

Artículo original

## **Monitoreo y evaluación del papayo silvestre (*Carica papaya* L.) en la cuenca Almendares-Vento de la provincia Mayabeque**

Dr.C. Jesús Rodríguez-Cabello<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

\* Autor para correspondencia. [jesusr@inca.edu.cu](mailto:jesusr@inca.edu.cu)

### **RESUMEN**

Las poblaciones de papayo silvestre que crecen en sus áreas de reproducción natural, son de alto valor ecológico. En Cuba la metapoblación se fragmentó en subpoblaciones que crecen aisladas, generalmente, en ecosistemas pertenecientes a cuencas hidrográficas. Estas plantas constituyen una fuente de genes de gran valor para el mejoramiento genético de la especie, alimento de la fauna y para la restauración, conservación y equilibrio de los ecosistemas; sin embargo, en diferentes regiones geográficas se encuentran seriamente amenazadas. En este sentido es necesario recopilar datos *in situ*, que sean repetibles en el tiempo y permitan detectar cambios temporales en los parámetros poblacionales. El presente estudio tuvo como objetivo, monitorear la poblacional de papayo silvestre en la cuenca Almendares-Vento, para estimar su tamaño, distribución en el ecosistema cordillera Habana-Matanzas y estado de conservación. Además, evaluar descriptores de interés para el mejoramiento genético de la especie. Se realizaron expediciones de campo para identificar y evaluar las plantas de papayo silvestre. En la estación de lluvias, se dispersaron semillas pregerminadas colectadas *in situ*, y se les dio seguimiento a la población. La prospección permitió confirmar la presencia del papayo silvestre en tres áreas de la cordillera Habana-Matanzas, el estado de conservación de las plantas, la reproducción de la población y sus faces fenológicas. Sin embargo, se detectaron impactos antrópicos que afectan su conservación. Además, se identificó la *Toxotrypana curvicauda* como la plaga de mayor importancia del papayo silvestre *in situ*. La dispersión de semillas pregerminadas en el periodo de lluvias resultó efectiva para incrementar la población de papayo silvestre a corto plazo.

**Palabras clave:** ecosistema, conservación, población, *Toxotrypana curvicauda*

Recibido: 01/12/2017

Aceptado: 21/12/2018

## INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica comprende el conjunto de seres vivos y ecosistemas en que estas habitan <sup>(1,2)</sup>. Sin embargo, pese a su dimensión es vulnerable. Numerosas especies se han extinguido y otras se encuentran en proceso de erosión genética debido a su sobreexplotación e impactos antrópicos, que afectan sus áreas de reproducción natural y favorecen la disminución de la diversidad genética <sup>(3,4)</sup>.

La pérdida y deterioro del hábitat, la sobreexplotación, introducción de especies invasoras, la contaminación y el cambio climático son los principales factores que se asocian con la pérdida de biodiversidad a nivel global. No obstante, las variedades silvestres deben conservarse *in situ*, en óptimas condiciones en la naturaleza para que continúen los procesos biológicos y generen nueva diversidad <sup>(5)</sup>.

El papayo (*Carica papaya* L.), es originario del trópico americano y constituye la tercera fruta tropical de mayor importancia a nivel mundial <sup>(6-8)</sup>. Sus frutos son apreciados en la industria por los variados usos y para el consumo fresco por ser una fuente importante de antioxidantes, vitaminas y minerales <sup>(9)</sup>.

Las poblaciones de papayo silvestre que crecen *in situ*, son de alto valor para la conservación y equilibrio de los ecosistemas. En Cuba habita en toda la isla <sup>(10)</sup>; sin embargo, a partir de la segunda mitad del siglo pasado, sólo se pueden identificar plantas aisladas en ecosistemas pertenecientes a cuencas hidrográficas, cayos e islotes o ecosistemas de difícil acceso al hombre <sup>(11)</sup>. Estas plantas constituyen una fuente de genes de gran valor para el mejoramiento genético de la especie, alimento de la fauna local y restauración de ecosistemas; sin embargo, en diferentes áreas geográficas las poblaciones se encuentran seriamente amenazadas y fragmentadas <sup>(12,13)</sup>.

Desde el punto de vista ecológico, los fragmentos de especies representan a varias subpoblaciones que se originaron al subdividir la población antes de presentarse la modificación del ambiente. La persistencia de las subpoblaciones a través del tiempo dependerá de la capacidad de que algunas de estas subpoblaciones puedan interconectarse con otras a través de movimientos ocasionales de los individuos. Si esto ocurre, podrá mantenerse en el tiempo <sup>(3)</sup>. Es por ello la necesidad de tomar medidas que favorezcan su conservación y conexión.

El estudio de la flora amenazada requiere de variada información y diversos métodos para desarrollar programas de seguimiento de poblaciones que faciliten estudiar su ubicación en el espacio e identificar descriptores que revelen su carácter promisorio en los diferentes programas de mejoramiento genético. Además, obtener información fiable para establecer prioridades de gestión en la conservación <sup>(14)</sup>. En este sentido es necesario el monitoreo para recopilar datos básicos que sean repetibles en el tiempo en sus áreas de reproducción natural, que permita detectar cambios temporales en los parámetros poblacionales y que sirvan de referencia para otras

poblaciones en el país. A partir de este criterio, el presente estudio tuvo como objetivo, monitorear la población de papayo silvestre en la cuenca Almendares-Vento en el ecosistema cordillera Habana-Matanzas, para estimar su tamaño, distribución y estado de conservación. Además, evaluar descriptores de interés para el mejoramiento genético de la especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en la cuenca hidrográfica Almendares-Vento perteneciente a la provincia Mayabeque, que ocupa un área de 179 km<sup>2</sup> (45 %) del área total de la cuenca. A partir de un diagnóstico florístico se obtuvo información referente a la presencia de plantas de papayo silvestre en el ecosistema perteneciente a la cordillera Habana-Matanzas. La misma está constituida por un conjunto de elevaciones de estructura sinclinal donde se produjo una inversión de relieve que dio lugar a un afloramiento de serpentina, así como superficies cársicas sin clasificación que genera estructuras diversas de suelo, fundamentalmente, Húmico Carbonático, que se originó a partir de una caliza suave (margosa) y su composición mecánica es arcilla <sup>(15)</sup>.

En la cima de las elevaciones se encuentran matorrales con especies emergentes. En la mayoría de los mogotes observados la vegetación conserva, además de sus elementos florísticos más representativos, su estructura y fisonomía, así como componentes de dos estratos arbóreos con algunos emergentes, arbustos, herbáceas, lianas y epífitas <sup>(11)</sup>.

Para identificar las plantas de papayo silvestre *in situ* y valorar su estado de conservación, se utilizó el método de Investigación-Acción-Participación <sup>(16)</sup>. Para ello se desarrollaron talleres, reuniones y entrevistas individuales a la población local relacionada con la especie en la cuenca. A partir de la información recopilada acerca de las posibles áreas de ubicación de las plantas silvestres *in situ*, se procedió a las expediciones de campo en el período comprendido de febrero a octubre de 2008. Participaron especialistas de Ecología y Sistemática, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, del área protegida Escaleras de Jaruco y agricultores o personas residentes de forma permanente en la zona seleccionada. En el momento de identificar las plantas *in situ*, se evaluaron a través de descriptores cualitativos y cuantitativos <sup>(17)</sup>.

Los sólidos solubles (°Brix) se determinaron mediante un refractómetro digital modelo NR-151. Para la acidez se utilizó la metodología propuesta en la norma COVENIN N° 1151-77, por medio de titulación directa con NaOH (0,1 N). Para el pH se utilizó un medidor Marca Hanna Instruments, modelo HI 8418 A/D.

Con relación al estado de conservación de las plantas, se procedió a comparar el aspecto visual de las mismas con el empleo de una escala previamente establecida (Tabla 1). Se observó el número de hojas en el tallo principal. Además, la presencia o ausencia de enfermedades, daños por animales u otras causas que afectaron su normal crecimiento y desarrollo.

**Tabla 1.** Escala de apreciación del estado de las plantas (*Carica papaya* L.) *in situ* en la cordillera Habana-Matanzas, perteneciente a la cuenca Almendares-Vento

Estado de la planta	Características físicas de las plantas
1 Mal	Plantas con menos de cinco hojas o el área foliar deteriorado por enfermedades u otros daños
2 Regular	Plantas con seis a diez hojas y área foliar sin afectaciones o presencia leve de síntomas por plagas u otros daños físicos
3 Bueno	Plantas sanas con más de once hojas
4 Muy bueno	Plantas vigorosas, sanas con abundante área foliar

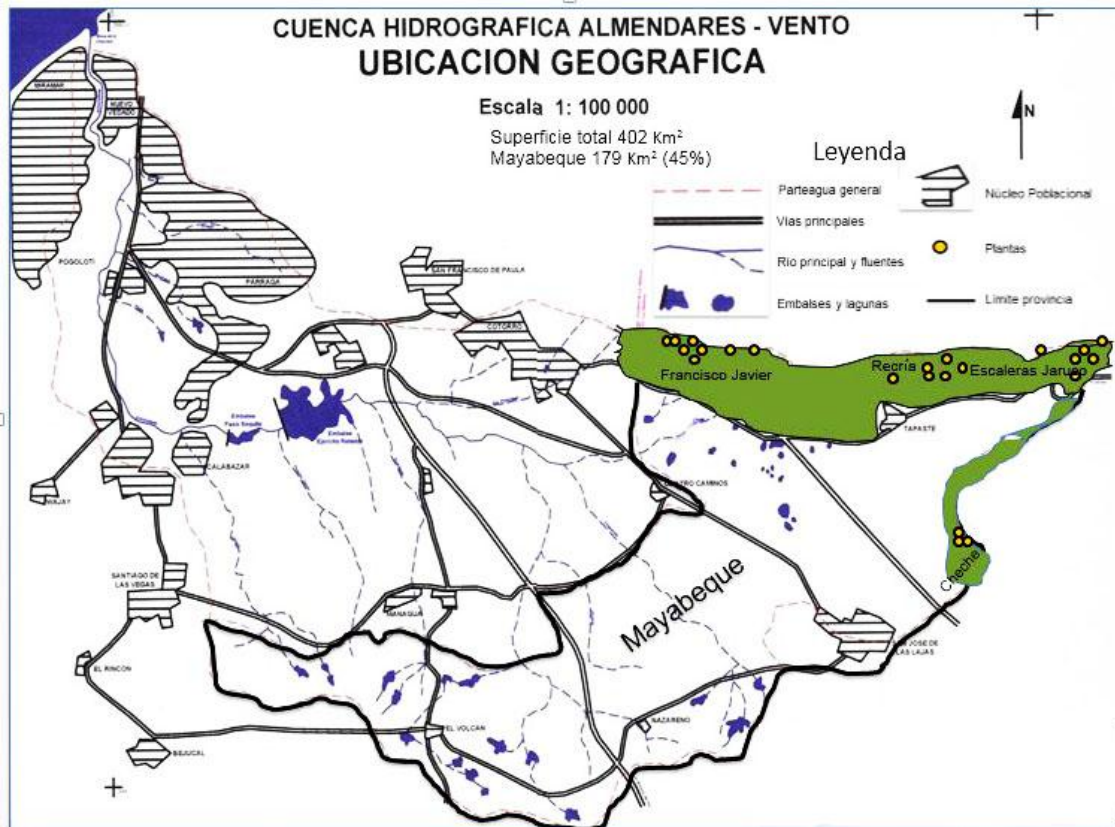
En mayo de 2010 y 2011, mes en que se inicia el período estacional lluvioso en Cuba <sup>(18)</sup>, se dispersaron 100 semillas pregerminadas, 25 en cada área de colecta y en el Cheche, al sur de las escaleras de Jaruco, con el objetivo de dar inicio a la propagación del papayo silvestre *in situ*. Para dar seguimiento a estas plantas y las identificadas en el 2008, se realizaron exploraciones en septiembre de los años comprendidos entre el 2010 y 2016. Se tomaron datos referentes al número de plantas juveniles y adultas. También, se observaron las afectaciones por plagas o daños físicos en las plantas.

