



## Variabilidad morfoagronómica en especímenes de papayo silvestre (*Carica cubensis* Solms) en Cuba<sup>1</sup>

### Morphoagronomic variability in specimens of wild papaya (*Carica cubensis* Solms) in Cuba

Jesús Rodríguez-Cabello<sup>2</sup>, María Esther González-Vega<sup>3</sup>

- <sup>1</sup> Recepción: 8 de agosto, 2021. Aceptación: 19 de noviembre, 2021. El trabajo se elaboró a partir de datos inéditos y resultados de una tesis de doctorado del primer autor. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Carretera San José a Tapaste km 31/2. San José de las Lajas, Mayabeque CP. 32700. Cuba.
- <sup>2</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Carretera San José a Tapaste km 31/2. San José de las Lajas, Mayabeque CP. 32700. Cuba. [jesus.rcabello65@gmail.com](mailto:jesus.rcabello65@gmail.com) (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-7636-7883>).
- <sup>3</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Carretera San José a Tapaste km 31/2. San José de las Lajas, Mayabeque CP. 32700. Cuba. [esther@inca.edu.cu](mailto:esther@inca.edu.cu) (<https://orcid.org/0000-0001-5841-8272>).

## Resumen

**Introducción.** El papayo es la tercera fruta tropical de mayor importancia a nivel mundial. Sin embargo, en la variedad silvestre, endémica de Cuba, no existen evidencias de estudios para su conservación, cultivo o programas de mejoramiento. **Objetivo.** Evaluar especímenes de papayo silvestre de la cuenca Almendares-Vento, con el empleo de descriptores morfoagronómicos, para contribuir a la conservación y valorar su potencial productivo y de caracteres de interés para el mejoramiento genético de *C. papaya*. **Materiales y métodos.** La investigación se desarrolló entre 2008 y 2018, *in situ*, en la Cuenca Almendares-Vento, Mayabeque, y condiciones tradicionales de cultivo, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de Las Lajas, Cuba. Las evaluaciones se realizaron mediante dieciséis descriptores morfoagronómicos recomendados para la especie. En el 2016 se colectaron semillas de once plantas para su evaluación individual *ex situ*. Los descriptores cualitativos se describieron mediante imágenes fotográficas y para los cuantitativos *in situ* se calcularon los estadígrafos descriptivos de cada una de las variables evaluadas. Para las evaluaciones *ex situ* se realizó un análisis de componentes principales y un biplot. A cada descriptor se le realizó intervalos de confianza al 95 %. **Resultados.** *In situ* la población de papayo silvestre estaba constituida por especímenes que habitaban aislados y distantes unos de otros. En condiciones de cultivo tradicional mostraron variabilidad morfoagronómica en el número de frutos y sus dimensiones, los °Brix y la acidez. Además de su valor ecológico, los caracteres antes mencionados revelaron cualidades potenciales en la identificación de genotipos promisorios, relacionados con el mercado y empleo en el mejoramiento del cultivo. **Conclusión.** Los frutos presentaron propiedades físicas y bromatológicas que convierten al papayo silvestre en un recurso fitogenético promisorio, para su empleo en el mejoramiento del cultivo y como una alternativa de producción en condiciones tradicionales.

**Palabras clave:** diversidad, genotipos, frutal, mejoramiento genético, conservación.



## Abstract

**Introduction.** Papaya is the third most important tropical fruit worldwide. However, in the wild variety, endemic to Cuba, there is no evidence of studies for its conservation, cultivation or breeding programs. **Objective.** To evaluate wild papaya specimens from the Almendares-Vento basin, with the use of morphoagronomic descriptors, to contribute to the conservation and value its productive potential and characters of interest for the genetic improvement of *C. papaya*. **Materials and methods.** The research was developed between 2008 and 2018, *in situ* in the Almendares-Vento Basin, Mayambeque, and traditional growing conditions, at the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San Jose of Las Lajas, Cuba. The evaluations were carried out using sixteen morphoagronomic descriptors recommended for the species. In 2016, seeds from eleven plants were collected for individual *ex situ* evaluation. The qualitative descriptors were described using photographic images and for the quantitative descriptors *in situ*, descriptive statistics were calculated for each of the variables evaluated. For the *ex situ* evaluations, a principal component analysis and a biplot were performed. For each descriptor, 95 % confidence intervals were calculated. **Results.** *In situ*, the wild papaya population was made up of specimens that lived isolated and distant from each other. Under traditional cultivation conditions, they showed morphoagronomic variability in the number of fruits and their dimensions, °Brix and acidity. In addition to their ecological value, the aforementioned characters revealed potential qualities in the identification of promising genotypes, related to the market and use in crop improvement. **Conclusion.** The fruits showed physical and bromatological properties that make wild papaya a promising phyto-genetic resource for use in crop improvement and as a production alternative for production under traditional growing conditions.

**Keywords:** diversity, genotypes, fruit, genetic breeding, conservation.

## Introducción

El papayo (*Carica papaya* L.) es originario del trópico americano y la tercera fruta tropical de mayor importancia a nivel mundial (Nishimwe et al., 2019; Nuriati et al., 2020; Sepúlveda Chaparro, 2019; Tandel et al., 2017). Sus frutos son apreciados en la industria por sus variados usos y para el consumo en fresco por ser una fuente importante de antioxidantes, vitaminas y minerales (Alcántara et al., 2019; Rojas-Mandujano et al., 2018). Los mayores productores a nivel mundial son la India, Brasil, Indonesia, China, Nigeria, Costa Rica y México (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020; Sá Antunes et al., 2020).

En ecosistemas cubanos habitan plantas de papayo silvestre (*Carica cubensis* Solms), en pequeñas y aisladas poblaciones. Es un silvestre de la especie *Carica papaya* L., endémica de Cuba y con un alto potencial agronómico. Sin embargo, previo al 2010 no existían estudios científicos o explotación para su cultivo y programas de mejoramiento.

