

## Selección de plantas de papaya sobresalientes en ambientes comerciales con fines de mejoramiento

Juan Carlos Álvarez Hernández<sup>1§</sup>

Luis Mario Tapia-Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro Caminos km 17.5, Antúnez, Parícut, Michoacán, México. CP. 60781. <sup>2</sup>Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60150. (tapia.luismario@inifap.gob.mx).

§Autor para correspondencia: alvarez.juan@inifap.gob.mx.

### Resumen

Por la demanda del mercado, en las regiones productoras de México la variedad dominante es la Maradol, en diferentes niveles de calidad de fruta, ya que el tipo de semilla que se utiliza varía desde las originales F1, hasta selecciones descendientes identificadas como F2 a F5. Lo anterior, conlleva a una degeneración y segregación genotípica. De esta manera es necesaria una adecuada selección de progenitores y polinización controlada para la producción de semilla, y que este adaptada a la región de interés. Por ello, el objetivo fue seleccionar plantas de papaya sobresalientes y adaptadas a la zona productora de Michoacán. Mediante exploraciones de campo en parcelas comerciales, se identificaron y caracterizaron plantas de papaya del tipo Maradol hermafroditas y con características sobresalientes. En las plantas se seleccionaron botones florales y fueron cubiertos para provocar la autopolinización. Los frutos se colectaron en etapa de madurez y se obtuvieron las semillas. Se registraron variables morfológicas de planta y frutos, sanidad y germinación. 12 huertas presentaron plantas sobresalientes. La caracterización del progreso en el desarrollo de botón floral a frutos fue variable, pues se redujo la cantidad de frutos formados con relación a los botones cubiertos inicialmente, así como también, redujo la cantidad de frutos colectados en relación con los frutos formados. En cuanto al estado fitosanitario, se registró la presencia de virus, ácaros y otros insectos en la mayoría de las huertas registradas. La germinación fue aceptable. Se concluyó que se identificaron y caracterizaron plantas de papaya seleccionadas con base a características sobresalientes y adaptadas a la zona productora de Michoacán, para posterior estudio de mejoramiento.

**Palabras clave:** *Carica papaya* L., hermafrodita, producción de semilla, sexado de planta, variedad Maradol.

Recibido: julio de 2019

Aceptado: septiembre de 2019

## Introducción

México se ubica en una privilegiada posición geográfica, lo que le favorecen las condiciones ambientales para el desarrollo de diferentes cultivos a campo abierto. Entre los cultivos de importancia económica la papaya (*Carica papaya* L.), cuyo consumo *per capita* anual es de 6.4 kg (SIAP, 2017). Es una especie frutícola de rápido crecimiento y de alta actividad fisiológica, se encuentra extendida en las regiones tropicales y subtropicales del país. Según el SIAP-SADER (2019), a nivel nacional de 2010 a 2018 el área cultivada, la producción total y el rendimiento por hectárea ha presentado tendencias crecientes en el cultivo de papaya, pasando de 16 261 a 17 807 ha (9.5%), 648 235 a 1 034 532 t (59.6%) y 46.49 a 58.09 t ha<sup>-1</sup> (24.9%), respectivamente.

Asimismo, en orden de participación, los estados con mayor superficie cosechada en 2018 fueron Veracruz, Colima, Oaxaca, Michoacán Chiapas y Guerrero, que en conjunto sumaron 15 096 ha, no obstante, en rendimiento sobresale Oaxaca con 106.7 t ha<sup>-1</sup> y en último lugar se colocó Veracruz con 32.9 t ha<sup>-1</sup>. Respecto al registro estadístico en Michoacán no ha sido estable, en los últimos 9 años el promedio de la superficie cultivada fue de 2 421 ±589 ha, el rendimiento total fue de 55 703 ±16 247 t y el rendimiento fue de 32 ±2.2 t ha<sup>-1</sup> (SIAP-SADER, 2019).

Por la demanda del mercado, en las regiones productoras de México la variedad dominante es la Maradol de origen cubano (SIAP-2017), en sus diferentes niveles de calidad de fruta, ya que el tipo de semilla que se utiliza varía desde las originales F1 hasta selecciones descendientes identificadas como F2 a F5. Lo anterior, conlleva a una degeneración y segregación genotípica. Esta situación es atribuible al tipo de polinización característico de papaya e influenciado por su biología floral (Urasaki *et al.*, 2012).

