



ARTÍCULO ORIGINAL

Caracterización cualitativa de una progenie de mango (*Mangifera indica* L.) obtenida por polinización abierta

Qualitative characterization of a mango progeny (Mangifera indica L.) obtained by open pollination

Maikel Izquierdo Rivero¹, Maricela Capote del Sol², Luis Alberto Valdés Silverio², Juliette Valdés-Infante Herrero², Orlando Coto Arbelo², Leneidy Pérez Pelea¹, Marlyn Ignacia Valdés de la Cruz¹

¹ Facultad de Biología,
Universidad de La Habana

² Instituto de Investigaciones de
Fruticultura Tropical, Cuba

RESUMEN

Los estudios de variabilidad genética resultan útiles para el manejo racional del material, tanto para su conservación como para el mejoramiento. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la diversidad de accesiones de mango obtenidas por polinización abierta mediante el empleo de marcadores morfológicos cualitativos establecidos por el Instituto Internacional de Recursos Genéticos en Plantas para este cultivo. Para el análisis de los datos se realizó un Análisis de Coordenadas Principales mediante el cual se logró explicar con dos coordenadas el 78,0 % de la variación total dentro de la progenie. Posteriormente con las variables de mayor contribución a la variabilidad se realizó un Análisis de Conglomerados usando como índice de distancia el Coeficiente de Jaccard y como método de agrupamiento el de Las Medias Aritméticas Promedio no Ponderadas. El dendrograma permitió dividir la progenie en tres grupos de genotipos tomando como criterio de corte 0,35. Para la elección del criterio de corte se utilizó un Análisis Discriminante con un 100% de buena clasificación. En todos los casos se usó el programa Paleontological Statistics versión 1.75. La mayor diversidad se encontró para caracteres relacionados con el fruto, lo cual abre posibilidades al mercado de fruta para consumo en fresco. Por otra parte la densidad de follaje espaciada obtenida permitirá implementar programas de mejoramientos dirigidos contra patógenos fúngicos, principalmente *Colletotrichum gloeosporoides* que afecta flores y frutos disminuyendo el rendimiento.

Autor para correspondencia:
mizquierdo@fbio.uh.cu

Palabras clave: accesiones, diversidad, mango, mejoramiento

Recibido: 2016-09-18

Aceptado: 2017-03-15

ABSTRACT

Genetic variability studies are useful for the rational management of material, both for conservation and for the improvement. In this sense, the aim of this work was to study the diversity of mango accessions obtained by open pollination using qualitative morphological markers established by the International Institute for Plant Genetic Resources for this crop. For data analysis was used a Principal Coordinates Analysis which allowed to explain 78.0% of the total variation with two coordinates in the progeny. Later, the variables with higher contribution to the variability were analyzed with a Cluster Analysis using as measure of distance the Jaccard coefficient and as clustering method the unweighted pair-group average. The dendrogram allowed splitting the progeny into three groups of genotypes using a cutting criterion of 0.35. Cutting criterion decision was made using a discriminant analysis with 100% good rating. In all cases was used the Paleontological Statistics program version 1.75. The greatest diversity was found related to the fruit characters, which opens possibilities to the fresh fruit consumption market. More over the spaced foliage density obtained will help to establish improvement programs directed against fungal pathogens, primarily *Colletotrichum gloeosporoides* that diminish plant performance affecting flowers and fruits.

Keywords: accessions, diversity, improvement, mango

INTRODUCCIÓN

La especie *Mangifera indica* L. es el miembro más importante de la familia *Anacardiaceae*, debido fundamentalmente a la calidad y aceptación de sus frutos para el consumo (Chiumarelli *et al.*, 2011); los cuales son una fuente importante de minerales (potasio, magnesio y hierro) y vitaminas (A, C y B) (Pierson *et al.*, 2014). Dentro de esta familia se encuentran también otros frutales bien conocidos, tales como el marañón (*Anacardium occidentale* L.), el pistacho (*Pistacia vera* L.), las ciruelas (*Spondias* spp.) y la gandaria (*Bouea gandaria* L.) (Morton, 1987).

En Cuba el mango ocupa el segundo lugar en importancia después de los cítricos, abarcando el 42% de las áreas destinadas al cultivo de frutales. Tal importancia se le ha atribuido debido a la adaptación a las condiciones edafoclimáticas del país conjuntamente con la aceptación de los consumidores locales (MINAGRI, 2011).

Los programas de mejoramiento en el país se realizaban hasta el momento por el método tradicional. Este consiste en la introducción de cultivares mejorados y el mejoramiento por selección directa. A pesar de que este método aún es de amplio uso posee algunos inconvenientes, entre ellos la no expresión de los caracteres de interés, producto del carácter regionalista del cultivo; además de que el mismo favorece la introducción de duplicados en las colecciones de germoplasma (Capote, 2007).

En investigaciones con marcadores moleculares se detectó una base genética estrecha en varios cultiva-

res que se tienen a escala comercial como son: Delicioso, Mamey, Chino rojo, Bizcochuelo, Filipino amarillo, Súper Haden, La Paz entre otros (Capote *et al.*, 2003). El mejoramiento por cruzamiento constituye una estrategia para aumentar la base genética del cultivo (Pinto *et al.*, 2011).