En Cuba, el papayo se cultivó a escala comercial desde 1906 (Serbelló Guzmán et al., 2013). En esta etapa predominó el genotipo “Criollo” hasta que en 1963 se introdujo en el mercado “Maradol Roja”, que ocupó las principales áreas destinadas a la siembra de este frutal, debido a la calidad y aceptación de sus frutos (Nahud, 2017). Esto contribuyó a la disminución de la diversidad genética de la especie en las áreas de producción natural, que unido a la insuficiente variabilidad genética en bancos de germoplasma, conlleva a la vulnerabilidad del cultivo frente a cambios ambientales o incidencia de plagas. Lo antes expuesto pudiera ser una de las principales causas del bajo rendimiento del papayo en el país (20,7 t ha<sup>-1</sup>), en comparación con otros países de la región, como Brasil, México, República Dominicana y Costa Rica (Pons-Pérez et al., 2017; Salido-Marcos et al., 2017). Es por ello, la importancia de identificar, conservar y evaluar genotipos locales promisorios que permitan incrementar la variabilidad genética del germoplasma de papayo utilizable en la isla.

Las variedades botánicas o las plantas silvestres que se encuentran dentro de su ámbito de distribución original, así como materiales de naturaleza biológica que contengan información genética de valor o utilidad real o potencial y que no están caracterizadas o evaluadas, son consideradas como promisorias (Ospina & Vanegas, 2012).

La variabilidad morfoagronómica de un genotipo se determina a través de descriptores (Hernández Villarreal, 2013) o de forma visual en características responsables de la morfología, arquitectura de la planta y las relacionadas con aspectos de manejo agronómico y de producción (Hernández-Salinas et al., 2019). La correcta caracterización de un genotipo facilita la selección adecuada de los progenitores para establecer o definir estrategias de cruzamiento, eliminar los duplicados y enriquecer las colecciones (Quevedo Guerrero et al., 2020).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar especímenes de papayo silvestre de la cuenca Almendares-Vento, con el empleo de descriptores morfoagronómicos, para contribuir a la conservación y valorar su potencial productivo y de caracteres de interés para el mejoramiento genético de *C. papaya*.

## Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el período comprendido entre 2008 y 2018 en el departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicado en San José de las Lajas, a 23° 00 de latitud norte, 82° 12 de longitud oeste y 138 m s. n. m. El estudio consistió en evaluar en condiciones *in situ* y *ex situ* especímenes de papayo silvestre, identificados en la cuenca Almendares-Vento de la provincia Mayabeque, Cuba, que ocupa un área de 179 km<sup>2</sup> (45 %) de su área total.

### Prospección, evaluación y recolecta *in situ* de plantas de papayo silvestre

La prospección del papayo silvestre se llevó a cabo en la cuenca Almendares-Vento, en el período comprendido desde febrero de 2008 a mayo de 2009. La cuenca referida, es una de las ocho priorizadas por el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas en Cuba, debido al interés nacional en proteger sus recursos naturales, económicos, sociales y urbanísticos (Valcarce et al., 2020).

En las expediciones participaron especialistas del INCA, del Instituto de Ecología y Sistemática (IES), de la Estación de Flora y Fauna Escaleras de Jaruco (EFFEJ). También personas residentes de forma permanente en la zona seleccionada para el estudio.

Para la identificación de los especímenes del papayo silvestre *in situ* se ubicó en un mapa el área de la cuenca Almendares-Vento y se seleccionaron las parcelas o cuadrantes para las expediciones y rutas a seguir durante la investigación, a partir de la información publicada o proporcionada por la población local. Se colectó una hoja de una planta adulta, para el Herbario de la Academia de Ciencias de Cuba (HACC), como evidencia de su presencia en la cuenca prospectada, que de acuerdo con Morales y Villalobos (2004), puede ser útil para estudios taxonómicos, ecológicos, ambientales y etnobotánicos. A las plantas identificadas y sus descendencias, se les realizaron seguimiento y evaluaciones para valorar su conservación *in situ* (Rodríguez-Cabello, 2019).

Los especímenes individuales de papayo silvestre empleados en el estudio se evaluaron mediante el empleo de dieciséis descriptores morfoagronómicos (Cuadro 1), recomendados para el papayo (International Board for Plant Genetic Resources [IBPGR], 1988). Las evaluaciones a los frutos (cinco en cada planta o todos cuando el número era inferior) se realizaron en la fase de madurez fisiológica (Barrantes-Santamaría et al., 2019). Las plantas femeninas cuyos frutos aún no estaban maduros en el momento de la evaluación, se verificaron dos veces al mes, hasta que los frutos alcanzaron la fase de madurez fisiológica, momento en que se recolectaron para su evaluación física, agromorfológica y organoléptica.

**Cuadro 1.** Descriptores morfoagronómicos empleados para la evaluación *in situ* del papayo silvestre (*Carica cubensis* Solms) en la cuenca Almendares-Vento, Mayabeque. Cuba. 2008 – 2009.

**Table 1.** Morphoagronomic descriptors used for wild papayo's (*Carica cubensis* Solms) *in situ* evaluation at the Almendares-Vento basin, Mayabeque. Cuba. 2008 – 2009.

Número IBPGR	Descriptor	Número IBPGR	Descriptor
4.1.7	Forma de las hojas	4.2.13	Color del mesocarpio del fruto
4.2.11	Forma del fruto	6.2.13	Número de frutos por planta
6.1.1	Altura de la planta	6.2.20	Masa promedio del fruto
6.1.2	Diámetro del tallo	6.2.21	Diámetro polar
	Número de hojas	6.2.22	Diámetro ecuatorial
4.2.7	Color de las flores masculinas	6.2.24	Grosor del mesocarpio
4.2.8	Color de las flores femeninas	6.5.6	Sólidos solubles
4.2.12	Color de la corteza del fruto	6.5.8	Acidez total

Fuente / Source: IBPGR (1988).

Los sólidos solubles (°Brix) se determinaron mediante un refractómetro digital modelo NR-151 Instruments Inc. Para la acidez titulable se utilizó la metodología propuesta en la norma COVENIN N° 1151-77, por medio de titulación directa con NaOH (0,1 N).

### Caracterización *ex situ* de los especímenes de papayo silvestre identificados

Las semillas para la evaluación individual de las plantas *ex situ*, en áreas destinadas a la investigación en el INCA, se obtuvieron de frutos colectados en 2016, en once plantas femeninas de la población identificada en la cuenca prospectada. Para la extracción de las semillas se siguió la metodología propuesta por Serbelló Guzmán et al. (2013).