La papaya es una especie muy compleja desde el punto de vista fisiológico, y esa complejidad se refleja en la producción de frutos, por lo que es importante comprender los diferentes aspectos florales (Álvarez *et al.*, 2018), además de la selección de los progenitores y polinización controlada, así como en la obtención de semilla, los cruzamientos deben de ser realizados entre plantas hermafroditas o autopolinización para la obtención de 66% de semillas que originarán plantas hermafroditas (Ram, 2005).

En la selección de plantas con fines de multiplicación de semilla deben reunir los requisitos que garanticen su origen y calidad basado en las siguientes características: ser vigorosas, fenotipo debe corresponder a la variedad deseada, libres de plagas y enfermedades o variedades que manifiesten tolerancia, mínima producción de frutos carpelares en planta hermafrodita durante invierno, frutos de sexo femenino o hermafrodita, presentar características que permitan determinar que es una producción óptima, localizarse a baja altura, debe obtener una producción mínima de flores femeninas estériles al final del verano y a principios de otoño o durante los periodos secos, ser uniformes, tanto el tamaño como en la forma del fruto (SNICS-SAGARPA, 2014).

Por lo anterior, es necesario rescatar material genético que pueda ser utilizado en el mejoramiento de la papaya para la producción de semilla, pero que también este adaptada a la región de interés (SNITT-SAGARPA, 2016). La cadena agroalimentaria de papaya se enfrenta a dificultades asociadas a la baja capacidad de innovación y desarrollo, dependencia en la producción de semillas del mercado exterior y además, casi la totalidad de la producción depende de la variedad Maradol.

Enmarcado en la filosofía de la horticultura intensiva, la estrategia se sustenta en alcanzar mayores rendimientos por área cultivada con el propósito de incrementar los niveles de productividad y competitividad (Kleiber *et al.*, 2012). En base a lo anterior, el objetivo fue seleccionar en huertas comerciales genotipos de papaya con características sobresalientes y adaptadas a la zona productora de Michoacán.

## **Materiales y métodos**

Mediante exploraciones de campo en parcelas comerciales del Valle de Apatzingán, Michoacán durante los meses de marzo a diciembre del año 2018, se identificaron plantas de papaya del tipo Maradol. Las características se basaron en identificar plantas con aspecto visual sano y de excelente vigor, de sexo hermafrodita, altura a la primera flor por debajo de 0.8 m y precocidad en la producción frutos.

En cada planta seleccionada, se eligieron al menos cuatro botones florales próximos a la apertura floral, con el fin de asegurar que no haya contaminación o polinización cruzada, estos se cubrieron con bolsa de papel encerado y fueron etiquetados. El proceso de desarrollo de los frutos hasta madurez fisiológica tardó aproximadamente cinco meses y fueron colectados para la extracción y acondicionamiento de semilla; a través, de lavado para siguiente estudio de germinación. La germinación se basó en remojó de la semilla en agua por tres días, y se eliminó la semilla flotante, considerada como semillas vanas.

La semilla rescatada se colocó en franelas húmedas y se mantuvo a temperatura ambiente ( $27 \pm 3$  °C). Además, se contempló el nivel de sanidad de las plantas, mediante exploración visual se registró la presencia/ausencia de insectos-plaga bajo un muestreo aleatorizado en las plantas colindantes con las plantas sobresalientes, esto para prever algún grado de tolerancia o resistencia.

Las variables registradas fueron: caracterización de los sitios utilizando equipo y literatura especializada, porcentaje de frutos formados y colectados sobre los botones cubiertos inicialmente; presencia y ausencia de virus y principales plagas de papaya, altura de planta, al primer fruto y circunferencia de tallo y frutos por planta en etapa de cosecha. A los frutos colectados, se les registró la circunferencia polar y ecuatorial, el peso de fruto, ancho de pulpa, sólidos soluble con refractómetro y firmeza con penetrómetro manual y estimación del rendimiento por planta.

En relación con la germinación, conociendo el número inicial de semilla y por diferencia se registró la semilla vana y posteriormente la semilla germinada. Los datos registrados fueron analizados con estadísticas descriptivas, en tanto la prueba de germinación fue porcentual.

