Rev. Agricultura Tropical Vol. 7 No. 1:28-35, enero-junio, 2021
ISSN on line: 2517-9292, RNPS: 2397

VARIABILIDAD MORFOLÓGICA DE *Carica papaya* L., REPRESENTADA EN EL PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DEL INIVIT

Elianet Ruiz Díaz* y Nadir Trujillo Oviedo
Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT). Apartado 6, Santo Domingo, CP: 53 000, Villa Clara, Cuba.
**Autora para la correspondencia: geneticafbc@inivit.cu*

Recibido: 26 de marzo de 2021; Aceptado: 19 de mayo de 2021

RESUMEN
La caracterización morfo-agronómica es un método tradicional y eficiente que se utiliza ampliamente para conocer la diversidad morfológica de las poblaciones. *Carica papaya* L., es una especie que muestra alta variación en características del fruto como: forma, tamaño, color de la epidermis, sabor, sólidos solubles totales. Las características fenotípicas de los frutos son las de mayor importancia para los mercados consumidores. El objetivo del presente estudio fue caracterizar *in situ* la variación morfológica, en frutos de 18 ejemplares de *C. papaya,* obtenidos a través del programa de mejoramiento genético, llevado a cabo en el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), durante el período de marzo 2019 a agosto 2020. Las variables cualitativas que se midieron en el fruto fueron: forma del fruto y color de la pulpa, así como, el brix. Los sólidos solubles (ºbrix) se determinaron mediante un refractómetro digital. Para separar los frutos, se utilizaron tres variables morfométricas, dos de forma (AR, C) y una para el color (CIE L*a*b*). Se identificaron tres grupos en cuanto al color de la pulpa con ejemplares de papayo, fenotípicamente diferentes entre ellos. La forma del fruto y color de la pulpa contribuyeron a la variabilidad morfológica en el germoplasma evaluado.
Palabras clave: fenotípicas; morfológica; papaya; variabilidad

MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF *Carica papaya* L., REPRESENTED IN THE GENETIC BREEDING PROGRAM OF THE INIVIT

ABSTRACT
The morph-agronomic characterization is a traditional and efficient method widely used to know the morphological diversity of populations. *Carica papaya* L., is a species that shows high variation of fruit in features, like: shape, size, epidermis colour, flavour, total soluble solids and. The phenotypic features of the fruits are the most important for consumer markets. The objective of the present study was to characterize *in situ* the morphological variation, on fruits of 18 specimens of *C. papaya*, obtained through the genetic breeding program carried out at Research Institute of Tropical Root and Tuber Crops (INIVIT), during the period from march 2019 to august 2020. The qualitative variables measured in the fruit were: fruit shape and pulp colour, as well as the brix. The soluble solids (ºbrix) were determined using a digital refractometer. Three morphometric variables were used to separate fruits from genotypes, two of (AR, C) shape and one for (CIE L*a*b *) colour. Three groups were identified in relation to pulp colour with papaya specimens, phenotypically different among them. The fruit shape and pulp colour contributed to the morphological variability in the evaluated germplasm.

Keywords: phenotypic, morphological, papaya, variability

INTRODUCCIÓN

La familia Caricaceae consta de seis géneros y 35 especies (Fuentes y Santamaría, 2014); de éstas, *Carica papaya* L. es la más importante por el valor comercial y volumen de ventas del fruto. Es una especie originaria del norte de Centroamérica y sur de México, donde existen poblaciones cultivadas y silvestres (Fuentes y Santamaría, 2014; Manshardt y Zee, 1994). Muestra alta variación en características del fruto como: forma, tamaño, color de epidermis, sabor, sólidos solubles totales (Singh y Kumar, 2010).