Las semillas se pregerminaron de acuerdo con la metodología propuesta por el Ministerio de la Agricultura (2004). Se sembraron tres semillas por bolsas de polietileno negro de 12,5 x 20 cm de ancho y alto, respectivamente, con capacidad para 1 kg de sustrato que estuvo compuesto por una mezcla de suelo Ferralítico Rojo Lixiviado, degradado (Hernández-Jiménez et al., 2013) y cachaza en proporción 3:1. Las bolsas se ubicaron en áreas del INCA en un vivero de 1 m de ancho por 3 m de longitud, expuestas al sol.

En marzo de 2017 se trasplantaron diez plantas, entre 12 y 15 cm de altura, por surco de cada espécimen femenino individual identificado *in situ*, a una distancia de 1,5 m entre plantas y 3 m entre hileras, sugerido para la evaluación de plantas individuales en este cultivo (Caro, 2013). Se consideraron los mismos descriptores empleados en la evaluación *in situ* (Cuadro 1), con el propósito de analizar la variabilidad morfoagronómica individual de las plantas de papayo silvestre en un ambiente de condiciones más homogéneas.

### Análisis de datos

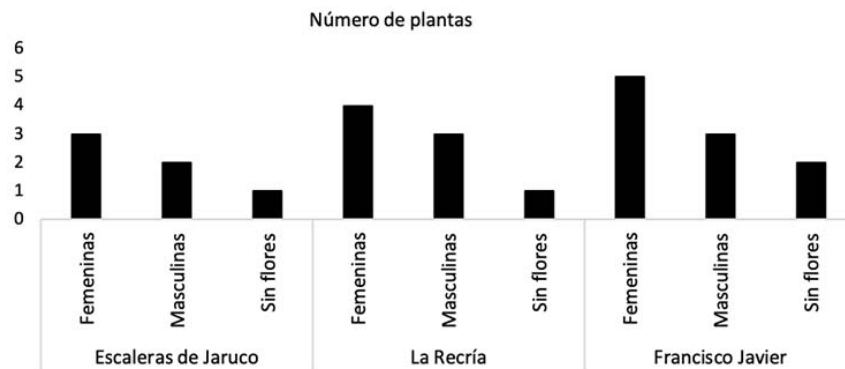
Los descriptores cualitativos se describieron con la ayuda de imágenes fotográficas. Para los descriptores cuantitativos *in situ* se calcularon los estadígrafos descriptivos mínimo, máximo, promedio, desviación estándar y el porcentaje de coeficiente de variación (CV) de cada una de las variables evaluadas, recomendado para datos provenientes de plantas heterogéneas o cultivadas en ambientes heterogéneos (Rodríguez-Cabello, 2017).

Para los descriptores cuantitativos de las evaluaciones *ex situ* se realizó un análisis de componentes principales (ACP), basado en la matriz de correlación de Pearson y un biplot con el propósito de conocer la ubicación de los especímenes en relación con los descriptores evaluados. A cada descriptor se le realizó intervalos de confianza al 95 % mediante el paquete estadístico para Windows Statistical Package for the Social Science (SPSS Inc.) versión 21.

## Resultados

### Prospección, evaluación y recolecta *in situ* de especímenes de papayo silvestre

Se identificaron veinticuatro especímenes de papaya silvestre, en tres zonas distantes unas de otras (Figura 1). Seis de las plantas se identificaron en Escaleras de Jaruco, ocho en La Recría, ubicada en la finca Aljibe y diez en Lomas Francisco Javier. El área de identificación está enmarcada entre las coordenadas geográficas: 23° 00' 00" N y 23° 03'



**Figura 1.** Número y sexo de especímenes silvestres de papayo (*Carica cubensis* Solms) identificados en tres áreas, Escaleras de Jaruco, La Recría y Francisco Javier, de la cordillera Habana-Matanzas, en la cuenca Almendares-Vento, Mayabeque. Cuba. 2008 – 2009.

**Figure 1.** Number and gender of wild papaya (*Carica cubensis* Solms) specimens, identified in three areas, Escaleras de Jaruco, La Recría, and Francisco Javier, of Habana-Matanzas, range, at the Almendares-Vento basin, Mayabeque, Cuba. 2008 – 2009.

27" S, 82° 01' 27" E y 82° 08' 20" O. En el resto de las áreas no se identificaron especímenes de papayo silvestre.

En la mayoría de los descriptores evaluados, con la excepción de los °Brix, se encontró un CV superior al 30 % (Cuadro 2). La variabilidad observada en los descriptores diámetro, longitud y la masa del fruto, indicaron diferencias entre plantas. La masa del fruto varió desde 39,7 g hasta 325 g con predominio entre 100 y 300 g.

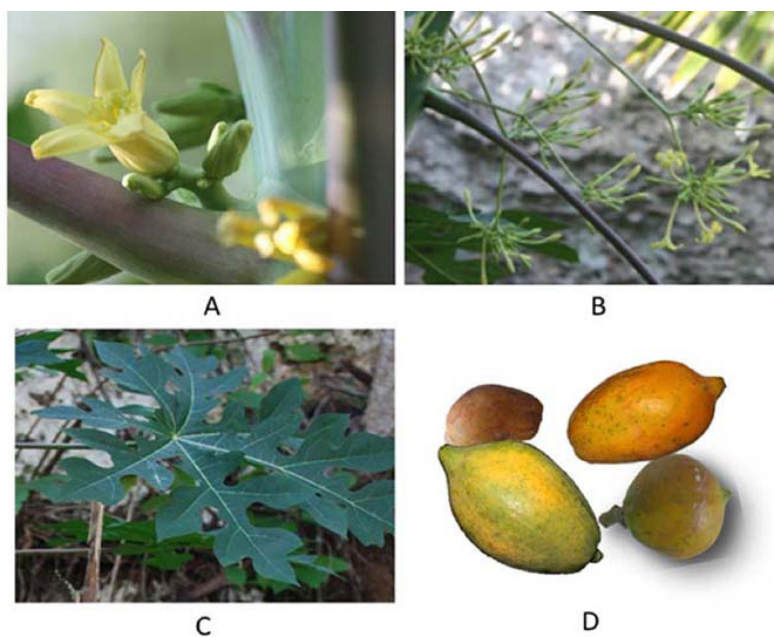
En los descriptores cualitativos (Figura 2), mediante las observaciones visuales, se apreciaron flores amarillas en ambos sexos con largos pedúnculos, en el caso de las masculinas, y más cortos en las femeninas. Las hojas presentaron forma tipo 1 con lobulos primarios, secundarios y terciarios.