El mejoramiento por cruzamiento en progenies de mango puede ser realizado por polinización abierta o controlada. La polinización controlada se ve afectada por diversos factores como son: la alta heterocigosidad en el cultivo, el pequeño tamaño de la flor, la compleja herencia de muchos caracteres, así como el alto costo y tiempo que implica su realización (Pinto *et al.*, 2011).

Por otra parte la polinización abierta es un método simple que permite obtener una variabilidad alta con un bajo costo operacional, y figura dentro de los más recomendados en términos de eficiencia para este cultivo (Fernández-Santos *et al.*, 2010).

En este sentido el presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la diversidad de una progenie de mango obtenida por polinización abierta a partir del cultivar Julie, atendiendo a caracteres morfoagronómicos cualitativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio fue realizado en el municipio Alquizar, que está situado al sur de la provincia de Artemisa. Esta localidad se encuentra ubicada en los

22° 47' de latitud norte y los 82° 31' de longitud oeste, a una altura de 11 m.s.n.m en una topografía llana de pendiente cero. Los suelos corresponden a ferralítico rojo compactado y ferralítico rojo hidratado con un pH entre 5,5 y 6,5.

Material vegetal. La progenie de mango está formada por 50 plantas obtenidas por polinización abierta a partir del cultivar Julie. De las mismas fueron seleccionadas 34 para la caracterización cualitativa, para la selección se tomó como criterio una caracterización realizada previamente con marcadores cuantitativos de interés agronómico, principalmente el bajo porte, considerándose como bajo porte una altura del árbol inferior a 5 m (Capote *et al.* 2013).

La estrategia para la polinización abierta de los cultivares donadores de polen con la planta Julie se corresponde con el método de policruzamiento descrito

Tabla 1: Cultivares utilizados como donadores de polen

Table 1: Crops used as pollen donors

Nº	Nombre	Embrionía	Procedencia
1	Delicioso	Poliembrónico	Local
2	Eldon	Monoembrónico	Florida
3	Haden de Muñoz	Monoembrónico	Florida
4	Corazón	Poliembrónico	Filipinas
5	Mamey	Poliembrónico	Local
6	Chino rojo	Monoembrónico	Local
7	Chino amarillo	Poliembrónico	Local
8	Señora	Poliembrónico	Filipinas
9	Estero del Pinar #2	Monoembrónico	Local
10	Bizcochuelo	Poliembrónico	Haití
11	Mario	Monoembrónico	Local
12	Julie	Monoembrónico	Trin. y Tob.
13	Baltasar	Poliembrónico	Local
14	Filipino amarillo	Poliembrónico	Filipinas
15	Santa Cruz	Monoembrónico	Local
16	Reina de México	Monoembrónico	Local
17	Delicias #1	Monoembrónico	Local
18	Lancetilla	Monoembrónico	Local
19	San Diego	Monoembrónico	Local
20	Súper Haden	Monoembrónico	Local
21	La Paz	Monoembrónico	Local
22	Chino (esperon)	Monoembrónico	Local
23	Springfield	Monoembrónico	Florida
24	Minin	Monoembrónico	Local
25	Smith	Monoembrónico	Florida
26	Pedro	Monoembrónico	Local
27	San Felipe	Monoembrónico	Local
28	Kent	Monoembrónico	Florida
29	Keitt	Monoembrónico	Florida
30	Bombay tardío	Monoembrónico	India

por Pinto *et al.* (2005) y modificado por Pinto *et al.* (2011). Como donadores de polen se seleccionaron los 30 cultivares de mayor importancia agronómica en el país (Capote *et al.*, 2011), muchos de ellos introducidos con fines de mejoramiento genético en la década de los 80, los cuales se muestran en la Tabla 1.

Las plantas se ubicaron en tres hileras separadas por 1,5 m entre sí. La separación de cada planta y la que le sucede en una misma hilera es de 2m, por lo que cada hilera tiene 66 m de largo. Cada hilera formada por los 30 cultivares de interés agronómico anteriormente mencionados (Tabla 1) y 3 plantas Julie para un total de 33 plantas por hilera. Todos excepto las de Julie ubicados en posiciones al azar. Las plantas Julie se ubicaron en las posiciones 1, 11 y 31 en las tres hileras con el objetivo de garantizar igual probabilidad de cruzamiento de Julie con los donadores de polen. Luego se seleccionaron 6 semillas de cada planta Julie para un total de 54. De las 54 semillas solo 50 dieron lugar a plantas sanas las cuales conforman la progenie mencionada.