La caracterización morfo-agronómica es un método tradicional y eficiente que se utiliza ampliamente para conocer la diversidad morfológica de las poblaciones (Castellen *et al*., 2007). Existen estudios que se han realizado para caracterizar la variabilidad de *C. papaya* en variedades tradicionales locales (Aikpokpodion, 2012; Asudi *et al*., 2010), variedades mejoradas (Singh y Kumar 2010) y ambas (Sompak *et al*., 2014), las cuales son de interés comercial. Aunque dichos estudios contemplan un número reducido de poblaciones, éstos han contribuido a la planificación de estrategias de manejo, mejoramiento genético, conservación en los bancos de germoplasma y utilización sostenible de la diversidad (Coppensd' Eeckenbrugge *et al*., 2007 y Ara *et al*., 2016).

Las características fenotípicas de los frutos son las de mayor importancia para los mercados consumidores (Wall y Tripathi, 2014). El conocimiento de la variabilidad genética en papaya es imprescindible en el estudio de la estructura genética de las poblaciones para proponer estrategias de conservación y aprovechamiento (Allendorf *et al*., 2012). En este contexto, el objetivo del presente estudio fue caracterizar *in situ* la variación morfológica, en los frutos de 18 ejemplares de *C. papaya* obtenidos a través del programa de mejoramiento genético llevado a cabo en el INIVIT.

MATERIALES Y METODOS

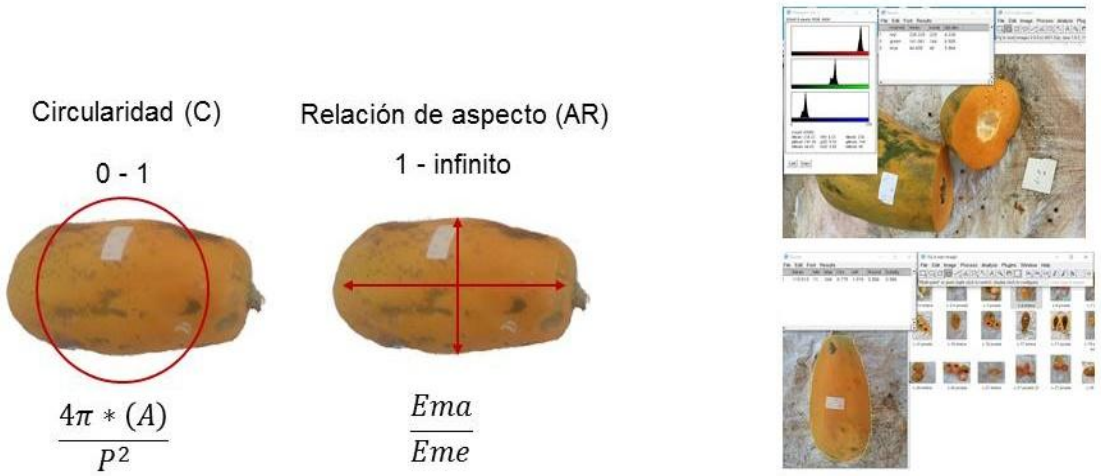
El estudio se realizó en áreas del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), ubicado a los 22º35' LN y 80º18' LO a 44,56 msnm, municipio Santo Domingo, provincia Villa Clara, sobre un suelo Pardo mullido carbonatado, según la clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al*., 2015).

Durante el período de marzo 2019 a agosto 2020 se recolectaron frutos de 18 ejemplares de papayo obtenidos a través del programa de mejoramiento genético llevado a cabo en el INIVIT. De cada planta se cosecharon de tres a seis frutos en madurez fisiológica.

Las variables cualitativas que se midieron en el fruto fueron: forma del fruto y color de la pulpa, así como el ºbrix. Los sólidos solubles (ºbrix) se determinaron mediante un refractómetro digital.

Para separar fenotípicamente los frutos de los genotipos estudiados se utilizaron tres variables morfométricas, dos de forma (AR, C) y una para el color (CIE L*a*b*). Se utilizó el *software* profesional de análisis de imágenes digitales programado en Java: *ImageJ* ver. 1.46 de *National Institute of Health*, (Ferreira y Rasband, 2012).