Los frutos entre las plantas fueron variables en la forma y tamaño, con tonalidades de amarillo a naranja en la corteza (Figura 2D).

**Cuadro 2.** Evaluación morfoagronómica *in situ* de especímenes de papayo silvestre (*Carica cubensis* Solms) identificados en tres áreas, Escaleras de Jaruco, La Recría y Francisco Javier, de la cordillera Habana-Matanzas, en la cuenca Almendares-Vento, Mayabeque. Cuba. 2008 – 2009.

**Table 2.** *In situ* morphoagronomic evaluation of wild papayo (*Carica cubensis* Solms) specimens identified in three areas, Escaleras de Jaruco, La Recría, and Francisco Javier, of the Habana-Matanzas mountain range, at the Almendares-Vento basin, Mayabeque. Cuba. 2008 – 2009.

Estadígrafo	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Número de hojas	Número de frutos (cm)	Diámetro polar del fruto (cm)	Diámetro ecuatorial del fruto (cm)	Masa del fruto (g)	Grosor del mesocarpio del fruto (cm)	°Brix	Acidez total
Mínimo	112	3,1	5	1	4,1	2,4	39,7	0,5	12,2	0,02
Máximo	521	12,6	29	59	13,3	8,6	325,0	1,9	13,1	0,03
Promedio	310,6	7,0	16,0	18,3	8,7	5,7	177,0	1,1	12,7	0,02
Desvest	118,0	2,6	5,9	16,6	3,4	2,1	105,7	0,4	0,3	0,01
CV	38,0	37,1	36,9	90,7	39,1	36,8	59,7	36,4	2,4	50,0



**Figura 2.** Descriptores cualitativos evaluados *in situ* en especímenes silvestres de papayo (*Carica cubensis* Solms) de la cuenca Almendares-Vento en Mayabeque. Cuba. 2008 – 2009.

Inflorescencia femenina (A), inflorescencia masculina (B), forma de la hoja (C), forma y color del fruto (D).

**Figure 2.** *In situ* evaluated qualitative descriptors in wild papayo (*Carica cubensis* Solms) specimens from the Almendares-Vento basin, Mayabeque. Cuba. 2008 – 2009.

Female inflorescence (A), male inflorescence (B), leaf shape (C), fruit's shape and color (D).

## Evaluación *ex situ* de los especímenes individuales de papayo silvestre colectados

### *Análisis de Componentes Principales*

Los resultados de los análisis de componentes principales (ACP) revelaron que los descriptores cuantitativos evaluados aportaron a la variabilidad total con valores igual a 60,86 % en los especímenes colectados (Cuadro 3).

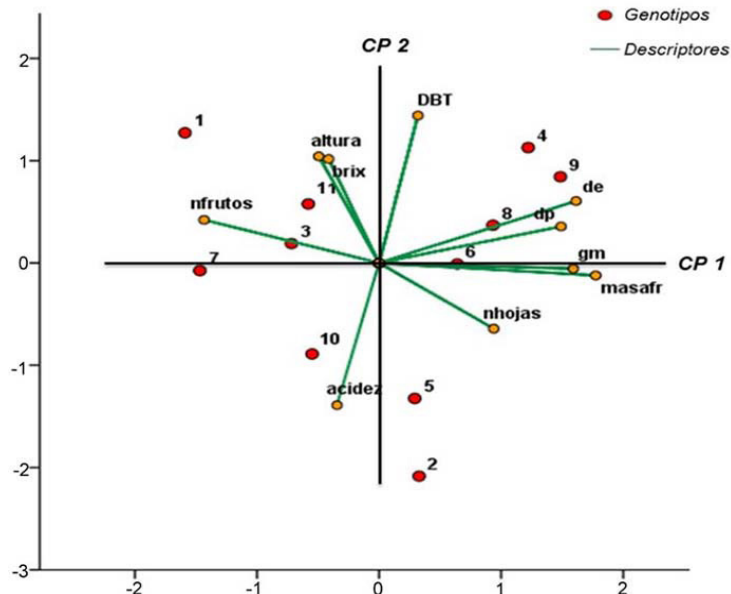
**Cuadro 3.** Resultados del análisis de componentes principales a los caracteres cuantitativos evaluados *ex situ* en los especímenes silvestres de papayo (*Carica cubensis* Solms) en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 2017 – 2018.

**Table 3.** Results of principal component analysis to the quantitative characters evaluated *ex situ* in wild papayo (*Carica cubensis* Solms) specimens in the Plant Physiology and Biochemical Department of the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. 2017 – 2018.

Componentes	Variabilidad (%)	Acumulado (%)
CP 1	39,44	39,44
CP 2	21,42	60,86
Variables analizadas	Porcentaje de contribución relativa	
	CP 1	CP 2
Altura de la planta (altura)	-0,30	<b>0,52</b>
Diámetro del tallo (DBT)	0,00	<b>0,82</b>
Número de hojas (nhojas)	<b>0,50</b>	-0,35
Número de frutos (nfrutos)	<b>-0,78</b>	0,20
Diámetro ecuatorial (de)	<b>0,85</b>	0,35
Diámetro polar (dp)	<b>0,78</b>	0,27
Masa del fruto (masafr)	<b>0,94</b>	-0,02
Grosor del mesocarpio (gm)	<b>0,84</b>	0,00
°Brix (brix)	-0,23	<b>0,52</b>
Acidez del fruto (acidez)	-0,16	<b>-0,75</b>

El componente principal (CP) 1 se caracterizó por ubicar los descriptores relacionados con indicadores de la masa y dimensiones del fruto, así como su número promedio por planta y número de hojas. Los descriptores altura de la planta, diámetro del tallo y los indicadores de calidad bromatológica del fruto, °Brix y acidez total, mostraron mayores aportes en el CP 2.