## **Resultados y discusión**

Se exploraron 28 huertas comerciales en cuatro municipios del Valle de Apatzingán Michoacán, en algunas huertas no se lograron identificar plantas sobresalientes, pues independientemente de la superficie, esto no garantizó su presencia, por lo que solamente 12 huertas presentaron este tipo de plantas en localidades correspondieron a los municipios de Parácuaro y Tepalcatepec. La localización y altitud siguieron un patrón común a su vez, las superficies y genotipos de las huertas fueron variables, así como, el registro de plantas, botones y frutos (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Caracterización de huertas comerciales de papaya y condición de plantas seleccionadas.**

Id.	Municipio	Localidad	Latitud norte	Longitud oeste	Altitud (m)	Área (ha)	Genotipo	Plantas	Botones	Frutos	Frutos
								elegidas (núm.)	protegidos (núm.)	formados (núm.)	de calidad (núm.)
HP3	Parácuaro	Antúnez 'La pista'	19°00'15''	102°13'00''	376	10	Maradol	3	10	1	1
HP4	Parácuaro	Antúnez 'La perla 1'	19°00'15''	102°13'00''	305	7	Maradol	3	12	5	2
HP5	Parácuaro	Antúnez 'La perla 2'	18°57'08''	102°13'40''	310	8	Maradol	4	12	7	2
HP6	Parácuaro	Antúnez 'La perla 3'	18°56'17''	102°14'01''	315	13	Maradol	4	12	9	2
HP7	Parácuaro	Antúnez 'Y griega'	18°56'12''	102°14'05''	308	10	Maradol	3	10	6	2
HP8	Parácuaro	Antúnez 'La soledad'	18°58'34''	102°12'22''	322	10	Maradol	3	9	5	2
HP10	Parácuaro	Antúnez 'Piedra Parada'	18°57'52''	102°15'20''	334	13	Maradol	3	9	4	1
HP11	Parácuaro	Antúnez 'Pando'	19°02'00''	102°12'35''	381	4	Maradol	3	10	6	1
HP13	Parácuaro	Los Pozos	18°56'01''	102°13'05''	300	7	Maradol	3	7	4	1
HP14	Parácuaro	1°. de septiembre	18°51'51''	102°11'04''	300	6	Maradol	3	9	4	1
HT2	Tepalcatepec	Taixtan	19°07'58''	102°50'42''	354	6	Maradol	2	8	3	1
HT7	Tepalcatepec	Milanés	19°08'57''	102°51'38''	366	8	Guajira	2	6	4	1

De igual manera, en el Cuadro 2 se presentan los valores porcentuales alcanzados de los frutos formados y los frutos colectados; es decir, los frutos de calidad. Como se aprecia, durante el desarrollo redujo la cantidad de frutos formados con relación a los botones cubiertos, así como también, redujo la cantidad de frutos colectados en relación a los frutos formados, debido a factores de naturaleza que influyeron en el proceso, con esto, los frutos con calidad a excepción de la huerta HP3, el resto de las huertas, presentaron porcentajes inferiores al 50% de frutos colectados.

**Cuadro 2. Ciclo del proceso botones florales a frutos colectados y caracterización fitosanitaria y morfológica de plantas de papaya sobresalientes.**

Id.	(% de frutos formados /botones cubiertos)	(% de frutos colectados /frutos formados)	Presencia(+)/ausencia(-)				Altura de planta (cm)	Circunferencia de tallo (cm)	Altura a primer fruto (cm)	Frutos por planta (núm.)
			Virus	Ácaros	Chicharrita	Otros insectos				
HP3	10	100	+	+	-	+	190	31	47	34
HP4	41.7	40	+	+	-	+	187	36	45	30
HP5	58.3	28.6	+	-	-	-	166	34	52	27
HP6	75	22.2	-	+	-	-	159	33	44	32
HP7	60	33.3	+	+	-	+	187	29	37	30
HP8	55.6	40	-	-	-	+	170	30	56	33