Para interpretar los resultados se utilizó la estadística descriptiva, que permiten estimar y describir el comportamiento de genotipos con relación a diferentes caracteres en ambientes heterogéneos. Estos deben realizarse antes de aplicar cualquier análisis multivariado <sup>(19)</sup>.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

### Prospección del papayo silvestre en la cuenca Almendares-Vento

Mediante las expediciones realizadas en el 2008, se estimó el tamaño poblacional del papayo silvestre en la cuenca Almendares-Vento. Se constató la presencia de plantas en tres áreas distantes unas de otras en las zonas elevadas perteneciente a la cordillera Habana-Matanzas. Seis de las plantas se identificaron en el área Escaleras de Jaruco, ocho en La Reoría, ubicada en la finca Aljibe, y 10 en Lomas Francisco Javier. El área prospectada se encuentra enmarcada entre las coordenadas geográficas: 23° 00' 00" N y 23° 03' 27" S, 82° 01' 27" E y 82° 08' 20" O (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de la Cuenca Hidrográfica Almendares–Vento. Ubicación de las plantas en Lomas Francisco Javier, La Recría y Escaleras de Jaruco en la cordillera Habana-Matanzas, perteneciente a la provincia Mayabeque

Desde el punto de vista geomorfológico, el área referida posee una elevación de 260 m s.n.m; de aproximadamente 15 km de largo y 7 km de ancho, ubicada en la provincia Mayabeque, al este de La Habana <sup>(20)</sup>. En el resto de las elevaciones y zonas llanas o menos onduladas de la cuenca, no se identificaron plantas de papayo silvestre. Esto pudo estar relacionado con impactos antrópicos identificados en la misma, que fragmentaron el área hábitat del papayo silvestre, con significativa reducción de las áreas naturales de conservación y pérdida de plantas y semillas botánicas, que pudieron influir en la disminución de la población.

Dentro de los impactos antrópicos se destacan el incremento de la población humana, debido a las migraciones internas desde otras localidades del país hacia el área de estudio, que incrementaron las prácticas agrícolas en diversos cultivos como el maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz.), entre otros <sup>(21)</sup>. Además, favoreció el desarrollo de la ganadería bovina, ovina y caprina, que pastorean de forma no controlada en las áreas de conservación.

Es de destacar que aunque en menor porcentaje, se corroboró la siembra de cultivares comerciales de papayo en el área de reproducción natural del papayo silvestre y la introducción de frutos comerciales para el consumo. Estas prácticas sin el adecuado control de las semillas desechadas

que, generalmente, son arrojadas a patios o vertederos, constituyen un aspecto negativo en la conservación del papayo silvestre. Las semillas provenientes de cultivares germinan y dan origen a nuevas plantas, que pueden favorecer la ocurrencia de polinización cruzada. Este es uno de los aspectos que contribuye a los procesos de erosión genética en las áreas conservadas <sup>(22,23)</sup>.

Otros impactos negativos en la conservación del ecosistema estudiado son la tala indiscriminada y los incendios forestales. En este sentido, Mayabeque se encuentra entre las primeras provincias en la incidencia de incendios forestales, donde el mayor porcentaje se atribuye a causas humanas <sup>(21)</sup>. Diversos aspectos sobre la influencia negativa en la conservación de recursos naturales en el área protegida Escaleras de Jaruco fueron observados por otros autores <sup>(11)</sup>. Los impactos antrópicos antes señalados, el incremento de las prácticas agrícolas, el desarrollo de la ganadería y la influencia del cambio climático se encuentran entre las principales amenazas a la diversidad biológica <sup>(24)</sup>.

Con el empleo de los estadígrafos descriptivos se apreció variabilidad entre las plantas identificadas para la mayoría de los descriptores evaluados, a excepción de los °Brix (Tabla 2). Los valores obtenidos a través de la estadística descriptiva brindan información significativa acerca de la variabilidad existente en la población, aspecto de interés para posteriores evaluaciones.

**Tabla 2.** Evaluación morfoagronómica en plantas de papayo silvestre (*Carica papaya* L.) *in situ* en la cordillera Habana-Matanzas, pertenecientes a la cuenca Almendares-Vento

Número de planta	Áreas prospectada	Estadígrafos empleados	Descriptores morfoagronómicos evaluados (IBPGR, 1986)									
			Altura (cm)	DBT (cm)	Nº hojas	Nº frutos	DP (cm)	DE (cm)	Masa (g)	GM (cm)	SST (°Brix)	Acidez total
24	Cordillera Habana-Matanzas	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	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
		DE	118,0	2,6	5,9	16,6	3,4	2,1	105,7	0,4	0,3	0,01
		CV	<b>38,0</b>	<b>37,0</b>	<b>37,0</b>	<b>91,1</b>	<b>38,9</b>	<b>36,3</b>	<b>59,7</b>	<b>34,9</b>	<b>2,3</b>	<b>40,7</b>

DT- Diámetro del tallo. DP- Diámetro polar del fruto. DE- Diámetro ecuatorial del fruto. GM- Grosor del mesocarpio del fruto. SST- Sólidos solubles totales

Se apreció predominio de plantas adultas, que puede deberse a que la mayoría de las plantas se identificaron antes del periodo lluvioso y generalmente las semillas germinan cuando comienzan las lluvias en el verano. No obstante, el bajo número de plantas juveniles indicó que la propagación es lenta, y que es necesario tomar medidas que faciliten incrementar el número de individuos por unidad de área en la población silvestre de la cuenca Almendares-Vento.

Los descriptores diámetro ecuatorial del fruto, diámetro polar del fruto y masa del fruto presentaron marcadas diferencias entre plantas en los estadígrafos mínimo y máximo (Tabla 2).

Resultados similares fueron obtenidos en evaluaciones realizadas a colecciones de papayo silvestre en cinco localidades de Costa Rica <sup>(25)</sup>. Los autores hallaron diámetros en los frutos que variaron para las diferentes localidades entre 5,2 y 9,0 cm, mientras que la masa del fruto varió desde 39,7 hasta 325 g con promedio de 177 g. Además, se encontró baja acidez y niveles superiores a 12 °Brix en los frutos, que resulta de interés para el mejoramiento del cultivo por ser una de las características de calidad comercial que determina su aceptación para el consumo <sup>(26)</sup>.

La variabilidad apreciada para los descriptores altura de la planta, diámetro del tallo, número de hojas y frutos por planta fue debido, en gran medida, a la influencia de las condiciones ambientales, propias de ambientes heterogéneos (Tabla 2). Así como, a que las semillas que dieron origen a estas plantas germinaron en diferentes momentos durante el año o en años precedentes a la prospección. Este aspecto influyó en las diferentes fases fenológicas de las plantas en el momento de ser identificadas.

Con respecto a lo anteriormente planteado, la temperatura es el factor que determina la duración de las fases fenológicas desde la germinación de la semilla hasta la madurez del fruto <sup>(27,28)</sup>. Las plantas necesitan de la luz solar para realizar la fotosíntesis, en un rango comprendido entre los 400 y 700 nm de longitudes de onda, intervalo conocido como radiación fotosintéticamente activa. El rango se corresponde con los puntos críticos de absorción de luz azul y rojo en las clorofilas que absorben entre 400 y 700 nm <sup>(29,30)</sup>.

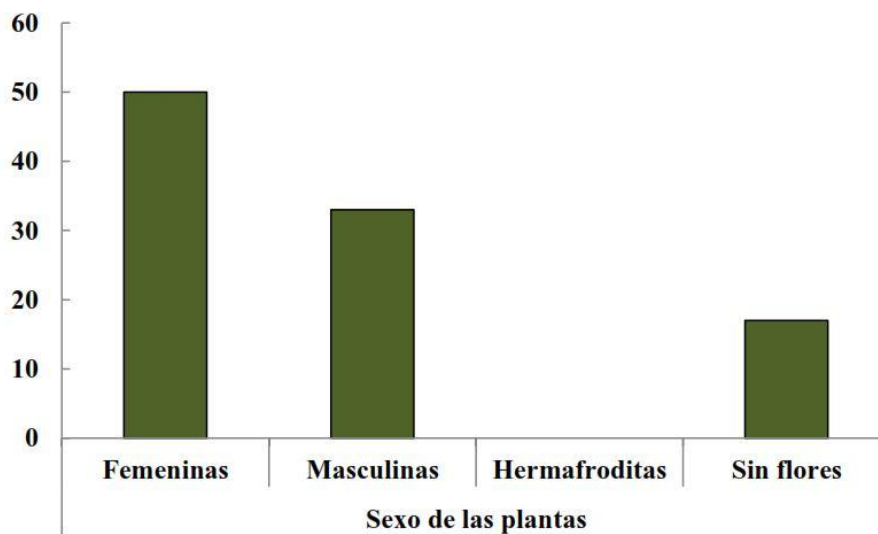
La luz azul es responsable del crecimiento vegetativo, mientras que la luz roja regula la floración, la producción de frutos, contribuye a engrosar el diámetro del tallo y estimula la ramificación. No obstante, los fitocromos absorben luz roja y roja lejana entre 700 y 800 nm <sup>(31,32)</sup>. Sin embargo, en sus áreas de reproducción natural, las plantas crecen en un ambiente heterogéneo y no todas reciben igual radiación solar. Cuando las plantas exigentes a la luz, como *C. papaya*, crecen bajo la sombra de otras plantas, reciben luz de las fracciones azules y roja en baja intensidad y mayor proporción de luz roja lejana.