La circularidad (C) se midió en una escala desde cero a uno, el uno significa una forma de círculo perfecto y el cero una forma elongada. La relación de aspecto (AR) se expresó en valores por encima de uno, los valores cercanos a uno indican un fruto simétrico (Ferreira y Rasband, 2012) (Figura 1).



Leyenda:
A: área; p: perímetro
Ema: eje mayor; Eme: eje menor
Figura 1. Variables morfométricas utilizadas en los frutos evaluados.

El material vegetal empleado en este estudio fue obtenido por métodos tradicionales de mejoramiento (L-2, L-3, L-3-H, L-6, L-7, L-9, L-11, L-12; L-16; L-17; L-19; L-20; L-24; L-25; L-26; L-27; L-29 y Maradol Roja).
El diseño empleado fue un bloque al azar con tres réplicas de 20 plantas por parcela, La distancia de siembra empleada fue de 4 x 1,5 m. La plantación fue semiprotegida con barreras naturales de plantas de maíz *(Zea mays* L.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los mercados actuales, el éxito comercial de un producto depende cada vez más en ajustarse y satisfacer las demandas de los consumidores (Martínez y Davis, 2002). La diversidad encontrada en la forma y tamaño de los frutos, muestra su alta variabilidad genética, la cual podría ser utilizada para la obtención de nuevos cultivares a través de la hibridación y selección o selección de líneas estables (Ruiz, 2002).
En este sentido, en papaya se prefieren frutos de menor tamaño y forma alargada (Manica, 1996). La relación de aspecto nos permitió seleccionar los genotipos con formas de fruta preferidos para consumo y exportación, la misma osciló entre 1,4 (circulares) hasta 3,1 (muy elongadas), seleccionándose los genotipos con valores de dos. Es conocido, a nivel internacional, que la preferencia de los consumidores es por frutos de forma alargada que está asociado a menor cavidad ovárica y mayor espesor de la pulpa (Marin *et al.*, 2003). Según Nakasone y Paull (1998), los agricultores seleccionan esta característica conforme a las preferencias de los mercados consumidores de papaya. Moore (2014) afirmó que los tipos sexuales están determinados genéticamente, aunque el ambiente también modifica la expresión sexual y al tipo de flor que originará formas de fruto diferentes.
La circularidad de los frutos obtenidos en este estudio osciló entre 0,7 y 0,8. Destacándose los genotipos L-27, L-12, L-6 y la variedad Maradol Roja (Figura 2).