Id.	(% de frutos formados /botones cubiertos)	(% de frutos colectados /frutos formados)	Presencia(+)/ausencia(-)				Altura de planta (cm)	Circunferencia de tallo (cm)	Altura a primer fruto (cm)	Frutos por planta (núm.)
			Virus	Ácaros	Chicharrita	Otros insectos				
HP10	44.4	25	-	+	-	+	195	29	40	40
HP11	60	16.7	-	+	-	-	200	35	43	28
HP13	57.1	25	+	-	-	+	171	36	60	29
HP14	44.4	25	-	-	-	+	222	33	55	33
HT2	37.5	33.3	+	+	-	+	182	34	45	38
HT7	66.7	25	-	+	-	-	169	30	55	37

En el mismo Cuadro 2, también se aprecia el registro del estado fitosanitario (presencia/ausencia) de tres principales problemas fitosanitarios en la región, y concentración de otras plagas menos persistentes (mosca blanca, áfidos), al respecto, chicharrita no se detectó en las huertas, al menos en el periodo de muestreo. En cuanto altura de la planta y circunferencia de tallo presentaron valores característicos del tipo Maradol, la altura al primer fruto y el número de frutos por planta son aceptables para su integración de estos materiales en un proceso de mejoramiento (Cuadro 2).

Es importante señalar que la industria de la papaya enfrenta dos principales problemas, enfermedades y diferenciación del sexo en etapa de plántula (Karambu *et al.*, 2018). Cabe señalar, que *Carica papaya* se propaga por semillas, con ello heterogeneidad de las plantas (Bhattacharya and Khuspe, 2001). Además, en México la principal variedad de papaya cultivada es Maradol (Santamaría *et al.*, 2009). Por lo que la selección de plantas es la primera labor de gran importancia, pues significa un buen inicio para mejorar el cultivo.

El proceso inicial se sustenta en localizar una plantación o plantas uniformes, de buen rendimiento, sanidad, vigor y características de crecimiento como uniformidad en tamaño y forma de frutos, uniformidad de la producción, inicio de la floración de baja altura y con predominancia del sexo hermafrodita, además, las plantas no deben tener frutos deformes. Todas estas características deben ser idóneas, pues son heredables (Díaz, 2002). Por ello, en el presente estudio la metodología empleada, persigue los principios fundamentales para contar con una base genética apropiada para elegir materiales promisorios.

Referente a la caracterización de los frutos, los resultados se presentan en el Cuadro 3, el peso del fruto fue tolerable, oscilando entre 0.9 a 1.36 kg y este a su vez se vio reflejado en el tamaño de fruto y ancho de pulpa cuya tendencia fue similar. Los valores de sólidos solubles y dureza de pulpa revelan dulzura y firmeza adecuada, respectivamente. Los rendimientos por planta fueron variables; sin embargo, con el rendimiento mínimo registrado de la huerta HP13, a una densidad reservada tradicional de 2 000 plantas ha<sup>-1</sup>, es posible superar las 50 t ha<sup>-1</sup> (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Caracterización de frutos colectados y rendimiento estimado de plantas de papaya.**

Id.	Circunferencia de fruto		Peso de fruto (kg)	Ancho de pulpa (cm)	Sólidos solubles (°Brix)	Firmeza de pulpa (kg cm <sup>-2</sup> )	Rendimiento estimado/planta (kg)
	Polar (cm)	Ecuatorial (cm)					
HP3	58	44	1.146	2.7	12	2.1	38.96
HP4	60	39	1.125	3	14	2	33.75
HP5	51	46	1.23	2.8	13	2.1	33.21
HP6	59	41	1.36	2.7	11	1.9	43.52
HP7	49	38	0.975	2.2	15	2.2	29.25
HP8	50	32	1.111	2.5	12	2.1	36.66
HP10	46	36	1.001	2.3	13	1.9	40.04
HP11	47	38	1.15	2.4	11	2	32.2
HP13	44	37	0.98	2.2	15	2.1	28.42
HP14	50	39	1.125	2.4	13	2.2	37.12
HT2	49	38	0.9	2.5	12	1.9	32.2
HT7	54	40	1.07	2.1	11	2.2	39.59

Por otra parte, los valores estadísticos calculados de las variables registradas se muestran en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Parámetros estadísticos de las variables registradas en plantas de papaya.**