En las condiciones referidas anteriormente, la tasa fotosintética es baja y como respuesta a la sombra, la planta disminuye la producción de hojas, frutos y semillas <sup>(29,33)</sup>. Además, debido a que se reduce la relación entre el rojo y rojo lejano, se favorece la longitud de los entrenudos y crecimiento de las plantas adultas.

En las plántulas la percepción de luz roja lejana por el fitocromo A, ejerce un efecto antagónico al de los fitocromos fotoestables, que provoca la reducción del alargamiento del vástago, pero el fitocromo A no abunda en la planta adulta, razón por la cual este fotorreceptor deja de controlar el alargamiento del tallo en esta etapa <sup>(34)</sup>. Ello influyó en los resultados mostrados en el presente estudio.

El bajo número de hojas y frutos por planta puede ser atribuible a un déficit hídrico, como mecanismo para controlar la pérdida de agua por transpiración según resultados en estudios desarrollados en México <sup>(35)</sup>. El autor planteó que al concluir el período de lluvias, las plantas de papayo silvestre redujeron el número y proporción de las hojas y frutos, como mecanismo de protección ante la deshidratación. Además, algunas de estas plantas fructificaron más de una vez, y la senescencia de las hojas más viejas tiene lugar en la medida que la planta crece y envejece. El número de hojas activas en papayo está en función de la edad de la planta y de las condiciones agrotécnicas donde se desarrolle <sup>(36)</sup>.

La variación observada en el número de frutos por plantas se relaciona además, con el reducido número de plantas identificadas en la zona prospectada y con el sexo de las plantas (Figura 2). Las plantas del papayo silvestre son dioicas y en sus áreas de reproducción natural se encuentran en diferentes fases fenológicas, por lo que no todas florecen en igual fecha. Esto unido a la baja densidad de plantas en el ecosistema dificulta la polinización de las flores, debido a la distancia entre plantas de diferentes sexos y por barreras naturales, fundamentalmente la vegetación y el relieve.

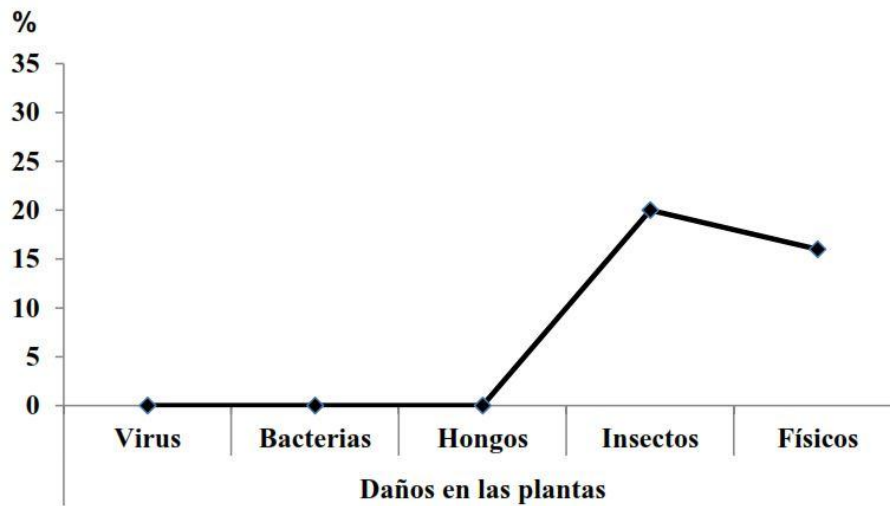


**Figura 2.** Evaluación del sexo en plantas de papayo silvestre (*Carica papaya* L.) identificadas en la cordillera Habana-Matanzas

Las flores del papayo silvestre son polinizadas, mayoritariamente, por el viento e insectos, de modo que cuando las plantas crecen de forma aislada *in situ*, muchas de las flores no resultan polinizadas y abortan con influencia negativa en el número de frutos por planta <sup>(37,38)</sup>.

A partir de las observaciones referentes al número de hojas en el tallo, la presencia de plagas u otros daños físicos y aspecto visual de la planta, se valoró su estado de conservación. No se observaron síntomas de enfermedades virales, bacterias u hongos en las plantas evaluadas, sí daños físicos y por insectos (Figura 3).

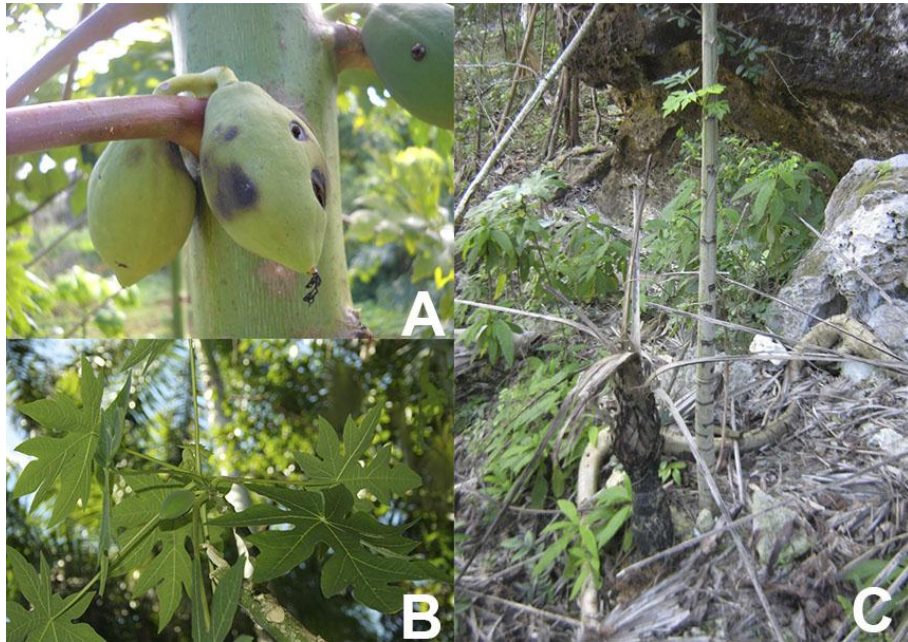




**Figura 3.** Porcentaje de plantas de papayo silvestre (*Carica papaya* L.) afectadas por daños físicos y plagas en sus áreas naturales de la cordillera Habana-Matanzas en el momento de ser identificadas

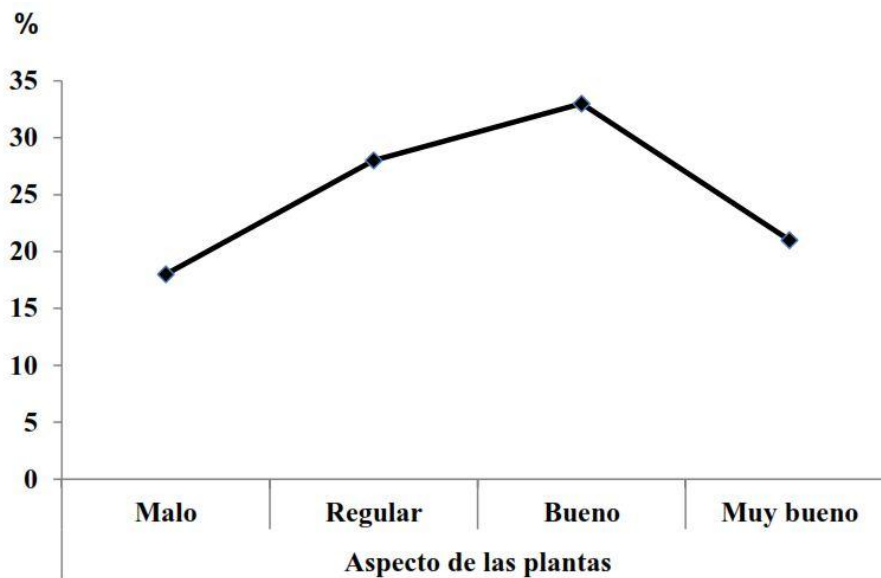
Todos los frutos del 20 % de las plantas fueron afectados por larvas de la avispa del papayo (*Toxotrypana curvicauda* Gerstaeckek.) Diptera: Tephritidae (Figura 4A). Este insecto se encuentra entre las plagas de mayor importancia económica en la fruticultura <sup>(39,40)</sup>. La comercialización de los frutos se limita por el daño directo que ocasionan las larvas de la avispa del papayo <sup>(41,42)</sup>.

La presencia de la avispa del papayo en las áreas de reproducción natural del papayo silvestre es significativa para su conservación debido a la baja densidad de plantas. La larva de la mosca se alimenta de las semillas y tejidos interiores del fruto. De ahí que el incremento del insecto en el área afecta su propagación. Además, se observó que el 16 % de las plantas sufrieron daños físicos por incendios o animales (Figura 4B y C).



**Figura 4.** Plantas y frutos de papayo silvestre (*Carica papaya* L.) en áreas de la cordillera Habana-Matanzas en la cuenca Almendares-Vento. Daños por larvas de *Toxotrypana curvicauda* (A). Daños físicos por animales (B). Daños por incendios forestales (C)

Se apreció predominio del buen aspecto de las plantas (Figura 5). No obstante, el 18 % mostraron mal aspecto y el 28 % regular, que puede estar dado por los daños físicos y por las condiciones adversas en las áreas naturales de conservación *in situ*, donde las plantas crecen, generalmente, expuestas a extrema sequía, poca disponibilidad de nutrientes y bajo la sombra de otras plantas.