Caracteres agromorfológicos cualitativos evaluados

Para la selección de los caracteres evaluados, se ha seguido fundamentalmente el sistema de descriptores mínimos para el mango del Instituto Internacional de Recursos Genéticos en Plantas (IPGRI, 2006). En dicha progenie se analizaron los patrones de variaciones morfológicas cualitativas del árbol, flor, fruto y semilla utilizando 39 descriptores cualitativos según la metodología descrita por Pinto *et al.* (2005). Los caracteres analizados fueron:

- Forma de la copa (FCA)
- Hábito de crecimiento del árbol (HCA)
- Densidad del follaje (DFA)
- Forma de la inflorescencia (FI)
- Pubescencia del raquis de la inflorescencia (PRI)
- Densidad de flores en la inflorescencia (DFI)
- Color de la inflorescencia (CI)
- Longitud del estambre con relación al pistilo (CEI)
- Intensidad de coloración de antocianina en las flores adultas (IAI)
- Forma del fruto (FF)
- Forma del ápice del fruto (FAF)
- Atractivos del fruto (AF)
- Color predominante del fruto (CPF)
- Textura de la superficie de la corteza del fruto (TCF)

- Densidad de lenticelas en la corteza del fruto (DLF)
- Profundidad de la cavidad del pedúnculo del fruto (PPF)
- Curvatura del hombro ventral del fruto (CHF)
- Tipo de pico del fruto (TPF)
- Tipo de seno del fruto (TSF)
- Serosidad del fruto (CF)
- Color de la corteza del fruto maduro (CCFM)
- Color de la pulpa del fruto maduro (CPFM)
- Textura de la pulpa del fruto maduro (TPFM)
- Adhesión de la corteza a la pulpa del fruto (ACF)
- Cantidad de látex que sale del pedúnculo (CLF)
- Cantidad de fibra en la pulpa (CFF)
- Adhesión de la fibra a la corteza (AFF)
- Longitud de la fibra en la pulpa (LFF)
- Jugosidad de la pulpa (JPF)
- Aroma de la pulpa (APF)
- Presencia de sabor a trementina (STF)
- Venas en la semilla (VS)
- Patrón de venación de la semilla (PVS)
- Cantidad de fibras en la semilla (CFS)
- Longitud de las fibras de la semilla (LFS)
- Adhesión de la fibra a la semilla (AFS)
- Espacio ocupado por el embrión dentro de la semilla (EES)

- Forma del embrión (FES)

- Tipo de embrionía (TES)

Análisis de los datos

Los datos fueron evaluados según los códigos designados para cada estado dentro de un mismo carácter. Por ejemplo, un carácter (forma del fruto FF) tiene códigos designados para cada estado (posibilidades del mismo según el descriptor), por ejemplo para la forma del fruto sería: oblonga=1; elíptica=2; redondeada=3; ovoide=4; obovoide=5; otro=99, y así sucesivamente para el resto de los descriptores.

Para seleccionar los descriptores de mayor contribución a la variación dentro de la progenie se realizó un Análisis de Coordenadas Principales. Posteriormente para estos descriptores se realizó un Análisis de Conglomerado usando como índice de distancia el coeficiente de Jaccard ya que mostró el mayor valor cofenético y como método de agrupamiento el de las medias aritméticas promedio no ponderadas (*Unweighted pair-group average*, UPGMA). Para aumentar la precisión del agrupamiento se realizó un remuestreo (*Bootstrap*) con una $n=2000$. En todos los casos se utilizó el programa estadístico *Paleontological Statistic* versión 1.75 (PAST) desarrollado por Hammer et al. (2007).

Tabla 2: Contribución de cada variable a las coordenadas solicitadas en el análisis de coordenadas principales.

Table 2: Contribución de cada variable a las coordenadas solicitadas en el análisis de coordenadas principales.

Variable	Coord. 1	Coord. 2
FI Forma de la inflorescencia	0,238	
DFI Densidad de flores en la inflorescencia	0,226	
FF Forma del fruto		0,466
FAF Forma del ápice del fruto		0,271
AF Atractivo del fruto	0,236	
CPF Color predominante del fruto		0,242
DLF Densidad de lenticelas en la corteza del fruto	0,274	
PPF Profundidad de la cavidad del pedúnculo del fruto		0,471
CHF Curvatura del hombro ventral del fruto		0,348
CPFM Color de la pulpa del fruto maduro		0,272
TPFM Textura de la pulpa del fruto maduro	0,288	
EES Espacio ocupado por el embrión en el endocarpio	0,330	
PVS Patrón de venación del endocarpio del fruto	0,206	
AFS Adhesión de la fibra al endocarpio		0,351
LFF Longitud de la fibra en la pulpa	0,224	
AFF Adhesión de la fibra a la corteza del fruto	0,309	
CFF Cantidad de fibra en la pulpa	0,218	