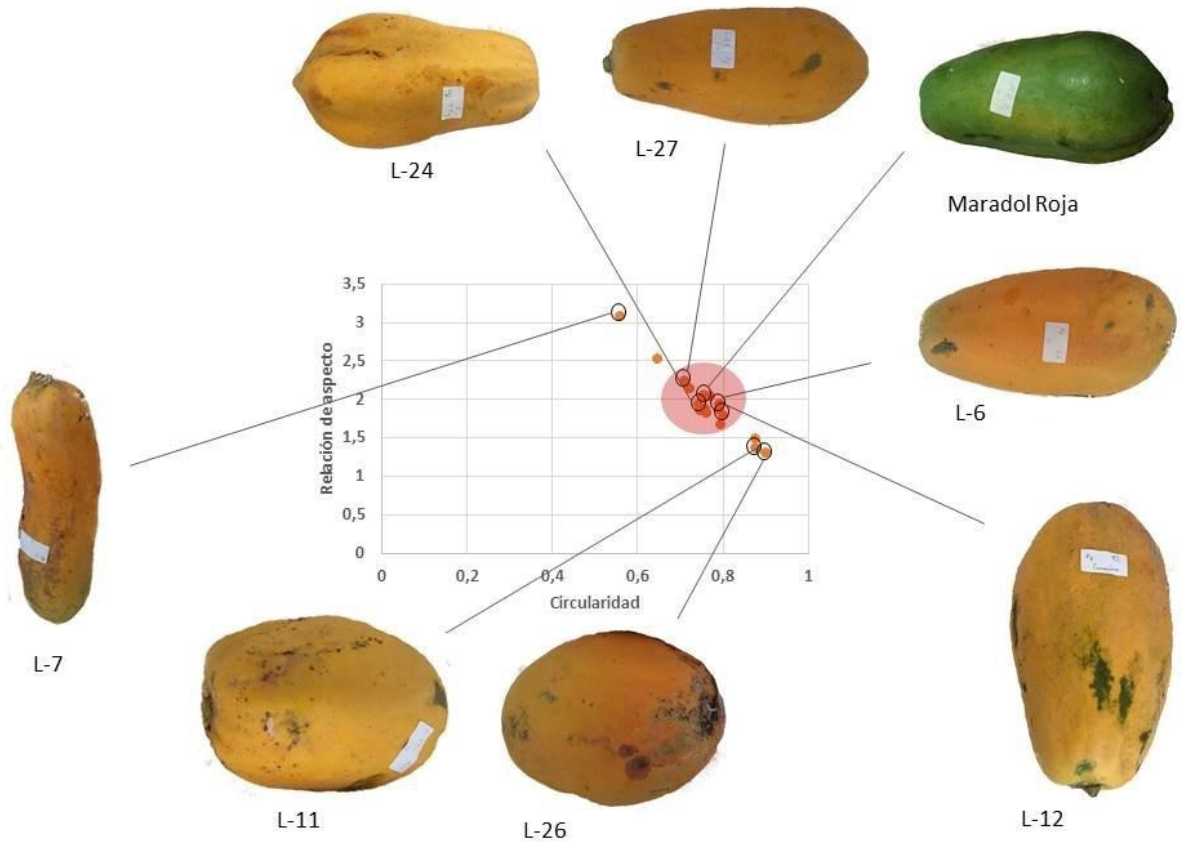


Figura 2. Circularidad y relación de aspecto de 18 genotipos de papaya.

Es interesante como cada individuo percibe el color y cómo estas percepciones diferentes pueden resultar en costosos problemas para productores y consumidores. Dos personas mirando el mismo objeto pueden expresar el mismo color con una variedad de palabras diferentes, llevando a confusión. Para evitar esto, se debe expresar el color en un lenguaje estándar en términos numéricos y objetivos (Luke, *et al*., 2010).

Otro componente importante en la calidad de los frutos es la presencia de carotenoides, principales pigmentos que determinan el color de la carne de la fruta (Zhou, *et al*., 2007). Los genotipos de masa roja se agruparon en las coordenadas positivas de a* y los amarillos en las negativas de a*. La mayor diferencia total de color fue entre los grupos amarillo y rojo, indicando esto una mayor distancia colorimétrica entre los genotipos altos en licopenos, los genotipos de masa naranja-rojiza se agruparon según el gráfico en la parte positiva de b* (Figura 3).