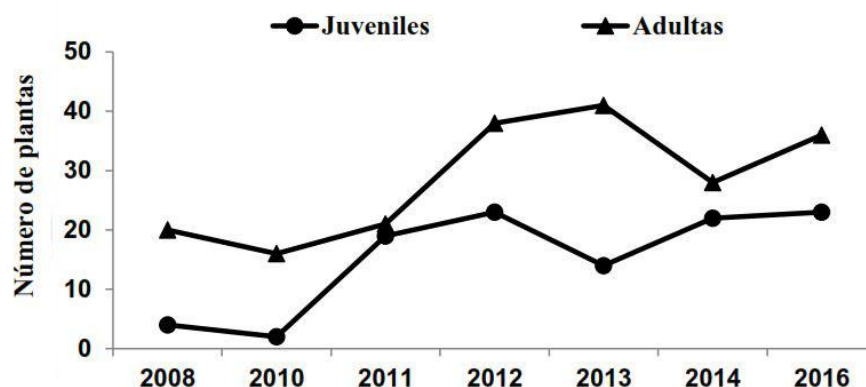
**Figura 5.** Aspecto de las plantas de papayo silvestre (*Carica papaya* L.) en sus áreas naturales de la cordillera Habana-Matanzas a partir del número de hojas, daños por plagas y aspecto visual

En ambientes como los anteriormente referidos se afecta la fotosíntesis, que está condicionada por factores externos tales como: la intensidad y calidad de la luz, concentración del CO<sub>2</sub>, temperatura, disponibilidad de nutrientes, agua, entre otros <sup>(43)</sup>. Es por esto que el seguimiento a las plantas de papayo silvestre establecidas y su atención agronómica, es significativo para incrementar y conservar la población en las áreas de reproducción natural.

La prospección y evaluación *in situ* permitió determinar las características de la población en cuanto al tamaño, su estado de conservación, distribución en el ecosistema, tipo de reproducción y estructura (proporción de plantas juveniles y reproductoras). En este sentido la conservación de especies de flora amenazada requiere tanto del clásico conocimiento de su área de distribución y ocupación como de parámetros demográficos tales como el tamaño, estructura y dinámica de las poblaciones <sup>(14)</sup>.

### Seguimiento de las plantas del papayo silvestre en la cuenca Almendares-Vento

En la Figura 6 se muestra el número de plantas juveniles y adultas observadas durante las expediciones realizadas para el seguimiento a la población de papayo silvestre en la cordillera Habana-Matanzas. Se constató que el número de plantas juveniles y adultas disminuyó en el 2010 con respecto al 2008, que evidenció la susceptibilidad del papayo silvestre de la cuenca prospectada a la erosión por no tomarse medidas para su conservación. Sin embargo, la diseminación de semillas pregerminadas en mayo del 2010 y 2011, incrementó el número de plantas juveniles y adultas.



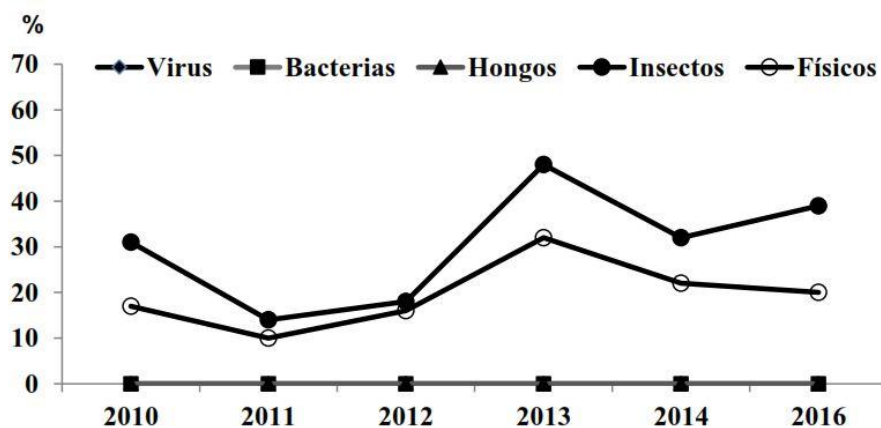
**Figura 6.** Seguimiento de la población de papayo silvestre (*Carica papaya* L.) en sus áreas de reproducción natural de la cuenca Almendares-Vento

Los resultados demostraron que la dispersión de semillas pregerminadas en las áreas de reproducción natural a inicios del periodo lluvioso (mayo) es un procedimiento efectivo para

incrementar la población de papayo silvestre. La práctica referida contrarresta, en alguna medida, el proceso de erosión genética debido a impactos antrópicos. No obstante, es necesario tomar medidas de protección para preservar las plantas establecidas.

En el 2013 el número de plantas juveniles de papayo disminuyó con respecto al año anterior, que pudo estar dado, por la dormancia de las semillas producidas *in situ* en el 2012, para luego incrementarse a partir del 2014 (Figura 6). Este comportamiento se pudo favorecer por los incendios forestales que se produjeron a principios del año en áreas de La Recriá y Lomas Francisco Javier.

Es de destacar, que durante las expediciones de seguimiento realizadas a la población, no se observaron la presencia de hongos, virus de la mancha anular del papayo (PRSV por sus siglas en inglés *Papaya Ringspot Virus*) y el Cogollo arrepollado (PBT por sus siglas del inglés *bunchy top Papaya*), en las plantas (Figura 7). Estas plagas constituyen la principal limitante de la producción de papaya en México y en Cuba <sup>(44)</sup>.



**Figura 7.** Porcentaje de plantas de papayo silvestre (*Carica papaya* L.) afectadas por daños físicos o plagas en sus áreas naturales de la cordillera Habana-Matanzas durante las evaluaciones realizadas en el seguimiento a la población

La no incidencia del PRSV en el papayo silvestre *in situ* se debe al bajo número de plantas existentes en el ecosistema prospectado, generalmente alejadas unas de otras. Este comportamiento también fue observado en México. En recorridos de campo se observó que el papayo silvestre es susceptible a enfermedades de origen viral, pero debido a que generalmente se encuentran en baja densidad de población, con respecto al papayo cultivado, y rodeado de otras especies, evitan los virus <sup>(35)</sup>.

En las expediciones realizadas, se apreció afectaciones en los frutos por larvas de la avispa del papayo, entre el 18 y 48 % de las plantas. Resultados similares a los presentes fueron obtenidos en Colombia. Sin control esta plaga puede causar serios daños, en el cultivo <sup>(45)</sup>. Al parecer esta

es la plaga de mayor importancia para el papayo silvestre en las zonas altas de la cuenca Almendares-Vento.

## CONCLUSIONES

- Se identificaron 24 plantas de papayo silvestre en Lomas Francisco Javier, La Recría y Escaleras de Jaruco perteneciente a la cordillera Habana-Matanzas. En general, las plantas se conservan en buen estado, aunque afectadas por impactos antrópicos y la *Toxotrypana curvicauda*, identificada como la plaga de mayor importancia del papayo silvestre *in situ*.
- Los descriptores morfoagronómicos evaluados indican que esta especie silvestre pudiera utilizarse en programas de mejoramiento genético para obtener cultivares con características diferentes a los que predominan el mercado cubano. La dispersión de semillas pregerminadas a inicios del período de lluvias resultó efectiva para incrementar la población de papayo silvestre a corto plazo. El seguimiento de la población de papayo silvestre permitió detectar tendencias al incremento del número de plantas a partir de la comparación de observaciones en diferentes momentos.

## RECOMENDACIONES

Establecer el área de estudio como zona núcleo para la conservación e investigación del papayo silvestre y otras especies de interés en el ecosistema. Continuar el seguimiento a la población de papayo silvestre de la cuenca Almendares-Vento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Badii MH, Guillen A, Rodríguez CE, Lugo O, Aguilar J, Acuña M. Pérdida de biodiversidad: causas y efectos. Revista Daena (International Journal of Good Conscience). 2015;10(2):156–74.
2. Bermúdez GMA, Longhi ALD, Gavidia V. La enseñanza monumentalista y utilitarista de las causas de la biodiversidad y de las estrategias para su conservación: un estudio sobre la transposición didáctica de los manuales de la Educación Secundaria española. Ciência & Educação (Bauru). 2015;21(3):673–91. doi:10.1590/1516-731320150030010
3. Hernández A. En el umbral de la extinción. CONABIO. Biodiversitas. 2014;(113):1–7.
4. Tapia L, Terán C, Prieto F, Rojas W, López A. Estrategia Nacional de Biodiversidad. 2015-30. 1ra ed. Quito, Ecuador: Indigo480; 2016. 220 p. (Ministerio del Ambiente del Ecuador).
5. López-Gallego C. Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación: recomendaciones para implementar planes de monitoreo para especies de plantas de interés en conservación. 1ra

ed. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt; 2015. 56 p.

6. Sañudo Barajas JA, Báez Sañudo MA. El manejo integral del cultivo de papaya en México, un acercamiento innovador. Calidad poscosecha de la papaya mexicana [Internet]. Sinaloa, México: Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo; 2014 p. 12. Report No.: 2011–163213. Available from:

[http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/29\\_articulosdivulgacion/5497.pdf](http://sistemanodalsinaloa.gob.mx/archivoscomprobatorios/29_articulosdivulgacion/5497.pdf)

7. Díaz V. Perfil comercial de la papaya [Internet]. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación; 2014 p. 9. Available from: <http://web.maga.gob.gt/download/Perfil%20papaya.pdf>

8. Molina N, Acuña L, Marmelicz L. Costo de Producción y Rentabilidad del Mamón en la Provincia de Misiones. *Publicación Técnica*. 2014;(48):1–21.

9. Granados Ramírez R, Salceda López R, Longar Blanco MDP. Situación actual y perspectivas tecnológicas para la papaya (*Carica papaya* L.) en el distrito de Veracruz, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2017;6(4):749. doi:10.29312/remexca.v6i4.616

10. Hermano L, Hermano A. Familia Caricaceae. In: *Flora de Cuba*. Museo de Historia Natural del Colegio de La Sale, La Habana-Cuba: Imp. P. Fernández; 1953. p. 352–4.

11. Oviedo RP, Ventosa IR, Vale AG, Loriga JP, Núñez RA, Rodríguez AG, et al. Elementos generales de la naturaleza en el Área Protegida Escalera de Jaruco-Loma el Cheche [Internet]. Instituto de Ecología y Sistemática (IES). CITMA.; 2008 p. 62. Available from: [https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=Elementos+generales+de+la+naturaleza+en+el+%C3%81rea+Protegida+Escalera+de+Jaruco-Loma+el+Cheche.+&btnG=](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Elementos+generales+de+la+naturaleza+en+el+%C3%81rea+Protegida+Escalera+de+Jaruco-Loma+el+Cheche.+&btnG=)

12. Ferreira M a. J, Wetzel MVS, Valois ACC, Macedo J. El estado del arte de los recursos genéticos en las Américas: conservación, caracterización y utilización. *Agrociencia*. 2005;9(1–2):85–90. doi:10.2477/vol9iss1-2pp85-90

13. De la Cuadra C. Utilización de los recursos fitogenéticos en agroecología. In: *CD de comunicaciones al Sexto Congreso SEAE, Sección 3: Biodiversidad y Recursos Genético* [Internet]. Madrid, España: Centro de Recursos Fitogenéticos. INIA; 2003. p. 729–39. Available from: <http://wwwx.inia.es/inventarionacional/referencias/docs/ID108.pdf>

14. Goñi D, García MB, Guzmán D. Métodos para el censo y seguimiento de plantas rupícolas amenazadas. *Pirineos*. 2006;161(0):33–58. doi:10.3989/pirineos.2006.v161.2

15. Dalmau PA, Hernández LR. *Atlas de las mariposas diurnas de Cuba: (Lepidoptera, Rhopalocera)*. La Habana, Cuba: Editorial Científico-Técnica; 1987. 148 p.