Hubo amplia dispersión en la ubicación de los especímenes de acuerdo con los descriptores evaluados al analizar la representación Biplot (Figura 3). Los especímenes 4, 6, 8 y 9, se ubicaron en el cuadrante superior derecho, caracterizados por los mayores valores en las dimensiones del fruto, cuantificados a través de la masa promedio, grosor del mesocarpio, diámetro polar y diámetro ecuatorial de los mismos. En el extremo opuesto se ubicaron los especímenes 1, 3 y 11, que se caracterizaron por mayor altura, número de frutos por planta y contenido de °Brix, que demostró la relación negativa existente entre el número de frutos por planta y la masa promedio del



**Figura 3.** Representación Biplot del análisis de componentes principales de genotipos de papayo silvestre (*Carica cubensis* Solms) evaluados *ex situ* en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 2017 – 2018.

**Figure 3.** Biplot representation of the principal component analysis of wild papaya's (*Carica cubensis* Solms) genotypes, evaluated *ex situ* at the Plant Physiology and Biochemical Department of the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 2017 – 2018.

fruto. Los especímenes 7 y 10 se ubicaron en el cuadrante III, relacionados con la acidez, mientras el 2 y 5 se relacionaron con el número de hojas, masa del fruto y grosor del mesocarpio en el cuadrante IV.

La evaluación realizada a las descendencias de los especímenes femeninos de papayo silvestre identificados (Cuadro 4 y 5), no mostraron diferencias entre plantas en los descriptores relacionados con la arquitectura (Cuadro 4). Sin embargo, los altos valores de intervalos de confianza obtenidos en los descriptores relacionados con el fruto (Cuadro 5), mostraron variabilidad entre las plantas descendientes del mismo progenitor en todos los descriptores y no entre las plantas del resto de los progenitores, lo que indicó que poseen alta variabilidad morfoagronómica.

En condiciones tradicionales de cultivo e igual fase fenológica, las plantas mostraron similares características, con la excepción de la descendencia de la planta 2, procedente del área de La Recría que produjo 94,3 frutos promedio por planta, el resto superó los 100 frutos por planta. El diámetro del tallo, número de hojas y frutos por planta (Cuadro 4), se incrementaron con respecto a las plantas evaluadas en sus áreas de reproducción natural (Cuadro 2).

Los valores relacionados con las dimensiones del fruto *ex situ*, fueron superiores a los frutos evaluados *in situ* (Cuadro 5). Sin embargo, los niveles de °Brix se mantuvieron por encima de 11 y en igual rango de acidez en ambos ambientes.

**Cuadro 4.** Evaluación morfoagronómica *ex situ* en plantas individuales de papayo silvestre (*Carica cubensis* Solms) colectadas *in situ*, en la cuenca Almendares-Vento, Mayabeque. Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Cuba. 2017 – 2018.

**Table 4.** Morphoagronomic *ex situ* evaluation in wild papaya's (*Carica cubensis* Solms) individual plants, collected *in situ* at the Almendares-Vento basin, Mayabeque. Plant Physiology and Biochemical Department of Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 2017 – 2018.

Lugar de colecta	Descendencia	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número hojas	Número frutos
Escaleras de Jaruco	Planta 1	344,7±13,2	14,9±1,8	26,1±2,8	133,0±32,0
	Planta 2	321,9±13,8	12,4±1,8	30,0±3,9	108,2±25,7
	Planta 3	329,1±14,6	13,7±1,2	21,0±5,4	125,4±35,4
La Recría	Planta 4	331,7±17,2	15,0±1,6	29,0±4,3	102,2±20,3
	Planta 5	315,7±17,5	12,0±1,6	28,0±3,9	94,3±25,0
	Planta 6	350,7±20,2	14,2±1,9	27,4±4,3	120,0±15,2
Francisco Javier	Planta 7	331,9±18,9	13,3±2,1	24,0±4,0	138,0±32,8
	Planta 8	318,8±27,7	13,0±2,0	26,0±3,9	104,5±21,4
	Planta 9	339,0±28,4	15,0±1,8	30,0±4,1	105,0±46,4
	Planta 10	342,0±21,5	13,5±1,5	29,4±3,6	125,4±21,7
	Planta 11	351,5±19,7	13,1±1,9	24,0±3,2	119,9±26,4

**Cuadro 5.** Evaluación morfoagronómica *ex situ* en frutos de plantas individuales de papayo silvestre (*Carica cubensis* Solms) colectadas *in situ*, en la cuenca Almendares-Vento, Mayabeque. Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) Cuba. 2017 – 2018.

**Table 5.** Morphoagronomic *ex situ* evaluation in wild papaya's (*Carica cubensis* Solms) individual fruits, collected *in situ* at the Almendares-Vento basin, Mayabeque. Plant Physiology and Biochemical Department of the Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Cuba. 2017 – 2018.

Lugar de colecta	Descendencia	Diámetro polar fruto (cm)	Diámetro ecuatorial fruto (cm)	Masa del fruto	Grosor mesocarpio del fruto (cm)	°Brix	Acidez total
Escaleras de Jaruco	Planta 1	10,5±2,1	6,3±1,9	255,5±95,5	1,23±0,3	12,6±1,0	0,28±0,02
	Planta 2	11,1±2,9	7,4±2,4	326,4±109,5	1,34±0,5	11,0±0,8	0,29±0,02
	Planta 3	10,7±3,0	6,9±2,8	303,6±113,7	1,32±0,3	12,0±1,0	0,28±0,02
La Recría	Planta 4	13,5±2,3	9,1±1,8	354,9±103,5	1,35±0,5	11,8±1,0	0,27±0,03
	Planta 5	12,7±1,7	7,0±1,9	312,3±102,6	1,34±0,3	12,3±1,1	0,29±0,02
	Planta 6	13,2±2,7	7,8±2,3	342,2±85,2	1,40±0,4	11,2±0,8	0,29±0,02
Francisco Javier	Planta 7	12,0±2,3	6,6±2,5	267,9±109,5	1,20±0,2	11,6±1,3	0,28±0,02
	Planta 8	12,5±1,6	8,9±2,9	324,4±115,4	1,41±0,5	12,1±0,9	0,27±0,02
	Planta 9	12,9±2,3	9,8±2,7	355,9±95,1	1,44±0,3	11,9±1,0	0,28±0,03
	Planta 10	10,0±3,0	6,8±2,4	285,3±112,2	1,32±0,4	11,4±1,2	0,29±0,02
	Planta 11	11,2±1,7	8,3±2,8	296,4±107,6	1,30±0,2	12,2±1,5	0,28±0,02