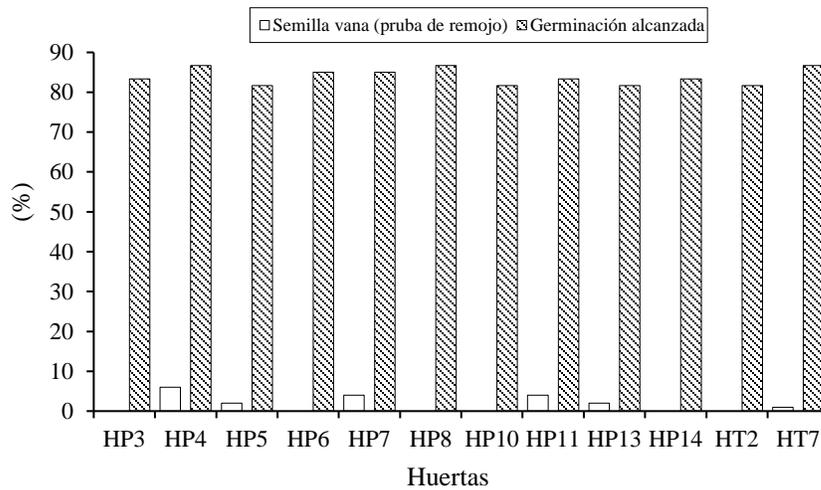
Estadístico	AP (cm)	CT (cm)	APF (cm)	FP (núm.)	CPF (cm)	CEF (cm)	PF (kg)	AP (cm)	SS (°Brix)	FP (kg cm <sup>-2</sup> )	REP (kg)
Media	183.16	32.5	48.25	32.58	51.41	39	1.09	2.48	12.66	2.05	35.41
Desviación estándar	17.6	2.61	7.17	4.1	5.23	3.61	0.12	0.27	1.43	0.11	4.63
Error estándar	5.08	0.75	2.07	1.18	1.5	1.04	0.03	0.07	0.41	0.03	1.33
Mínimo	159	29	37	27	44	32	0.9	2.1	11	1.9	28.42
Máximo	222	36	60	40	60	46	1.36	3	15	2.2	43.52
CV (%)	9.61	8.03	14.86	12.58	10.17	9.27	11.36	10.97	11.33	5.65	13.1
Varianza	309.96	6.81	51.47	16.81	27.35	13.09	0.01	0.07	2.06	0.01	21.52
Intervalo de confianza 95%	9.96	1.47	4.05	2.31	2.95	2.04	0.07	0.15	0.81	0.06	2.62
Intervalo de confianza 99%	13.11	1.94	5.34	3.05	3.89	2.69	0.09	0.2	1.06	0.08	3.45

AP= altura de planta; CT= circunferencia de tallo; APF= altura a primer fruto; FP= frutos por planta; CPF= circunferencia polar de fruto; CEF= circunferencia ecuatorial de fruto; PF= peso de fruto; AP= ancho de pulpa; SS= sólidos solubles; FP= firmeza de pulpa y REP= rendimiento estimado por planta.

Tanto las características cualitativas y cuantitativas de flor, hojas, semilla, planta y principalmente frutos, son parámetros importantes a evaluar en la selección de materiales (Oliveira de *et al.*, 2012). Particularmente, °Brix superiores a 12, color de pulpa rojo, tamaño de fruto y forma de fruto adecuado y alargado no deforme, son requisitos mínimos de calidad de fruta para la obtención de

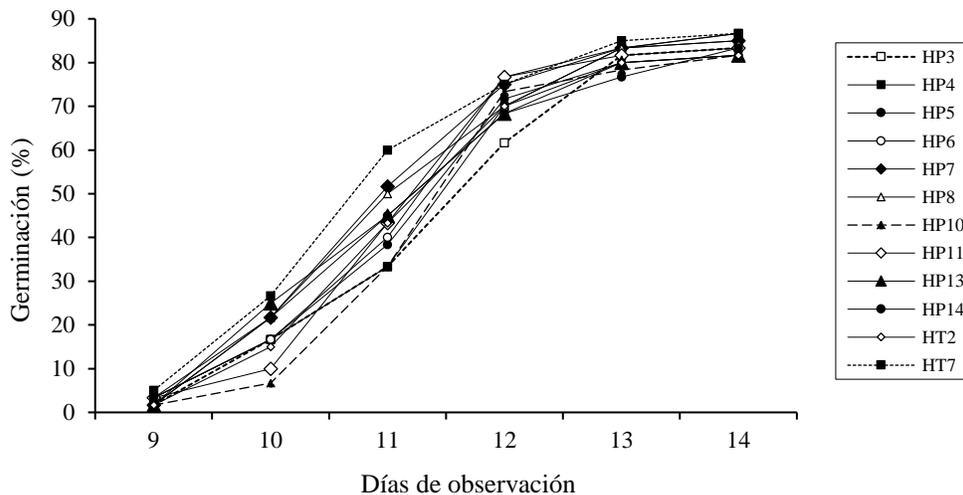
semilla (Stice *et al.*, 2016). También, el color de la cáscara es la característica más utilizada para evaluar el estado de maduración de los frutos de papaya (Santamaría *et al.*, 2009) y este soporta un criterio visual en la elección de los frutos.