16. Rodríguez D. Diversidad de los recursos fitogenéticos de piña (*Ananas comosus* L. Merrill) y especies afines de Cuba y Canarias [Tesis de Doctorado]. [La Habana, Cuba]: Universidad Agraria de La Habana; 2015. 177 p.
17. IBPGR. Descriptors for papaya [Internet]. Roma, Italia: Descriptors for Papaya. International Board for Plant Genetic Resources; 1988 [cited 9/01/2019]. 34 p. Available from: <https://www.biodiversityinternational.org/e-library/publications/detail/descriptors-for-papaya/>
18. González J, Ballester M, Sorí R. Agrupamiento de las estaciones meteorológicas del occidente de Cuba según el comportamiento de la temperatura mínima. Patrones sinópticos asociados. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*. 2013;14(2):110–25.
19. Franco TL. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Cali, Colombia: Biodiversity International; 2003. 89 p. (Boletín Técnico IPGRI No. 8).
20. Borhidi A. Phytogeography and vegetation ecology of Cuba. 2da ed. Budapest: Akadémiai Kiadó; 1991. 857 p.
21. ONEI. Oficina Nacional de Estadísticas e Información. Informe final Censo de Población y Vivienda 2012 (resultado definitivo de indicadores seleccionados en Cuba, provincias y municipios). ONEI, La Habana, Cuba: Oficina Nacional de Estadísticas La Habana; 2012 p. 172.
22. PALT: Plataforma Andalucía Libre de Transgénicos. Manifiesto por una Andalucía libre de transgénicos-Red Andaluza de Semillas “Cultivando Biodiversidad” [Internet]. Andalucía, España: Red Andaluza Semillas Cultivando Biodiversidad; 2009 [cited 9/01/2019] p. 4. (Comunicado PALT-Día Internacional de la Biodiversidad.). Available from: [http://www.redandaluzadesemillas.org/IMG/pdf/Manifiesto\\_PALT\\_14abr09.pdf](http://www.redandaluzadesemillas.org/IMG/pdf/Manifiesto_PALT_14abr09.pdf)
23. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Quinto informe nacional de biodiversidad de Colombia ante el convenio de diversidad biológica [Internet]. Bogotá, D.C., Colombia.; 2014 p. 101. Available from: <http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/MedioAmbiente/undp-co-informe-biodiversidad-2014.pdf>
24. Mancina González CA, Cruz Flores DD. Diversidad biológica de Cuba. Métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas [Internet]. La Habana, Cuba: Agencia de Medio Ambiente (AMA); 2017 [cited 17/01/2019]. 502 p. Available from: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/1454>
25. Brown JE, Bauman JM, Lawrie JF, Rocha OJ, Moore RC. The structure of morphological and genetic diversity in natural populations of *Carica papaya* (caricaceae) in Costa Rica. *Biotropica*. 2012;44(2):179–88. doi:10.1111/j.1744-7429.2011.00779.x

26. Paull RE, Nishijima W, Reyes M, Cavaletto C. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). *Postharvest Biology and Technology*. 1997;11(3):165–79. doi:10.1016/S0925-5214(97)00028-8
27. Hernández Córdova N, Soto Carreño F. Influencia de tres fechas de siembra en el crecimiento y rendimiento de especies de cereales cultivadas en condiciones tropicales. Parte II. Cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench var. Isiap Dorado). *Cultivos Tropicales*. 2012;33(2):50–4.
28. Maqueira López LA, Torres de la Nova W, Pérez Mesa SA, Díaz Paez D, Roján Herrera O. Influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra sobre la duración de las fases fenológicas en cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*. 2016;37(1):65–70.
29. Martínez-García JF, Monte E, Cantón FJR. Fitocromos y desarrollo vegetal. *Investigación y Ciencia*. 2002;305:20–9.
30. Restrepo JR, Arcila L. MC, Sepúlveda A. SC. Cuantificación de los componentes que afectan el coeficiente vertical de atenuación vertical de la irradiancia descendente en el embalse Riógrande II (Colombia). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 2015;39(51):228. doi:10.18257/raccefyn.150
31. Tafoya FA, Juárez MGY, Ruvalcaba LP, Espinosa FHR, García HC, Martínez OV, et al. Producción de pepino en ambientes diferenciados por mallas de sombreo fotoselectivo. ITEA, información técnica económica agraria: revista de la Asociación Interprofesional para el Desarrollo Agrario (AIDA ). 2015;111(1):3–17.
32. Casierra-Posada F, Peña-Olmos JE. Modificaciones fotomorfogénicas inducidas por la calidad de la luz en plantas cultivadas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 2015;39(0):84–92. doi:10.18257/raccefyn.276
33. Tomás AMO, Expósito LD, Conesa JA del R. Evolución de la Fisiología Vegetal en los últimos 100 años. *Eubacteria*. 2015;(34):9.
34. Carrillo L. *Fotobiología vegetal*. Argentina: Universidad Nacional de Salta; 2004. 31 p.
35. Rodríguez JAR, Contreras JAM, Carballo AC, Jiménez AL, Ávila C, Reséndiz JA. Latencia y longevidad de semillas de *Carica papaya* L. y *Vasconcellea cauliflora* Jacquin. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria México*. 2013;1(1):7–13.
36. Landín LC, Morales LA, González MA. *Fundamentos teóricos-prácticos sobre el cultivo y cosecha de la papaya Carica papaya (L.)*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria; 2000. 19 p.
37. Roque López A, Héctor Ardisana E, Vento Díaz H, Torrez García A, Peña Ojeda L, Díaz Rodríguez B, et al. Evaluación en dos agroecosistemas del comportamiento de vitroplantas de papaya cv. Maradol roja. *Biotecnología vegetal*. 2003;3(3):177–9.



38. Sandoz MAM. Efectos del cambio climático sobre la polinización y la producción agrícola en América Tropical. *Revista Ingeniería*. 2016;26(1):11–20.
39. Vásquez R, Ramos J, Munro D. Guía para el control de plagas y enfermedades en el cultivo del papayo en el Estado de Colima [Internet]. Colima, México: Comité Estatal de Sanidad Vegetal (CESAVECOL); 2015 p. 46. (Consejo estatal de productores de papayo de Colima AC,). Available from: <http://seder.col.gob.mx/Doc2015/GUIACONTROLPLAGASPAPAYO.pdf>
40. MacGowan I, Okamoto T. New species of Lonchaeidae (Diptera: Schizophora) from Japan and a re-evaluation of genus *Morge*. *Entomological Science*. 2013;16(2):196–202. doi:10.1111/ens.12003
41. Hurtado FMR, Quimbayo JHR, Plazas BR, Galeano PE, Canal NA. Diversidad de parasitoides (Hymenoptera) de moscas frugívoras (*Díptera tephritoidea*) en dos áreas cafeteras del departamento del Tolima, Colombia. *Tumbaga*. 2013;2(8):4.
42. Gonçalves RS, Andreazza F, Lisbôa H, Grützmacher AD, Valgas RA, Manica-Berto R, et al. Basis for the development of a rearing technique of (Hymenoptera: Figitidae) in (Tephritidae: Diptera). *Journal of Economic Entomology*. 2016;109(3):1094–101. doi:10.1093/jee/tow069
43. Reyes-López D, Quiroz-Valentín J, Kelso-Bucio HA, Huerta-Lara M, Avendaño-Arrazate CH, Lobato-Ortiz R. Caracterización estomática de cinco especies del género *Vanilla*. *Agronomía Mesoamericana*. 2015;26(2):237. doi:10.15517/am.v26i2.19279
44. Hernández DG, Mederos DC. Efecto de la posición cardinal y dirección predominante de los vientos en la fluctuación poblacional de áfidos e incidencia del Virus de la mancha anular de la papaya. *Centro Agrícola*. 2012;39(4):81–4.
45. Saavedra-Díaz J, Galeano-Olaya PE, Canal D. NA. Relaciones ecológicas entre frutos hospederos, moscas frugívoras y parasitoides en un fragmento de bosque seco tropical. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 2017;34(1):32-. doi:10.22267/rcia.173401.61

## Monitoring and evaluation of wild papaya (*Carica papaya* L.) in the Almendares-Vento basin of the Mayabeque province

Dr.C. Jesús Rodríguez-Cabello<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

\* Author for correspondence. [jesusr@inca.edu.cu](mailto:jesusr@inca.edu.cu)

### ABSTRACT

Populations of wild papaya that grow in their areas of natural reproduction are of high ecological value. In Cuba, the metapopulation was fragmented into subpopulations that grow isolated, generally, in ecosystems belonging to river watersheds. These plants constitute a source of genes of great value for the genetic improvement of the species, fauna food and for the restoration, conservation and balance of the ecosystems; however, in different geographical regions they are seriously threatened. In this sense it is necessary to collect data *in situ*, which are repeatable over time and allow detecting temporary changes in population parameters. The objective of this study was to estimate the population size of the wild papaya in the Almendares-Vento watershed, its distribution in the Habana-Matanzas mountain range ecosystem and the conservation state of the plants. Field expeditions were conducted to identify and evaluate wild papaya plants. In the rainy season, pre-germinated seeds collected *in situ* were dispersed, and the population was monitored. The prospecting confirmed the presence of wild papaya in three areas of the Havana-Matanzas mountain range, the conservation state of the plants, the population reproduction and its phenological phases. However, anthropic impacts that affect its conservation were detected. In addition, *Toxotrypana Curvicauda* was identified as the most important pest of wild papaya *in situ*. The dispersion of pre-germinated seeds in the rainy season was effective in increasing the population of wild papaya in the short term.

**Key words:** ecosystem, conservation, population, *Toxotrypana curvicauda*

## INTRODUCTION

Biological diversity includes the group of living beings and ecosystems in which they live <sup>(1,2)</sup>. However, despite its size, it is vulnerable. Numerous species have become extinct and others are in the process of genetic erosion due to their overexploitation and anthropogenic impacts, which affect their areas of natural reproduction and favor the decrease of genetic diversity <sup>(3,4)</sup>.