## Discusión

El número de especímenes de papayo silvestre identificados en la cordillera Habana-Matanzas indicó la reducida población de este recurso fitogenético (RFG) y la zona limitada de conservación en la cuenca, que puede estar dada por la incidencia de impactos antrópicos en el área prospectada (Atencio et al., 2018; Estrada Piñero, 2018). Este comportamiento lo observaron en México Romero et al. (2013), quienes en recorridos de campo confirmaron que el papayo silvestre es susceptible a enfermedades de origen viral, ya que, por lo general, se encuentran en una baja densidad de población, con respecto al papayo cultivado; además, rodeado de otras especies, son poco afectados por los virus.

La ubicación geográfica y aislamiento de la zona prospectada, el tipo de reproducción, los resultados de la caracterización molecular (Rodríguez et al., 2010) y la caracterización morfoagronómica en condiciones tradicionales de cultivo, indican que el papayo silvestre identificado constituye una población.

El resultado sugiere encaminar acciones con la finalidad de propagar la especie silvestre y garantizar su conservación en las áreas de reproducción natural, debido a que constituye un requisito indispensable para la identificación de genotipos promisorios (Sánchez, 2012). En este sentido, las áreas de la cordillera Habana-Matanzas, distantes de las mayores elevaciones y áreas de conservación de los RFG de papayo silvestre en el país, permite la posibilidad de que sea considerada zona núcleo. Para ello, se tiene presente que las zonas núcleos presentan características similares a las descritas en esta investigación, lo cual facilita el flujo de genes entre las plantas (Ministerio del Medio Ambiente, 2017; Sistema Nacional de Áreas Protegidas, 2020).

A partir de las zonas núcleos se establecen medidas para la conservación y se pueden iniciar futuros trabajos de investigación y propagación de este RFG local. Los presentes constituyen las primeras aproximaciones en esta población de papayo silvestre; no obstante, es necesario caracterizar este genotipo silvestre en diferentes ambientes y periodos de siembra, con el empleo de mayor número de descriptores morfoagronómicos e indicadores fisiológicos que brinden información para su mejor explotación en áreas de producción y en los programas de mejoramiento.

En la evaluación morfoagronómica *in situ*, con la excepción de los °Brix, en el resto de los descriptores evaluados, los valores del coeficiente de variación indicaron alta variabilidad entre los especímenes identificados en las tres áreas colectadas (Burbano-Erao et al., 2020; Hernández-Salinas et al., 2019). Esto proporcionó una idea general de la variabilidad del papayo silvestre para posteriores evaluaciones. La estadística descriptiva permite estimar y describir el comportamiento de los diferentes genotipos en relación con cada carácter, por lo que se deben realizar antes de aplicar cualquier análisis multivariado (Rodríguez-Cabello, 2017).

La variabilidad apreciada para los descriptores altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y número de frutos por planta está dada, en gran medida, por las condiciones ambientales (Ruiz Díaz et al., 2020). También, porque las semillas que dieron lugar a las plantas, germinaron en diferentes momentos, de modo que al ser identificadas se encontraban en distintas fases fenológicas.

En papayo, el número de hojas activas está en función de la edad de la planta y de las condiciones agrotécnicas en que estas se desarrollen. Las plantas no afectadas por enfermedades poseen alrededor de treinta hojas funcionales, por lo que se estima que una hoja representa entre 3 y 4 % de la superficie foliar (Mejía et al., 2018). No obstante, las plantas que fructificaron en años anteriores, perdieron hojas en la medida que crecieron y envejecieron. Además, en ambientes naturales las plantas están sometidas a déficit hídrico, que influye en la disminución de la superficie foliar (Luna et al., 2012; Romero Beyer, 2018).

La forma de la hoja es importante para identificar genotipos y por su influencia positiva en el rendimiento y calidad de los frutos (Mora & Bogantes-Arias, 2004). Las hojas con forma tipo 1, presentes en el papayo silvestre, le proporsiona abundante área foliar a la planta, que le permite interceptar mayor energía radiante a favor de la producción de masa seca, debido a la eficiencia fotosintética del follaje.

La variación en los frutos por planta *in situ* con respecto a las plantas en condiciones tradicionales de cultivo, puede estar relacionada con el bajo número de especímenes identificados en la zona prospectada. Esto dificulta la polinización de las flores, debido a la distancia entre plantas de diferentes sexos y por barreras naturales, como la vegetación y el relieve. Las flores en papayo son polinizadas en su mayoría por el traslado del polen por el viento o por los insectos (González et al., 2020). Cuando las plantas crecen aisladas en su hábitat natural muchas de las flores no se polinizan por las causas referidas y abortan con influencia negativa en el número de frutos por planta.

Los valores observados en los descriptores diámetro ecuatorial, diámetro polar y la masa del fruto, se asemejan a los encontrados en evaluaciones realizadas a colecciones de *C. papaya* silvestre en cinco localidades de Costa Rica. En las mismas se apreció que el diámetro de los frutos varió en las diferentes localidades entre 5,2 y 9,0 cm (Brown et al., 2012).

En la evaluación *ex situ*, los valores negativos apreciados en el análisis de componentes principales, presentan coherencia biológica. En el componente CP 1 el número de frutos por planta mostró valores negativos con respecto a las dimensiones del fruto. Esto quiere decir, que a medida que disminuyó el número de frutos en la planta, se incrementó la masa, el grosor del mesocarpio y los diámetros polar y ecuatorial del fruto. Mientras que en la CP 2, la acidez del fruto se correlacionó de forma negativa con respecto a la altura de la planta, el diámetro del tallo y los °Brix.

En el Biplot se apreciaron diferencias entre los genotipos en cuanto a la variabilidad del tamaño y número de frutos, además de los grados °Brix y la acidez. Esto es evidente al observar ángulos mayores de 90° entre los vectores de dichas variables y genotipos. Los frutos de mayores dimensiones se correlacionaron de forma positiva con el diámetro del tallo, mientras que la masa del fruto se agrupó con el número de hoja.

