Napo. Amazonia ecuatoriana. p. 14.

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

García, O.; Jiménez, A.; Pérez Ponce, J. N. y Millan, J. R. 2006. Selección de cultivares, perfeccionamiento y desarrollo del método de propagación por injerto en mamey (*Pouteria sapota*). CCS “El Vaquerito”. Santa Clara. Villa Clara. 23 p.

Gómez, F.; Nieto, D.; Téliz, D.; Mora, J. A.; Nava, C.; Martínez, María Teresa y Vargas, M. 2012. Manejo postcosecha de zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore and Stearn) y su impacto en la calidad de la fruta. *Chapingo Serie Horticultura* 18(2): 253-262.

Hernández, A.; Ascanio, M. O.; Cabrera, A.; Morales, Marisol y Medina, N. 2004. Correlación de la Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba con la World Referente Base. Conferencia en Curso de Postgrado de Clasificación de los Suelos. Maestría en Ciencias del Suelo, UNAH-INCA. 15 p.

Hernández, M. M.; Martínez, M, A.; Alia, T. I.; Hernández, H. L. U.; Osorio, O, R.; Colinas, L. M. T.; López, M. V.; Bautista, B. S.; Valle, G. S. 2008. Estrés por impacto en frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota*) durante el manejo postcosecha. *Fitotecnia Mexicana*. 31: 61-66.

ICUC. International Center for Underutilised Crops, 2005. Tres especies de zapote en América tropical [en línea]. Disponible en: <http://www.cropsforthefuture.org/publication/Manuals/Tres%20Especies%20de%20Zapote%20en%20America%20Tropical%20extencion%20manual.pdf> [Consulta: junio, 15 2017].

IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical). 2011a. Instructivo técnico para el cultivo del mamey colorado o sapote. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba. 18 p.

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical). 2011b. Instructivo técnico sobre la propagación de frutales tropicales. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba. 42 p.

IIFT (Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical). 2011c. Instructivo técnico para las fincas integrales de frutales. Ministerio de Agricultura. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba. 19 p.

Laiz Saldaña, J. C.; Tovar Miranda, R.; Durán de Bazúa, M. C. y Solís-Fuentes, J. A. 2009. Aprovechamiento de residuos agroindustriales: Producción de biodiesel por transesterificación alcalina de aceite crudo de almendras de zapote mamey (*Pouteria sapota*) Tecnol. Ciencia Ed. (IMIQ) 24(1): 48-56.

Ledesma, A.; Villegas, A.; González, V. A.; Ruiz, Lucero del Mar y Mora, A. 2011. Cinética de crecimiento foliar y desarrollo de brotes en selecciones injertadas de zapote mamey. Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2(6): 901-911

Lim, T. K. 2013. *Pouteria sapota* Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. 6: 138-142.

Lobato, Susana. 1998. Desarrollo de métodos de propagación para la conservación y propagación "ex situ" de especies de sapotaceas (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. Moore & Stearm). Costa Rica. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias Agrícolas. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza.

Mahatanatawee, K.; Goodne, K.; Baldwin, E.; Manthey, J. and Luzio, G. 2005. Total antioxidant activity of Florida's tropical fruit. Winter Haven: Citrus y Subtropical Products Laboratory. p. 68-70.

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

Martínez, A. 2006. Refrigeración de frutos of zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H.e. Moore & Stearn] cosechados in diferentes fechas in Tabasco, México. *Fitotecnica Mexicana*. 29(2): 51-57.

Medina, C. y Perdomo, A. 2013. Injertos de púa en frutales de hueso y pepita. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. 8 p.

Murillo, E.; McLean, R.; Britton, G.; Agócs, A.; Nagy, V. and Deli, J. 2011. Sapotexanthin, an A-provitamin carotenoid from red mamey (*Pouteria sapota*). *Journal of natural products*. 74(2): 283-285.

Napoleón, J. y Cruz Vela, M. A. 2005. Guía técnica de semilleros y viveros de frutales. Programa Nacional de Frutas, Primera edición, Santa Tecla, El Salvador. p. 6-8.

Nascimento, V. E.; Martins, A. B. y Hojo, R. H. 2008. Caracterização Física e Química de Frutos de Mamey. *Brasileira de Fruticultura Brasileira*. 30(4): 953-957.