The loss and deterioration of habitat, overexploitation, and introduction of invasive species, pollution and climate change are the main factors associated with the loss of biodiversity globally. However, wild varieties must be conserved *in situ*, in optimal conditions in nature so that biological processes continue and generate new diversity <sup>(5)</sup>.

The papaya (*Carica papaya* L.) is native to the American tropics and is the third most important tropical fruit worldwide <sup>(6-8)</sup>. Its fruits are appreciated in the industry for its varied uses and for fresh consumption because it is an important source of antioxidants, vitamins and minerals <sup>(9)</sup>.

Populations of wild papaya that grow *in situ* are of high value for the conservation and balance of ecosystems. In Cuba, it inhabits the entire island <sup>(10)</sup>, however from the second half of the last century, only isolated plants can be identified in ecosystems belonging to watersheds, cays and islets or ecosystems of difficult access to man <sup>(11)</sup>. These plants are a source of genes of great value for the genetic improvement of the species, food of the local fauna and restoration of ecosystems; however, in different geographical areas populations are seriously threatened and fragmented <sup>(12,13)</sup>.

From the ecological point of view, the fragments of species represent several subpopulations that originated by subdividing the population before the modification of the environment. The persistence of subpopulations over time will depend on the ability of some of these subpopulations to interconnect with others through occasional movements of individuals. If this happens, it can be maintained in time <sup>(3)</sup>. That is why the need to take measures that favor their conservation and connection.

The study of threatened flora requires varied information and various methods to develop population monitoring programs that facilitate studying its location in space and identify descriptors that reveal its promising character in the different breeding programs. In addition, obtain reliable information to establish management priorities in conservation <sup>(14)</sup>. In this sense, monitoring is necessary to collect basic data that are repeatable over time in their areas of natural reproduction, which makes it possible to detect temporary changes in population parameters and serve as a reference for other populations in the country. Based on this criterion, the objective of this study was to monitor the population of wild papaya in the Almendares-Vento basin in the Habana-Matanzas mountain ecosystem, in order to estimate its size, distribution and conservation status. In addition, evaluating descriptors of interest for the genetic improvement of the species.

## MATERIALS AND METHODS

The present study was developed in the Almendares-Vento hydrographic basin belonging to the Mayabeque province, which occupies an area of 179 km<sup>2</sup> (45 %) of the total area of the basin. From a floristic diagnosis, information was obtained regarding the presence of wild papaya plants in the ecosystem belonging to the Habana-Matanzas mountain range. It is constituted by a set of elevations of synclinal structure where an inversion of relief took place that gave place to an outcrop of serpentine, as well as karstic surfaces without classification that generates diverse structures of soil, fundamentally, Carbonic Humic, that originated to from a soft limestone (marly) and its mechanical composition is clay <sup>(15)</sup>.

At the top of the elevations are scrubs with emerging species. In most of the hummocks observed, the vegetation conserves, in addition to its most representative floristic elements, its structure and physiognomy, as well as components of two arboreal strata with some emergent, shrubs, herbaceous, lianas and epiphytes <sup>(11)</sup>.

To identify wild papaya plants in situ and assess their conservation status, the Research-Action-Participation method was used <sup>(16)</sup>. To this end, workshops, meetings and individual interviews were held with the local population related to the species in the basin.

From the information gathered about the possible areas of location of the wild plants in situ, field expeditions were carried out in the period from February to October 2008. Specialists of Ecology and Systematics of the National Institute of Agricultural Sciences and from the protected area Escaleras de Jaruco participated as well as farmers or permanent residents in the selected area. At the time of identifying the plants in situ, they were evaluated through qualitative and quantitative descriptors <sup>(17)</sup>.

The soluble solids (°Brix) were determined by a digital refractometer model NR-151. For acidity, the methodology proposed in the COVENIN norm No. 1151-77 was used, through direct titration with NaOH (0.1 N). A Hanna Instruments Brand meter, model HI 8418 A/D was used for the pH. Regarding the conservation state of the plants, we proceeded to compare the visual aspect of them with the use of a previously established scale (Table 1). The number of leaves on the main stem was observed. In addition, the presence or absence of diseases, damage by animals or other causes that affected their normal growth and development.

**Table 1.** Appreciation scale of plant conditions (*Carica papaya* L.) *in situ* in the Habana-Matanzas mountain range, belonging to the Almendares-Vento basin

Condition of the plant		Physical characteristics of plants
1	Bad	Plants with less than five leaves or the foliar area deteriorated by diseases or other damages
2	Regular	Plants with six to ten leaves and leaf area without affectations or slight presence of symptoms by pests or other physical damages
3	Good	Healthy plants with more than eleven leaves
4	Very good	Vigorous, healthy plants with abundant foliar area

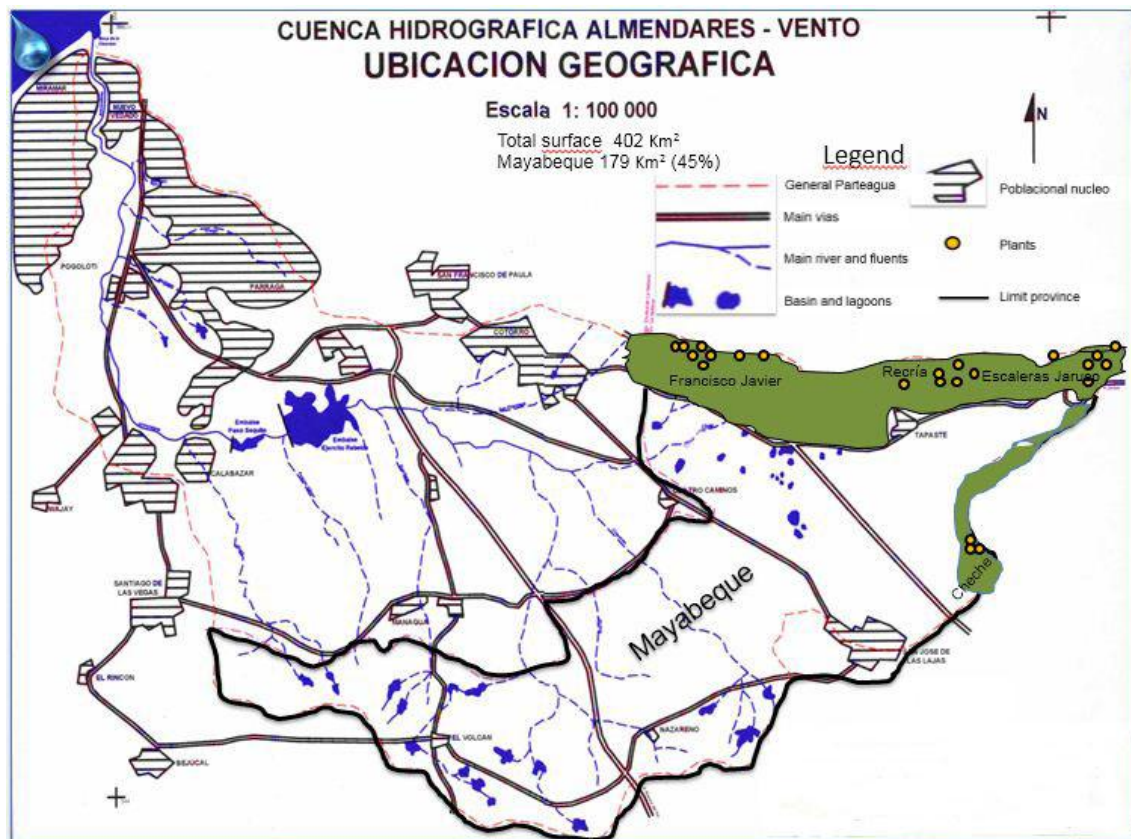
In May 2010 and 2011, the month in which the rainy season began in Cuba <sup>(18)</sup>, 100 pregerminated seeds were dispersed, 25 in each collection area and in Cheche town, south of Escaleras de Jaruco, with the objective of to start the spread of wild papaya *in situ*. To follow up on these plants and those identified in 2008, explorations were carried out in September of the years between 2010 and 2016. Data were taken regarding the number of juvenile and adult plants. Also, the affectations by plagues or physical damages in the plants were observed.

To interpret the results, descriptive statistics were used to estimate and describe the behavior of genotypes in relation to different characters in heterogeneous environments. These must be done before applying any multivariate analysis <sup>(19)</sup>.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Prospecting of wild papaya in the Almendares-Vento basin

Through the expeditions carried out in 2008, the population size of wild papaya in the Almendares-Vento basin was estimated. The presence of plants was found in three areas distant from each other in the elevated areas belonging to the Havana-Matanzas mountain range. Six of the plants were identified in Escaleras de Jaruco area, eight in La Recriá, located in the Aljibe farm, and 10 in Lomas Francisco Javier. The prospected area is framed between the geographic coordinates: 23 ° 00'00 "N and 23 ° 03' 27" S, 82 ° 01 '27 "E and 82 ° 08' 20" W (Figure 1).



**Figure 1.** Map of the Almendares-Vento Hydrographic Basin. Location of the plants in Lomas Francisco Javier, La Recria and Escaleras de Jaruco in the Habana-Matanzas mountain range, belonging to the Mayabeque province

From the geomorphological point of view, the area referred to has an elevation of 260 m a.s.l.; it is approximately 15 km long and 7 km wide, located in the Mayabeque province, east of Havana<sup>(20)</sup>. In the rest of the elevations and flat or less undulating areas of the basin, wild papaya plants were not identified. This could have been related to anthropic impacts identified in it, which fragmented the habitat area of the wild papaya, with significant reduction in natural areas of conservation and loss of plants and botanical seeds, which could influence the population decline. Among the anthropic impacts, the increase of the human population stands out, due to the internal migrations from other localities of the country to the study area, which increased the agricultural practices in diverse crops such as corn (*Zea mays* L.), beans (*Phaseolus vulgaris* L.), cassava (*Manihot esculenta* Crantz.), among others<sup>(21)</sup>. In addition, it favored the development of cattle, sheep and goats, which graze uncontrolled in the conservation areas.

It is noteworthy that, although in a lower percentage, the sowing of commercial papaya cultivars in the area of natural reproduction of wild papaya and the introduction of commercial fruits for consumption was corroborated. These practices without the proper control of the rejected seeds that are generally thrown into yards or landfills, constitute a negative aspect in the conservation of wild papaya. Seeds from cultivars germinate and give rise to new plants, which may favor the

occurrence of cross-pollination. This is one of the aspects that contributes to the processes of genetic erosion in conserved areas <sup>(22,23)</sup>.