Se encontró baja acidez y niveles superiores a 11,5 °Brix en los frutos colectados en ambos ambientes, que resulta de interés para el consumo y mejoramiento del cultivo por ser una de las características significativas en la calidad comercial de la papaya, que influye en su aceptación por los consumidores. Para los genotipos del grupo 'Solo' producidos en Hawái, se determinó un porcentaje de 11,5 °Brix como mínimo aceptable para su comercialización (Brown et al., 2012). Los caracteres: forma de la hoja, color de las flores, tamaño, forma y color de frutos y arquitectura de la planta expresada en hábito de crecimiento son recomendados para la caracterización de genotipos promisorios (Sánchez, 2012).

El elevado número de frutos por planta obtenido *ex situ*, es uno de los caracteres destacados en el papayo silvestre y de mayor interés en los programas de mejoramiento. El número de frutos influye en el rendimiento y contribuye a compensar la menor masa de los mismos (Mora & Bogantes-Arias, 2004).

Los valores apreciados en el diámetro ecuatorial y polar, grosor del mesocarpio y masa promedio de los frutos fueron inferiores a los obtenidos en cultivares del grupo 'Solo' evaluados en Cuba (Alonso et al., 2008). Estos autores afirmaron que los frutos con las características descritas son aceptados en el mercado nacional.

Los descriptores cualitativos evaluados mostraron similar comportamiento respecto a las evaluaciones realizadas *in situ*. Los resultados revelaron que el papayo silvestre de la cuenca Almendares-Vento puede considerarse promisorio, porque además de su valor ecológico, posee valor potencial para el mercado y empleo en el mejoramiento, que son cualidades importantes para la identificación de genotipos promisorios (Brown et al., 2012).

## Conclusiones

El papayo silvestre de la cuenca Almendares-Vento posee alta variabilidad y abundantes frutos por planta (18,3 en promedio). Estos con propiedades físicas y bromatológicas relacionadas con su dimensión y °Brix superior a 11, que lo convierte en un recurso fitogenético promisorio para el mejoramiento de la especie. También, como una alternativa de producción en sistemas tradicionales de cultivo, sustentada en su potencial productivo. La explotación del papayo silvestre y características de su zona de reproducción natural contribuyen a su conservación.

## Referencias

- Alcántara, J. A., Cid, C., Leyva, S., & Alcántara, N. (2019). Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(3), 575–584.
- Alonso, M., Tornet, Y., Aranguren, M., Ramos, R., Rodríguez, K., & Pastor, M. C. (2008). Caracterización de los frutos de cuatro cultivares de papaya del grupo Solo, introducidos en Cuba. *Agronomía Costarricense* 32(2), 169–175.
- Atencio, E., Cuesta, E. O., & Fonseca, L. (2018). Fundamentos teóricos-metodológicos de la evaluación del impacto ambiental. *Ciencia Universitaria*, 16(1), Artículo 1066. <https://revistas.unah.edu.cu/index.php/ACUNAH/article/view/1066>
- Barrantes-Santamaría, W., Loría-Quirós, C., & Gómez-Alpizar, L. (2019). Evaluación de dos sistemas de sexado en plantas de papaya (*Carica papaya* L.) híbrido Pococí. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 437–446. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34916>
- Brown, J. E., Bauman, J. M., Lawrie, J. F., Rocha, O. J., & Moore, R. C. (2012). The Structure of Morphological y Genetic Diversity in Natural Populations of *Carica papaya* L. (Caricaceae) in Costa Rica. *BIOTROPICA*, 44(2), 179–188. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00779.x>
- Burbano-Erazo, E., Pastrana-Vargas, I. J., Mejía-Salazar, J. R., & Vallejo-Cabrera, F. A. (2020). Criterios de selección en líneas de tomate con hábito de crecimiento determinado. *Agronomía Mesoamericana*, 31(1), 1–11. <https://doi.org/10.15517/am.v31i1.37093>
- Caro, F. J., Machuca, M. L., Montes, H. S., Serrano, A. V., Carballo, C. A., & Ramírez, M. E. (2013). *Propuesta de una guía técnica para la descripción varietal de Jamaica (Hibiscus sabdariffa L.)*. Universidad Autónoma de Nayarit, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., & Fundación Produce Nayarit, A. C.
- Estrada Piñero, F. N. (2018). *Conservación y uso sostenible de la Diversidad Biológica en los ecosistemas montañosos Guamuhaya y Guaniguanico bajo un enfoque paisajístico* (Informe final de proyecto). Instituto de Ecología Sistemática. <https://bit.ly/3JSF5Jf>
- González, N., Sarmiento, F., & Villota, F. (2020). Polinizadores y dispersores de semillas en jardines urbanos de Bogotá. *Revista El Astrolabio*, 19(1), 119–144.
- Hernández-Jiménez, A., Morales, M., Cabrera, A., Ascanio, M. O., Borges, Y., Vargas, D., & Bernal, A. (2013). Degradación de los Suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la llanura roja de La Habana. *Cultivos Tropicales*, 34(3), 45–51.
- Hernández-Salinas, G., Soto-Estrada, A., García-Pérez, E., Pérez-Vázquez, A., Rocandio-Rodríguez, M., & Córdova-Téllez, E. (2019). Variación morfológica in situ de *Carica papaya* L. nativa de México. *Revista Fitotecnia México*, 42(1), 47–55.
- Hernández Villarreal, A. E. (2013). Caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. *Revista Bio Ciencias*, 2(3), 113–118. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.05>
- International Board for Plant Genetic Resources. (1988). *Descriptors for papaya*. International Board for Plant Genetic Resources.
- Luna, W., Estrada, H., Jiménez, J. J. M., & Pinzón, L. L. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*, 30(4), 343–353.