Respecto al comportamiento de la germinación, en el periodo de remojo hubo bajo porcentaje de semilla vana, incluso en algunas huertas no hubo. En cuanto a la germinación general fue superior al 80% (Figura 1).



**Figura 1. Semilla vana y germinación alcanzada en plantas de papaya sobresalientes.**

En tanto el periodo de respuesta de la germinación estuvo entre 9 y 14 días; sin embargo, la mayor germinación se registró a los 12 días (Figura 2).



**Figura 2. Variación de la germinación en el tiempo en plantas de papaya sobresalientes.**

Como ya se señaló, las características agronómicas de tolerancia o resistencia a enfermedades, son los principales aspectos deseables por los programas de mejoramiento, basados en una base genética ampliada con el fin de satisfacer el mercado (Silva *et al.*, 2007) y en esa identificación, el análisis de crecimiento permite diferenciar características de crecimiento inicial que posibilitan el

aumento del rendimiento en etapa adulta y favorecen los trabajos de mejoramiento en busca de genotipos más productivos, con ello, es posible explicar diferencias en el crecimiento de origen genético o debido a modificaciones ambientales (Rodríguez *et al.*, 2015).

Dado que la variabilidad genética en poblaciones comerciales permite considerar la explotación del cultivo de papaya tomado como base para el desarrollo de cultivares mejorados. En esta temática, escasos reportes existen sobre poblaciones comerciales (Aikpokpodion, 2012). La papaya se basa en una base genética estrecha y pocas variedades o híbridos comerciales para siembra están disponibles y que no satisfacen las demandas de los mercados nacionales e internacionales (Filho *et al.*, 2007), dado que el precio de la semilla de papaya híbrida importado es elevado, promueve que los productores seleccionen generaciones F2 a F4 en plantaciones continuas, aun cuando se corre el riesgo de pérdida de vigor y segregación en la forma del fruto (Marin *et al.*, 2006).

Por lo que la recolección de semillas, derivada de la protección de los botones florales, es una práctica común (Stice *et al.*, 2016), a diferencia de los híbridos que son generados por dos parentales consanguíneos y su desarrollo es tardado, por lo que este proceso es complicado por la eliminación de las partes masculinas de la flor (Chan, 2014). Por lo anterior, los estudios exploratorios en ambientes comerciales son importantes, para identificar materiales promisorios, para la implementación una estrategia de multiplicación y distribución.

## Conclusiones

En 12 huertas se identificaron plantas de papaya seleccionadas con base a características sobresalientes y adaptadas a la zona productora de Michoacán. Los frutos de calidad colectados variaron entre plantas seleccionadas, ya que durante el proceso desde elección de botones florales hasta la formación de frutos existe una pérdida por condición natural superior al 50%. De los cuatro problemas fitosanitarios de importancia económica en la región, la chicharrita no se registró en las huertas registradas.

Los valores registrados de las variables morfológicas y de frutos, corresponden a las características de la variedad Maradol. La germinación de la semilla fue superior al 80% y ocurrió en mayor proporción a los 12 días.

## Agradecimientos

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, por el financiamiento otorgado derivado de la Convocatoria Fondos Fiscales 2018, número de proyecto SIGI: 14123334388.

## Literatura citada

- Aikpokpodion, P. O. 2012. Assessment of genetic diversity in horticultural and morphological traits among papaya (*Carica papaya*) accessions in Nigeria. *Fruits*. 67(3):173-187.
- Álvarez, H. J. C.; Castellanos, R. J. Z. y Aguirre, M. C. L. 2018. Relación entre el sexo de plantas y el enroscado peciolar en genotipos de papaya. *Compendio Investigativo de Academia Journals*. Elibro Online. 171-176 pp.