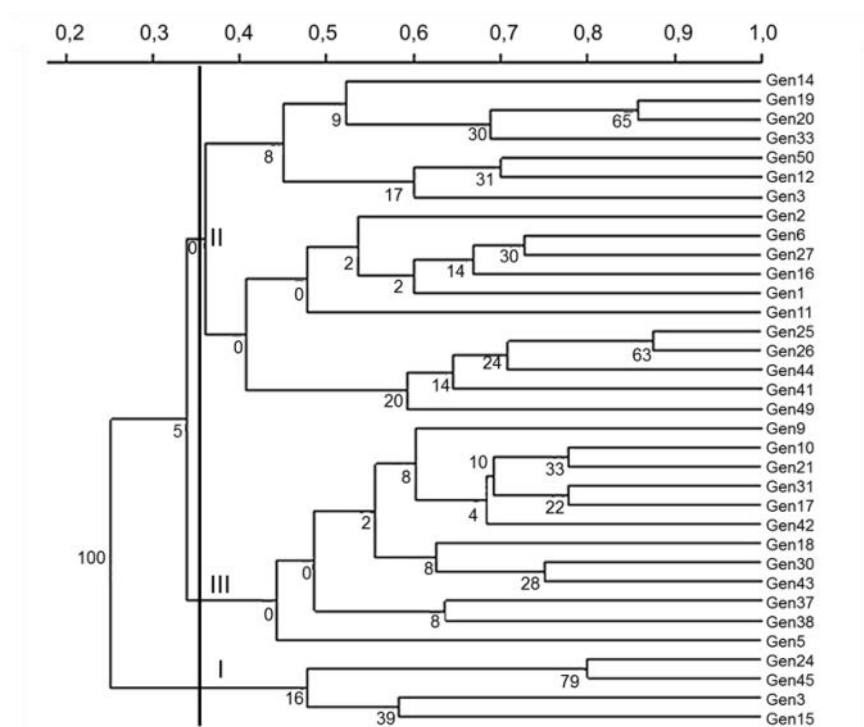


Figura 1: Resultado del dendrograma de los genotipos de mango de la progenie Julie, utilizando como índice de distancia el coeficiente de Jaccard, como método de agrupamiento el UPGMA y remuestreo $n=2000$, sobre la base de los 17 caracteres morfoagronómicos cualitativos de mayor contribución a la variabilidad.

Figura 1: Resultado del dendrograma de los genotipos de mango de la progenie Julie, utilizando como índice de distancia el coeficiente de Jaccard, como método de agrupamiento el UPGMA y remuestreo $n=2000$, sobre la base de los 17 caracteres morfoagronómicos cualitativos de mayor contribución a la variabilidad.

RESULTADOS

El Análisis de Coordenadas Principales permitió explicar con dos coordenadas el 78% de la variación total. De un total de 39 descriptores cualitativos evaluados 17 fueron los que contribuyeron de manera significativa a la variabilidad (Tabla 2).

En la coordenada I (Tabla 2) los caracteres que aportaron más a la variabilidad obtenida fueron la forma de la inflorescencia, densidad de flores por inflorescencia, atractivo del fruto, densidad de lenticelas en la corteza del fruto, textura de la pulpa del fruto maduro, espacio ocupado por el embrión en el endocarpio, patrón de venación del endocarpio del fruto, longitud de la fibra en la pulpa, adhesión de la fibra a la corteza del fruto, cantidad de fibra en la pulpa.

En la coordenada II (Tabla 2) las variables fueron, forma del fruto, forma del ápice del fruto, color predominante del fruto, profundidad de la cavidad del pedúnculo del fruto, curvatura del hombro ventral del

fruto, color de la pulpa del fruto maduro y adhesión de la fibra al endocarpio del fruto.

Tomando en cuenta las variables previamente seleccionadas por el Análisis de Coordenadas Principales (Tabla 2) se realizó un Análisis de Conglomerados el cual permitió dividir la progenie en tres grupos de genotipos como muestra la Figura 1.

El dendrograma permitió dividir la progenie en tres grupos: I, II y III tomando como criterio para dividir los mismos un Análisis Discriminante con un 100% de buena clasificación.

Grupo I

Los genotipos de este grupo fueron: Gen-15, Gen-24, Gen-34 y Gen-45. La forma de la inflorescencia característica de estas plantas es de tipo ampliamente piramidal con una densidad de flores media. Estas plantas tienen frutos de forma redondeada con ápice redondo y buenos según el atractivo; los frutos al madurar

toman una coloración variada desde amarillo, púrpura rojiza hasta amarillo púrpura con una densidad de lenticelas espaciada. Se observó poca profundidad de la cavidad del pedúnculo del fruto, la curvatura del hombro ventral es levantada y luego redondeada; la pulpa del fruto maduro toma coloración amarillo verdosa con una textura intermedia y fibras de corta longitud. El patrón de venación de la semilla puede ser en zigzag o paralelo con una adhesión fuerte de la fibra a la semilla.

Grupo II

Los genotipos presentes en este grupo son: Gen-1, Gen-2, Gen-3, Gen-6, Gen-11, Gen-12, Gen-14, Gen-16, Gen-19, Gen-20, Gen-25, Gen-26, Gen-27, Gen-33, Gen-41, Gen-44, Gen-49 y Gen-50. La inflorescencia en este grupo tiene forma cónica con una densidad de flores media. Estos presentaron frutos redondeados con el ápice obtuso, con un atractivo desde bueno hasta excelente, tienen una coloración amarillo rojizo que al madurar es muy llamativa, con una densidad de lenticelas que en algunos casos es espaciada y en otros es densa, el pedúnculo es poco profundo y el hombro ventral termina en una larga curva. La pulpa del fruto maduro presenta una coloración amarillo anaranjado con textura intermedia y fibras cortas o largas. El patrón de venación de la semilla es paralelo con una adhesión de la fibra a la semilla intermedia.