- Mejía, G., García, J. M., & Alvarado, M. (2018). *Cultivo de papaya (Carica papaya L.)*. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria, & Forestal Enrique Álvarez Cordova.
- Ministerio de la Agricultura. (2004). *Instructivo Técnico del Cultivo de la frutabomba (Carica papaya L.)*. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2017). *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2017-2030*. Ministerio del Medio Ambiente.
- Mora, E., & Bogantes-Arias, A. (2004). Evaluación de híbridos de papaya (*Carica papaya L.*) en Pococí, Limón, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 15(1), 39–44. <http://doi.org/10.15517/AM.V15I1.11927>
- Morales, C. O., & Villalobos T. (2004). Tipos de plantas vasculares en el Herbario de la Universidad de Costa Rica (USJ). *Lankesteriana*, 4(3), 187–208. <https://doi.org/10.15517/LANK.V4I3.21256>
- Nahud, R. (2017). *Manejo del cultivo del papayo en Nasca* [Tesis Licenciatura, Universidad Agraria La Molina]. Repositorio de la Universidad Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2982>
- Nishimwe, G., Kosgei, J. C., Okoth, E. M., Asudi, G. O., & Rimberia, F. K. (2019). Evaluation of the morphological and quality characteristics of new papaya hybrid lines in Kenya. *African Journal of Biotechnology*, 18(2), 58–67. <https://doi.org/10.5897/AJB2018.16697>
- Nuriati, Ch., Osumanu, A., Shaidatul, T., Mohamad, G., & Shamsiah, S. (2020). Clinoptilolite zeolite on tropical peat soils nutrient, growth, fruit quality, and yield of *Carica papaya L.* cv. Sekaki. *Agronomy*, 10(9), Article 1320. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091320>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *Las principales frutas tropicales (Análisis del mercado 2018)*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ospina, O. L., & Vanegas, S. (2012). *Plan nacional de restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Pons-Pérez, C. C., Molina, O., Rodríguez, S., Medero, V., Ruiz, L., Caballero, W., Folgueras, M., & García, J. (2017). El cultivo de la papaya (*Carica papaya*, Lin.) sobre soporte digital. *Agricultura Tropical*, 3(1), 64–72. <https://bit.ly/3uOgT6p>
- Quevedo Guerrero, J. N., Ramírez Villalobos, M., Zhiminaicela Cabrera, J., Noles León, M. J., Quezada Hidalgo, C., & Aguilar Flores, S. (2020). Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de *Theobroma cacao L.* *Universidad y Sociedad*, 12(6), 14–21.
- Rodríguez, J., Rodríguez, P., González, M. E., & Martínez, P. (2010). Molecular characterization of Cuban endemism *Carica cubensis* Solms using random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *Agricultural Science*, 1(3), 95–101. <https://doi.org/10.4236/as.2010.13012>
- Rodríguez-Cabello, J. (2017). *Caracterización del papayo silvestre (Carica papaya L.) en la cuenca Almendares-Vento* [Tesis de Doctorado, no publicada]. Universidad Agraria de La Habana.
- Rodríguez-Cabello, J. (2019). Monitoreo y evaluación del papayo silvestre (*Carica papaya L.*) en la cuenca Almendares-Vento de la provincia Mayabeque. *Cultivos Tropicales*, 40(1), a04–e04.
- Rojas-Mandujano, V., González-Juárez, K., Hernández-Fernández, C., O’Farrill-Romanillos, M., Del Rivero, L., & Herrera-Sánchez, D. A. (2018). Síndrome látex-papaya: una asociación poco frecuente. *Revista Alergia México*, 65(1), 3–9. <https://doi.org/10.29262/ram.v65i1.302>

- Romero, J., Mejía, J., Carballo, A., López, A., Ávila, C., & Rangel, J. (2013). Latencia y longevidad de semillas de *Carica* y *Vasconcellea*. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria México*, 1(1), 7–13.
- Romero Beyer, G. (2018). *Caracterización fisiológica y análisis del perfil de proteínas en plantas de Carica papaya L. tolerantes y susceptibles sometidas a estrés hídrico* [Tesis de Maestría, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C.] Repositorio del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. <https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1003/1181>
- Ruiz Díaz, E., Rodríguez García, Y., & Armando, J. A. (2020). Ensayo comparativo de cultivares de papaya. *Agrisost*, 26(2), 1–6. <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/e3253>
- Sá Antunes, T., Maurastoni, M., Madroñero, J., Fuentes, G., Santamaría, J. M., Aires Ventura, J., Abreu, E. F., Fernandes, A. A. R., & Fernandes, P. M. B. (2020). Battle of three: The curious case of papaya sticky disease. *Plant Disease*, 114(11), 2754–2763. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-19-2622-FE>
- Salido-Marcos, J., Herrera, D., Garry, S., García, L., & Vélez, D. (2017). *Incorporación de valor agregado en la cadena de valor de papaya en el Pacífico Central, Costa Rica*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Sánchez, J. (2012). *Clasificación botánica y taxonómica de especies arbóreas y arbustivas nativas e introducidas del contexto de la Sede Divina Providencia el Corregimiento Santa Teresa, Municipio de Villavicencio*. Universidad ICESI. <http://eduteka.icesi.edu.co/proyectos.php/2/13632>
- Serbelló Guzmán, G. F., Soto Ortiz, R., & Mesa Reynaldo, J. R. (2013). Efecto de la aplicación de Fitomás-E en la producción de posturas de papaya var. Maradol Roja en Cienfuegos, Cuba. *Centro Agrícola*, 40(1), 35–38.
- Sepúlveda Chaparro, D. F. (2019). *Diseño de un plan de negocios para la exportación de papaya hacia la Florida-Estados Unidos* [Monografía de Especialidad, Fundación Universidad de América]. Repositorio de la Fundación Universidad de América. <https://bit.ly/3M4ExBw>
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (2020). *Hacia una política para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia: Visión 2020-2030*. Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- Tandel, B. M., Ahir, M., Hiray, S., & Patel, K. A. (2017). Effect of integrated nutrient management on yield and quality of papaya (*Carica papaya* L.) Cv. Taiwan Red Lady. *International Journal of Chemical Studies*, 5(4), 1901–1903. <https://www.chemijournal.com/archives/2017/vol5issue4/PartAB/5-4-309-263.pdf>
- Valcarce, R. M., Vega, M., Rodríguez, W., & Suárez, O. (2020). Vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas en la cuenca Almendares –Vento. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 41(2), 33–47.