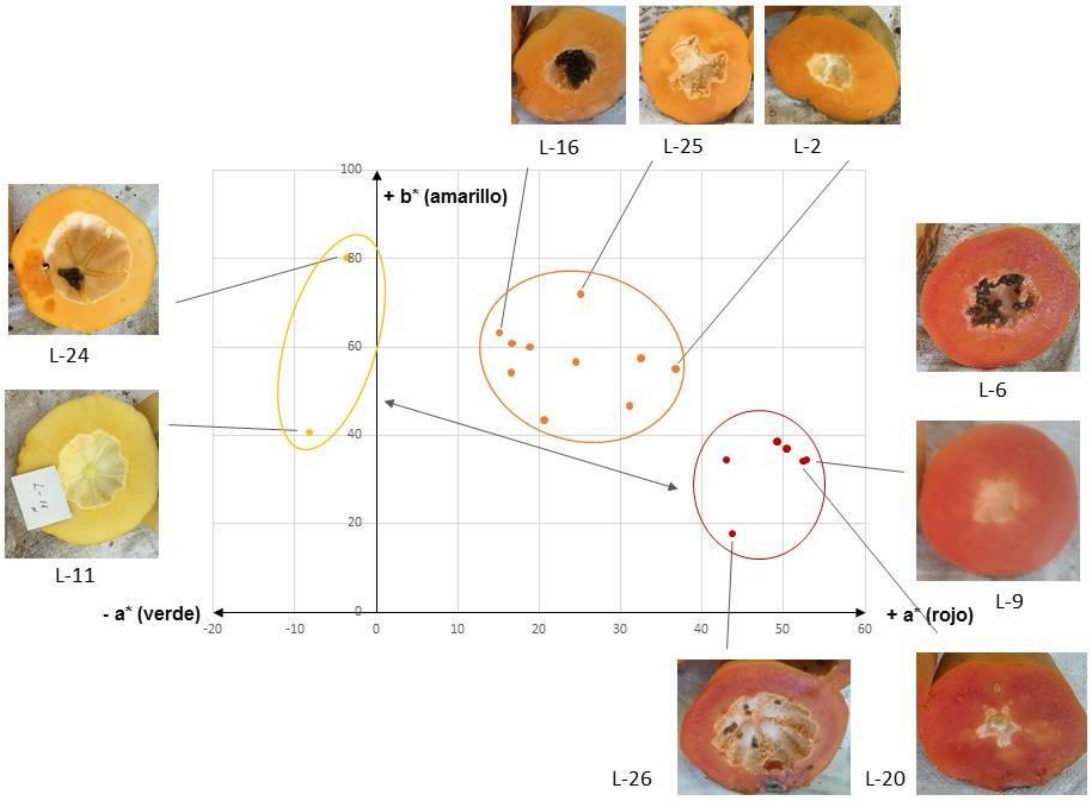


Figura 3. Representación del color de la pulpa de 18 genotipos de papaya en el espacio CIE L* a* b*.

Desde el punto de vista nutricional, la identificación y obtención dirigida a obtener materiales de *Carica papaya* L. con pulpa rojizo favorece la presencia de un mayor contenido de licopeno, lo que le imprime el color naranja-rojizo a la pulpa del fruto. La intensidad del color depende de la concentración de este pigmento, el cual actúa como antioxidante en beneficio de la salud humana, al reducir el riesgo de padecer cáncer de pulmón, estómago y próstata (Giovannucci, 1999). En genotipos con frutos de pulpa amarilla, el contenido de β-carotenos es mayor que el contenido de licopeno.

Para la elección de progenitores para un programa de mejoramiento genético, se realizó una selección simultánea sobre los caracteres, ºbrix y color con criterios independientes. Se fijó un valor mínimo en cada carácter como criterio de selección, de 9,5 ºbrix, por encima de los 9,48 ºbrix obtenidos en estudios anteriores del cultivar Marado Roja (Belandria *et al.*, 2010) y 70 de luminosidad (Brillo). Se seleccionaron positivamente en cuanto a ºbrix y color de los frutos (área sombreada de rojo) solo cuatro genotipos, L-27, L-6, L-26 y Maradol Roja, uno (L-26) posee forma redondeada del fruto, por lo cual se eliminó de la selección (Figura 4).