Grupo III

En este grupo se encuentran los genotipos: Gen-5, Gen-9, Gen-10, Gen-17, Gen-18, Gen-21, Gen-30, Gen-31, Gen-37, Gen-38, Gen-42 y Gen-43. Los cuales poseen frutos de forma oval e inflorescencia ampliamente piramidal con una densidad de flores en la inflorescencia de tipo medio. Los frutos que predominan son de forma elíptica pero también encontramos ovoide, oblongos y redondeados con el ápice obtuso. En cuanto al atractivo del fruto predominan los que clasifican como pobres con colores anaranjados amarillentos y amarillos verdoso, con una densidad de lenticelas espaciada o media, cavidad del pedúnculo ausente; y con el hombro ventral terminado en una larga curva. La pulpa del fruto maduro es de color amarillo naranja y amarillo con una textura intermedia, con fibras de corta longitud. El patrón de venación de la semilla es paralelo, con una adhesión de la fibra a la semilla intermedia.

DISCUSIÓN

El uso de los algoritmos de la estadística multivariada es una estrategia importante en la clasificación del germoplasma, en el ordenamiento de su variabilidad y en el análisis de las relaciones genéticas entre los materiales mejorados (Mohammadi y Prasanna, 2003). El análisis de Coordenadas Principales es similar al Análisis de Componentes Principales pero el mismo se utiliza para variables cualitativas (Sigarroat, 2002). En el presente trabajo este análisis permitió explicar con dos coordenadas el 78% de la variación total reduciendo el número de descriptores de 39 a 17 de interés agronómico en el cultivo. Esto corrobora la utilidad de esta técnica para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, siendo de gran utilidad sobre todo en el caso de experimentos agronómicos y microbiológicos, donde es común disponer de una gran cantidad de información una vez concluidos los ensayos experimentales (Davinson *et al.*, 2003).

Resultados similares con este análisis han sido obtenidos por Capote *et al.* (2011) en la caracterización cualitativa de cultivares cubanos de interés comercial y por Capote *et al.* (2013) para marcadores de tipo cuantitativo. El análisis de Coordenadas Principales también ha sido utilizado para descriptores moleculares como por ejemplo AFLP en el cultivo de aguacatero para determinar las bandas (variables cualitativas) de mayor contribución a la variabilidad, logrando igualmente discernir las variables (de mayor aporte a la diversidad (Ramírez *et al.*, 2005).

Un enfoque atractivo para varios investigadores resulta conformar un archivo adicional con las variables de mayor contribución y realizar entonces un análisis de agrupamiento para destacar grupos de diversidad y explicar los mismos en base a la presencia de bandas específicas de grupos y/o individuos (Davinson *et al.*, 2003).

Siguiendo este enfoque se realizó un análisis de agrupamiento o conglomerados como también se le conoce. Se obtuvieron tres grupos de diversidad dentro de la progenie. Resultados similares fueron obtenidos por Capote *et al.* (2013) para descriptores cuantitativos. Estos resultados difieren con Capote *et al.* (2011) quienes obtuvieron cinco grupos de diversidad en los cultivares evaluados, esto pudiera deberse a que en el presente trabajo se trata de una progenie por lo que la variabilidad es menor debido a que los genotipos tienen una misma planta madre.

El criterio de corte para la formación de los grupos fue de 0,35; el cual a primera vista ofrece una idea errónea de la precisión de los grupos formados al encontrarse por debajo de 0,5 que de manera tradicional se espera en estos análisis (Davinson *et al.*, 2003) y aparentemente en contraste con el 100% de buena clasificación obtenido mediante el Análisis Discriminante. Esto puede deberse en primer lugar a la utilización del remuestreo que es una de las ventajas del PAST con respecto a otros paquetes estadísticos (Hammer *et al.*, 2007).

Otra posibilidad en el aumento de la precisión del agrupamiento y la disminución del criterio de distancia en la formación de los grupos fue el uso del índice de distancia de mayor valor cofenético para el análisis de agrupamiento. Esto está acorde a lo planteado por Rohlf (1992) quien plantea que el valor cofenético se interpreta como el coeficiente de correlación momento-producto que mide la coincidencia entre la disimilitud-similitud indicada por un dendrograma, aquella comparación que muestre el coeficiente de correlación cofenética más alto puede considerarse como el método más apropiado para el análisis.

Es necesario aclarar que un coeficiente de correlación cofenético bajo o un criterio de corte por debajo de 0,5 no significa que el dendrograma que se obtenga no tenga utilidad, solo indica que en el mismo puede ocurrir alguna distorsión en los grupos formados (Hammer *et al.*, 2007).