Other negative impacts on the conservation of the studied ecosystem are indiscriminate felling and forest fires. In this sense, Mayabeque is among the first provinces in the incidence of forest fires, where the highest percentage is attributed to human causes <sup>(21)</sup>. Various aspects of the negative influence on the conservation of natural resources in the protected area Escaleras de Jaruco, they were observed by other authors <sup>(11)</sup>. The aforementioned anthropic impacts, the increase of agricultural practices, the development of livestock and the influence of climate change are among the main threats to biological diversity <sup>(24)</sup>.

With the use of descriptive statistics, variability was observed among the plants identified for most of the descriptors evaluated, with the exception of °Brix (Table 2). The values obtained through descriptive statistics provide significant information about the variability existing in the population, an aspect of interest for subsequent evaluations.

**Table 2.** Morphoagronomic evaluation in plants of wild papaya (*Carica papaya* L.) *in situ* in the Habana-Matanzas mountain range, belonging to the Almendares-Vento basin

Number of plants	Prospected areas	Statisticians employed	Morphoagronomic descriptors evaluated (IBPGR, 1986)									
			Height (cm)	DBT (cm)	N° leaves	N° fruits	DP (cm)	DE (cm)	Mass (g)	GM (cm)	SST (°Brix)	Total acidity
24	Habana-Matanzas mountain range	Minimum	112	3.1	5	1	4.1	2.4	39.7	0.5	12.2	0.02
		Maximum	521	12.6	29	59	13.3	8.6	325	1.9	13.1	0.03
		Average	310,6	7.0	16.0	18.3	8.7	5.7	177.0	1.1	12.7	0.02
		DE	118.0	2.6	5.9	16.6	3.4	2.1	105.7	0.4	0.3	0.01
		CV	<b>38.0</b>	<b>37.0</b>	<b>37.0</b>	<b>91.1</b>	<b>38.9</b>	<b>36.3</b>	<b>59.7</b>	<b>34.9</b>	<b>2.3</b>	<b>40.7</b>

DT- Diameter of stem. DP- Polar diameter of the fruit. DE- Equatorial diameter of the fruit. GM- Thickness of the fruit mesocarp. SST- Total soluble solids

There was a predominance of adult plants, which may be due to the fact that most of the plants were identified before the rainy season and generally the seeds germinate when the rains begin in the summer. However, the low number of juvenile plants indicated that the spread is slow, and that it is necessary to take measures that facilitate increasing the number of individuals per unit area in the wild population of the Almendares-Vento basin.

The descriptors equatorial diameter of the fruit, polar diameter of the fruit and mass of the fruit showed marked differences between plants in the minimum and maximum statisticians (Table 2). Similar results were obtained in evaluations carried out on collections of wild papaya in five localities of Costa Rica <sup>(25)</sup>. The authors found diameters in the fruits that varied for the different localities between 5.2 and 9.0 cm, while the fruit mass varied from 39.7 to 325 g with an average of 177 g. In addition, low acidity and levels higher than 12 °Brix were found in the fruits, which

is of interest for the improvement of the crop as it is one of the characteristics of commercial quality that determines its acceptance for consumption <sup>(26)</sup>.

The variability appreciated for the descriptors plant height, diameter of the stem, number of leaves and fruits per plant was due to a large extent, to the influence of environmental conditions, typical of heterogeneous environments (Table 2). As well as, that the seeds that gave rise to these plants germinated at different times during the year or in years preceding the prospecting. This aspect influenced the different phenological phases of the plants at the moment of being identified.

With regard to the above, temperature is the factor that determines the duration of the phenological phases from the germination of the seed to the maturity of the fruit <sup>(27,28)</sup>. Plants need sunlight to perform photosynthesis, in a range between 400 and 700 nm of wavelengths, interval known as photosynthetically active radiation. The range corresponds to the critical points of absorption of blue and red light in chlorophylls that absorb between 400 and 700 nm <sup>(29,30)</sup>.

The blue light is responsible for the vegetative growth, while the red light regulates the flowering, the production of fruits, contributes to thicken the diameter of the stem and stimulates the branching. However, phytochromes absorb red and red distant light between 700 and 800 nm <sup>(31,32)</sup>. However, in their areas of natural reproduction, plants grow in a heterogeneous environment and not all receive the same solar radiation. When light-demanding plants, such as *C. papaya*, grow under the shade of other plants, they receive light from the blue and red fractions at low intensity and a higher proportion of far red light.

Under the conditions referred to above, the photosynthetic rate is low and as a response to shade, the plant decreases the production of leaves, fruits and seeds <sup>(29,33)</sup>. In addition, because of the relationship between red and far red is reduced, internode length and growth of adult plants are favored.

Under the conditions referred to above, the photosynthetic rate is low and as a response to shade, the plant decreases the production of leaves, fruits and seeds <sup>(29,33)</sup>. In addition, because the relationship between red and far red is reduced, internode length and growth of adult plants are favored.

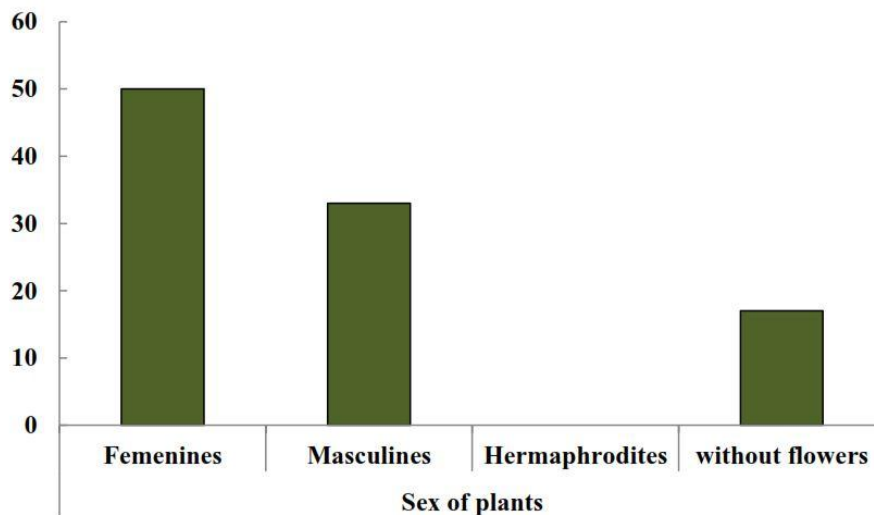
In the seedlings, the perception of far red light by phytochrome A exerts an antagonistic effect to that of the photostable phytochromes, which causes the reduction of the elongation of the stem, but phytochrome A is not abundant in the adult plant, which is why this photoreceptor stops controlling the lengthening of the stem at this stage <sup>(34)</sup>. This influenced the results shown in the present study.

The low number of leaves and fruits per plant can be attributed to a water deficit, as a mechanism to control the loss of water by transpiration according to results in studies developed in Mexico



<sup>(35)</sup>. The author stated that at the end of the rainy season, wild papaya plants reduced the number and proportion of leaves and fruits, as a protection mechanism against dehydration. In addition, some of these plants fructified more than once, and the senescence of the oldest leaves takes place as the plant grows and ages. The number of active leaves in papaya is a function of the age of the plant and the agrotechnical conditions where it develops <sup>(36)</sup>.

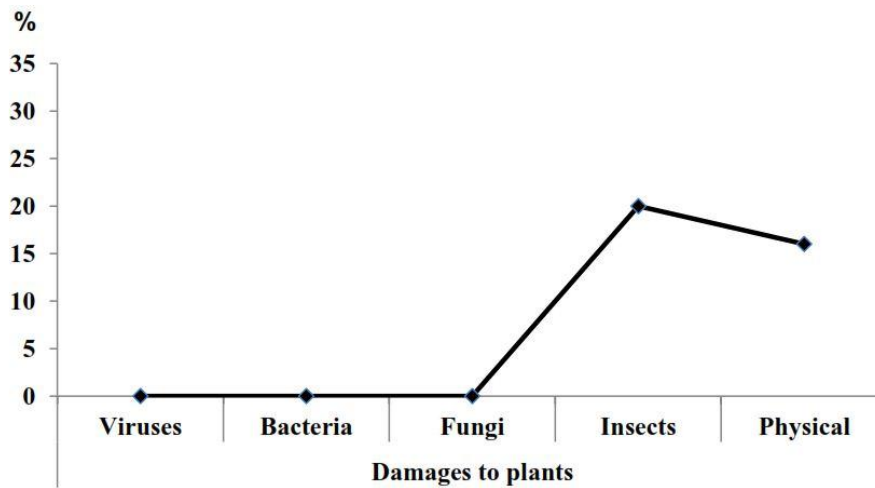
The variation observed in the number of fruits per plant is also related to the small number of plants identified in the prospected area and to the sex of the plants (Figure 2). Wild papaya plants are dioecious and in their areas of natural reproduction are in different phenological phases, so not all bloom on the same date. This together with the low density of plants in the ecosystem makes pollination of flowers difficult, due to the distance between plants of different sexes and natural barriers, mainly vegetation and relief.



**Figure 2.** Evaluation of sex in plants of wild papaya (*Carica papaya* L.) identified in the Havana-Matanzas mountain range

Las flores del papayo silvestre son polinizadas, mayoritariamente, por el viento e insectos, de modo que cuando las plantas crecen de forma aislada *in situ*, muchas de las flores no resultan polinizadas y abortan con influencia negativa en el número de frutos por planta <sup>(37,38)</sup>.