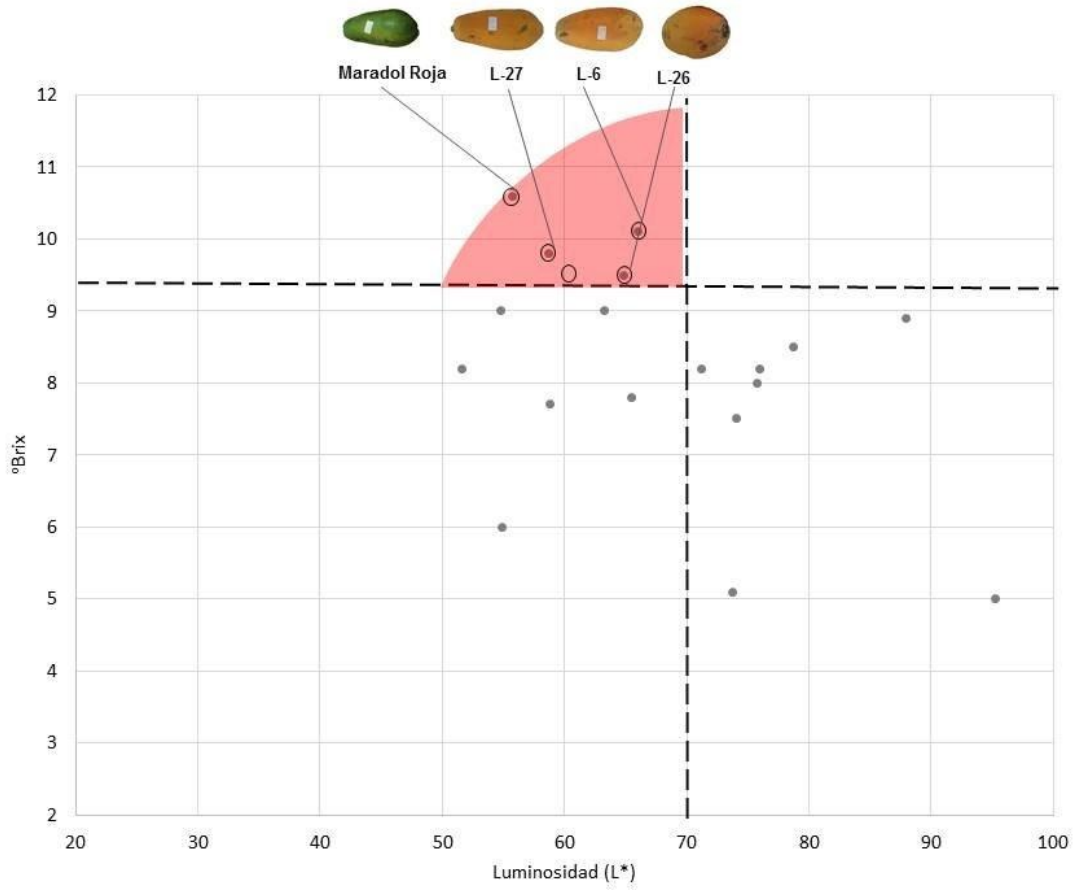


Figura 4. Selección de genotipos según criterios independientes para °brix y color de los frutos.

CONCLUSIONES

- Los resultados de este estudio apoyan la amplia diversidad morfológica en los genotipos estudiados.
- Se identificaron tres grupos en cuanto al color de la pulpa, con ejemplares de papayo fenotípicamente diferente entre ellos.

BIBLIOGRAFÍA

ALLENDORF, F.W.; G.H. LUIKART and S.N. AITKEN. 2012. Conservation and the Genetics of Populations. Second edition. Wiley-Blackwell. Chichester, UK. 624 p.

ARA, N., M. MONIRUZZAMAN, F. BEGUM, M. MONIRUZZAMAN and R. KHATOON. 2016. Genetic divergence analysis in papaya (*Carica papaya* L.) genotypes. *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 41:647-656, Disponible en: https://doi.org/10.3329/bjar.v41i4.30697.

ASUDI, G.O.; F.K. OMBWARA; F.K. RIMBERIA; A.B. NYENDE; E.M. ATEKA; L. S. WAMOCHO; D. SHITANDA and A. ONYANGO. 2010. Morphological diversity of Kenia papaya germplasm. *Afr. J. Biotechnol.* 9(51):8754-8762.