Por otra parte con respecto a los descriptores evaluados se obtuvo que la inflorescencia fue ampliamente piramidal en los grupos I y III y cónica para el grupo II; así como la densidad de flores por inflorescencia de tipo intermedia para los tres grupos de esta progenie resultan diferentes a las características de Julie descritas por Capote (2007); cuya inflorescencia tuvo forma piramidal y una alta densidad de flores por inflorescencia. A partir de estos resultados se puede inferir que estos caracteres no fueron transmitidos por la parte materna hacia la progenie.

La forma de inflorescencia cónica con una densidad de flores por inflorescencia intermedia presente en los genotipos del grupo II coincide con la descrita para el cultivar Hilacha, muy comercializado en el mercado internacional; y difiere de los genotipos de los grupos I y III que presentaron la densidad de flores por inflorescencia de tipo intermedia pero con una forma ampliamente piramidal. Con respecto al cultivar Tommy Atkins los tres grupos coinciden en la densidad de

flores por inflorescencia pero difieren con respecto a la forma de la misma (Corredor y García, 2011).

Resultados similares con respecto a la variación en la forma de la inflorescencia fueron obtenidos por Galván-Luna *et al.* (2009) quienes intentaron relacionar las posibles implicaciones de las características de las inflorescencias sobre el amarre del fruto, carácter de importancia para mejorar el rendimiento, aunque esto no fue posible.

Precisamente es difícil relacionar la forma de la inflorescencia con el amarre debido a que existen otros factores que pueden influir sobre el mismo como son: el número de flores perfectas que no son polinizadas, el número de flores masculinas en la panícula, el efecto de competencia entre el número de frutos en desarrollo, la polinización limitada, insuficiente polen, el daño producido por antracnosis, la caída de flores por el viento y el riego de pesticidas (Pinto *et al.*, 2005).

El comportamiento de la floración y la fructificación del mango han sido un factores limitantes en los programas de mejoramiento. Existe mucha variabilidad en el número de inflorescencias, el número de flores por inflorescencias y la proporción de flores hermafroditas y estaminadas, aún dentro del mismo cultivar o árbol individual, de año en año (Pinto *et al.*, 2005). Otra limitante es que, a pesar de existir muchas flores en una misma inflorescencia, muy pocas llegan a producir frutos maduros. Esto ha sido una de las causas de que no se haya desarrollado un amplio programa de mejoramiento basado en cruzamientos dirigidos (Ramírez *et al.*, 2010).

En lo que respecta a la densidad del follaje la progenie se caracterizó por una densidad del follaje espaciada, difiriendo del cultivar Julie el cual se caracteriza por una densidad de follaje densa según Capote (2007). Los genotipos con estas características pudieran presentar una mayor aeración e incidencia de los rayos solares dentro de la copa, disminuyendo la humedad relativa y por tanto la incidencia de patógenos fúngicos, principalmente *Colletotrichum gloeosporoides* que afecta flores y frutos disminuyendo el rendimiento (Nelson, 2010 ; Kumar *et al.*, 2011).

Los descriptores relacionados con el fruto tales como forma del fruto y la coloración de la corteza fueron los de mayor aporte a la variación observada en este trabajo. Esto es algo positivo para el mejoramiento del cultivo acorde a lo propuesto por Brown *et al.* (2009). Estos autores estudiaron la herencia de los

caracteres del fruto en cruces producidos por polinización controlada. Según sus resultados propusieron que muchos caracteres importantes relacionados con la calidad del fruto, tales como la forma del fruto y la coloración de la corteza pudieran ser de alta heredabilidad. Aunque los estudios de heredabilidad son escasos en el cultivo, este carácter es importante para el éxito en el mercado de fruta para consumo fresco. Por tanto se considera como uno de los más importantes en los programas de mejora (Brown *et al.*, 2009).

En este sentido los genotipos del grupo I y II contienen un acervo genético interesante para el mejoramiento del cultivo en el país dirigido al consumo fresco. Estos genotipos serían deseados en el mercado europeo y norteamericano donde la preferencia es hacia los frutos coloreados (predominio del rojo) (Granco y Morales, 2010).

Sin embargo las coloraciones de los genotipos del grupo III suplirían otro mercado no menos importante dentro de Europa y Norteamérica, el cual surge producto de la evolución del propio mercado y el incremento de los denominados "mercados étnicos", conformados por personas de origen asiático o latino. Los "mercados étnicos" han abierto perspectivas a otros cultivares, ya que estas poblaciones prefieren los frutos que colorean de verde a amarillo cuando están maduros, semejando sus cultivares nativos (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012). La coloración amarilla del grupo III es similar a los cultivares nacionales usados como donadores de polen como Bombay tardío, Mario, Keitt y Kent (Capote *et al.*, 2011).

La coloración amarillo rojiza con diferencias de tonalidades obtenidas en los genotipos de los grupos I y II resulta semejante al germoplasma utilizado por Brasil en sus programas de mejora. En los últimos años Brasil se ha encontrado dentro de los principales países exportadores de mango, aumentando significativamente el volumen de sus exportaciones y el número de mercados a través del uso de frutas coloreadas y llamativas que atraen los consumidores por el carácter cosmético (Pinto *et al.*, 2011).