Netzahuatl, M. C. 2008. Reducción de Cr(VI) y biosorción de cromo por la cáscara de la semilla de mamey. *Cubana de Química*. 20(2): 7-13.

Opik, H. and Ralfe, E. 2005. The physiology of flowering plants. Plant growth hormones. In Chapter 7. 4th edition, Eds Cambridge University Press. p. 177-194.

Parodi, Nutra. 2013. Dossier scientifique sur l'huile de sapote pour un usage en cosmetique. Rapport d'étude Parodi Nutra CPO 0606013.

Pereyda, J. 2009. Etiología y epidemiología de la proliferación vegetativa y floral del zapote mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) en Guerrero, México. Tesis en opción al grado científico de Doctor. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados.

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

Pérez, J.; Aranguren, M.; Luzbet, R.; Puentes, Alina y Rodríguez, Jenny. 2015. Propagación del mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) por injerto: disponibilidad de varetas durante el año, su preparación y crecimiento de los brotes. CitriFrut. 32(1): 45-51.

Pérez-López, A.; Villaseñor-Perea, C. A.; Cano-Vázquez, A.; Rangel-Fajardo, D. M.; Alia-Tejacal, I. y Colinas-León, M. T. 2009. Comportamiento mecánico y fisiológico de frutos de zapote mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn] bajo compresión. Ingeniería Agrícola y Biosistemas 1: 119-125.

Rodríguez, A.; Farrez, E.; Palceres, J.; Peña, O.; Fornaris, L. M.; Mulent, M.; Ramos, J. y Hernández, D. 2011. El cultivo del mamey colorado sapote. Citrifrut. 28(1): 73-76.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del zapote mamey (*Pouteria sapota* Jacq.) en el estado de Tabasco. México. Tomo XX. 36 p.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura Desarrollo Rural Pesca y Alimentación). 2012. Fortalecimiento de cadenas productivas, sistema producto mamey. Diagnóstico. Chinpalcingo, México. 97 p.

Silva, C. A.; Simeoni, L. A. and Silveira, D. 2009. Genus *Pouteria*: chemistry and biological activity. Brasileira de Farmacognosia 19(2A): 501-509.

Umaña, C. 2000. Injertación del zapote *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Serie Técnica. Manual Técnico No. 45. 15 p.

USDA (U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service). 2012. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25. Nutrient Data Laboratory.

Propagación del cultivo del mamey (Pouteria sapota Jacq) en Jagüey Grande.

Vásquez-López, A.; Mora-Aguilera, J. A., Cárdenas-Soriano, E. y Téliz-Ortiz, D. 2009. Etiología e histopatología de la muerte descendente de árboles de mamey (*Pouteria zapota* Jack) H.E. Moore and Stearn) en el estado de Guerrero, México. *Agrociencia*. 43: 717-728.

Vázquez, Betsaida; Alia, I.; Guillén, D.; Juárez, P.; Andrade, María, Villegas, O. G. y Martínez, A. 2015. Efecto de la baja temperatura en el metabolismo de carbohidratos y calidad de frutos de zapote mamey (*Pouteria sapota* [Jacq.] H.E. Moore & Stearn). *Acta Agrícola y pecuaria*. 1(2): 70-77

Villegas, M. A. y Mora, A. 2008. Propagación de zapote mamey (*Pouteria sapota* [Jacq.] H.E. Moore & Stearn) In: El zapote mamey en México: avances de investigación. Alia, T. I.; Villegas, M. A.; López, M. V.; Andrade, R. M.; Acosta, D. C. M.; Villegas, T. O. G. y Guillen, S. D. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. p. 41 – 56.

Yahia, E. M.; Gutiérrez-Orozco, F. and Arvizu-de Leon, C. 2011. Phytochemical and antioxidant characterization of mamey (*Pouteria sapota* Jacq. HE Moore and Stearn) fruit. *Food Research International*. 44(7): 2175-2181.

Zeebroeck, M. V.; Tijskens, E.; Dintwa, E.; Kafashan, J.; Loodts, J.; Baerdemaeker, D.; Ramón, H. 2006. The discrete element method (DEM) to simulate fruit impact damage during transport and handling: Case study of vibration damage during apple bulk transport. *Postharvest Biology and technology*. 41: 92-100.