BELANDRIA, D.; V. VELANDRIA y C. NAVARRO, C. 2010.Caracterización física, química y organoléptica de los frutos de lechosa (*Carica papaya* L.) en las

variedades Tailandia y Maradol. *Producción Agropecuaria*, 3(1): 45-49. Disponible en: https://investigacion.unesur.edu.ve/index.php/rpa/article/view/59.

COPPENS D'EECKENBRUGGE, G.; M.T. RESTREPO; D. JIMÉNEZ and E. MORA. 2007. Morphological and isozyme characterization of common papaya in Costa Rica. *Acta Horticulturae,* 740:109-120.

FERREIRA, T. and W. RASBAND. 2012. Image J. User Guide-IJ1.46. Disponible en: https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf.

FUENTES, G. and J.M. SANTAMARÍA. 2014. Chapter 1: Papaya (*Carica papaya* L.): origin, domestication, and production. Genetics and genomics of papaya. Plant genetics and genomics: crops and models. *Springer* 10:3-15.

HERNÁNDEZ, J.A.; J.J.M. PÉREZ; I.D. BOSCH y S.N. CASTRO. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba. Ediciones INCA, Cuba, 93 p. ISBN: 978-959-7023-77-7.

GIOVANNUCCI, E. 1999. Tomatoes, tomato-based products, lycopene and cancer: review of the epidemiologic literature. *Journal of the National Cancer Institute,* 91(4):317-331.

LUKE, C.D.; F. KENT; G.D. RALF y A.H. TIMOTHY. 2010. Isolation and functional characterization of a lycopene b-cyclase gene that controls fruit colour of papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Experimental Botany,* 61(1):33-39.

MANSHARDT, R.M. and F.T.P. ZEE. 1994. Papaya germplasm and breeding in Hawaii. *Fruit Varieties Journal,* 48:146-152.

MANICA, I. 1996. Cultivares e melhoramento do mamoeiro. En: Mendes, L. G.; Dantas, J. L. L. y Morales, C. F. G. Mamão no Brasil. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF. pp. 121-143.

MOORE, P.H. 2014. Phenotypic and genetic diversity of papaya. *In*: Genetics and Genomics of Papaya. R. Ming and P. H. Moore (eds.). Springer-Verlag. New York. pp:35-45.

MARIN, L.D.; K. YAMANISHI; L. MARTELLETO y C. IDE. 2003. Hibridação de mamão. *In:* Martins, D dos S. (eds). Papaya Brasil: qualidade do mamão para mercado interno. Vitoria, ES: Incaper. 173-188.

MARTINEZ, S. and D.E. DAVIS. 2002. Farm business practices coordinate production with consumer preferences. *Food Review/National Food Review*, 25(1482-2017-3459): 33-38.

NAKASONE H.Y. and R.E. PAULL. 1998. Tropical Fruits. CAB International. Wallingford, UK. 445 p.

RUIZ-SANTAELLA, J.L. 2002. Tipo y especificaciones de calidad en el cultivo de tomate. *Vida Rural,* Nº 148. p. 1016-1020. ISSN 1133-8938. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_vrural/Vrural_2002_148_42_46.pdf

SINGH, K. and A. KUMAR. 2010. Genetic variability and correlation studies in papaya under Bihar conditions. *Acta Horticulturae* 851:145-150. Disponible en: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.851.20

SOMPAK, S.; R. SIRIYAN; T. NIMKINGRAT; S. CHAIKIATTIYOS and U. KHUMCHA. 2014. Papaya (*Carica papaya*) germplasm collection at Si Saket Horticultural Research Center. *Acta Horticulturae* 1022:63-68. Disponible en: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1022.6.

WALL, M.M. and S. TRIPATHI. 2014. Papaya nutritional analysis. *In*: Genetics and Genomics of Papaya. R. Ming and P. H. Moore (eds.). Springer-Verlag. New York. pp:377-390.

ZHOU, C.H.; C.J. XU; C.C. SUN; X. LI and K.S. CHEN. 2007. Carotenoids in white-and red-fleshed loquat fruits. *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 55(19): 7822-7830.