Además las diversas tonalidades de coloración amarillo rojizo en los frutos de la progenie Julie favorecen mercados europeos que se encuentran en reciente expansión para los cuales no se ha establecido una preferencia por parte de los consumidores como son: Reino Unido, Holanda, Francia, Alemania, Bélgica, Luxemburgo, Portugal y España (Gerbaud, 2008).

La coloración amarilla rojiza en la progenie pudo ser producto de hibridación de Julie con cultivares donadores de polen como Chino rojo, Santa Cruz, Reina de México, Eldon, Haden Muñoz, Chino amarillo, Señora, Baltazar y Bizcochuelo, Filipino amarillo, Corazón, Mamey, Estero del Pinar, lo cual estaría acorde a la caracterización cualitativa de estos cultivares realizado por Capote *et al.* (2011).

Con respecto al mercado nacional no existen estudios sobre las exigencias de los consumidores (Capote, 2007; MINAGRI, 2011). Por tanto la amplia gama de colores pudiera ayudar a suplir las que vayan surgiendo (Gerbaud, 2008). No obstante a pesar de que no existen datos concretos se cree que los consumidores nacionales prefieren frutos amarillo rojizos y de forma redondeada (MINAGRI, 2011).

Los grupos I y II tuvieron frutos con predominio de forma redondeada, similar al portainjerto de mayor importancia canario Gomera 1, y similares al cultivar Kent (Pinto, 2009). El cultivar Gomera 1 ha sido usado por España de manera similar al Kent por los peruanos, utilizando la estrategia doble propósito sugerida por Pinto *et al.* (2011) para suplir los requisitos que establece la dinámica del mercado para el mango.

A diferencia de los grupos I y II los genotipos del grupo III mostraron formas diversas del fruto, desde oblonga como la de Julie, redondeadas como Gomera 1, ovoide (ovoide-oblongo) como Haden hasta elíptica (oblongo-oval) como Tommy Atkins. Las variadas formas del fruto pudieran satisfacer la dinámica del mercado con respecto a este carácter (Limonta *et al.*, 2004). La forma del fruto es uno de los caracteres de interés en los programas de mejoramiento de muchos países, como Brasil y México. Por eso este último país lo contempla en el concepto "red de valor" insertado dentro del desarrollo agropecuario de sus cultivares, que significa enfocarlo hacia las demandas del consumidor (Sumaya-Martínez *et al.*, 2012).

Con respecto a los descriptores de la semilla se obtuvo que en el grupo I el patrón de venación fue en igual porcentaje paralelo que zigzagueante mientras que los grupos II y III presentaron patrón de venación paralelo en la gran mayoría de sus genotipos, esta variable tiene más valor taxonómico que agrícola (Cañizares, 1984; Jha *et al.*, 2010).

La adhesión de la fibra a la corteza en el grupo I fue fuerte, a diferencia de los grupos II y III donde fue intermedia. En el mercado se prefieren los frutos con

baja o intermedia adhesión de la fibra a la corteza (Cañizares, 1984; Jha *et al.*, 2010).

Los requerimientos del mercado de fruta para consumo en fresco para el cultivo nacional no han sido establecidos por lo que se acepta alguna ya establecida internacionalmente para el cultivo norma internacional (MINAGRI, 2011).