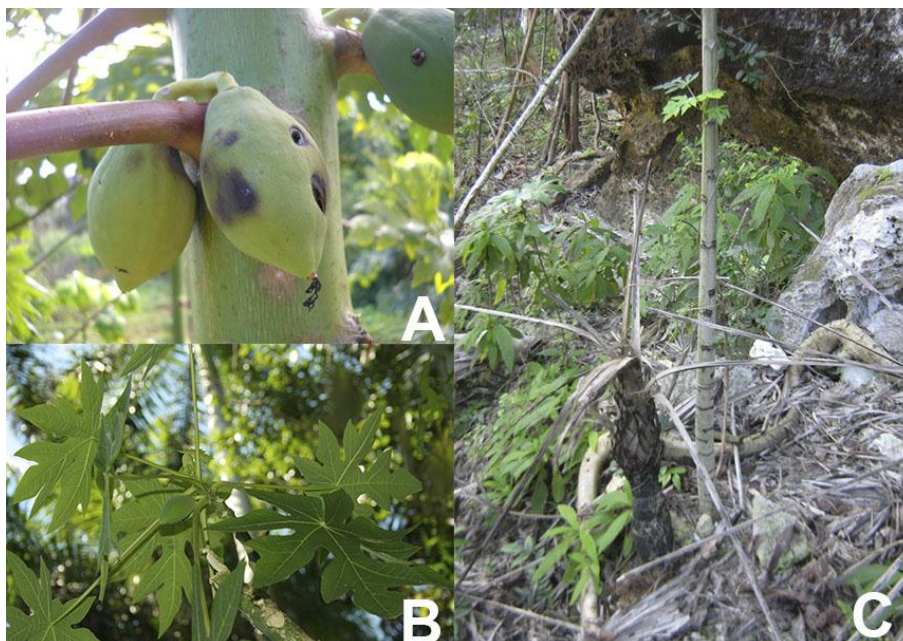
A partir de las observaciones referentes al número de hojas en el tallo, la presencia de plagas u otros daños físicos y aspecto visual de la planta, se valoró su estado de conservación. No se observaron síntomas de enfermedades virales, bacterias u hongos en las plantas evaluadas, sí daños físicos y por insectos (Figure 3).



**Figure 3.** Percentage of plants of wild papaya (*Carica papaya* L.) affected by physical damage and pests in their natural areas of the Havana-Matanzas mountain range at the moment of being identified

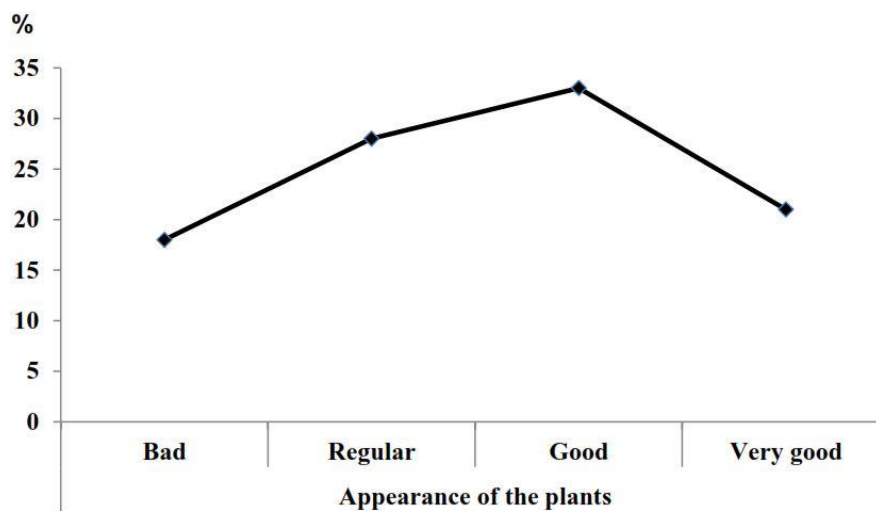
All the fruits of 20 % of the plants were affected by larvae of the papaya wasp (*Toxotrypana curvicauda* Gerstaeckek.) Diptera: Tephritidae (Figure 4A). This insect is among the most economically important pests in fruit growing<sup>(39,40)</sup>. The commercialization of the fruits is limited by the direct damage caused by the larvae of the papaya wasp<sup>(41,42)</sup>.

The presence of the papaya wasp in the areas of natural reproduction of wild papaya is significant for its conservation due to the low density of plants. The larva of the fly feeds on the seeds and inner tissues of the fruit. Hence, the increase of the insect in the area affects its spread. In addition, it was observed that 16% of the plants suffered physical damage from fires or animals (Figure 4B and C).



**Figure 4.** Plants and fruits of wild papaya (*Carica papaya* L.) in areas of the Habana-Matanzas mountain range in the Almendares-Vento basin. Damage by larvae of *Toxotrypana curvicauda* (A). Physical damage by animals (B). Damages due to forest fires (C)

There was a predominance of the good appearance of the plants (Figure 5). However, 18 % showed poor appearance and 28 % showed a regular appearance, which may be due to physical damage and adverse conditions in the natural areas of in situ conservation, where the plants grow, generally exposed to extreme drought, little availability of nutrients and under the shade of other plants.



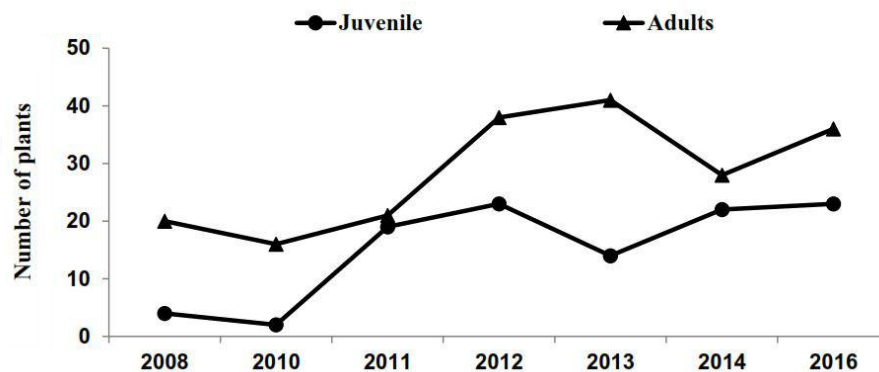
**Figure 5.** Appearance of plants of wild papaya (*Carica papaya* L.) in their natural areas of the Havana-Matanzas range from the number of leaves, damage by pests and visual appearance

In environments such as those referred to above, photosynthesis is affected, which is conditioned by external factors such as: intensity and quality of light, concentration of CO<sub>2</sub>, temperature, availability of nutrients, water, among others <sup>(43)</sup>. This is why the monitoring of the established wild papaya plants and their agronomic attention is significant to increase and conserve the population in the areas of natural reproduction.

*In situ* prospecting and evaluation allowed to determine the characteristics of the population in terms of size, conservation status, distribution in the ecosystem, type of reproduction and structure (proportion of juvenile and reproductive plants). In this sense, the conservation of species of threatened flora requires both the classical knowledge of their area of distribution and occupation as well as demographic parameters such as size, structure and population dynamics <sup>(14)</sup>.

## Monitoring of wild papaya plants in the Almendares-Vento basin

Figure 6 shows the number of juvenile and adult plants observed during the expeditions carried out to follow the population of wild papaya in the Havana-Matanzas range. It was found that the number of juvenile and adult plants decreased in 2010 compared to 2008, which evidenced the susceptibility of the wild papaya of the basin prospecting to erosion because no measures were taken for its conservation. However, the dissemination of pregerminated seeds in May 2010 and 2011, increased the number of juvenile and adult plants.

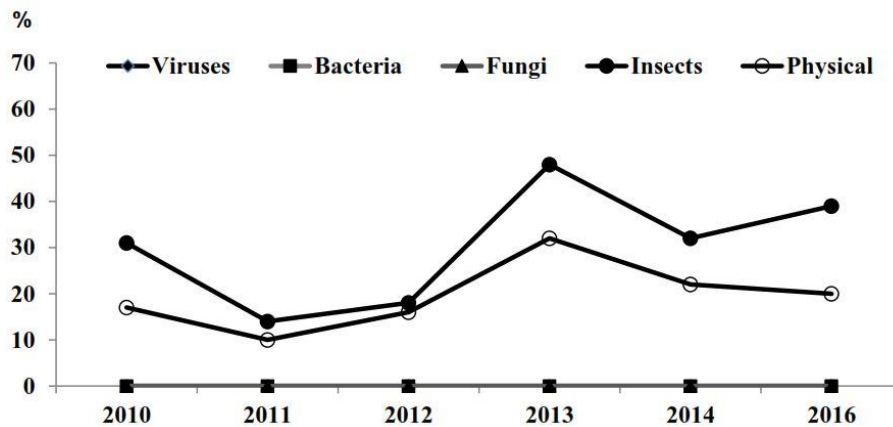


**Figure 6.** Monitoring of the population of wild papaya (*Carica papaya* L.) in its natural reproduction areas of the Almendares-Vento basin

The results showed that the dispersion of pre-germinated seeds in the areas of natural reproduction at the beginning of the rainy season (May) is an effective procedure to increase the population of wild papaya. The aforementioned practice counteracts, to some extent, the process of genetic erosion due to anthropic impacts. However, it is necessary to take protective measures to preserve the established plants.

In 2013, the number of juvenile papaya plants decreased with respect to the previous year, which could have been due to the dormancy of the seeds produced *in situ* in 2012, and then increased as of 2014 (Figure 6). This behavior could be favored by the forest fires that occurred at the beginning of the year in the areas of La Recría and Lomas Francisco Javier.

It is noteworthy that during the follow-up expeditions made to the population, the presence of fungi, papaya ring spot virus (PRSV) and *bunchy top* Papaya (PBT), in the plants (Figure 7).



**Figure 7.** Percentage of plants of wild papaya (*Carica papaya* L.) affected by physical damage or pests in their natural areas of the Havana-Matanzas mountain range during the evaluations made in the follow-up to the population

The non-incidence of PRSV in wild papaya *in situ* is due to the low number of plants existing in the prospected ecosystem, generally far from each other. This behavior was also observed in Mexico. In field trips it was observed that the wild papaya is susceptible to diseases of viral origin, but because they are generally in low population density, with respect to the cultivated papaya, and surrounded by other species, they avoid viruses <sup>(35)</sup>.

In the expeditions carried out, the fruit was affected by larvae of the papaya wasp, between 18 and 48 % of the plants. Results similar to those present were obtained in Colombia. Without control, this pest can cause serious damage in the crop <sup>(45)</sup>. Apparently this is the most important pest for the wild papaya in the upper areas of the Almendares-Vento basin.

## CONCLUSIONS

- Twenty-four wild papaya plants were identified in Lomas Francisco Javier, La Recría and Escaleras de Jaruco belonging to the Habana-Matanzas mountain range. In general, the plants are in good condition, although affected by anthropogenic impacts and the *Toxotrypana curvicauda*, identified as the most important pest of wild papaya *in situ*.
- The morphoagronomic descriptors evaluated indicate that this wild species could be used in breeding programs to obtain cultivars with characteristics different from those prevailing in the Cuban market. The dispersion of pre-germinated seeds at the beginning of the rainy season was effective in increasing the population of wild papaya in the short term. The monitoring of the population of wild papaya allowed detecting tendencies to increase the number of plants from the comparison of observations at different times.

## **RECOMMENDATIONS**

To establish the study area as a core area for the conservation and research of wild papaya and other species of interest in the ecosystem. To continue monitoring the population of wild papaya in the Almendares-Vento basin.