- Bhattacharya, J. and Khuspe, S. S. 2001. *In vitro* and *in vivo* germination of papaya (*Carica papaya* L.) seed. *Scientia Hort.* 91(1-2):39-49.
- Chan, Y. K. 2014. Successful production of hybrid papaya in Malaysia. *In: Chomchalow, M. (Eds.). Proc. Third International Symposium on Papaya. Acta Hort. ISHS.* 17-21 p.
- Díaz, J. J. A. 2002. Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana. 1ª. Edición. Ed. Earth. Costa Rica. 108 p.
- Filho, da S., F.; Gonzaga, P. M.; Cancela, R. C. C.; Correa, D. P.; Santana, P. N. and Ide, C. D. 2007. Genotypic correlations of morpho-agronomic traits in papaya and implications for genetic breeding. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 7(4):345-352.
- Karambu, R. F.; Kwaya, O. F.; Nzilani, M. N. and Miinda, A. E. 2018. Genetic improvement of papaya (*Carica papaya* L.). *In: Al-Khayri, J. M. (Eds.). Advances in plant breeding strategies: fruits. Springer International Publishing.* 897-928 p.
- Kleiber, T.; Markiewicz, B.; Niewiadomska, A. 2012. Organic substrates for intensive horticultural cultures: yield and nutrient status of plants, microbiological parameters of substrates. *Polish J. Environ. Studies.* 5(21):1261-1271.
- Marin, S. L. D.; Pereira, M. G.; Amaral, A. T.; Martelleto, L. A. P. and Ide, C. D. 2006. Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of 'Solo' and 'Formosa' parents. *Crop Breed. Appl. Biotechnol.* 6(1):24-29.
- Oliveira de, E. J.; Pereira, D. N. L.; Loyola, D. J. L. 2012. Selection of morpho-agronomic descriptor for characterization of papaya cultivars. *Euphytica.* 185(2):253-265.
- Ram, M. 2005. Papaya. Indian council of agricultural research, New Delhi. 1<sup>st</sup>. (Ed.). India. 189 p.
- Rodríguez, C. J.; Yusnier Díaz, H. Y.; Aymara Pérez, G. A.; Fundora, L. R. y Rodríguez, H. P. 2015. Análisis del crecimiento de un genotipo silvestre de *Carica papaya* L. cultivado *ex situ* y cv. Maradol roja. *Cultivos Tropicales.* 36(3):96-105.
- Santamaría, B. F.; Díaz, P. R.; Sauri, D. E.; Espadas, G. E.; Santamaría, F. J. M. y Larqué, S. A. 2009. Características de calidad de frutos de papaya Maradol en la madurez de consumo. *Agric. Téc. Méx.* 35(3):347-353.
- SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario. 1ª. Edición. Ciudad de México. 231 p.
- SIAP-SADER. 2019. Estadísticas de la producción nacional de papaya. [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do).
- Silva, F. F.; Pereira, M. G.; Damasceno, P. C.; Pereira, T, N, S.; Viana, A. P.; Daher, R. F.; Ramos, H. C. C. and Ferrequet, G. A. 2007. Evaluation of sexual expression in a segregating *C. papaya* population. *Crop Breed. Appl. Biotech.* 7(1):16-23.
- SNICS-SAGARPA. 2014. Regla para la calificación de semilla de papaya (*Carica papaya* L.). 23 p.
- SNITT-SAGARPA. 2016. Agenda nacional de investigación, innovación y transferencia de tecnología agrícola 2016-2022. 1ª. (Ed.). México. 197 p.
- Stice, K. N.; Tora, L.; Iranacolaivalu, M. and Wagainabete, T. 2016. Developing local seed production systems for Fiji Red papaya. *In: Drew, R. (Eds.). XXIX IHC - Proc. Int. Symp. on Papaya, Pineapple and Mango. ISHS.* 95-98 p.
- Urasaki, N. K.; Tarora, A.; Shudo, H.; Ueno, M.; Tamaki, N.; Miyagi, S.; Adaniya, S. and Matsumura H. 2012. Digital transcriptome analysis of putative sex determination genes in papaya (*Carica papaya*). *PLoS ONE.* 7(7):1-9.