La mayor diversidad se encontró para caracteres relacionados con el fruto, lo cual abre posibilidades al mercado de fruta para consumo en fresco. Por otra parte la densidad de follaje espaciada obtenida permitirá implementar programas de mejoramiento dirigidos contra patógenos fúngicos, principalmente *Colletotrichum gloeosporoides* que afecta flores y frutos disminuyendo el rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Brown, J. S., R. J. Schnell., A.T. Silva., M. J. Moore *et al.* (2009) Broad-sense heritability estimates for fruit color and morphological traits from open-pollinated half-sib Mango Families. *HortScience* (44): 1552-1556
- Cañizares, J (1984) Las frutas Anacardiáceas. Editorial Científico Técnica, Ciudad de La Habana. 284 pp
- Capote, M., D. Becker., J. Cueto y W. Rohde (2003) Development and application of various DNA marker types for the characterization of genetic diversity within commercial mango varieties in Cuba. *J. Genetic & Breeding*. 56: 47-57
- Capote, M (2007) Caracterización morfoagronómica y molecular de variedades comerciales de mango (*Mangifera indica* L.) en Cuba. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. Ciudad de la Habana, Universidad de la Habana
- Capote, M., G. González., D. Sourd., J V. Infante-Herrera *et al.* (2011). Evaluación de la diversidad de cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) en Cuba mediante caracteres morfológicos cualitativos. *CitriFrut* 28 (1): 57-62
- Chiumarelli, M., C.C. Ferrari., C. Sarantópoulos y M.D. Hubinger (2011) Fresh cut 'Tommy Atkins' mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. *Innov. Food Sci. Emerging Technol.* 12:381-387
- Corredor, J. P y J. García (2011) Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (*Mangifera indica* L.) 'Hilacha' y 'Tommy Atkins' en el valle del alto Magdalena (Colombia). *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 12 (1): 21-32
- Capote, M., M. Izquierdo., D. Sourd., J. Rodríguez *et al.* (2013) Diversidad morfoagronómica de una progenie de mango (*Mangifera indica* L.) cv Julie obtenida por cruzamiento abierto. *CitriFrut* 30 (2): 35-42
- Davison A.C., D.V. Hinkley y G.A. Young. 2003. Recent developments in bootstrap methodology. *Statistical Science*, 18:141-157
- Fernández-Santos, C. A., J. M. Pinheiro Lima y F. Pinheiro-Lima (2010) Estratégias para o desenvolvimento de novas cultivares de Mangueira para o semiárido Brasileiro. *Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal - SP*, v. 32 (2): p. 493-497
- Gerbaud, P (2008) Close-Up Mango. *Fruit Trop.* 153: 11-35
- Galván-Luna, J., F. Briones-Encina., P. Rivera-Ortiz., A. Valdés-Aguilar *et al.* (2009) Amarre, rendimiento y calidad del fruto en naranja con aplicación de un complejo hormona. *Agric.Tec.Mex.* 35: 339-345
- Granco, G y M. Morales (2010) Padrões Técnicos e Custo de Transação na Exploração da Manga para a União Européia. In: CONGRESSO DA SOBER, 48. Campo Grande. Anais. p.1-16. Disponible en: <www.sober.org.br/palestras>. Retrieved 10 de mayo 2011
- Hammer, O., A. T. Harper y P.D. Ryan (2007). PAST-Paleontological Statistics ver 1.75 <http://flok.iuo.no/ohammer/past>
- IPGRI (2006) Descriptors for mango (*Mangifera indica* L.). International Plant Genetic Resources Institute, Roma. Italia. 71p
- Jha, S. N., K. Narsaiah., A. D. Sharma., M. Singh *et al.* (2010) Quality parameters of mango and potential of non-destructive techniques for their measurement – a review. *Journal of Food Science and Technology*. 47 (1): 1-14
- Kumar, P., K. M. Ashok y R. M. Dinesh (2011) Current status of mango malformation in India. *Asian Journal of Plant Sciences*. 10 (1): 1-23
- Limonta, C. R., C. J. Rossetto., D. M. Bassi., M. A. Morgano *et al.* (2004) Avliacao de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agronomico de Campinas comparadas a outras de importância comercial. *Brás.Frutic.Jaboticabal-SP*. 26 (2): 264-271
- Morton, J. F. 1987. Fruits of warm climates. J.F. Morton Pub. Miami 505p.
- Mohammadi S.A. y B.M. Prasanna. 2003. Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants-Salient Statistical Tools and Considerations. *Crop Science* 43:1235-1248
- MINAGRI (2011) Estadística anual de la producción de frutales del Ministerio de la Agricultura. 22 p

- Nelson, S.C.2010. Mango anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*). Plant Disease PD-48
- Pinto, A. C., J.C, Rossetto y F, Gelape (2005) Melhoramento genético da manga: Métodos, resultados, limitações e estratégias. I Simpósio da Manga do Vale do São Francisco. Documento 189 ISSN 1806-7476. Centro de Cultura João Gilberto-Juazeiro-BA. Embrapa Semi Árido, Brasil
- Pinto (2009). Melhoramiento genetico da manga (*Mangifera indica* L.) no Brasil. Revista Brasileira de Fruticultura. 5: 46-49
- Pinto, A. C., F, Pinheiro y T, Guimaraes (2011) Estratégias do melhoramento genético da manga a visando atender a dinâmica do mercado. Rev. Bras. Frutic. 3 (Especial 1): 64-72
- Pierson, J., G.R, Montelth., S.J, Roberts-Thomson., R.G, Dietzgen *et al.* (2014) Phytochemical extraction, characterization and comparative distribution across four mango (*Mangifera indica* L.) fruit varieties. Food Chem.149:253-263
- Rohlf, F.J. 1992. NTSYS-pc (Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System). Version 1.70. Exeter, Setauket, NY.
- Ramírez I.M., J.L. Fuentes, N.N. Rodríguez, O. Coto, J. Cueto, D. Becker y W. Rohde. 2005. Diversity analysis of Cuban avocado varieties based on agromorphological traits and DNA polymorphisms. Journal of Genet and Breeding Vol. 59, 241-252
- amírez, R., O, Quijada., G, Castellano., M. E, Burgos *et al.* (2010) Características físicas y químicas de frutos de trece cultivares de mango (*Mangifera indica* L) en el municipio Mara en la planicie de Maracaibo. Rev.Iber.Tecnología Postcosecha. 10 (2): 65-72
- Sigarroa A. 2002. Procesamiento estadístico e interpretación del polimorfismo. En: Marcadores moleculares. Nuevos horizontes en la genética y la selección de las plantas. Ed. Felix Varela. ISBN 959-258-351-X
- Sumaya-Martínez, M. T., L. M, Sánchez Herrera., G, Torres García y D, García Paredes (2012) Red de valor del mango y sus desechos con base en sus propiedades nutricionales y funcionales. Revista Mexicana de Agro-negocios.30: 826-833

• • •

Editor para correspondencia: Dr. Eduardo Ortega